สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ **1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย 1
1.2 Wire Mesh Topography 3
1.3 ระบบเลเซอร์ไดโอด 4
1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 5
1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัยและส่วนประกอบของรายงาน 5

บทที่ 2 Wire Mesh Topography **6**
2.1 Wire Mesh Sensor (WMS) และ Data Acquisition 7
2.2 การคำนวณหาพารามิเตอร์ต่างๆ 10
2.3 ชุดทดลองและผลการทดลอง 15
2.4 สรุปผลการวิจัย 25

บทที่ 3 เลเซอร์ไดโอด **27**
3.1 ความรู้พื้นฐาน 27
3.2 การหาความสัมพันธ์ด้วยการสอบเทียบกับแบบจำลองฟองอากาศ 31
3.3 การหาความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 49
3.4 ผลการทดลองกับการไหลสองเฟส 55
3.5 สรุปผลการวิจัย 59

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา **61**
บรรณานุกรม **64**
ประวัตินักวิจัย **66**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติของ Data acquisition unit 10
ตารางที่ 3-1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณรบกวนของแหล่งกำเนิดสัญญาณต่างๆ..... 36
ตารางที่ 3-2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยต่อ
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับการใช้ตัวต้านทานขนาดต่างๆ..... 38
ตารางที่ 3-3 ความต่างศักย์ไฟฟ้า(กรณีที่ 1 ไฟฟลูออเรสเซนต์, กรณีที่ 2 ไฟจากภายนอก
อาคารเวลา 18.00 น., กรณีที่ 3 เลเซอร์พอยเตอร์,กรณีที่ 4 He-Ne
เลเซอร์ขนาด 10 mW 43
ตารางที่ 3-4 ผลการทดลองแสดงระยะทางที่สัญญาณความต่างศักย์ลดลงใกล้เคียงศูนย์....45
ตารางที่ 3-5 ตำแน่งที่เลเซอร์หักเหไป 90 องศาจากผลการทดลอง 52
ตารางที่ 3-6 สภาวะการทดลองและรูปร่างฟองอากาศที่เกิดขึ้น 56
ตารางที่ 3-7 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วของฟองอากาศระหว่างวิธีการวัดความต่างศักย์
ไฟฟ้าและวิธีถ่ายภาพ..... 59

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 Wire Mesh Sensor (WMS).....6

รูปที่ 2-2 Data acquisition 6

รูปที่ 2-3 ลักษณะทางกายภาพของ เซนเซอร์; (ก) โครงสร้างของ WMS,
(ข) ลักษณะทางกายภาพของ measuring plane..... 7

รูปที่ 2-4 วงจรทางไฟฟ้าอย่างง่ายของ WMT..... 9

รูปที่ 2-5 การควบคุมลำดับการทำงานของ WMT..... 9

รูปที่ 2-6 โครงสร้างอย่างง่ายของการประมวลผลของ WMT..... 10

รูปที่ 2-7 ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ของ WMS และสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....11

รูปที่ 2-8 ลักษณะสัญญาณที่แปลงเป็น local time dependent void fraction
ที่ได้จาก upstream plane และ downstream plane..... 13

รูปที่ 2-9 Measured PDF และ redistributed PDF ของความเร็วฟองก๊าซ..... 14

รูปที่ 2-10 Bubble projection บน WMS และการอินทิเกรตปริมาตรของฟองก๊าซ.....14

รูปที่ 2-11 ชุด WMS ที่มีโครงสร้างแบบใส..... 15

รูปที่ 2-12 ไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของ WMS..... 15

รูปที่ 2-13 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดฟองก๊าซในของไหลสองเฟส
โดยใช้การถ่ายภาพและ WMT ในขณะเดียวกัน.....15

รูปที่ 2-14 กรณีความเร็วของอากาศ = 1.0 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....16

รูปที่ 2-15 กรณีความเร็วของอากาศ = 2.5 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....16

รูปที่ 2-16 กรณีความเร็วของอากาศ = 5.0 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....17

รูปที่ 2-17 ตัวอย่างรูปถ่ายฟองก๊าซ.....17

รูปที่ 2-18 ตัวอย่างรูปที่ได้กำหนดตำแหน่งฟองก๊าซแล้ว..... 17

รูปที่ 2-19 ตัวอย่างการหาขนาดของฟองก๊าซโดยการหาความยาวของแกนหลักทั้งสอง.... 18

หน้า

รูปที่ 2-20 แสดงการเฉลี่ยข้อมูลของฟองก๊าซหลายฟอง เพื่อให้ค่าเฉลี่ยมี
ความแปรปรวนต่ำกว่าค่าที่กำหนด.....18
รูปที่ 2-21 เปรียบเทียบข้อมูลของ void fraction เฉลี่ยระหว่าง WMT และการถ่ายภาพ..... 18
รูปที่ 2-22 เปรียบเทียบข้อมูลของความเร็วฟองก๊าซระหว่าง WMT และการถ่ายภาพ..... 19
รูปที่ 2-23 เปรียบเทียบข้อมูลของขนาดฟองก๊าซระหว่าง WMT และการถ่ายภาพ..... 19
รูปที่ 2-24 การกระจายตัวของฟองก๊าซ ของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 1.0 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....20
รูปที่ 2-25 การกระจายตัวของฟองก๊าซ ของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 2.5 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....20
รูปที่ 2-26 การกระจายตัวของฟองก๊าซของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 5 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....20
รูปที่ 2-27 Local void fraction ของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 1.0 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....21
รูปที่ 2-28 Local void fraction ของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 2.5 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....21
รูปที่ 2-29 Local void fraction ของสภาวะการไหลที่
ความเร็วของอากาศ = 5 mm/s, ความเร็วของน้ำ = 0 mm/s.....21
รูปที่ 2-30 ความเร็วของฟองก๊าซเมื่อไหลผ่านเส้นลวดเซนเซอร์ 22
รูปที่ 2-31 ค่า Normalized bubble velocity เมื่อไหลผ่านเส้นลวดเซนเซอร์.....22
รูปที่ 2-32 ลักษณะของฟองก๊าซเมื่อไหลผ่านเส้นลวดเซนเซอร์.....23
รูปที่ 2-33 สัญญาณที่ได้จาก upstream planeและ downstream plane ของ WMS
ในกรณีที่มีการลดลงของความเร็วฟองก๊าซ..... 23
รูปที่ 2-34 จำนวนฟองก๊าซที่เพิ่มขึ้นสำหรับความเร็วของฟองก๊าซต่างๆ..... 24
รูปที่ 2-35 ค่า Normalized bubble number เมื่อไหลผ่านเส้นลวด.....24
รูปที่ 2-36 ลักษณะการแตกของฟองก๊าซ.....25
รูปที่ 2-37 สัญญาณที่ได้จาก upstream plane และ downstream plane ของ WMS
ในกรณีของฟองก๊าซแตก.....25
รูปที่ 3-1 โฟโต้ไดโอดที่เลือกมาใช้สำหรับการทดลอง..... 29

หน้า

รูปที่ 3-2 หลักการทำงานของโฟโต้ไดโอดเมื่อมีแสงที่มีความยาวคลื่นเหมาะสม
มาตกกระทบ จะทำให้เกิดอิเลกตรอนอิสระขึ้น.....30
รูปที่ 3-3 ส่วนประกอบของชุดทดลองสำหรับการสอบเทียบซึ่งประกอบด้วยระบบเลเซอร์
ไดโอด เครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำหรับวงจรไดโอด ออสซิโลสโคปสำหรับ
การบันทึกค่าเอาพุทจากวงจรไดโอด แบบจำลองฟองอากาศ
และระบบขับเคลื่อนแบบจำลอง 31
รูปที่ 3-4 วงจรโฟโต้ไดโอดที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายความดันไฟฟ้า โฟโต้ไดโอด
ตัวต้านทาน และออสซิโลสโคป..... 32
รูปที่ 3-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Reverse light current กับ Reverse voltage
ที่อัตราส่วนระหว่างพลังงานแสงที่ตกกระทบบนไดโอดตอหน่วยพื้นที่ค่าต่าง ๆ
กันของโฟโต้ไดโอด (ก) รุ่น BPW34, (ข) รุ่น BPV10
(ข้อมูลจากแคตาล็อกของบริษัท Vishay)..... 33
รูปที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Relative sensitivity กับความยาวคลื่นแสง
ที่ตกกระทบของ (ก) โฟโต้ไดโอด รุ่น BPW34, (ข) โฟโต้ไดโอด รุ่น BPV10
(ข้อมูลจากแคดตาล็อกจากบริษัท Vishay)..... 34
รูปที่ 3-7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Relative sensitivity กับมุมที่แสงตกกระทบของ
โฟโต้ไดโอด (ก) โฟโต้ไดโอดรุ่น BPW34, (ข) โฟโต้ไดโอดรุ่น BPV10
(ข้อมูลจากแคดตาล็อกของบริษัท Vishay)..... 35
รูปที่ 3-8 สัญญาณรบกวนที่ได้จากการวัดสัญญาณขาออกของวงจรในสภาวะการทดลอง
มืดสนิท โดยเปรียบเทียบระหว่าง DC regulator และแหล่งจ่ายไฟสำหรับ
แผงวงจรในเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับการไบแอส
ย้อนโฟโต้ไดโอดในวงจร..... 35
รูปที่ 3-9 ความสัมพันธ์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณที่ได้จากวงจรใน
สภาวะการทดลองมืดสนิท เมื่อเพิ่มค่า Bias voltage 36
รูปที่ 3-10 สัญญาณความต่างศักย์ขาออกของวงจรกับเวลาเมื่อยิงเลเซอร์ผ่านอากาศ
สู่โฟโต้ไดโอด ที่ค่าความต้านทานของวงจรต่าง ๆ..... 37
รูปที่ 3-11 ลูกปัดผ่าครึ่งและขัดเรียบ ขนาดรัศมีต่าง ๆ.....39
รูปที่ 3-12 แผนภาพของแม่พิมพ์ที่ใช้ทำแบบจำลองฟองอากาศ โดยลูกปัดถูกยึดกับ
ฐานด้วยกาว และผนังแต่ละด้านถูกยึดกับฐานด้วยสกรู และใช้ซิลิโคนในการ
อุดรอยรั่วระหว่างผนังแต่ละด้าน..... 39

หน้า

รูปที่ 3-13 แม่พิมพ์ก่อนและหลังใช้งาน (ก) มุมมองด้านข้าง – ด้านซ้ายคือแม่พิมพ์ก่อนใช้งาน, (ข) มุมมองด้านบน, (ค) ภาพระยะใกล้ของฟองอากาศขนาดต่าง ๆ ใน PDMS 40
รูปที่ 3-14 ก้อน PDMS ที่มีฟองอากาศอยู่ด้านใน 41
รูปที่ 3-15 สัญญาณความต่างศักย์ขาออกของวงจรในการทดลองเพื่อหาผลกระทบของแสงจากภายนอกต่อผลของสัญญาณขาออกของวงจร..... 43
รูปที่ 3-16 ชุดทดลองที่พร้อมทำการทดสอบ..... 44
รูปที่ 3-17 ผลการทดลองทั้งหมดของแบบจำลองฟองอากาศขนาด 22 ม.ม..... 46
รูปที่ 3-18 แนวโน้มเฉลี่ยของสัญญาณความต่างศักย์ที่ลดลง ตามระยะทางจากปลายยอดฟองอากาศ สำหรับทุกขนาดแบบจำลองฟองอากาศ..... 46
รูปที่ 3-19 แนวโน้มเฉลี่ยของสัญญาณความต่างศักย์ที่ลดลง ตามระยะทางจากปลายยอดฟองที่ถูก normalized ด้วยรัศมีความโค้งของฟองอากาศ..... 47
รูปที่ 3-20 แนวโน้มเฉลี่ยของสัญญาณความต่างศักย์ที่ลดลง ตามระยะทางจากปลายยอดฟองที่ถูก normalized ด้วยระยะจากปลายยอดฟองจนถึงระยะที่ความต่างศักย์ลดลงจนใกล้ศูนย์..... 47
รูปที่ 3-21 ระยะที่ความต่างศักย์ลดลงจนใกล้ศูนย์ สำหรับแบบจำลองฟองอากาศที่มีขนาดรัศมีความโค้งต่าง ๆ..... 49
รูปที่ 3-22 ลำแสงเลเซอร์หักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านฟองอากาศ 2 มิติที่มีค่าดัชนีหักเหแตกต่างจากของเหลวโดยรอบ..... 50
รูปที่ 3-23 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมที่ลำเลเซอร์ทะลุผ่านฟองอากาศกระทำกับลำเลเซอร์ที่ตกกระทบฟองอากาศ และตำแหน่งสัมพัทธ์บนฟองอากาศขนาดต่าง ๆ..... 51
รูปที่ 3-24 ภาพแสดงทิศทางของลำเลเซอร์ที่สะท้อนบนแบบจำลองฟองอากาศขนาด 22 ม.ม. โดยระยะที่ 0 ม.ม. แสดงตำแหน่งของลำเลเซอร์ที่ตัดปลายยอดฟองอากาศเล็กน้อยแล้ว (ระยะในภาพถ่ายเป็นระยะที่ไม่สอดคล้องกับค่าในตารางที่ 3.5 เป็นการแสดงระยะคร่าว ๆ เท่านั้น)..... 52
รูปที่ 3-25 หลักการของแบบจำลองที่คำนวณพื้นที่ของลำเลเซอร์ในส่วนที่ไม่ถูกบังด้วยฟองอากาศและพุ่งไปตกกระทบเซนเซอร์ของโฟโต้ไดโอด..... 53
รูปที่ 3-26 อัตราส่วนพื้นที่ที่เหลืออยู่ต่อพื้นที่ทั้งหมดของลำเลเซอร์ เมื่อขอบล่างของลำเลเซอร์อยู่บนตำแหน่งต่าง ๆ บนของฟองอากาศ (รัศมี 1 หน่วย) สำหรับแต่ละขนาดของลำเลเซอร์..... 54

หน้า

รูปที่ 3-27 อัตราส่วนพื้นที่ที่เหลืออยู่ต่อพื้นที่ทั้งหมดของลำเลเซอร์ เมื่อแสดงตำแหน่งขอบล่างของลำเลเซอร์เป็นอัตราส่วนกับระยะที่พื้นที่ลดลงจนเป็นศูนย์สำหรับแต่ละขนาดของลำเลเซอร์.....54
รูปที่ 3-28 แผนภาพแสดงชุดทดลองที่ประกอบด้วยชุดกำเนิดฟองอากาศ และโฟโต้ไดโอด 56
รูปที่ 3-29 ภาพถ่ายลักษณะของฟองอากาศ (ก) วงรีที่มีอัตราส่วนน้อย, (ข) วงรีและทรงกลม 56
รูปที่ 3-30 ผลการทดลองวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเปรียบเทียบตามเวลาสำหรับทุกการทดลอง..... 57
รูปที่ 3-31 ผลการทดลองแสดงแนวโน้มของค่า Normalized voltage ที่ลดลงไปตาม Normalized time (สำหรับการสอบเทียบคิดว่าเป็นกรณีความเร็วคงที่ ดังนั้น Normalized time จะเท่ากับ Normalized distance) 58