สแกนนิงโพรบไมโครสโกปีเพื่องานวิจัยด้านออปติกส์สนามระยะใกล้
(Scanning Probe Microscopy for Near-field Optics Research)

- หัวหน้าโครงการ: ดร. ทิพย์สุดา ไชยไพบูลย์วงศ์
- ที่ปรึกษาโครงการ. รศ. มนู เฟื่องฟุ้ง
- นักศึกษาปริญญาโท: จุฑาภรณ์ วรรณภูมิ

สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เป้าหมายโครงการ

- พัฒนาเครื่องสแกนนิงโพรบไมโครสโกปี ที่ใช้ระบบป้อนกลับด้วยแรงเฉือนเพื่อถ่ายภาพพื้นผิววัสดุ เพื่อเป็นงานต้นแบบสำหรับพัฒนาเป็นเครื่องสแกนนิงเนียร์ฟิลด์ไมโครสโกปี (SNOM) พัฒนางานต้นแบบเพื่องานวิจัยด้านออปติกส์สนามระยะใกล้

งบประมาณ/ช่วงเวลาดำเนินการ

- 3,000,000 บาท
- ปีงบประมาณ 2560 – ปีงบประมาณ 2562

ประสิทธิผล

- สิ่งประดิษฐ์
  - โปรแกรมควบคุมการวัดการสั่นของโพรบแบบอัตโนมัติ
  - เครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออร์ต้นทุนต่ำ
- ผลผลิต
  - นักศึกษาปริญญาโท 1 คน
  - นำเสนองานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 2 เรื่อง
  - บทความวิจัยในงานประชุมวิชาการ 1 บทความ
  - บทความวิจัยในวารสารทางวิทยาศาสตร์ (ระหว่างการจัดเตรียม)

ผลกระทบ

- งานศึกษาต้นแบบเพื่อนำองค์ความรู้พัฒนาต่อยอดในการสร้างเครื่องมือทางด้านไมโครสโกปีที่อยู่บนพื้นฐานการตรวจจับแสงเนียร์ฟิลด์ (near-field) ที่ความละเอียดภาพไม่ถูกจำกัดด้วยการเลี้ยวเบน

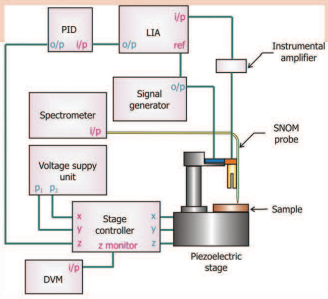
ความสอดคล้อง

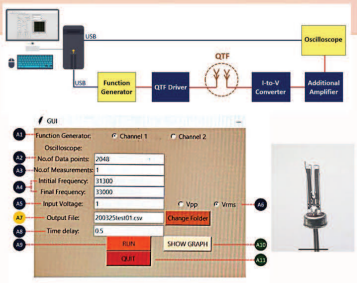
- พัฒนาสร้างงานอุปกรณ์เครื่องมือต้นทุนต่ำที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องสแกนนิงโพรบไมโครสโกปี ขึ้นใช้งานได้เองภายในประเทศ เทียบกับเครื่องมือเชิงพาณิชย์จากต่างประเทศที่มีราคาสูง

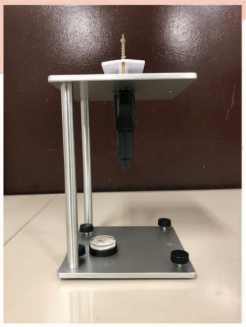
ความยั่งยืน

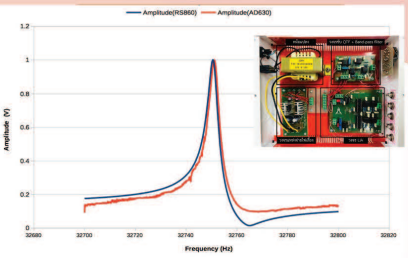
- องค์ความรู้เชิงเทคนิคในการพัฒนาสร้างอุปกรณ์เครื่องมือสแกนนิงโพรบไมโครสโกปี เพื่อการส่งเสริมงานวิจัยด้านนาโนเทคโลยีที่มีความต้องระบบไมโครสโกปีที่มีความละเอียดระดับต่ำกว่าความยาวคลื่น

ผลการดำเนินโครงการ









ระบบสแกนนิงโพรบไมโครสโกปี

- หัวใจหลักของระบบสแกนนิงโพรบไมโครสโกปี (SPM) คือการควบคุมให้หัววัดหรือโพรบ (probe) เข้าใกล้พื้นผิวของวัสดุในระดับไมโครเมตร เพื่อตรวจจับแสงที่ไม่เคลื่อนที่ (non-propagating field) ที่มีความถี่เชิงปริภูมิสูง (high spatial frequency) ซึ่งสัมพันธ์กับความละเอียดสูงของภาพที่ไม่ถูกจำกัดด้วยการเลี้ยวเบนของแสงซึ่งจำกัดระดับความละเอียดของไมโครสโกปีแบบดั้งเดิม

โพรบล้อมเสียงควอตซ์และระบบวัดการตอบสนองเชิงความถี่

- โพรบล้อมเสียงควอตซ์ที่ติดทังสเตนปลายแหลมที่ใช้ทำขึ้นในงานวิจัยนี้เพื่อเป็นโพรบสำหรับระบบ SPM ที่มีความถี่มูลฐานของการสั่น 32.768 กิโลเฮิรตซ์
- ประสิทธิภาพการควบคุมความสูงของหัวโพรบจากพื้นผิวอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะการสั่นของหัวโพรบอันเนื่องจากแรงเฉือน (shear force) โดยสะท้อนผ่านค่าแฟคเตอร์คิว (Q-factor)
- ระบบวัดการตอบสนองเชิงความถี่ (frequency response) ของหัวโพรบในงานวิจัยนี้ควบคุมอัตโนมัติด้วยโปรแกรมภาษาไพธอนที่พัฒนาขึ้น

ฐานรองตัวอย่าง

- ฐานรองตัวอย่าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในระบบ SPM ที่ออกแบบขึ้นในโครงการวิจัยนี้ สามารถเลื่อนตัวอย่างขึ้น – ลงในแนวดิ่ง ซึ่งมีความละเอียดถึง 1 ไมโครเมตร มีความกว้างและความสูง เท่ากับ 14.5 และ 23.6 เซนติเมตร
- ฐานที่ใช้สำหรับวางตัวอย่างมีขนาด 5 ตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ยังมี หน้าจอแสดงผลแบบดิจิตอล ซึ่งแสดงระดับการเลื่อนของตัวอย่าง

ล็อกอินแอมพลิไฟเออร์

- ล็อกอินแอมพลิไฟเออร์ (Lock-in Amplifier, LIA) คืออุปกรณ์สำคัญในระบบควบคุมความสูงของโพรบ โดยล็อกอินแอมพลิไฟเออร์สามารถแยกขนาดและเฟสของสัญญาณการสั่นที่มีความถี่ตรงกับความถี่ที่กระตุ้นระบบโพรบล้อมเสียง
- โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออร์แบบพกพาต้นทุนต่ำ โดยเมื่อทดสอบเปรียบเทียบผลการวัดกับเครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออร์เชิงพาณิชย์ SR860 ของบริษัท Stanford Research Systems ซึ่งผลการวัดสัญญาณจากโพรบล้อมเสียงจากเครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออร์ที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถวัดผลได้มีประสิทธิภาพเทียบเคียงกับเครื่องเชิงพาณิชย์

โปสเตอร์สรุปโครงการวิจัย 2560
การประชุมศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ ประจำปี 2563
ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563

ThEP
http://thep-center.org/