

การพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไม
เซอร์แบบอัลตราโซนิก

DEVELOPMENT OF QCM DEPOSITION EQUIPMENT USING ULTRASONIC
ATOMIZER



ชยากร ประเสริฐเสรี
CHAYAKORN PRASERTSEREE

ณัฐพล พรทิพย์สกุล
NATTHAPOL PORNTHIPSAKUL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

การพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไม
เซอร์แบบอัลตราโซนิก

DEVELOPMENT OF QCM DEPOSITION EQUIPMENT USING ULTRASONIC
ATOMIZER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

DEVELOPMENT OF QCM DEPOSITION EQUIPMENT USING ULTRASONIC ATOMIZER

ผู้จัดทำ นายชยากร ประเสริฐเสรี รหัสประจำตัว 56010259
นายณัฐพล พรทิพย์สกุล รหัสประจำตัว 56010415

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ตร.ยศศิริ อาริยะกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้ อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก	
นักศึกษา	นายชยากร ประเสริฐเสรี	รหัสประจำตัว 56010259
	นายณัฐพล พรทิพย์สกุล	รหัสประจำตัว 56010415
ปริญญา	วิศวกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ดร.ยศศิริ อาริยะกุล	

บทคัดย่อ

การรับรู้กลิ่นมีประโยชน์ช่วยให้มนุษย์รับรู้ถึงสภาพแวดล้อมรอบตัว เช่น สิ่งผิดปกติต่างๆ ดังนั้นการสร้างอุปกรณ์สำหรับรับรู้กลิ่นจึงเกิดขึ้น อุปกรณ์สำหรับรับรู้กลิ่นชนิดหนึ่งที่มีการใช้มากคือ เซ็นเซอร์ชนิดควอตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ (Quartz Crystal Microbalance : QCM) ซึ่งสามารถรับรู้ถึงความเข้มข้นของกลิ่นและแสดงผลออกเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของความถี่รีโซแนนซ์ ทั้งนี้สามารถทำการปรับปรุงเซ็นเซอร์ชนิด QCM ให้มีความสามารถในการจำแนกกลิ่นได้โดยการเคลือบสารบางชนิดลงบนผิวของเซ็นเซอร์ ในโครงงานนี้จึงทำการสร้างเครื่องสำหรับเคลือบสารลงบนผิวของ เซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้วิธีการทำให้สารดังกล่าวแตกตัวเป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและทำการทดลองเพื่อประเมินความสามารถในการเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ของเครื่องที่พัฒนาขึ้น

Project Title	Development of QCM Deposition Equipment Using Ultrasonic Atomizer	
Student	Mr. Chayakorn Prasertseree	Student ID 56010259
	Mr. Nattapol Porntipsakul	Student ID 56010415
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2016	
Thesis Advisor	Dr. Yossiri Ariyakul	

ABSTRACT

Olfaction enables us to know surrounding environment, for example, an uncommon event. Thus, odor sensors have been developed. An olfactory device-Quartz Crystal Microbalance (QCM) sensors are odor sensors that have been widely used. They can sense odor intensity and represent it in form of a change of the resonance frequency changes. The QCM sensor can be improved so that it can classify odors by absorbing some sensing materials onto the its surface. In this project, the deposition equipment for improving the QCM sensor was developed by using ultrasonic atomizer. Experiments were conducted to evaluate the capability of deposition on the sensor surface.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจาก ดร.ยศศิริ อาริยะกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ซึ่งอาจารย์ได้สอนรวมถึงให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อให้ปริญญาานิพนธ์สมบูรณ์ที่สุด ขอขอบคุณผศ.ดร.จักร แสงมา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ท่านได้จัดเตรียมสาร Sensing material ให้ได้ใช้ในการทดลอง รวมถึงดร.เมทินี จรรยาสุภาพที่กรุณาให้ยืมใช้สารเคลือบเลนส์กล้องสำหรับถ่ายภาพขยาย อีกทั้งทางผู้จัดทำขอแสดงความขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมดอีกด้วย

ชยากร ประเสริฐเสรี
ณัฐพล พรทิพย์สกุล



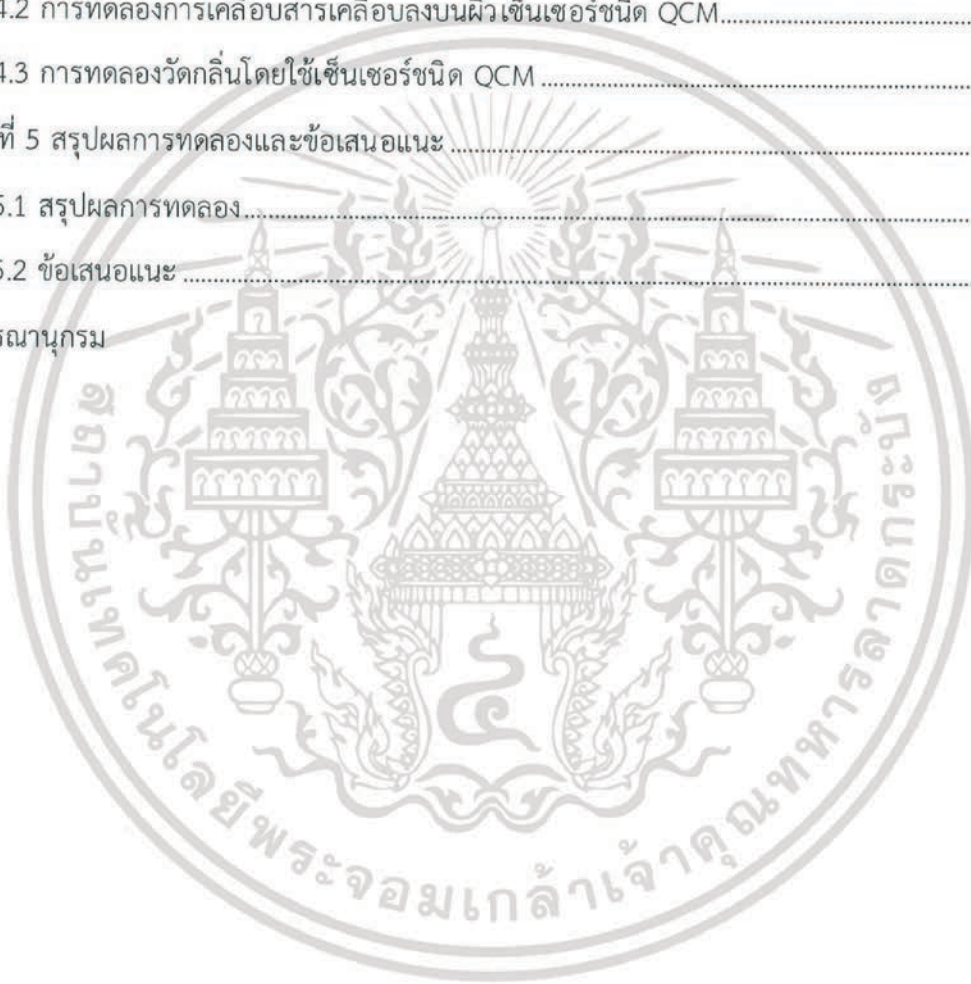
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์และความมุ่งหมายของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 เซ็นเซอร์กลิ่น	2
2.1.1 เซ็นเซอร์กลิ่นชนิดสารโลหะออกไซด์ (Metal Oxide sensor).....	2
2.1.2 โพลีเมอร์นำไฟฟ้า (Conducting Polymer).....	3
2.1.3 ควอตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ (Quartz Crystal Microbalance : QCM)	3
2.1.4 Electroantennogram.....	4
2.2 การเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก	5
2.3 ตัวอย่างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตรา โซนิก	6
บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบ	12
3.1 โครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น	12
3.2 อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก.....	13
3.3 วงจรจ่ายไฟตรง.....	14
3.4 แก๊สที่ใช้	15

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5 หัวปรับแรงดันแก๊สที่ใช้.....	15
3.6 เครื่องควบคุมอัตราการไหลที่ใช้	15
3.7 เครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น	16
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	18
4.1 การทดลองหาปริมาตรของหลอดทดลองที่เหมาะสม	18
4.2 การทดลองการเคลือบสารเคลือบลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM.....	22
4.3 การทดลองวัดกลิ่นโดยใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบวิธีการเคลือบสาร	5
3.1 คุณสมบัติของอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิครุ่น HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics	14
4.1 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิต่างๆ.....	20
4.2 ตารางการเปรียบเทียบอัตราการกลายเป็นไอและอุณหภูมิต่ำสุดทำของน้ำโดยใช้ปีกเกอร์ขนาด ต่างๆกัน	21



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เซ็นเซอร์กึ่งชนิดโลหะออกไซด์	3
2.2 เซ็นเซอร์ชนิด QCM	4
2.3 Antennogram ที่ใช้หน่วย (Antenna) ของผีเสื้อ	4
2.4 แสดงปฏิกิริยาของน้ำเมื่อถูกทำให้เป็นละอองด้วยเครื่องอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก	6
2.5 จำลองการเปรียบเทียบขนาดของละอองที่ออกมาโดยวิธีการใช้ (ก) Spray และ (ข) Ultrasonic Atomizer.....	6
2.6 ตัวอย่างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก.....	8
2.7 กระบวนการเคลือบสารลงบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM ด้วยวิธีการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	9
2.8 ผลการตอบสนองชั่วขณะต่อ Isobutyric acid และ Trans-2-hexenyl acetate ของเซ็นเซอร์ชนิด QCM สามตัวที่ถูกเคลือบโดย Apizon-L	9
2.9 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Ethyl Cellulose โดยวิธี (ก) สเปรย์ และ (ข) ใช้อะตอมไมเซอร์	10
2.10 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Apiezon L โดยวิธี (ก) สเปรย์ และ (ข) ใช้อะตอมไมเซอร์.....	10
2.11 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Apiezon L ด้วยวิธีทำให้เป็นละอองโดยใช้อะตอมไมเซอร์ที่ความเร็วลม (ก) 80ml/min และ (ข) 35ml/min	11
3.1 โครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก.....	13
3.2 อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก รุ่น HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics ที่ใช้.....	13
3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก	14
3.4 หัวปรับแรงดันแบบสองชั้น รุ่น 5629-516-000 ของบริษัท LINDE ที่ใช้.....	15
3.5 เครื่องควบคุมอัตราการไหลรุ่น FC-260 ของบริษัท TYLAN ที่ใช้	16
3.6 เครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่พัฒนาขึ้น	17
3.7 ช่องบรรจุเซ็นเซอร์ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเส้นพลาสติก ABS โดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ	17
4.1 ระบบสำหรับทดลองเพื่อหาปริมาณของปีกเกอร์ที่เหมาะสม.....	19
4.2 รูปถ่ายการทดลองจริง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 อุณหภูมิของน้ำที่เวลาค่าต่างๆระหว่างที่ทำการเปิดเครื่องอะตอมไมเซอร์โดยใช้บีกเกอร์ขนาดต่างๆกัน	21
4.4 ภาพแสดงฟองอากาศที่เกิดจากการควบแน่นที่เกิดขึ้นเมื่อไอของสารเคลือบที่มีอุณหภูมิสูงลอยขึ้นไปด้านบนที่มีอุณหภูมิโดยรอบต่ำลง	22
4.5 จำลองรูปแบบการทดลองเคลือบสารเคลือบลงบนผิว QCM	23
4.6 รูปถ่ายการทดลองการเคลือบสารเคลือบจริง	23
4.7 ตะกอนที่เหลือภายในหลอดทดลองหลังการทดลองเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM.....	24
4.8 รูปถ่ายการทดลองใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM วัดกลิ่น	25
4.9 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นปุ๋ยยูเรียที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร	25
4.10 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นปุ๋ยยูเรียที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	26
4.11 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินสักระสุนปืนใหญ่ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร	26
4.12 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินสักระสุนปืนใหญ่ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	27
4.13 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินดำที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร.....	27
4.14 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินดำที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	28
4.15 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นแอมโมเนียมไนเตรดที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร	28
4.16 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นแอมโมเนียมไนเตรดที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	29
4.17 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น TNT ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร	29
4.18 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น TNT ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร.....	30
4.19 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น PETN ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร.....	30
4.20 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น PETN ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	31
4.21 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นไคนาไมด์ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร	31
4.22 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นไคนาไมด์ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร	32
4.23 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวรสชาฎิปุ๋นยี่ห้ออิซันที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นกลิ่นชาเขียวรสชาวยูนิบูนยี่ห้ออิซตันที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด หลังเคลือบสาร.....	33
4.25 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวยี่ห้อฟูจิที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร ..	33
4.26 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวยี่ห้อฟูจิที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร...	34



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเซ็นเซอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในโครงการนี้จะให้ความสนใจในเรื่องของเซ็นเซอร์กลืนชนิดควอตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ (Quartz Crystal Microbalance : QCM) เนื่องจากเป็นเซ็นเซอร์กลืนที่มีความไวในการรับรู้ (Sensitivity) สูงและยังมีความเร็วในการวัดสูง ทั้งนี้โดยทั่วไปเซ็นเซอร์กลืนจะไม่มีความสามารถในการเลือกรับรู้กลืน (Selectivity) แต่สำหรับเซ็นเซอร์กลืนชนิด QCM นั้นความสามารถดังกล่าวสามารถถูกปรับปรุงได้โดยการเคลือบสารรับรู้ (Sensing material) ลงบนผิวของเซ็นเซอร์ แต่เดิมนั้นการเคลือบสารดังกล่าวมานี้จะใช้วิธีการพ่นแบบสเปรย์ (Spray) แต่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถควบคุมความหนาของชั้นสารที่เคลือบให้เรียบสม่ำเสมอได้ ส่งผลให้เสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของเซ็นเซอร์ลดลง

ดังนั้นในโครงการนี้จะทำการสร้างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้วิธีการทำให้แตกตัวเป็นละอองโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic atomizer) ซึ่งเป็นที่คาดหมายว่าวิธีการดังกล่าวจะทำให้พื้นที่ของสารที่เคลือบลงบนตัวเซ็นเซอร์ชนิด QCM มีความเรียบเนียนสม่ำเสมอส่งผลให้เซ็นเซอร์ชนิด QCM สามารถทำงานได้อย่างมีความสามารถในการเลือกรับรู้และทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพไปพร้อมๆกัน

1.2 วัตถุประสงค์และความมุ่งหมายของการศึกษา

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องสำหรับเคลือบผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้เทคนิคการทำให้แตกตัวเป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

1.3 สมมติฐานทางการทดลอง

การเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM ด้วยวิธีการทำให้แตกตัวเป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกจะสามารถเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ได้เรียบสม่ำเสมอซึ่งจะส่งผลให้เซ็นเซอร์มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการการออกแบบและพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM และทำการทดลองประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบสารที่พัฒนาขึ้นโดยมีระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2559 จนถึงเดือน เมษายน 2560

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถพัฒนาเครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้เทคนิคการทำให้แตกตัวเป็นละอองได้สำเร็จและสามารถนำเครื่องที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงได้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การรับรู้กลิ่นคือความรู้สึกเมื่อประสาทรับกลิ่นรับรู้ได้ถึงโมเลกุลของสารที่มีกลิ่น ที่อาจอยู่ในรูปของไอระเหย เป็นต้น การรับรู้กลิ่นมีส่วนช่วยในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น ช่วยให้สามารถจำแนกอาหารดีและอาหารบูด ช่วยให้ทราบถึงความสุกของผลไม้ ช่วยให้ทราบถึงการรั่วไหลของก๊าซพิษเคมี เป็นต้น อย่างไรก็ตามประสาทรับกลิ่นของมนุษย์นั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคล โดยขึ้นอยู่กับ อายุ สุขภาพ ประสบการณ์ และการใช้ชีวิตของบุคคลนั้นๆ

2.1 เซ็นเซอร์กลิ่น

เนื่องจากประสาทรับกลิ่นมนุษย์มีความผันแปรไปในแต่ละบุคคล จึงมีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถวัดกลิ่นได้เป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนเชื่อถือได้ หรือที่เรียกว่า จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose) หรืออีโนส (E-nose) หรืออุปกรณ์รับรู้กลิ่น (Odor sensing device) ขึ้น ซึ่งส่วนสำคัญของระบบรับรู้กลิ่นดังกล่าวนี้คือเซ็นเซอร์กลิ่น ในการเลือกใช้งานเซ็นเซอร์กลิ่นนั้น ควรเลือกเซ็นเซอร์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ [5]

- มีความละเอียดในการวัดสูง (High sensitivity) คือสามารถวัดกลิ่นที่มีความเข้มข้นต่ำได้
- มีความไวในการตอบสนอง (Rapid response) คือสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นได้อย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้น
- มีความสามารถในการเลือกวัด (Selectivity) คือในทางอุดมคติควรให้ผลตอบสนองต่อกลิ่นที่จะวัด และควรจะไม่ให้ผลตอบสนองต่อกลิ่นอื่นๆ แม้จะมีกลิ่นอื่น ๆ อยู่ในบริเวณนั้นก็ตาม
- ใช้พลังงานต่ำ (Low power consumption)
- มีความทนทาน (Robustness) คือมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ละอองหรือฝุ่นในอากาศ
- มีขนาดกะทัดรัด

ในที่นี้จะยกตัวอย่างเซ็นเซอร์กลิ่น 4 ประเภท คือ

2.1.1 เซ็นเซอร์กลิ่นชนิดโลหะออกไซด์ (Metal oxide sensor) เช่น ทินออกไซด์ (SnO_2) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO_2) ฯลฯ การทำงานของเซ็นเซอร์อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าหรือความต้านทานไฟฟ้าของสารดังกล่าวเมื่อจับกับโมเลกุลของกลิ่น ลักษณะพิเศษของเซ็นเซอร์ประเภทนี้คือจะมีการติดอุปกรณ์ให้ความร้อนภายในตัวถัง เพื่อกำจัดโมเลกุลกลิ่นหรือก๊าซออกจากเซ็นเซอร์ จุดเด่นของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือมีราคาถูก มีอายุการใช้งานยาว สามารถใช้ในที่ที่มีความชื้นได้ และมีวงจรถ่ายสัญญาณที่ไม่ซับซ้อน

จุดด้อยคือ ตัวเซ็นเซอร์มีความไวปานกลางสามารถตรวจวัดกลิ่นหรือก๊าซที่มีความเข้มข้นระดับ 5 - 500 ppm จำเป็นต้องใช้ในสภาวะอุณหภูมิสูง สามารถตรวจจับกลิ่นหรือก๊าซบางชนิด กินไฟมาก



รูปที่ 2.1 เซ็นเซอร์กลิ่นชนิดโลหะออกไซด์

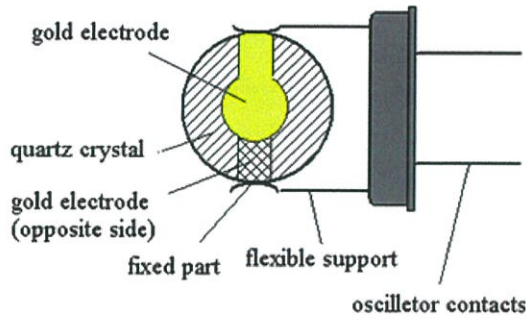
2.1.2 โพลีเมอร์นำไฟฟ้า (Conducting polymer) เช่น โพลีไพร์โรล (Polypyrrole) โพลีอะนิลีน (Polyaniline) เป็นต้น เซ็นเซอร์ชนิดนี้จะใช้ฟิล์มที่เป็นโพลีเมอร์ประเภทกึ่งนำไฟฟ้า (Semiconductor polymer) ที่ดูดซับโมเลกุลเฉพาะอย่างได้ เมื่อฟิล์มโพลีเมอร์ดูดซับโมเลกุลกลิ่นหรือก๊าซเข้าไปจะบวมหรือพอง ทำให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลงและมีผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนด้วยซึ่งสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไปรูปร่างแผ่นฟิล์มสามารถเปลี่ยนแปลงย้อนกลับได้ อย่างไรก็ตามเนื้อฟิล์มอาจเกิดความเสียหายหากใช้ในสภาพแวดล้อมที่โมเลกุลกลิ่นหรือ ก๊าซเข้มข้นมาก

จุดเด่นของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือ สามารถใช้งานที่อุณหภูมิห้อง ใช้งานได้หลากหลาย ตัวเซ็นเซอร์มีความไวสูงสามารถตรวจวัดโมเลกุลที่มีความเข้มข้นระดับ 0.1 - 100 ppm ได้ มีเสถียรภาพสูง แต่มีจุดด้อยคือ ไม่เหมาะกับการใช้ในที่มีความชื้นสูงเพราะฟิล์มโพลีเมอร์ดูดซับไอน้ำได้ดี และหากไม่สามารถขจัดโมเลกุลกลิ่นหรือก๊าซออกจากฟิล์มหมดจะมีผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าเปลี่ยนไปจากจุดอ้างอิงเดิม

2.1.3 ควอตซ์คริสตัลไมโครบาลานซ์ (Quartz Crystal Microbalance : QCM)

เซ็นเซอร์ชนิดนี้ทำจากผลึกควอตซ์ (Quartz) ที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของกลิ่นในอากาศสัมผัสกับขั้วไฟฟ้า (Electrode) บนผลึกโมเลกุลของกลิ่นบางส่วนจะติดอยู่บนขั้วไฟฟ้างกล่าว ทำให้มวลของผลึกเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance frequency) ของเซ็นเซอร์มีค่าลดลง

จุดเด่นของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือ มีความไวในการวัดสูง และสามารถพัฒนาให้มีความสามารถในการเลือกวัดได้ โดยการเคลือบสาร Sensing material ลงบนผิวของเซ็นเซอร์ โดยการเลือกสาร Sensing material ที่โมเลกุลของกลิ่นที่ต้องการวัดสามารถยึดเกาะ (Adsorp) ที่สารดังกล่าวได้ดีมากกว่าสารอื่นๆ จะทำให้เซ็นเซอร์ชนิด QCM มีคุณสมบัติในการเลือกวัดได้ อย่างไรก็ตามเซ็นเซอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยคือ ตัวเซ็นเซอร์จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นส่งผลให้มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ



รูปที่ 2.2 เซ็นเซอร์ชนิด QCM

2.1.4 Electroantennogram เป็นวิธีที่ใช้หน่วยของแมลงมาต่อเข้ากับสายไฟแบบ Chloride silver เพื่อเชื่อมต่อไปยังวงจรขยาย โดยเมื่อมีการตอบสนองต่อกลิ่นจะเกิดความต่างศักย์ที่เอาท์พุทดังแสดงในรูปที่ 2.3 เซ็นเซอร์ชนิดนี้มีความสามารถในการเลือกวัดสูง และมีความไวในการวัดสูง แต่ยังคงมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานสั้น [1]



รูปที่ 2.3 Antennogram ที่ใช้หน่วย (Antenna) ของผีเสื้อ

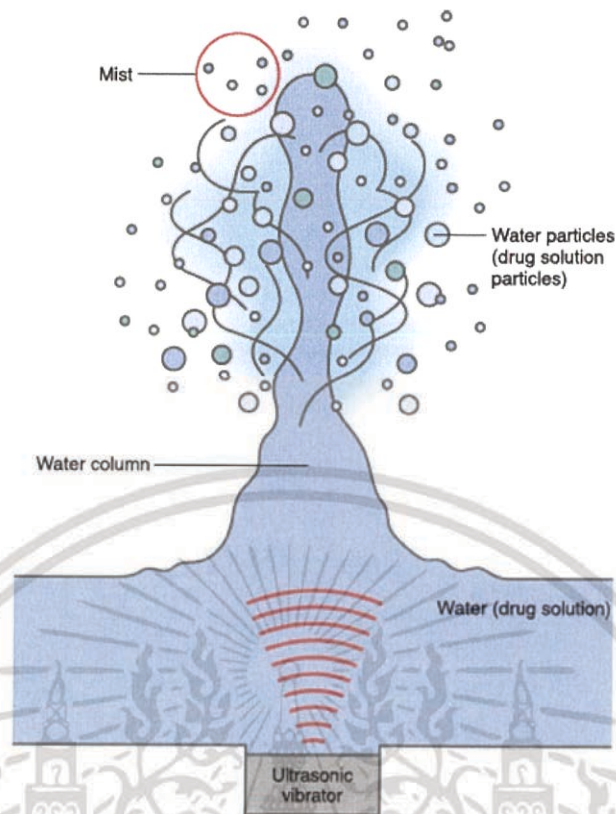
2.2 การเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

ดังอธิบายในหัวข้อ 2.1 เซ็นเซอร์ชนิด QCM สามารถถูกปรับปรุงให้มีความสามารถในการเลือกวัดได้ โดยการเคลือบสาร Sensing material ลงบนผิวของเซ็นเซอร์ โดยการเลือกสาร Sensing material ที่มีเลกุลของกลืนที่ต้องการวัดสามารถยึดเกาะ (Adsorp) ที่สารดังกล่าวได้ดีมากกว่าสารอื่นๆ จะทำให้เซ็นเซอร์ชนิด QCM มีคุณสมบัติในการเลือกวัดได้ สำหรับวิธีการเคลือบสาร Sensing material ลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหล่อ (Casting), สเปรย์ (Spray), สเป็ตเตอริง (Sputtering), การระเหย (Evaporation), การสร้างฟิล์มบางหลายชั้นแบบ Langmuir-Blodgett, การจัดเรียงโมเลกุลตัวเอง (Self-assembling) และ (Ultrasonic atomizer) ข้อดีและข้อเสียของการเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ด้วยวิธีต่างๆกัน แสดงดังตารางที่ 2.1 [2]

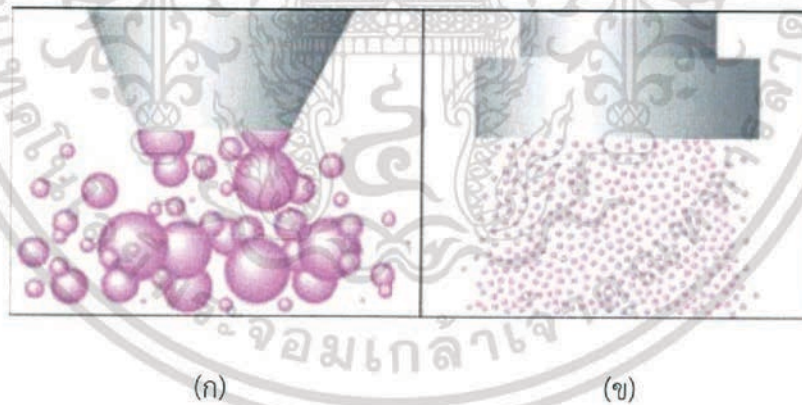
วิธีการเคลือบ	ข้อดี	ข้อเสีย
การหล่อ	ทำให้ได้ความหนาของชั้นสารที่เคลือบตามต้องการ	ไม่สามารถควบคุมปริมาณสารที่ใช้เคลือบได้และเกิดความไม่สม่ำเสมอบนผิวเซ็นเซอร์หลังการเคลือบ
การจัดเรียงโมเลกุลตัวเอง	ทำให้ผิวเซ็นเซอร์หลังจากเคลือบมีความเรียบและสม่ำเสมอมากที่สุด	ทำให้ความหนาของสารหลังจากการเคลือบลดลงไปเกินกว่าที่คาดการณ์
สเปรย์		มีชั้นตอนที่ซับซ้อนและอุปกรณ์มีราคาสูง
การใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก	เกิดความเรียบและสม่ำเสมอและสามารถควบคุมความหนาของสารเคลือบตามต้องการได้	อุปกรณ์มีราคาสูง

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบวิธีการเคลือบสาร

สำหรับวิธีสุดท้ายนั้นจะเริ่มจากการละลาย Sensing material ลงในสารละลายที่ระเหยง่าย เช่น คลอโรฟอร์ม หรืออะซิโตน ให้อยู่อยู่ในรูปของเหลว จากนั้นทำการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงผ่านของเหลวดังกล่าว ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสั่นของอนุภาคของของเหลว เมื่อแอมพลิจูดของการสั่นสูงถึงค่าวิกฤต จะทำให้โมเลกุลของของเหลวหลุดพ้นจากแรงดึงดูดเกิดเป็นละอองขึ้น ตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อทำให้น้ำแตกตัวเป็นละอองโดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก แสดงดังรูปที่ 2.4 ซึ่งวิธีการที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกทำให้องของเหลวแตกตัวเป็นละอองนี้ ละอองที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าการใช้สเปรย์แรงดันอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยขนาดโมเลกุลที่เล็กนี้จะช่วยทำให้การเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์นั้นสามารถทำได้เรียบเนียนขึ้น มีผลทำให้เซ็นเซอร์มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือสูงขึ้น



รูปที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยาของน้ำเมื่อถูกทำให้เป็นละอองด้วยเครื่องอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก



รูปที่ 2.5 จำลองการเปรียบเทียบขนาดของละอองที่ออกมาโดยวิธีการใช้ (ก) Spray และ (ข) Ultrasonic Atomizer

2.3 ตัวอย่างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

ตัวอย่างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกที่พัฒนาโดย Takamichi Nakamoto จาก Tokyo Institute of Technology แสดงดังในรูปที่ 2.6 [2-3] จะเห็นว่าอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก (HM-2412, Honda Electronics) จะถูกติดตั้ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

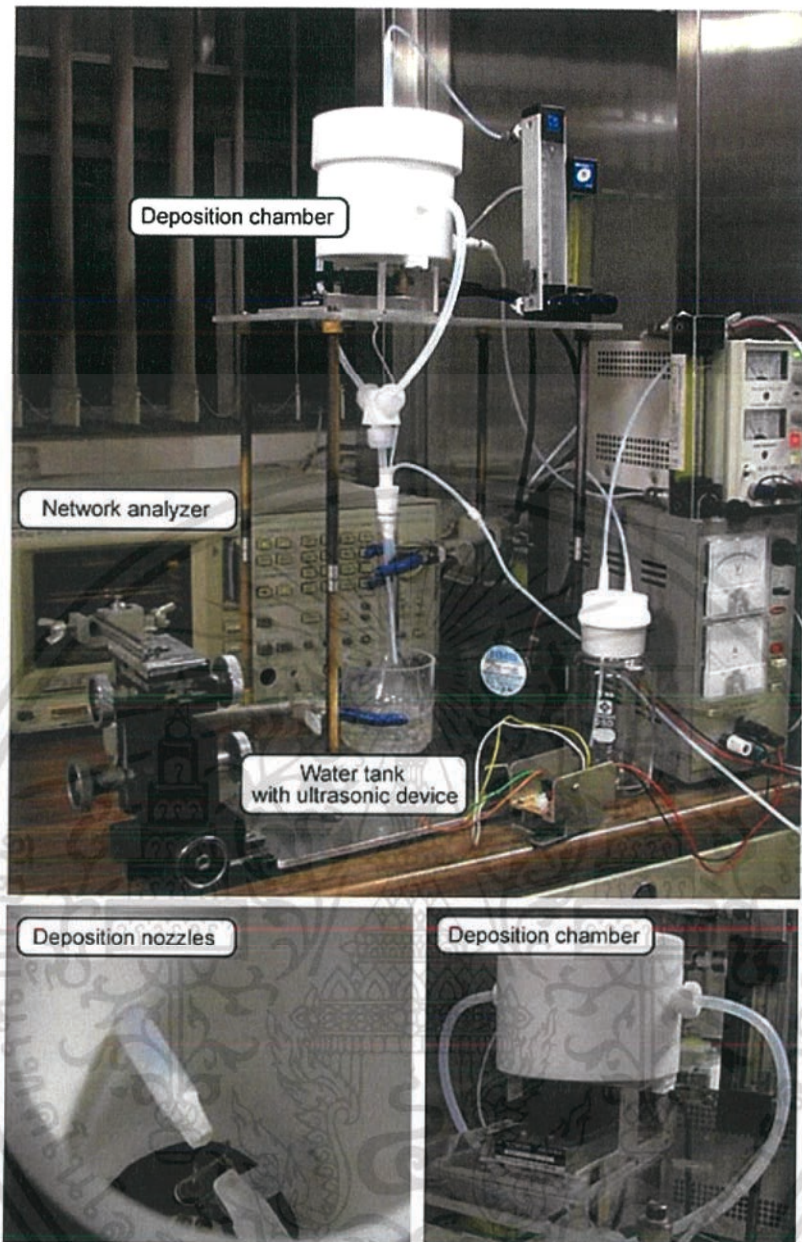
ไว้ได้บีกเกอร์ที่เติมน้ำอยู่ภายใน โดย Sensing material จะถูกผสมลงในคลอโรฟอร์มในอัตราส่วน 0.5 หรือ 1 mg/mL แล้วถูกเติมลงในขวดแก้วที่ติดตั้งอยู่สูงจากอะตอมไมเซอร์ 25 – 35 mm ที่ขวดแก้วจะถูกต่อกับท่อที่รับอากาศบริสุทธิ์ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เมื่อเปิดเครื่องอะตอมไมเซอร์ จะเกิดคลื่นอัลตราโซนิกเดินทางผ่านน้ำทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลในขวดแก้วจนแตกตัวออกเป็นอนุภาคขนาดเล็ก โดยการเชื่อมต่อกับปั๊มลมและควบคุมแรงดันอากาศอย่างเหมาะสม อนุภาคที่แตกตัวออกมาจะถูกพัดพาต่อไปยังขั้วของเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่ติดตั้งอยู่ด้านบน โดยขนาดของอนุภาคจะขึ้นอยู่กับความถี่ของอะตอมไมเซอร์ ในที่นี้ความถี่ของ HM-2412 คือ 2.4 MHz จะได้ว่าขนาดของอนุภาคคือประมาณ 2 - 3 μm

โดย Takamichi Nakamoto ได้ทดลองใช้เครื่องเคลือบสารโดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกที่พัฒนาขึ้นนี้ ทดลองเคลือบสารสองชนิด คือ Ethyl Cellulose (EC) และ Apiezon L (Ap-L) ที่ละลายในคลอโรฟอร์มในอัตราส่วน 0.5 mg/mL ลงบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยสำหรับ EC นั้นจะมีลักษณะเป็นผลึกซึ่งง่ายต่อการเคลือบบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่ใช้ทองเป็นขั้วไฟฟ้า สำหรับ Ap-L จะมีลักษณะเป็นของเหลวทำให้ยากต่อการเคลือบให้คงทนบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่ใช้ทองเป็นขั้วไฟฟ้า

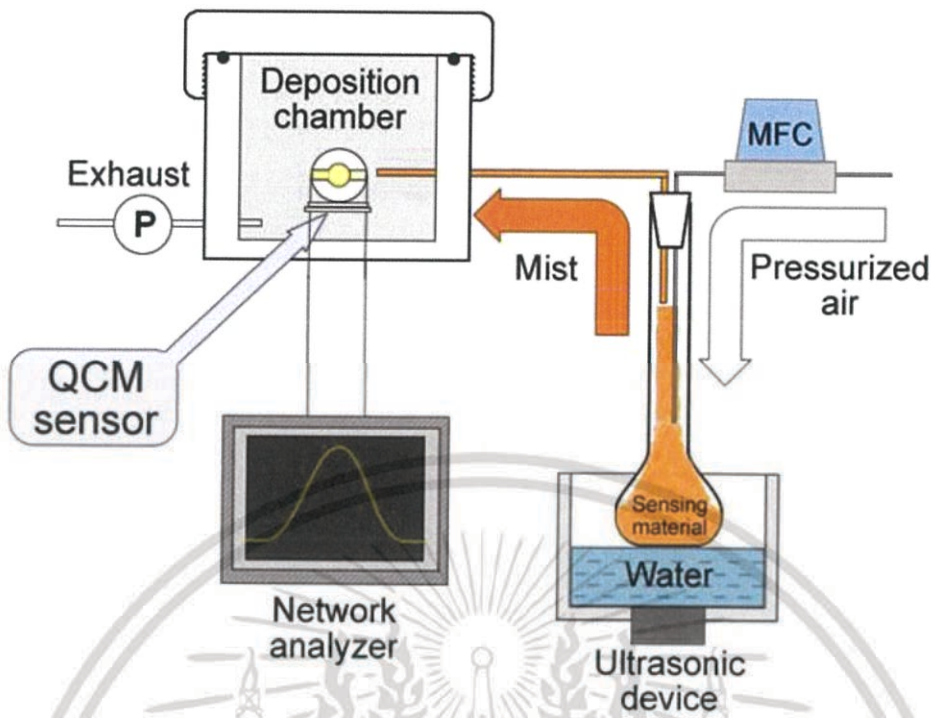
เซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่เคลือบสาร EC และ Ap-L ด้วยเทคนิคการใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกนี้ได้ถูกนำไปทดลองวัดไอระเหยของ Hexane, Ethanol, Ethyl acetate, Butyric acid และ Tran-2-hexenyl acetate ที่เป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ระเหยง่ายซึ่งพบมากในกลิ่นในผลไม้ พบว่าสามารถให้ผลตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.8

และได้ทำการส่องกล้องไมโครสโคปเพื่อเปรียบเทียบเนื้อสารเคลือบที่ถูกเคลือบด้วยวิธีใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกนี้เทียบกับการเคลือบด้วยวิธีการสเปรย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ถึง 2.10 จะเห็นว่าสาร EC ที่เคลือบด้วยวิธีการสเปรย์ จะมีขนาดของอนุภาคที่ใหญ่กว่าและไม่เป็นระเบียบเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเคลือบด้วยวิธีใช้อะตอมไมเซอร์ และเมื่อเปรียบเทียบกับสาร Apiezon L ที่เคลือบด้วยวิธีการสเปรย์ จะเห็นว่าขนาดของอนุภาคที่ใหญ่มากและเกิดการรวมตัวเป็นหยดของเหลวจากปรากฏการณ์ Dewetting Phenomenon [5] เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเคลือบด้วยวิธีใช้อะตอมไมเซอร์ ที่จะเห็นได้ว่ามีขนาดของหยดที่เล็กกว่ามากและเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบกว่า

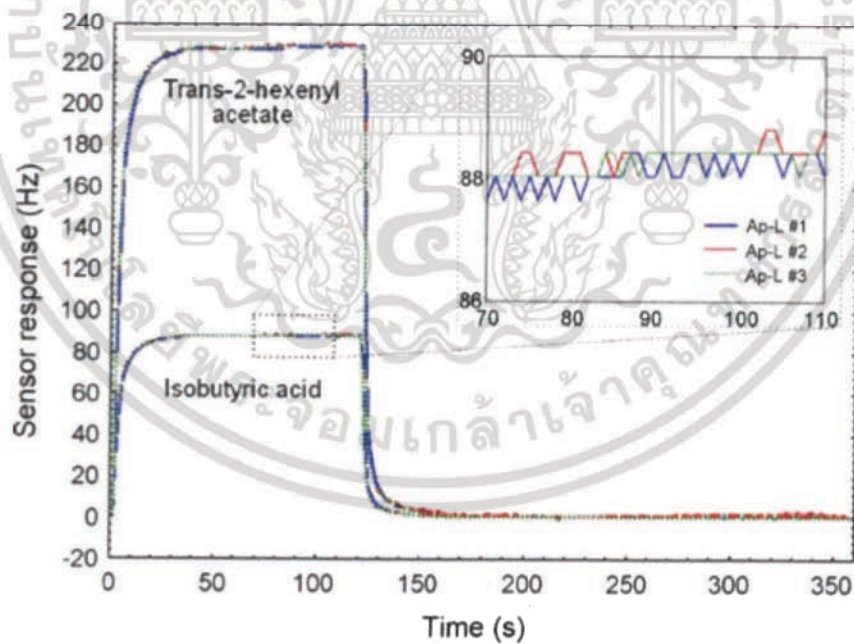
นอกจากนี้ยังมีการทดลองเคลือบโดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกที่ความเร็วลมของแก๊สพามีค่าต่างๆกัน พบว่าชั้นของสารเคลือบที่ถูกเคลือบด้วยวิธีทำให้เป็นละอองโดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกที่มีค่าความเร็วลมสูงกว่าจะให้ขนาดของอนุภาคบนชั้นสารเคลือบที่มีขนาดใหญ่กว่าการเคลือบที่ความเร็วลมที่ต่ำกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.11 อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามี ความแตกต่างในแง่ของความสามารถในการรับรู้กลิ่นของเซ็นเซอร์ที่เคลือบด้วยความเร็วลมที่แตกต่างกัน



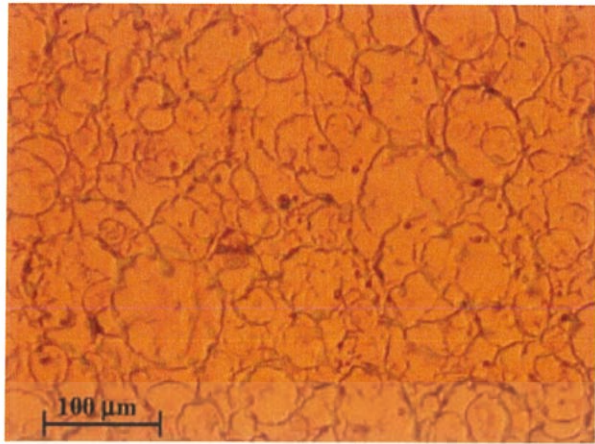
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก [3]



รูปที่ 2.7 กระบวนการเคลือบสารลงบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM ด้วยวิธีการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิก [3]



รูปที่ 2.8 ผลการตอบสนองชั่วขณะต่อ Isobutyric acid และ Trans-2-hexenyl acetate ของเซ็นเซอร์ชนิด QCM สามตัวที่ถูกเคลือบโดย Apizon-L [3]



(ก)

(ข)

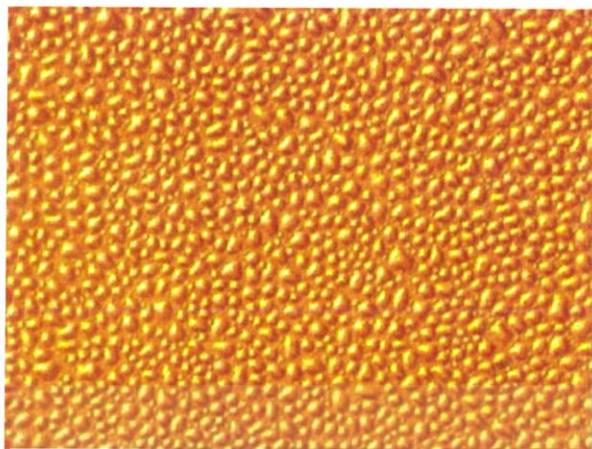
รูปที่ 2.9 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Ethyl Cellulose ด้วยวิธี (ก) สเปรย์ และ (ข) ใช้อะตอมไมเซอร์ [2]



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.10 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Apiezon L ด้วยวิธี (ก) สเปรย์ และ (ข) ใช้อะตอมไมเซอร์ [2]



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.11 ภาพขยายจากไมโครสโคปเปรียบเทียบชั้นสารเคลือบของ Apiezon L ด้วยวิธีทำให้เป็น
ละอองโดยใช้อะตอมไมเซอร์ที่ความเร็วลม (ก) 80 ml/min และ (ข) 35 ml/min [2]



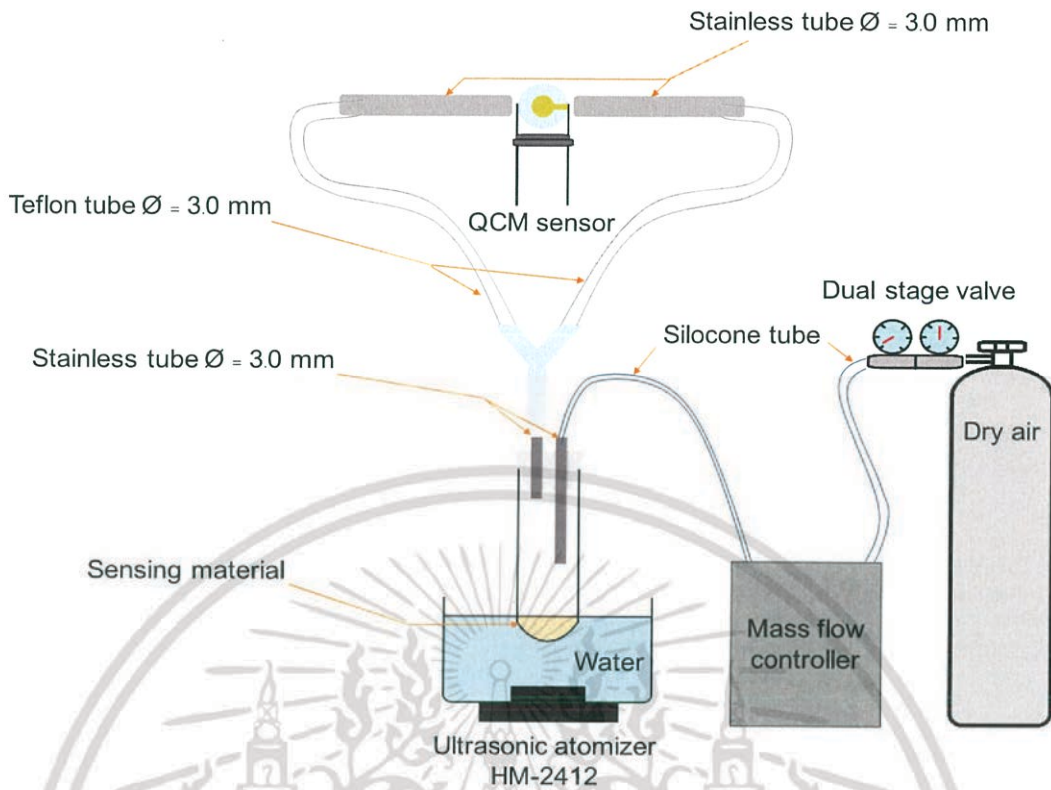
บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบ

ในบทนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น รวมไปถึงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้นในปริภูมิตำแหน่งนี้

3.1 โครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น

โครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 โดยจะใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics เนื่องจากวงจรขับอะตอมไมเซอร์ดังกล่าวต้องการแรงดันไฟเลี้ยงเป็นไฟ -24 V จึงต่อวงจรดังกล่าวเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC power supply) อะตอมไมเซอร์จะถูกยึดเข้าไปที่ไต่บีกเกอร์ขนาด 250mL ที่ถูกเติมน้ำเพื่อให้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการส่งคลื่นอัลตราโซนิกไปยัง Sensing material ที่ถูกทำละลายกับสารละลายเช่น คลอโรฟอร์ม หรือ อะซิโตน ที่ถูกเติมเข้าไปที่หลอดทดลองที่ถูกติดตั้งอยู่สูงจากตัวอะตอมไมเซอร์ หลอดทดลองจะถูกต่อเข้ากับสายเทฟลอนที่มีพื้นผิวลื่น เมื่อจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงให้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกสารละลายของ Sensing material ในขวดแก้วจะแตกตัวเป็นอนุภาคและด้วยแรงดันของแก๊สพา (Carrier gas) จากถังแก๊สจะทำให้อนุภาคดังกล่าวถูกดันให้ไหลไปสู่ผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM ผ่านทางท่อเทฟลอน โดยในที่นี้จะใช้อากาศบริสุทธิ์ที่มีความชื้นต่ำ (Dry air) ทำหน้าที่เป็นแก๊สพา โดยใช้เครื่องควบคุมความเร็วลม (Mass flow controller) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของแก๊สพาดังกล่าวให้มีอัตราการไหลคงที่



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องเคลือบสารลงบนผิวของเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

3.2 อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

จะใช้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก รุ่น HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics ซึ่งประกอบด้วยส่วนของตัวอะตอมไมเซอร์และวงจรขับ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.1



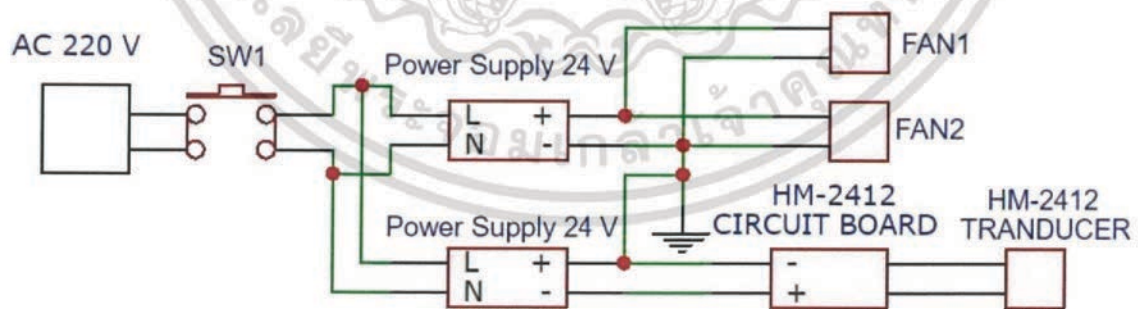
รูปที่ 3.2 อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก รุ่น HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics ที่ใช้

ความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิกที่สร้าง	2.4MHz
แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ	DC 24V
กระแสไฟฟ้าที่ต้องการ	550 mA
ระดับน้ำ	20 – 30 mm
ความสามารถในการผลิตไอ (น้ำ)	180 ± 50 mL/h (22°C)
ขนาดของไอ (น้ำ) ที่ผลิตขึ้น	ประมาณ 3 μm
ชนิดของเหลวที่ใช้เป็นตัวกลาง	น้ำ
วัสดุ	สแตนเลส (SUS316L)
วัสดุที่ใช้ป้องกันการรั่วไหล	ยางสังเคราะห์ VITON
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	อะตอมไมเซอร์ : 42x30x11 mm วงจรถับ : 80x45x45 mm
น้ำหนัก	อะตอมไมเซอร์ : 20g วงจรถับ : 60g

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก รุ่น HM-2412 ของบริษัท Honda Electronics

3.3 วงจรจ่ายไฟตรง

เนื่องจากวงจรถับอะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิกที่ใช้ ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงเป็นไฟ -24 V จึงต้องวงจรถับดังกล่าวเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC power supply) และเนื่องจากวงจรถับดังกล่าวมีความร้อนสูงต้องการพัดลมระบายความร้อน จึงใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 24 V อีกตัวหนึ่ง ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับพัดลมระบายความร้อน ที่พัดลมไปยังวงจรถับของอะตอมไมเซอร์ที่ใช้เพื่อระบายความร้อนให้กับวงจรถับดังกล่าว การเชื่อมต่องจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดแสดงดังในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้อะตอมไมเซอร์แบบอัลตราโซนิก

3.4 แก๊สที่ใช้

จะใช้แก๊สทำหน้าทีพละองของอนุภาคที่ถูกปล่อยออกจากขวดแก้วด้วยพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกให้เคลื่อนไปยังขั้วไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ชนิด QCM ในที่นี้จึงเลือกใช้อากาศบริสุทธิ์ที่มีความชื้นต่ำทำหน้าที่เป็นแก๊สพา เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากความชื้น โดยใช้เป็น Air Zero Grade ของบริษัท LINDE

3.5 หัวปรับแรงดันแก๊สที่ใช้

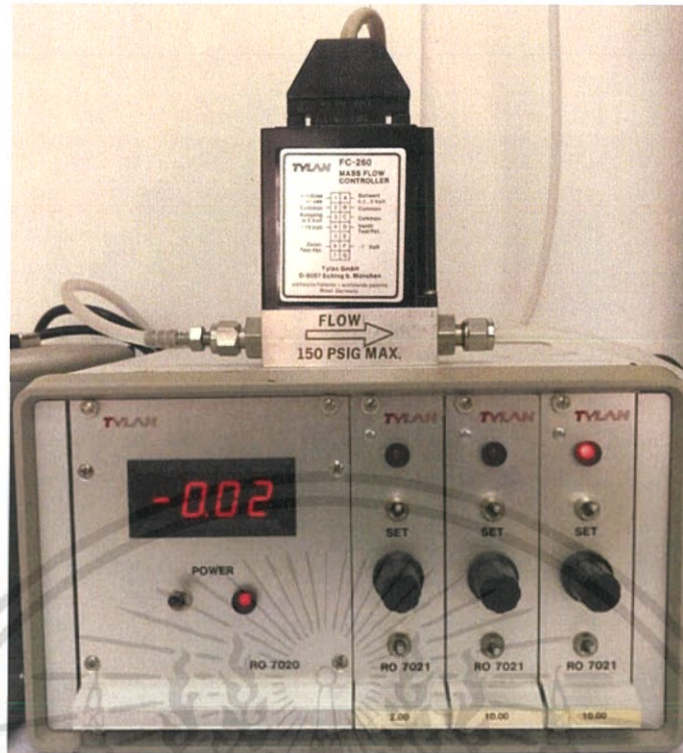
เนื่องจากถังแก๊สที่ใช้ในหัวข้อ 3.4 นั้นมีแรงดันสูงมากถึง 14 MPa (เท่ากับ 2030.5 psi) ดังนั้นก่อนที่จะต่อเข้ากับหลอดทดลอง จะต้องทำการลดแรงดันลงก่อน ซึ่งทำได้โดยการใช้หัวปรับแรงดันแก๊ส ในที่นี้จะใช้หัวปรับแรงดันแบบสองชั้น (Dual stage regulator) รุ่น 5629-516-000 ของบริษัท LINDE ที่ทนแรงดันได้สูงสุด 207 Bar (เท่ากับ 3002 psi) และสามารถปรับแรงดันที่ทางออกได้ในช่วง 0 - 50 psi ในที่นี้จะปรับแรงดันที่ทางออกไว้ที่ 30 psi



รูปที่ 3.4 หัวปรับแรงดันแบบสองชั้น รุ่น 5629-516-000 ของบริษัท LINDE ที่ใช้

3.6 เครื่องควบคุมอัตราการไหลที่ใช้

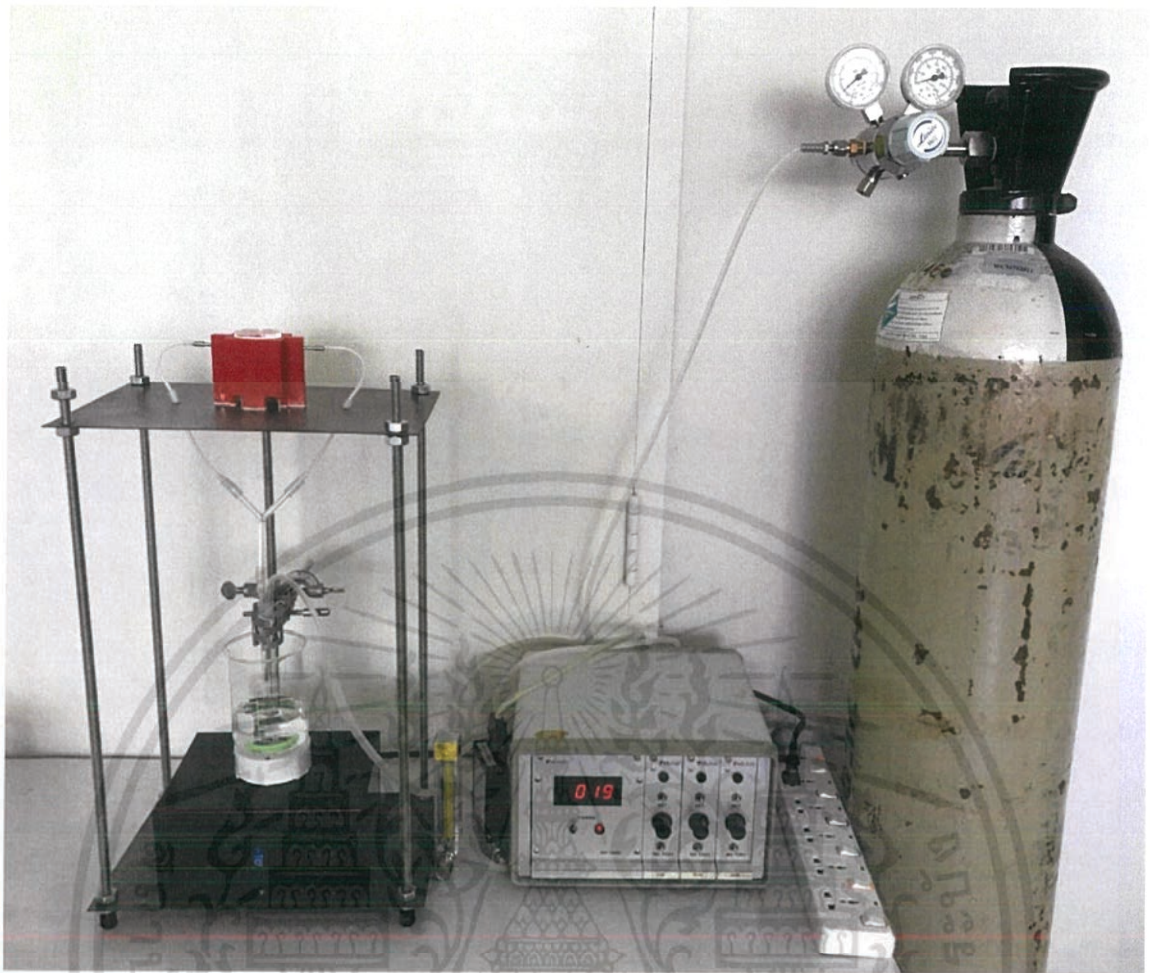
ในการทดลองการเคลื่อนสารลงบนเซ็นเซอร์ชนิด QCM ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่สำคัญคือความเร็วลมที่ใช้ในการพาสารเคลื่อนไปยังผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM ดังนั้นการควบคุมอัตราการไหลในเครื่องให้มีค่าแม่นยำจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง จึงต่อเครื่องควบคุมอัตราการไหลเข้าไปที่เอาต์พุทของหัวปรับก่อนที่จะป้อนอากาศเข้าไปที่ขวดแก้ว เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้มีค่าแน่นอน ในที่นี้จะใช้เครื่องควบคุมอัตราการไหลรุ่น FC-260 ของบริษัท TYLAN



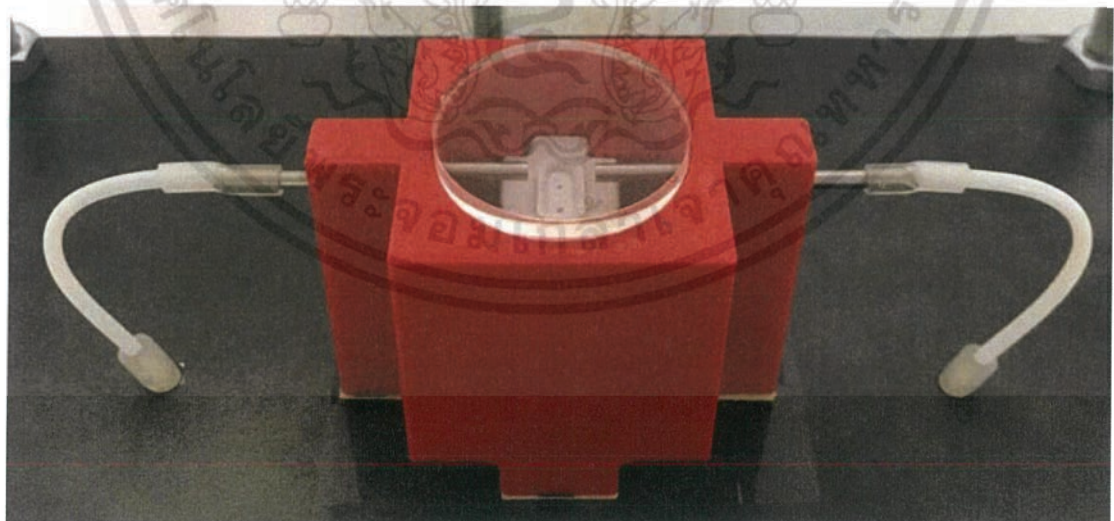
รูปที่ 3.5 เครื่องควบคุมอัตราการไหลรุ่น FC-260 ของบริษัท TYLAN ที่ใช้

3.7 เครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น

เครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้น แสดงดังในรูปที่ 3.6 ทำงานโดยเมื่อเปิดสวิทช์สารเคลือบที่บรรจุอยู่ในหลอดทดลองจะเกิดการสั่นและแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กอยู่ภายในหลอดทดลองและจะถูกพาไปยังเซ็นเซอร์ที่ถูกวางอยู่ในช่องบรรจุเซ็นเซอร์ด้วยแก๊สพาที่ถูกปรับแรงดันโดยใช้หัวปรับแรงดันและควบคุมอัตราการไหลโดยใช้เครื่องควบคุมอัตราการไหล ในส่วนของช่องบรรจุเซ็นเซอร์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.7 ประกอบด้วยฝาผลิตจากอะคริลิกใสเพื่อให้มองเห็นภายในขณะที่เครื่องทำงาน และส่วนฐานที่มีขนาดพอดีกับเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่มีตัวถังแบบ HC-48/U โดยมีช่องด้านซ้ายและขวาที่ติดตั้งท่อเสตนเลสที่ต่อกับเข้าท่อเทพลอนจากขวดแก้ว เพื่อให้อนุภาคของสารเคลือบที่ลอยขึ้นมาเคลือบเข้าไปที่ทั้งสองด้านของเซ็นเซอร์ โดยช่องบรรจุเซ็นเซอร์นี้ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Auto Cad 2016 และสร้างขึ้นด้วยเส้นพลาสติก ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) โดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 3.6 เครื่องเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.7 ช่องบรรจุเซ็นเซอร์ที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเส้นพลาสติก ABS โดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

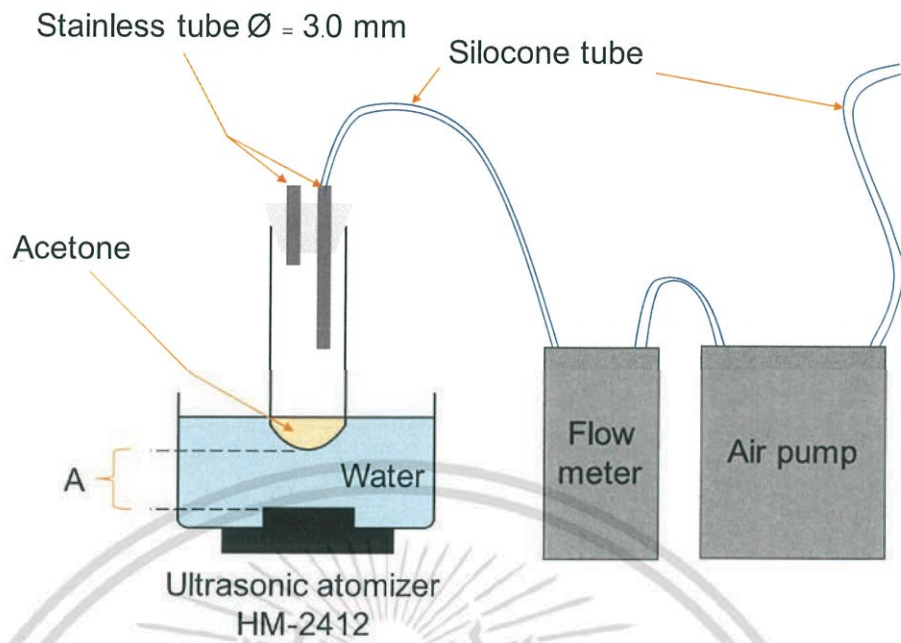
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

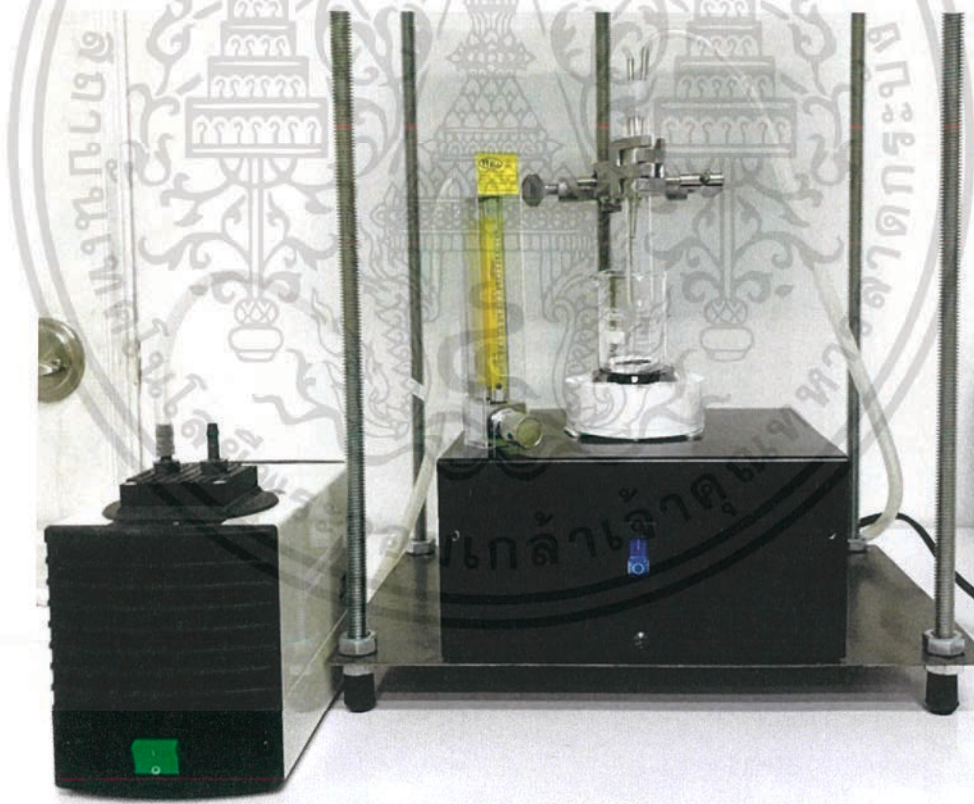
ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการทดลองเพื่อประเมินการทำงานของเครื่องเคลือบผิวเซรามิก เซอร์ซิด QCM ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย การทดลองหาปริมาณของหลอดทดลองที่เหมาะสม การทดลองเคลือบสารเคลือบลงบนผิวของเซรามิก และการทดลองนำเซรามิกที่เคลือบผิวแล้วไปใช้วัดกลืนต่างๆ

4.1 การทดลองหาปริมาณของหลอดทดลองที่เหมาะสม

หลังจากสร้างเครื่องเคลือบผิวเซรามิกในอธิบายในบทที่ 3 เสร็จแล้ว จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาปริมาณของบีกเกอร์ใส่น้ำที่เหมาะสม โดยทำการทดลองเปิดอะตอมไมเซอร์เพื่อให้อะซิโตนที่บรรจุอยู่ภายในหลอดทดลองที่ใส่ในบีกเกอร์บรรจุน้ำแตกตัวเป็นละออง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยทำการทดลองโดยใช้บีกเกอร์สามขนาด คือ 20, 25 และ 250 mL และใช้หลอดทดลองขนาด 9 mL ทั้งนี้ในการทดลองนี้จะใช้ปั๊มลม N86KT.18 ของบริษัท KNF Lab และใช้มิเตอร์วัดอัตราการไหล LZB-2 ของบริษัท WELL Flow Instrument แทนการใช้แก๊สสเปกโตรมิเตอร์และใช้เครื่องควบคุมอัตราการไหลตามลำดับ โดยกำหนดให้อัตราการไหลเท่ากับ 150 mL/min และระยะ A เท่ากับ 0.8 cm ในกรณีของบีกเกอร์ขนาด 20mL และ 25mL และเท่ากับ 2.5 cm ในกรณีของบีกเกอร์ขนาด 250mL โดยทำการวัดอุณหภูมิของน้ำในขณะที่เปิดอะตอมไมเซอร์ที่เวลาต่างๆ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด HD500 ของบริษัท Extech Instrument และบันทึกเวลาใช้ที่ใช้ในการทำให้อะซิโตนกลายเป็นละอองจนหมดในแต่ละกรณี รูปถ่ายระบบในขณะที่ทำการทดลองนี้แสดงดังรูปที่ 4.2 และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1, 4.2 และรูปที่ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ระบบสำหรับทดลองเพื่อหาปริมาณของบิกเกอร์ที่เหมาะสม



รูปที่ 4.2 รูปถ่ายการทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

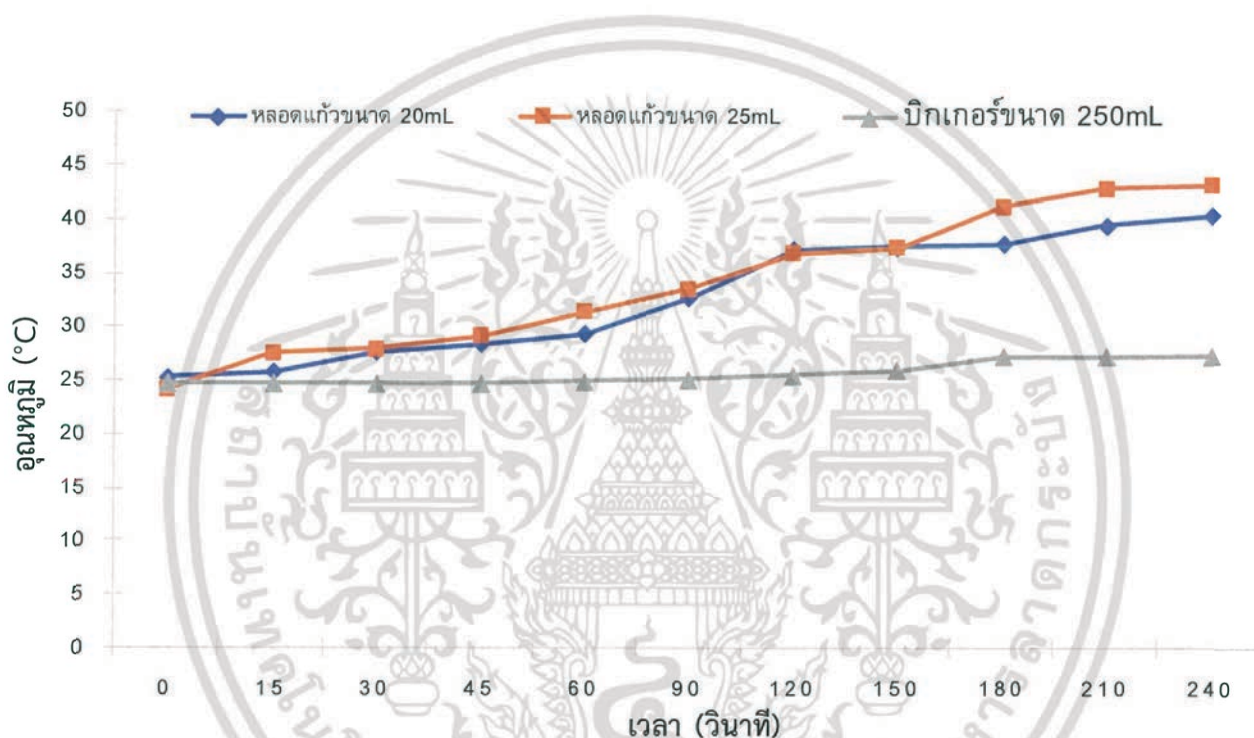
ตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิ

ขนาดบีกเกอร์	ปริมาตรน้ำ (mL)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)
20mL	10	0	25.4
		15	25.8
		30	27.7
		45	28.4
		60	29.4
		90	32.7
		120	37.2
		150	37.5
		180	37.8
		210	39.6
		240	40.4
		25mL	10
15	27.6		
30	28.0		
45	29.2		
60	31.4		
90	33.6		
120	36.8		
150	37.4		
180	41.2		
210	42.9		
240	43.2		
250mL	100		
		15	24.8
		30	24.8
		45	24.8
		60	25.0
		90	25.2
		120	25.5
		150	26.0
		180	27.3
		210	27.3
		240	27.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

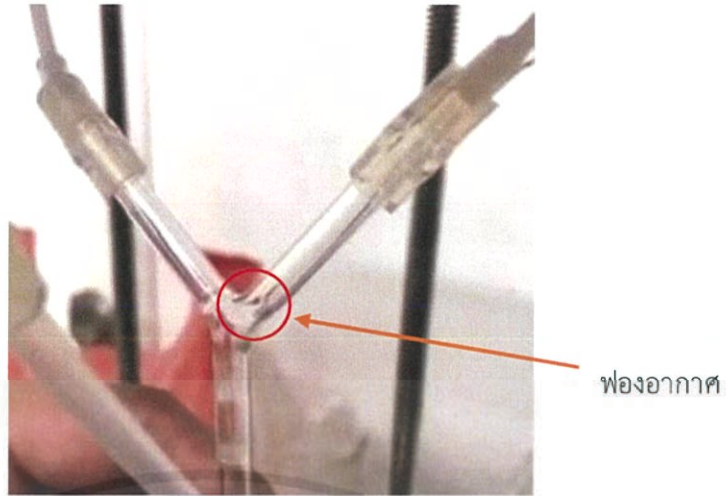
ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบอัตราการกลายเป็นไอและอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำโดยใช้บีกเกอร์ขนาดต่างๆกัน

ขนาดบีกเกอร์	อุณหภูมิ ณ เวลาที่เสร็จสิ้นการอะตอมไมซ์ (°C)	เวลาที่ใช้ (นาที)	อัตราการกลายเป็นไอ (mL/min)
20mL	45.7	4.07	0.2457
25mL	48.9	4.38	0.2283
250mL	28.8	6.38	0.1267



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิของน้ำที่เวลาค่าต่างๆระหว่างที่ทำการเปิดเครื่องอะตอมไมเซอร์โดยใช้บีกเกอร์ขนาดต่างๆกัน

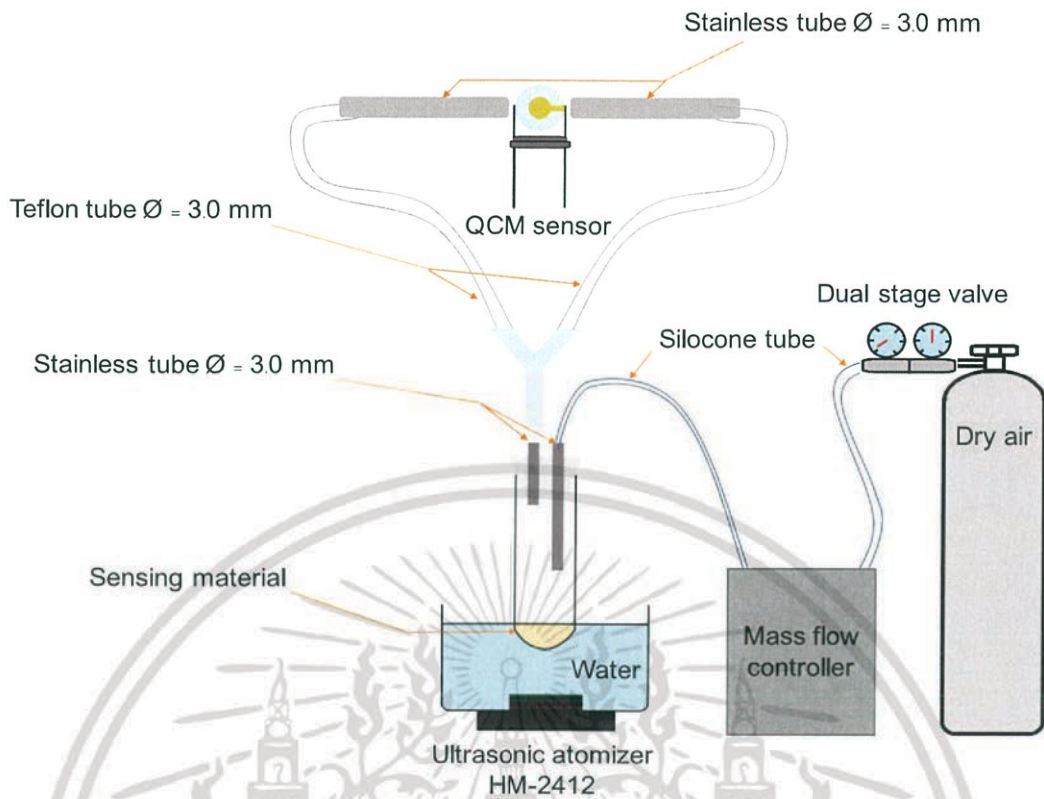
ผลการทดลองจากกราฟรูปที่ 4.3 สรุปได้ว่าปริมาตรของน้ำที่น้อยกว่าส่งผลให้อุณหภูมิในการทดลองการอะตอมไมซ์สูงขึ้น ซึ่งไม่เป็นผลดีเพราะเมื่อไอของสารเคลือบลอยขึ้นไปด้านบนที่มีอุณหภูมิโดยรอบต่ำลง จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลลงสู่ด้านล่าง โดยรูปที่ 4.4 แสดงฟองอากาศที่เกิดจากหยดของเหลวที่ไหลกลับลงไปยังหลอดทดลองชนกับแรงดันอากาศที่ดันขึ้นด้านบนด้วยปั๊มลม ด้วยเหตุนี้จึงสรุปว่าในการทดลองนี้บีกเกอร์ขนาด 250 mL มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้ต่อไป



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงฟองอากาศที่เกิดจากการควบแน่นที่เกิดขึ้นเมื่อไอของสารเคลือบที่มีอุณหภูมิสูง
ลอยขึ้นไปด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำโดยรอบด้านล่าง

4.2 การทดลองเคลือบสารเคลือบลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM

ทำการทดลองเคลือบ Sensing material ลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM โดยใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM แบบ AT-Cut ที่มีความถี่โซแนนซ์ $9 \text{ MHz} \pm 10.0 \text{ KHz}$ มีขั้วไฟฟ้าทำด้วยทอง (Gold electrode) แบบด้าน (Non polish) เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.7 mm โดยทำการวัดความถี่โซแนนซ์ของเซ็นเซอร์ก่อนเคลือบโดยต่อเซ็นเซอร์เข้ากับวงจรรวมออสซิลเลเตอร์ NJU6321 และวัดความถี่โดยใช้เครื่องนับความถี่ 53210A ของบริษัท Agilent ได้ค่าเท่ากับ 8.99460962 MHz Sensing material ที่ใช้คือสาร Copolymer ซึ่งประกอบไปด้วย Acrilamind (AAM) 11.6 mg, Methacrylic a (MAA) 11.5 mg, Methylmethacrylate (MMA) 5.0 mg, N-nnylpyrroidone (VP) 7.8 mg, N'N-bisaryloyl-1,2-dihydroxy-1,2-ethylenedinmine (DHEBA) 52.0 mg, Az.obisisobutyronitrile (AIBN) 1.5 mg ละลายในสารละลาย Dimethyl Sulfoxide 300 μL ที่ได้จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยในการทดลองจะใช้สารครั้งละ 0.3 mL ใส่ในหลอดทดลองขนาด 9 mL ใช้บีกเกอร์ขนาด 250 mL และกำหนดให้อัตราการไหลในระบบมีค่าเท่ากับ 20 mL/min ทำการเคลือบเป็นเวลา 720 วินาที จนกระทั่งสารเคลือบหมด



รูปที่ 4.5 รูปแบบการทดลองเคลือบสารเคลือบลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM



รูปที่ 4.6 รูปถ่ายการทดลองการเคลือบสารเคลือบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังทำการเคลือบเสร็จสิ้น สังเกตที่หลอดทดลองพบว่า มีตะกอนของ Sensing material เหลืออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และทำการวัดความถี่ของเซ็นเซอร์อีกครั้ง ได้ค่าเท่ากับ 8.99432352 MHz จะได้ว่าความถี่ที่เปลี่ยนไปจากการเคลือบมีค่าเท่ากับ 286.1 Hz ทั้งนี้จากคำแนะนำของ Bartosz Wyszynski ค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 20 KHz จึงสรุปได้ว่าสารเคลือบที่ใช้ในการทดลองอาจมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการทำให้แตกตัวเป็นละออง จึงเหลือคราบที่ไม่สามารถแตกตัวได้ที่ก้นหลอดทดลอง ทำให้เซ็นเซอร์ไม่ได้รับการเคลือบอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามเซ็นเซอร์ที่เคลือบเสร็จแล้วจะถูกนำไปทดลองใช้วัดกลิ่นจริง ดังจะอธิบายในหัวข้อต่อไป



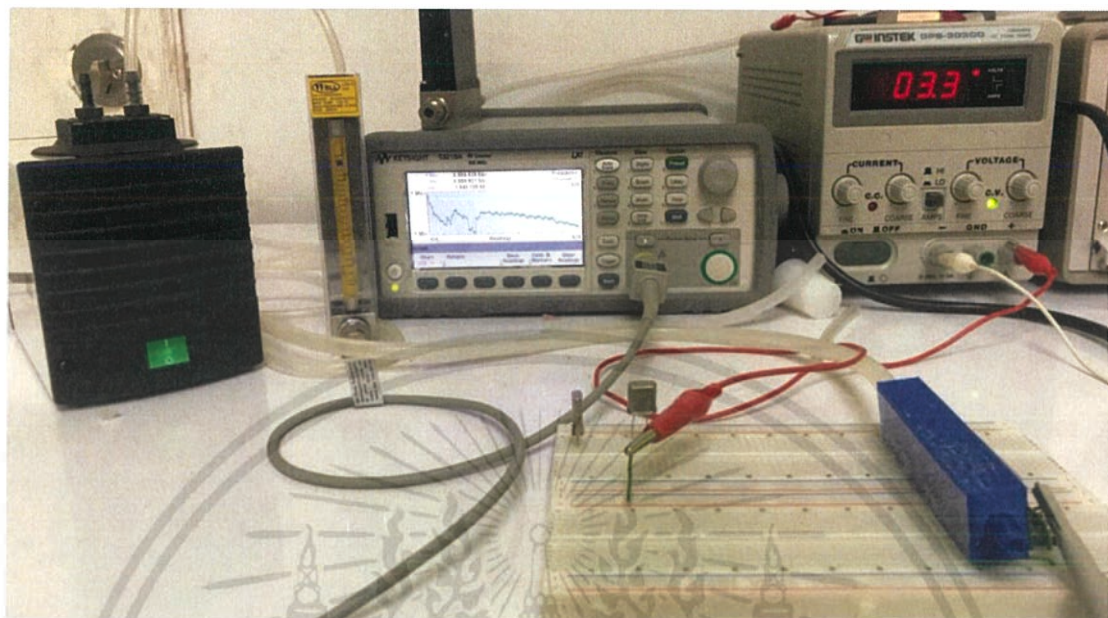
รูปที่ 4.7 ตะกอนที่เหลือภายในหลอดทดลองหลังการทดลองเคลือบสารลงบนผิวเซ็นเซอร์ชนิด QCM

4.3 การทดลองวัดกลิ่นโดยใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM

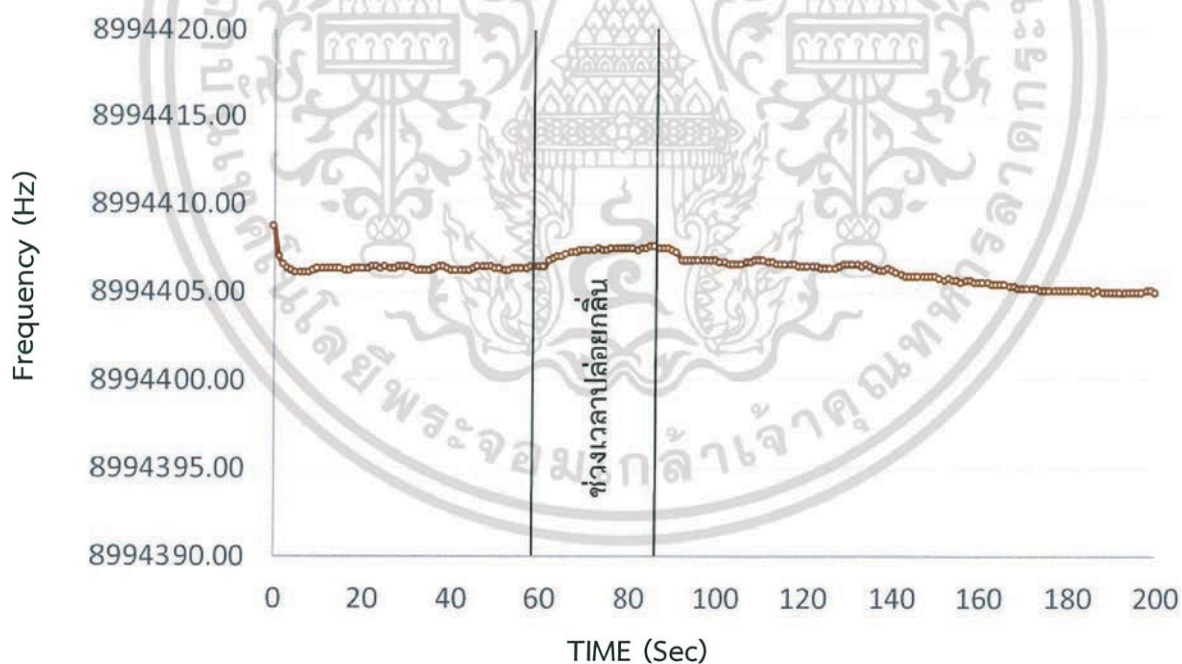
ทำการบรรจุเซ็นเซอร์ชนิด QCM ที่ต่อกับวงจรรวมออสซิลเลเตอร์ NJU6321 ลงในเซ็นเซอร์เซล [6] ที่ต่อกับปั๊มลม N86KT.18 ของบริษัท KNF Lab และมีเตอร์วัดอัตราการไหล LZB-2 ของบริษัท WELL Flow Instrument ทำการปรับอัตราการไหลให้มีค่าเท่ากับ 200 mL/min และนำวัดกลิ่นไปจ่อที่ปากทางเข้าของเซ็นเซอร์เซลที่ระยะห่าง 1 cm แล้ววัดความถี่รีโซแนนซ์โดยใช้เครื่องนับความถี่ 53210A ของบริษัท Agilent ดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนและหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

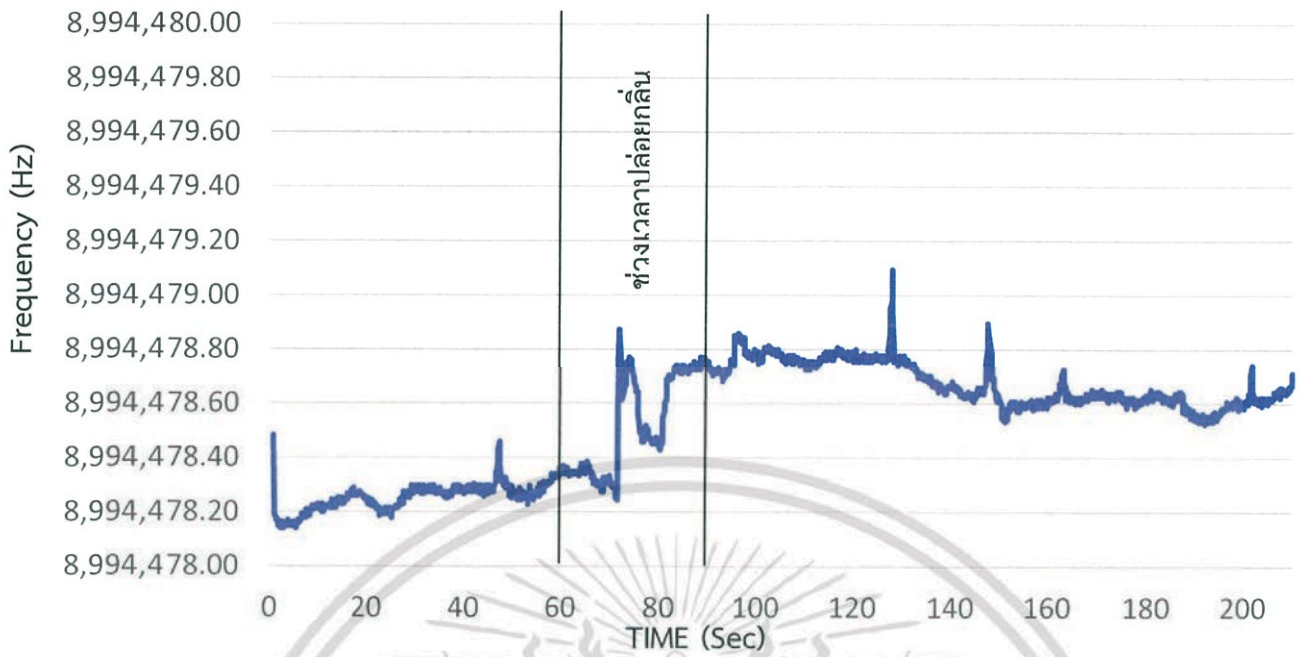
ทำการเคลือบในหัวข้อ 4.2 ทำการทดลองวัดคลื่นทั้งหมด 11 ชนิด ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8 – 4.25



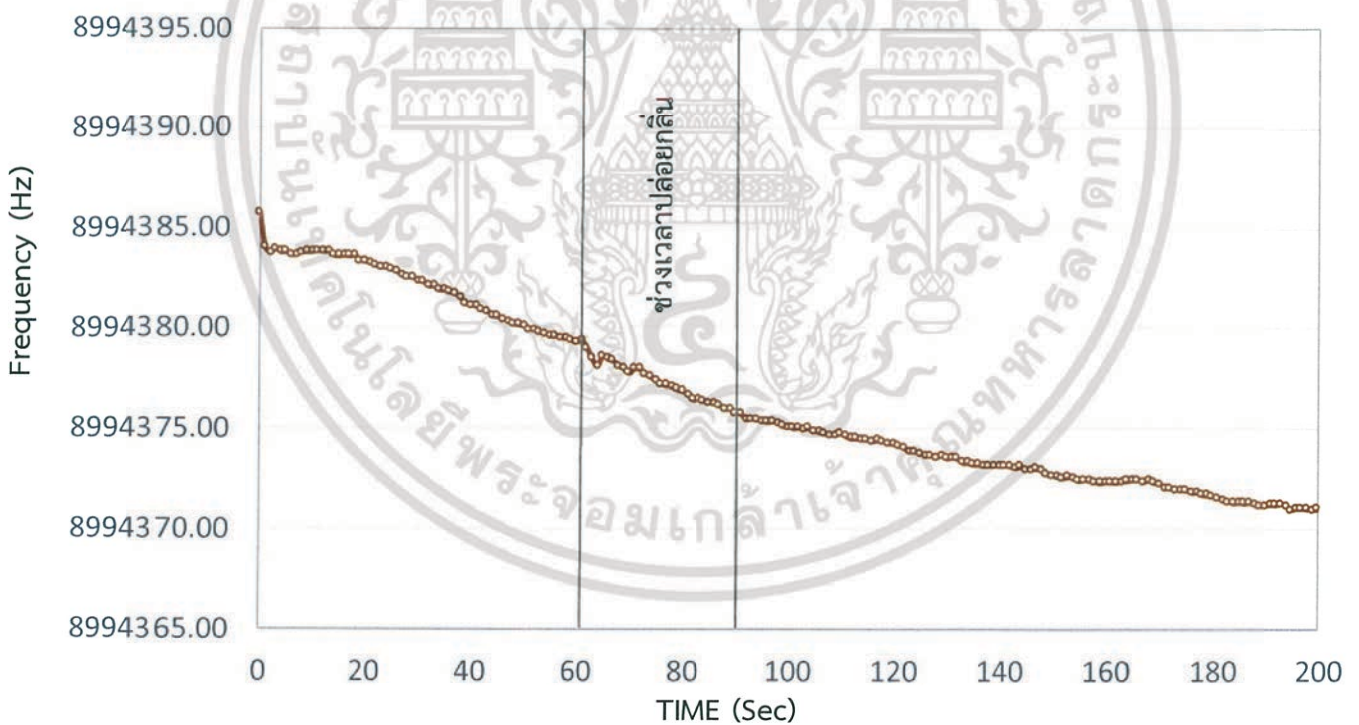
รูปที่ 4.8 รูปถ่ายการทดลองใช้เซ็นเซอร์ชนิด QCM วัดคลื่น



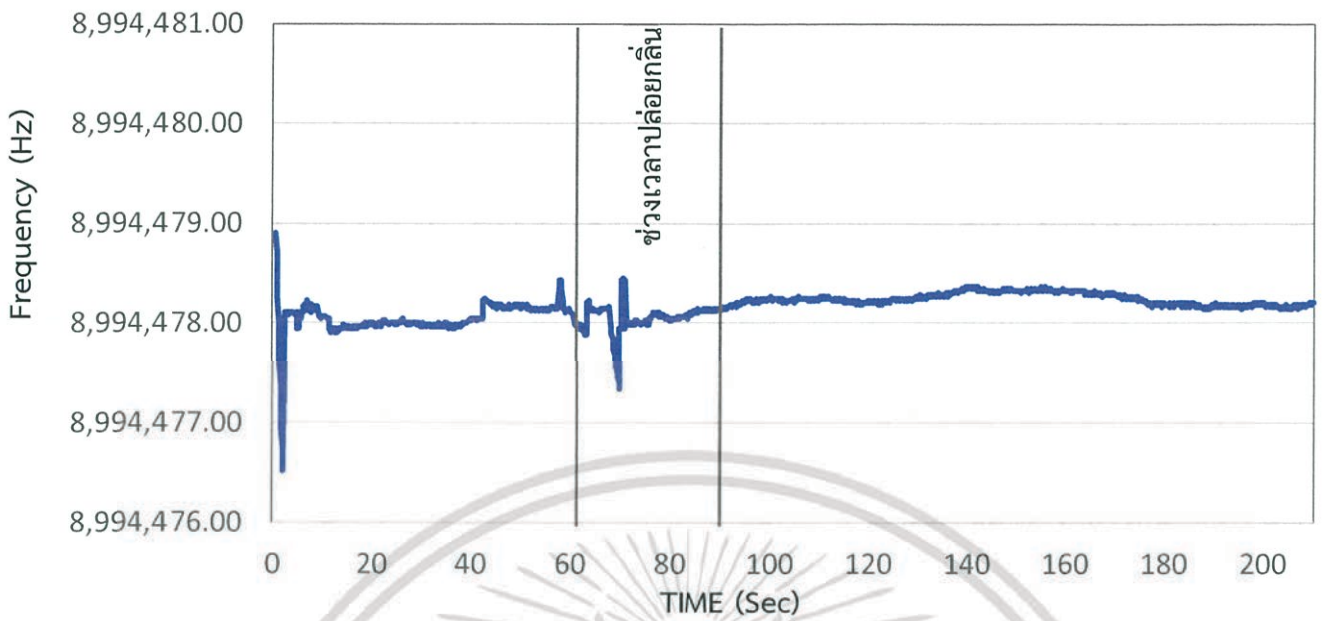
รูปที่ 4.9 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อคลื่นปฏิกิริยาที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



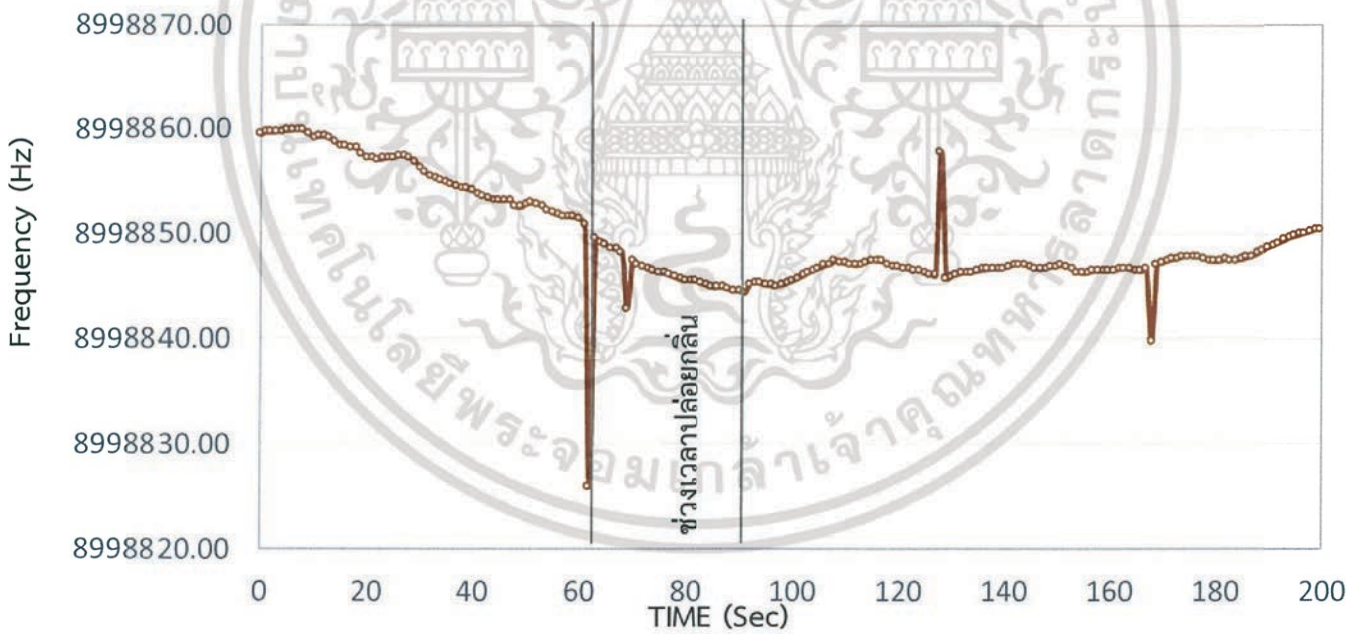
รูปที่ 4.10 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นปุ๋ยยูเรียที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



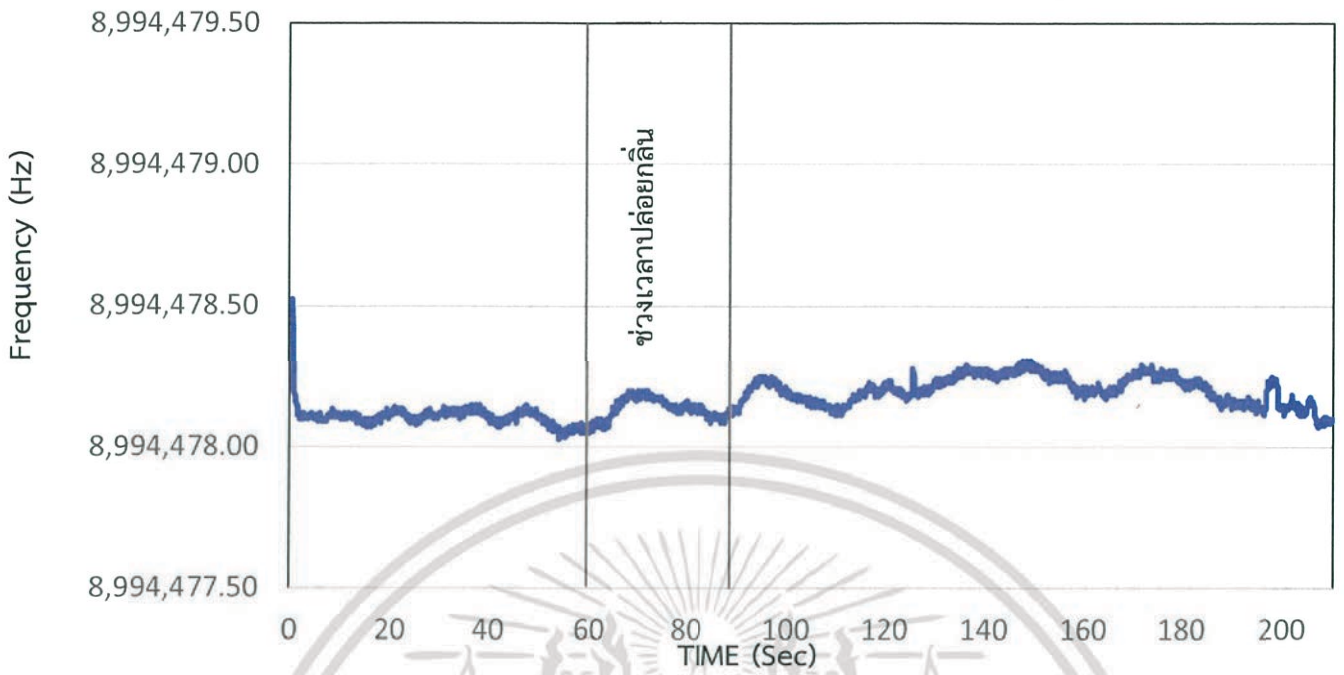
รูปที่ 4.11 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินส่งกระสุนปืนใหญ่ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



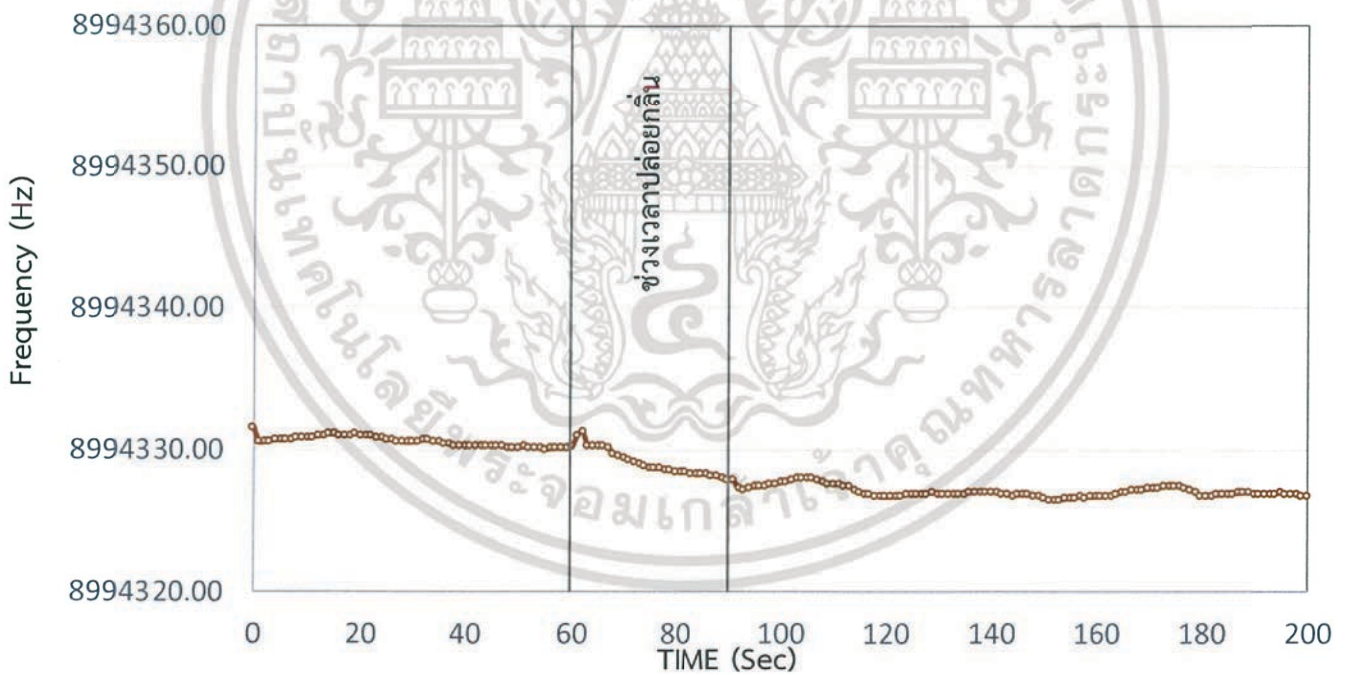
รูปที่ 4.12 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินสรงกระสุนปืนใหญ่ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



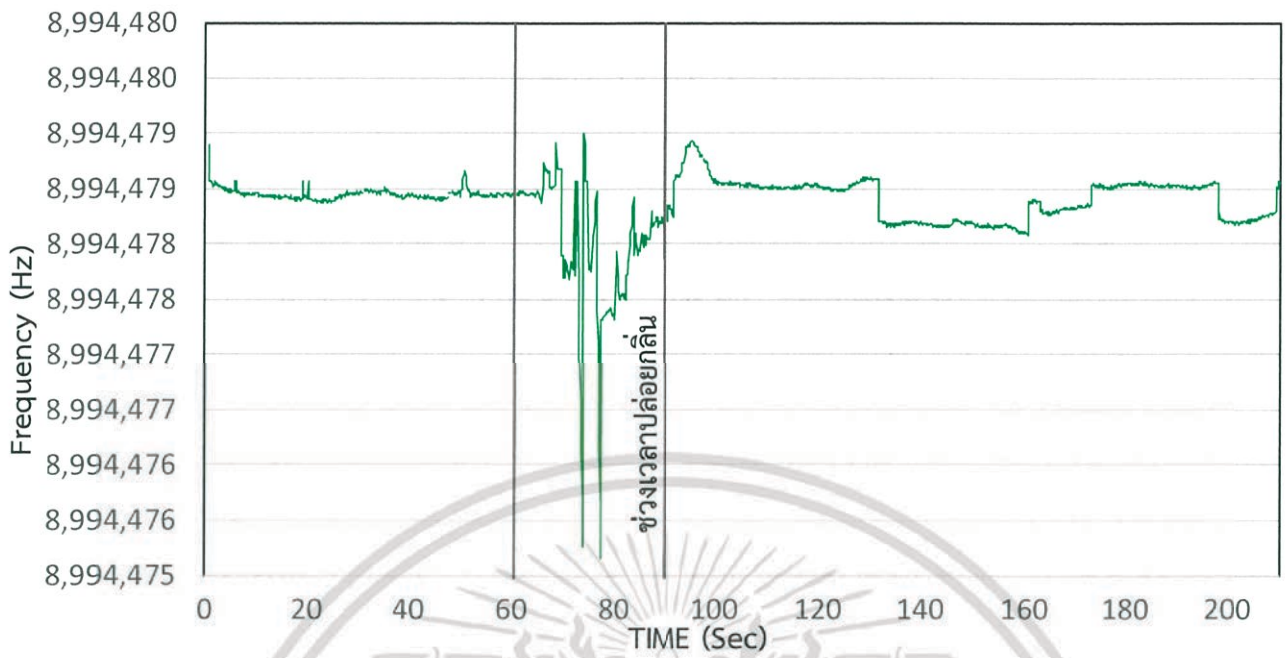
รูปที่ 4.13 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินดำที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



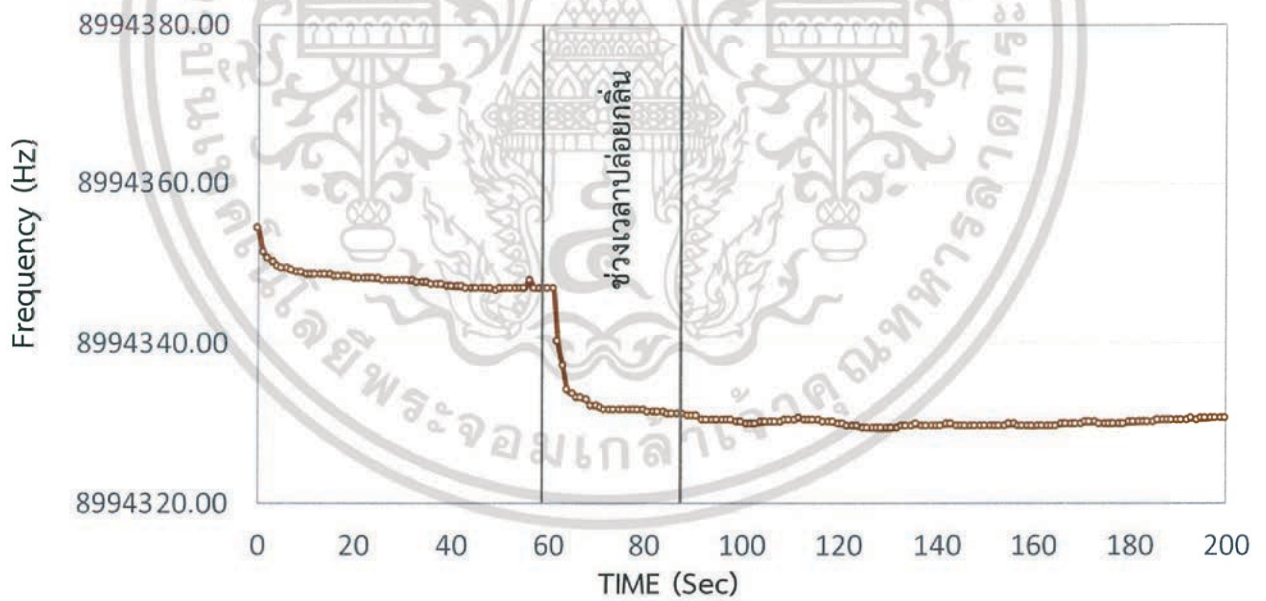
รูปที่ 4.14 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นดินดำที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



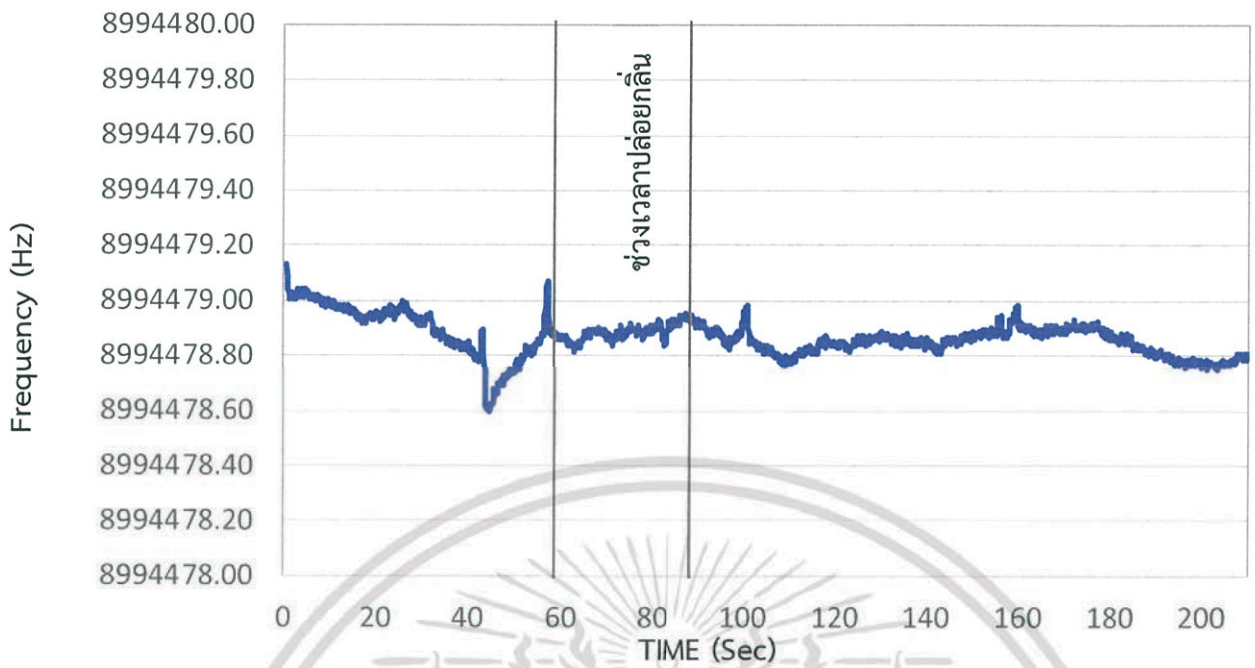
รูปที่ 4.15 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นแอมโมเนียมไนเตรดที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



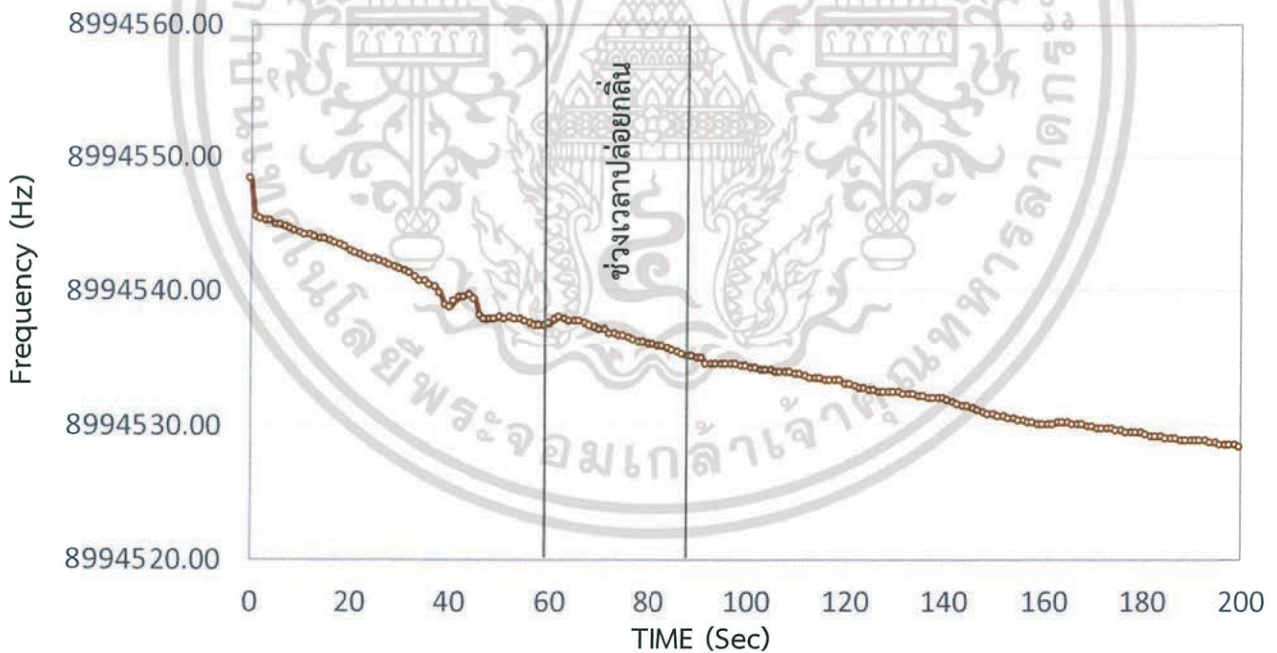
รูปที่ 4.16 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นแอมโมเนียในเครื่องที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



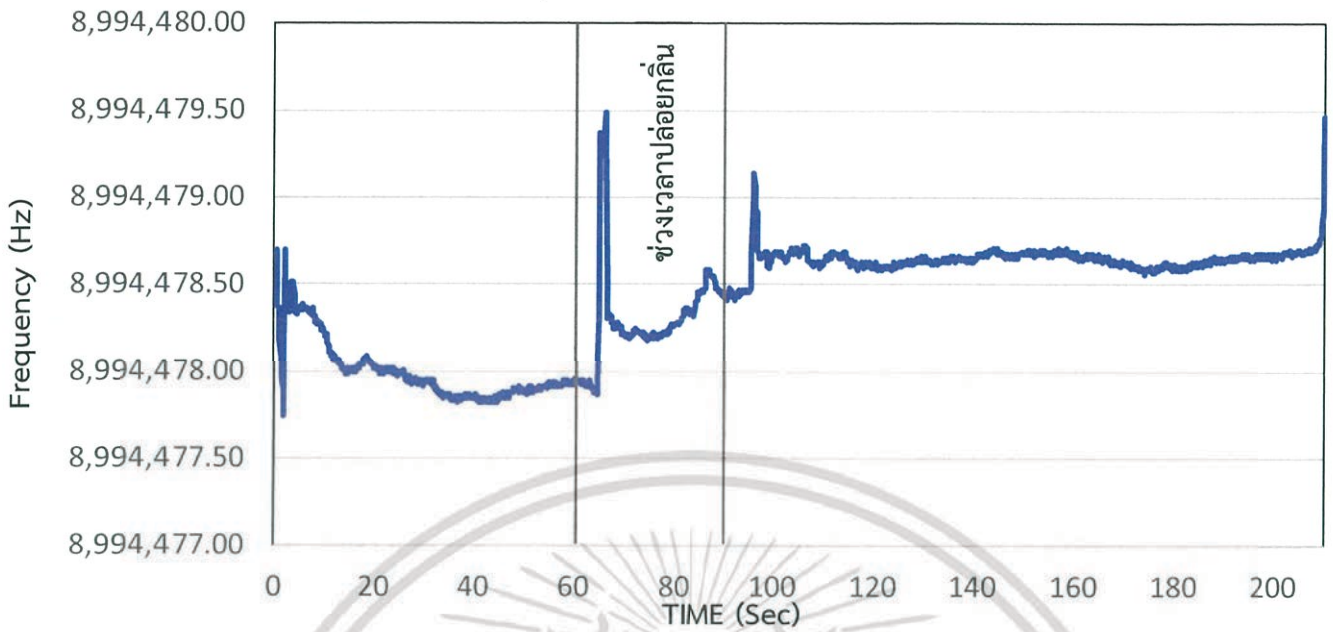
รูปที่ 4.17 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น TNT ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



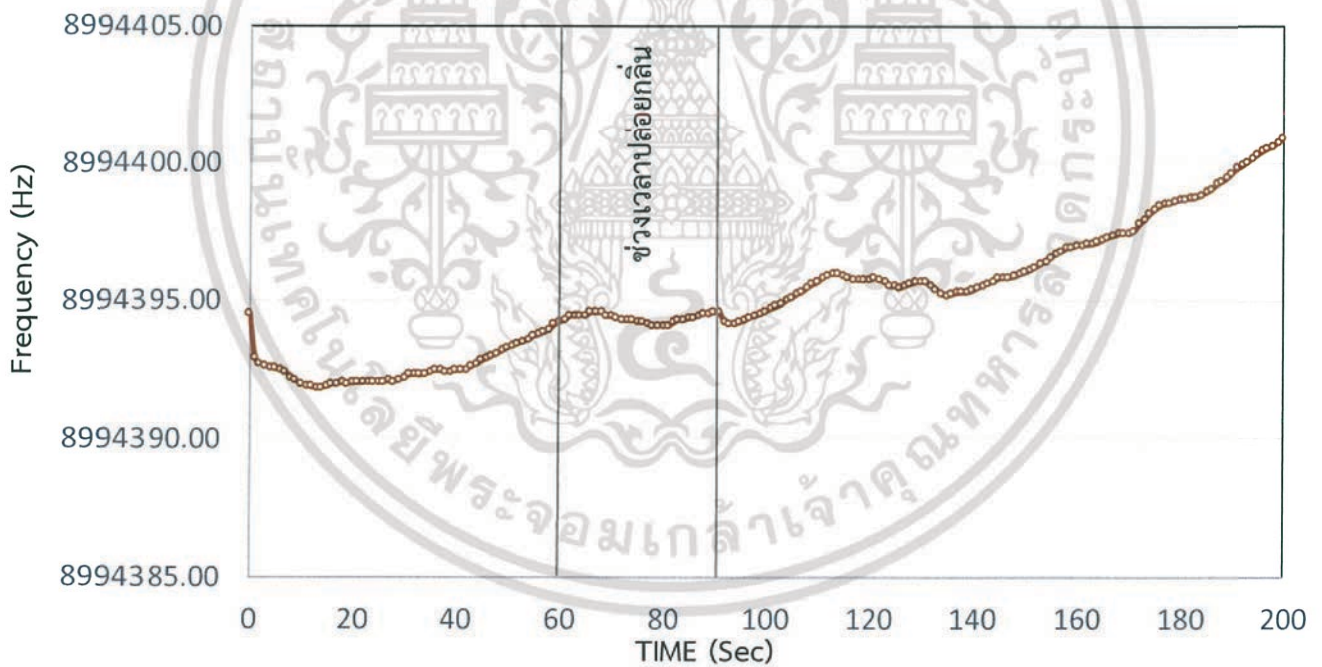
รูปที่ 4.18 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น TNT ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



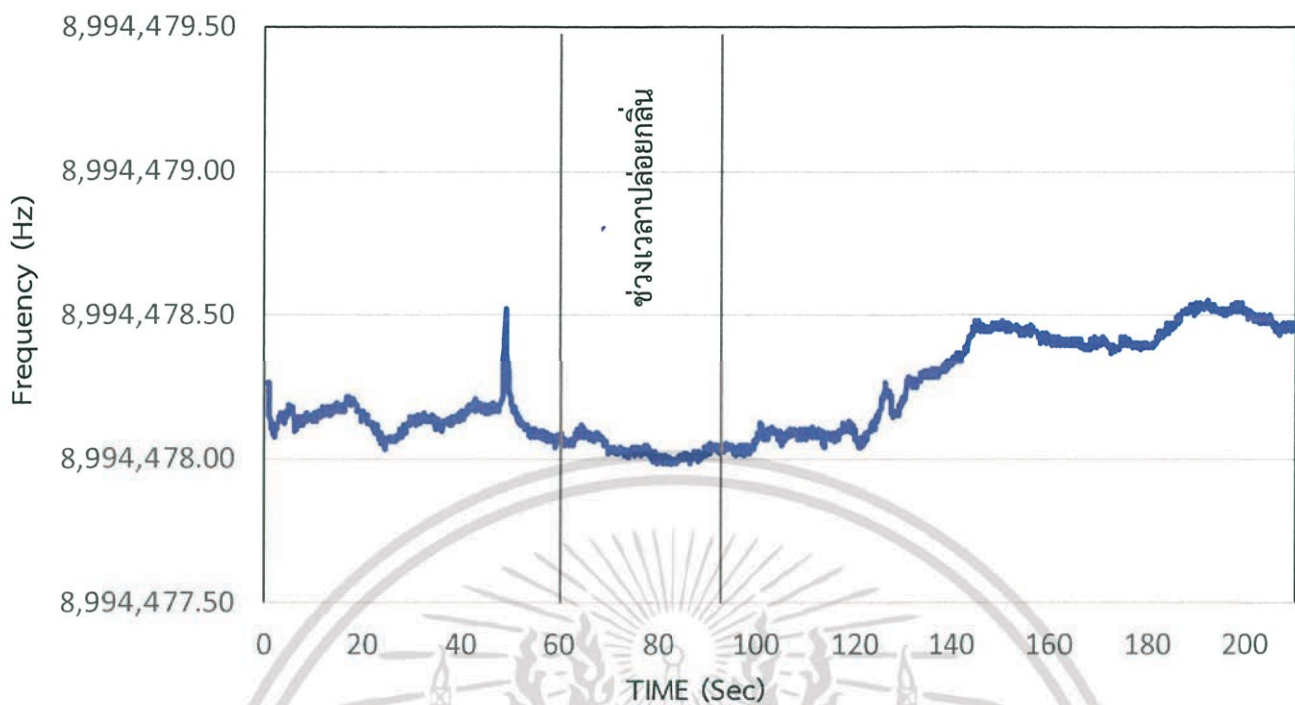
รูปที่ 4.19 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น PETN ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



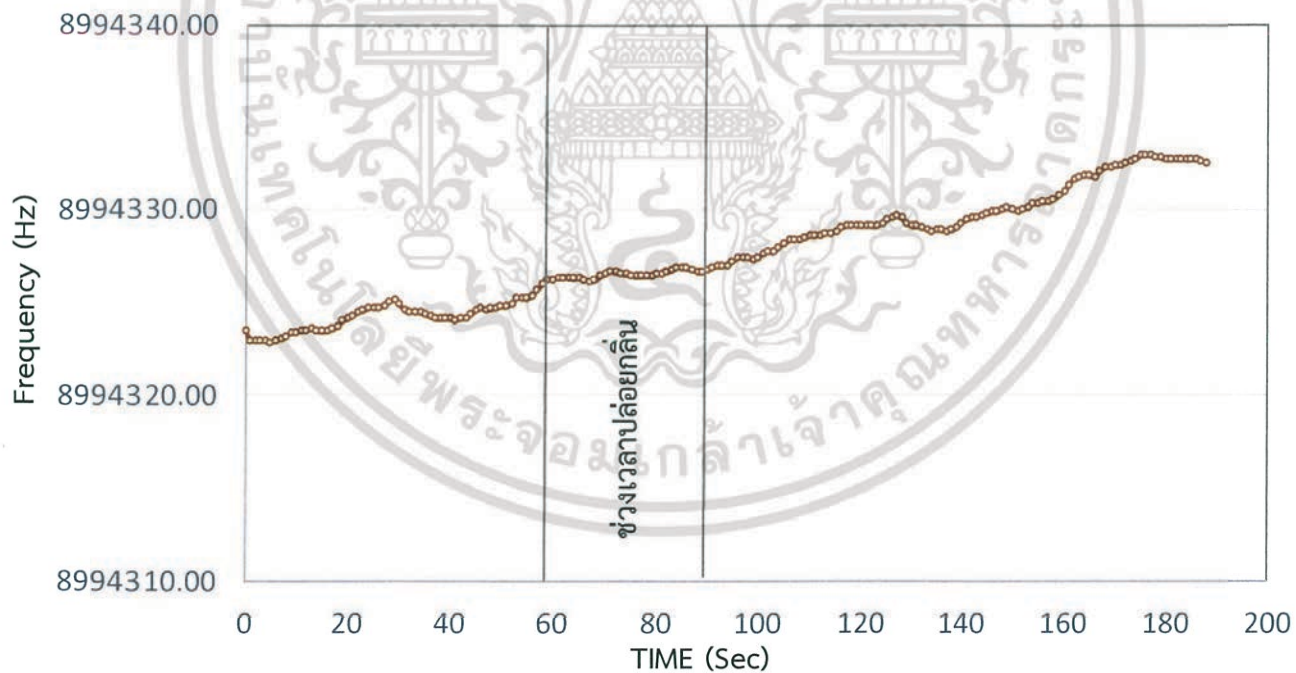
รูปที่ 4.20 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่น PETN ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



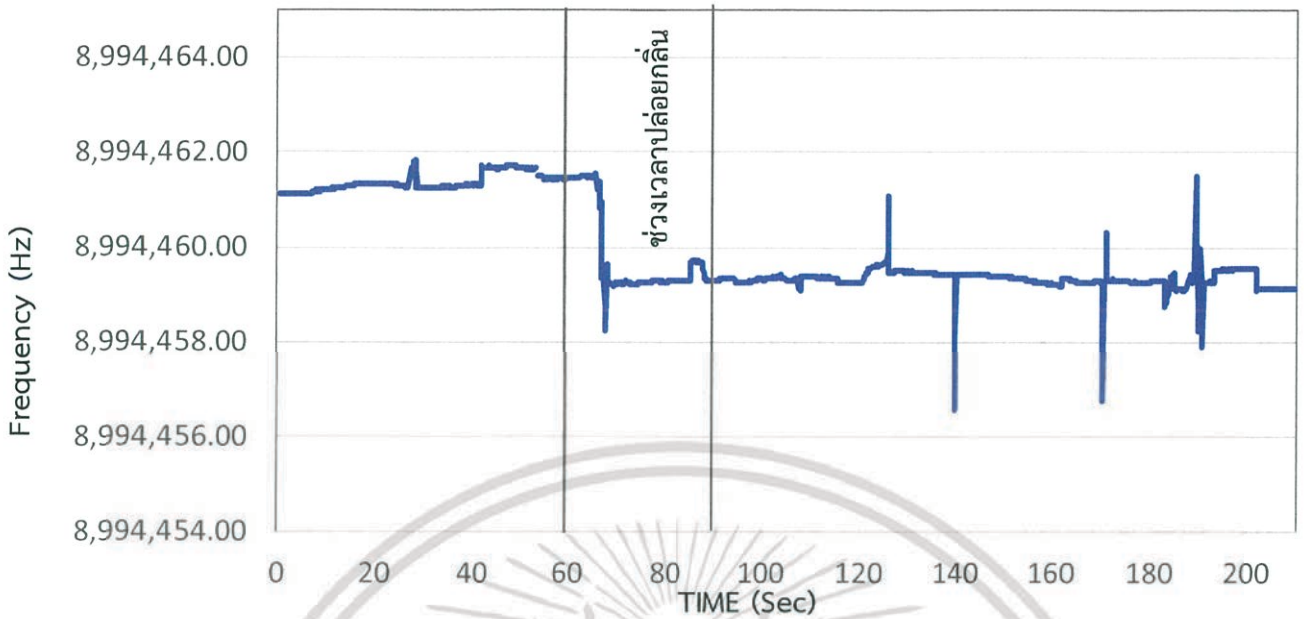
รูปที่ 4.21 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นไดนาไมต์ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



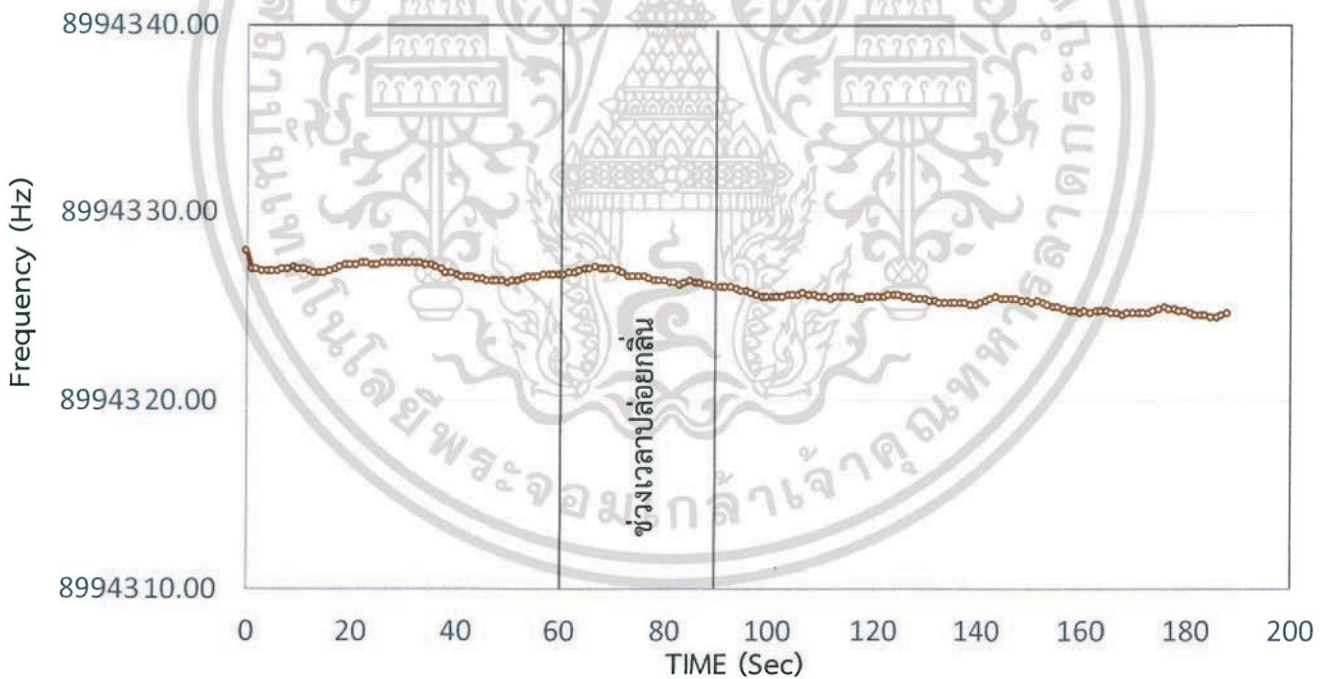
รูปที่ 4.22 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลืนไดนาไมต์ที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



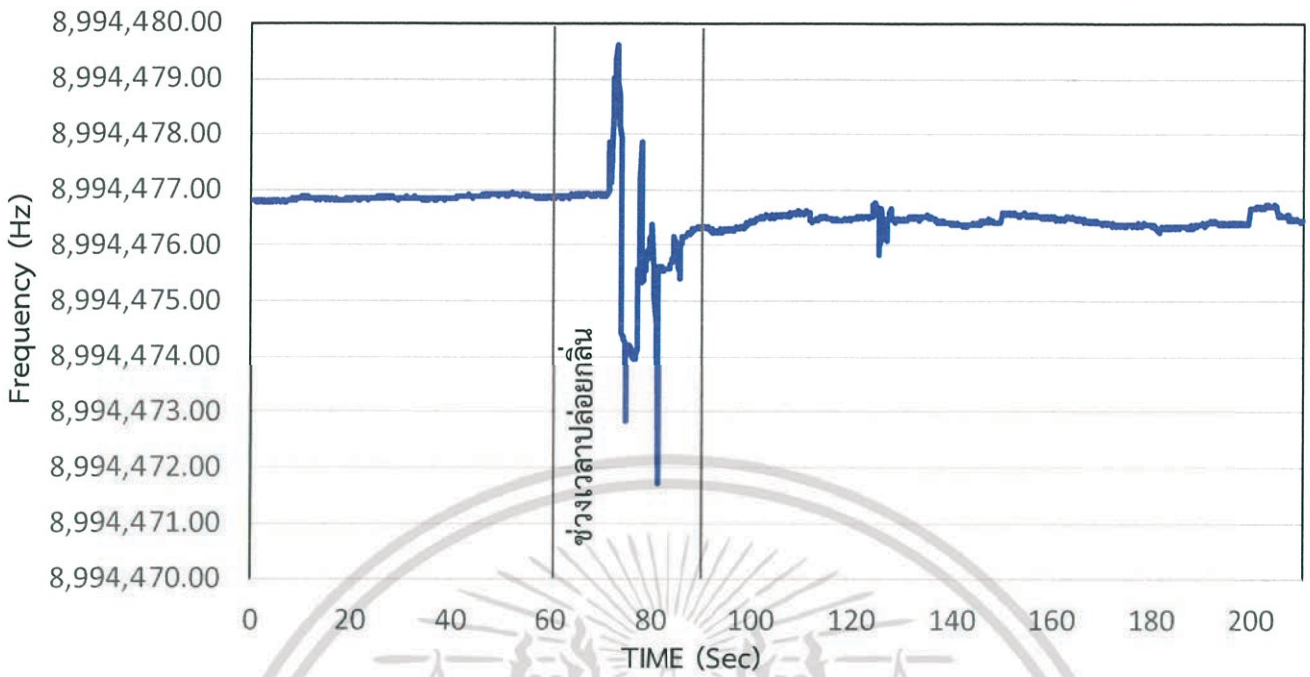
รูปที่ 4.23 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลืนชาเขียวรสชาวีปุ่นยี่ห้ออิซตันที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



รูปที่ 4.24 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวรสชาวยูนิบูนียี่ห้อฮิซันที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร



รูปที่ 4.25 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวยี่ห้อฟูจิที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM ก่อนเคลือบสาร



รูปที่ 4.26 ผลตอบสนองเซ็นเซอร์ต่อกลิ่นชาเขียวที่ห่อฟูจิที่วัดด้วยเซ็นเซอร์ชนิด QCM หลังเคลือบสาร

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.9 – 4.26 จะเห็นว่าข้อมูลที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ยากและแทบไม่มีการตอบสนองต่อกลิ่นที่ทดลองวัด ซึ่งคาดว่าเกิดจากการเลือกสารเคลือบในการทดลองไม่เหมาะสมทำให้สารเคลือบไม่สามารถแตกตัวเป็นอนุภาคขึ้นมาเกาะที่เซ็นเซอร์ชนิด QCM ได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 สรุปได้ว่าถ้าใช้หลอดทดลองขนาดเล็ก ปริมาตรของน้ำที่เป็นตัวกลางในการส่งผ่านคลื่นอัลตราโซนิกจะน้อย จะส่งผลให้อุณหภูมิในบีกเกอร์และหลอดทดลองในระหว่างการทดลองมีค่าสูงขึ้น เมื่อไอของสารเคลือบที่มีอุณหภูมิสูงนี้ลอยขึ้นไปด้านบนหลอดทดลองเจอกับอุณหภูมิโดยรอบที่เย็นลงจะเกิดการควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง ซึ่งไม่พึงประสงค์ จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่าควรใช้บีกเกอร์ขนาดใหญ่

2. จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.2 ความถี่ของเซ็นเซอร์ที่เปลี่ยนไปจากการเคลือบมีค่าเท่ากับ 286.1 Hz ซึ่งค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 20 KHz จึงสรุปได้ว่าสารเคลือบที่ใช้ในการทดลองอาจมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการทำให้แตกตัวเป็นละออง จึงเหลือคราบที่ไม่สามารถแตกตัวได้ที่ก้นหลอดทดลอง ทำให้เซ็นเซอร์ไม่ได้รับการเคลือบอย่างเหมาะสม

3. จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.3 จะเห็นว่าข้อมูลที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ยาก และแทบไม่มีการตอบสนองต่อคลื่นที่ทดลองวัด ซึ่งคาดว่าเกิดจากการเลือกสารเคลือบในการทดลองไม่เหมาะสมทำให้สารเคลือบไม่สามารถแตกตัวเป็นอนุภาคขึ้นมาเกาะที่เซ็นเซอร์ชนิด QCM ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. Sensing material ที่ใช้ควรมีคุณสมบัติที่สามารถแตกตัวเป็นละอองได้เมื่อได้รับคลื่นอัลตราโซนิก กล่าวคือไม่ควรมียุทธศาสตร์ที่มีอนุภาคของแข็งเป็นสารแขวนลอยอยู่ในเนื้อสาร

2. หลอดทดลองที่ใช้ในการดำเนินการนี้มีขนาด 9 mL อย่างไรก็ตามคาดว่า การใช้หลอดทดลองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดที่คลื่นอัลตราโซนิกกระทบกับหลอดแก้ว น่าจะช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทพลังงานคลื่นอัลตราโซนิกไปยังสารละลาย ส่งผลให้ความสามารถในการทำให้แตกตัวเป็นละอองสูงขึ้นได้

3. Sensing material หรือสารละลายบางชนิดที่ใช้อาจมีคุณสมบัติเป็นพิษ เช่น คลอโรฟอร์ม ในการทดลองจึงควรทำในห้องทดลองที่มีระบบระบายอากาศและมีการป้องกันที่เหมาะสม

บรรณานุกรม

- [1] Hummel, H.E. and Miller, T. A. (1984) : “Techniques in pheromone research Springer-Verlag”, New York.
- [2] Severino Muñoz-Aguirre, Takamichi Nakamoto, Toyosaka Moriizumi : “Study of deposition of gas sensing films on quartz crystal microbalance using an ultrasonic atomizer” Sensors and Actuators, B 105 (2005), pp. 144–149
- [3] Takamichi Nakamoto (2010) : “Ultrasonic atomizer method for coating QCM odor/gas sensors” Nakamoto Laboratory, Precision and Intelligence Laboratory , Tokyo Institute of Technology.
- [4] R. Andrew Russell (1998) : “Odour Detection by Mobile Robots” Chapter 4 Odour Sensing Technology, pp. 34-47
- [5] Rosen, Milton J. (2004). Surfactants and Interfacial Phenomena (3rd ed.). Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience. p. 244.
- [6] คุณาพันธ์ จรรย์กิจโกศล, การศึกษาการออกแบบเซ็นเซอร์เซลล์สำหรับระบบรับรู้กลิ่น, รายงานวิชาการประยุกต์วงจรรอิเล็กทรอนิกส์ 2, ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558