ชื่อวิทยานิพนธ์ การวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกโดยอาศัยเทคนิคทางอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์
ผู้เขียน นายปัญญา แขน้ำแก้ว
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

เทคนิคอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวัดการกระจัดหรือแอมพลิจูดของการสั่น เนื่องจากได้รับสนามไฟฟ้ากระแสสลับในสารพิโซอิเล็กตริกได้ถึงระดับเศษส่วนของอังสตรอม อินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์แบบไมเคิลสันเป็นระบบที่มีเลเซอร์ ฮีเลียม-นีออน เป็นแหล่งกำเนิดแสงความถี่เดียวและมีการแบ่งลำแสงออกเป็น 2 ลำแสงด้วยตัวแบ่งแสง ลำแสงหนึ่งตกกระทบกระจกอ้างอิง อีกลำแสงหนึ่งจะตกกระทบกับสารตัวอย่างที่ต้องการรู้ค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก ลำแสงทั้งสองจะสะท้อนกลับมาที่ตัวแบ่งแสงและแทรกสอดกัน โดยที่ความเข้มแสงที่ริ้วแทรกสอดขึ้นกับผลต่างทางเดินของสองลำแสง มีการใช้หัววัดแสงและเครื่องขยายสัญญาณล็อกอิน ช่วยในการอ่านค่าความเข้มแสงในรูปของศักย์ไฟฟ้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับการกระจัด อัตราส่วนของการกระจัดต่อศักย์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนสารตัวอย่างคือค่าคงที่พิโซอิเล็กตริก งานวิจัยนี้ได้ปรับเทียบระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ โดยอาศัยผลึกเดี่ยวลิเธียมนิโอเบต จากนั้นวัดค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกในแนวความหนาของ พิโซเซรามิก เลดเซอร์โคเนตไทเทเนต ได้เท่ากับ (270 ± 50) พิโคเมตรต่อโวลต์ ทำให้ได้ว่ากำลังแยกการกระจัดของระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์อยู่ในระดับ 10^{-12} เมตร จากการค้นคว้าเพิ่มเติม พบว่าการศึกษาการตอบสนองพิโซอิเล็กตริกในสารกึ่งตัวนำมีไม่มากนัก สาเหตุจากการมีสภาพนำไฟฟ้าสูง และค่าคงที่พิโซอิเล็กตริกมีค่าน้อย ระบบอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ที่มีกำลังแยก 10^{-12} เมตร ไม่สามารถตรวจวัดการกระจัดของสารกึ่งตัวนำได้ งานวิจัยนี้จึงปรับปรุงเสถียรภาพของอินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์เพื่อประยุกต์ใช้กับสารกึ่งตัวนำแกลเลียมอาร์เซไนด์ จากการทดลองให้สนามไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วง 4 - 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ได้ค่าคงที่ พิโซอิเล็กตริกของแกลเลียมอาร์เซไนด์เท่ากับ (2.8 ± 0.1) พิโคเมตรต่อโวลต์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงาน ผลการทดลองที่ได้นี้บ่งชี้ความละเอียดของการวัดการกระจัดของระบบฯ ว่าอยู่ในระดับ 10^{-13} เมตร มีการตรวจสอบการตอบสนองพิโซอิเล็กตริกของสารกึ่งตัวนำที่ประกอบด้วยฟิล์มบางแกลเลียมอาร์เซไนด์และอลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ พบว่า สารตัวอย่างมีการสั่นเมื่อความถี่มีค่า 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นไป จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างและศักย์ไฟฟ้า พบว่า การกระจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบฟังก์ชันเชิงเส้นกับศักย์ไฟฟ้าความชันกราฟมีค่าประมาณ 1.3 พิโคเมตรต่อโวลต์ ซึ่งก็คือขนาดของค่าคงที่พิโซ อิเล็กตริก สนามพิโซอิเล็กตริกที่เกิดขึ้นในสารคาดว่าถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นจากความเครียดบริเวณรอยต่อของฟิล์มบาง

Thesis Title Piezoelectric Coefficient Measurement Using Interferometric Techniques
Author Mr. Panya Kheanumkaw
Major Program Physics
Academic Year 2002

Abstract

An interferometric technique was used to measure a displacement or a vibrational amplitude in a sub-angstrom range caused by an external applied electric field for a piezoelectric material. A Michelson interferometer used a He-Ne laser as a monochromatic light source. The laser beam was split into two beams by a beam splitter. The first beam incident on a reference mirror and the second one on a sample whose the piezoelectric coefficient was unknown. The beams reflected back from the sample and the mirror recombined at the beam splitter and formed an interference pattern. The intensity at the interference pattern depends on an optical path length difference of the two beams. An optical detector and a lock-in amplifier were used to convert an optical signal into a voltage, which related to the sample displacements. A ratio between the displacement and the driving voltage is a piezoelectric coefficient. This work calibrated the optical system using a single crystal of lithium niobate. Afterwards, the extensional of lead zirconate titanate ceramics was measured and piezoelectric coefficient was found to be (270 ± 50) pm/V. A displacement resolution of the system was consequently determined to be of the order of 10^{-12} meter. From further literature survey, the piezoelectric responses in semiconductors were rarely reported due to their high electrical conductivity and small values of the piezoelectric coefficient. The 10^{-12}-meter resolution was not capable of measuring the the displacement of the semiconducting materials. The present work improved the stabilization of the interferometer and applied to the measurements of semiconducting gallium arsenide. From the measurement in a frequency range of 4 – 20 kHz, the piezoelctric coefficient of GaAs was found to be (2.8 ± 0.1) pm/V, which agreed well with a reported value. This result indicated that the displacement resolution of the system was of the order of 10^{-13} meter. Investigations of the piezoelectric response were carried out for semiconductor of the thin films of gallium arsenide and aluminum gallium arsenide. The sample vibrations were observed at the frequencies of 10 kHz and

above. From the graph of the displacement-voltage relation, the measured displacements tended to be linear with the voltages. A slope of the graph was approximately 1.3 pm/V, hence, a magnitude of the piezoelectric coefficient. The piezoelectric field in this material was anticipated that it was induced by the strain at the interfaces of the thin films.