บทที่ 5

บทสรุป

1. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์เพื่อให้สามารถวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารตัวอย่าง PZT, $LiNbO_3$, GaAs และ $Al_xGa_{1-x}As$ โดยอาศัยปรากฏการณ์พิโซอิเล็กตริกแบบกลับ ผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1. ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารตัวอย่างที่วัดได้โดยอาศัยระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์แสดงในตารางที่ 5.1 ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของสารตัวอย่างที่วัดได้ในงานวิจัย

สารตัวอย่าง		ค่าที่พิโซอิเล็กตริก (pm/V)	หมายเหตุ
$LiNbO_3$	ผลึกเดี่ยว	$d_{33} = 9.5 \pm 0.3$	Al เป็นผิวสัมผัส
PZT ทางการค้า	ผลึกรวม	$d_{33} = 270 \pm 50$	ขัดผิวหน้าด้วยกระดาษขัดผิว
PZT ในห้องปฏิบัติการ	ผลึกรวม	$d_{33} = 23 \pm 5$	ทากาวเงินและขัดผิวหน้า
GaAs	สารกึ่งตัวนำ	$d_{14} = 2.8 \pm 0.1$	In/Au เป็นผิวสัมผัส
$Al_xGa_{1-x}As$	สารกึ่งตัวนำ	$d_{33} = 1.3 \pm 0.1$	In/Au เป็นผิวสัมผัส

1.2. การทำงานของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์สรุปได้ดังนี้

1.2.1. หัววัดแสงในระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ตอบสนองต่อสัญญาณแสงได้ดีในช่วงความถี่ 10 Hz – 40 kHz ในขณะที่สัญญาณรบกวนทางกลที่มีผลต่อเสถียรภาพของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์อยู่ในช่วงความถี่ต่ำกว่า 1 kHz ทำให้เสถียรภาพของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์อยู่ที่ในช่วงความถี่ 1 kHz – 40 kHz โดยอาศัยวงจรป้อนสัญญาณย้อนกลับ

1.2.2. ปรับปรุงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์จนมีกำลังแยกความแตกต่างระยะทางสูงสุดในระดับ 10^{-13} เมตร

1.2.3. สัญญาณรบกวนที่มีผลต่อเสถียรภาพของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์คือสัญญาณรบกวนทางกลที่ความถี่ต่ำกว่า 1 *kHz* โดยเฉพาะการสั่นสะเทือนเพียงเล็กน้อยของอาคารและสัญญาณเสียงในบริเวณใกล้เคียง

1.2.4. สารตัวอย่างที่มีสภาพนำไฟฟ้าสูงจะไม่เป็นอุปสรรคต่อการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกโดยอาศัยระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์

2. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่างๆ เหล่านี้เกิดจากการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ข้อเสนอแนะเหล่านี้อาจจะมีประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษาวิธีการวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกของวัสดุโดยอาศัยระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ ที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์

การเตรียมสารตัวอย่างและวิธีการนำสารตัวอย่างมาติดตั้งลงบนที่จับยึดควรใช้ความปราณีตเป็นพิเศษ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการโค้งงอของสารตัวอย่างหรือการสั่นของสารตัวอย่างด้วยความถี่ที่ไม่ต้องการ การสะท้อนแสงเลเซอร์ที่ผิวหน้าของสารตัวอย่างประเภทเซรามิกมีผลต่อการทดลอง งานวิจัยนี้ใช้กาวเงินนำไฟฟ้าทาบนผิวหน้าสารตัวอย่างและขัดจนกระทั่งมีความแวววาว ต่อมาพบว่าสำหรับสารตัวอย่างที่มีค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกสูงเช่น PZT สามารถใช้กระจกบางเบายึดติดลงบนผิวหน้าสารตัวอย่างเพื่อทำหน้าที่สะท้อนแสงเลเซอร์ ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกที่ได้อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเล็กน้อยแต่คาดว่าน่าจะแม่นยำกว่าวิธีการตรง

ช่วงเวลาที่ใช้ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์วัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกนั้นควรเป็นช่วงเวลาที่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกน้อยที่สุด และถ้าสามารถเชื่อมโยงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้คาดว่าจะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ง่ายและสะดวกขึ้น

3. งานวิจัยต่อเนื่องในอนาคต

โดยทฤษฎีพบว่าระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์สามารถมีกำลังแยกความแตกต่างของระยะทางได้ถึงระดับ $10^{-14} - 10^{-15}$ เมตร จึงคาดว่าหากมีการปรับปรุงระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ให้มีประสิทธิภาพถึงขีดสุดแล้ว น่าจะสามารถนำมาช่วยตรวจสอบการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้าของวัสดุที่มีสมบัติพิโซอิเล็กตริกได้อีกหลายชนิดแม้ว่าวัสดุเหล่านั้นมีการตอบสนองดังกล่าวในปริมาณน้อยก็ตาม เช่น วัสดุประเภทสารกึ่งตัวนำประกอบต่างๆ นอกจากนี้คาดว่าระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ที่ได้รับการปรับปรุงจะสามารถวัดความเครียดที่แปรผันตามกำลังสองของสนามไฟฟ้าได้หรือที่เรียกว่าสมบัติอิเล็กโตร

สตริกชัน (electrostriction) ของวัสดุที่ประกอบด้วยฟิล์มบางหลายชั้น อันได้แก่วัสดุในระบบ $Al_xGa_{1-x}N$ เป็นต้น

นอกจากนี้คาดว่าระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์จะสามารถศึกษาสมบัติพิโซอิเล็กตริกของวัสดุที่ขึ้นกับอุณหภูมิได้โดยมีระบบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วงที่สนใจ