ชิตพงษ์ เกตุถนอม : การออกแบบและสร้างตัวตรวจรู้ความชื้นชนิดเก็บประจุด้วยเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาค (DESIGN AND FABRICATION OF CAPACITIVE HUMIDITY SENSORS USING MEMS TECHNOLOGY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.นิมิต ชมนาวัง, 198 หน้า. ISBN 974-533-597-5

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและสร้างตัวตรวจรู้ความชื้นชนิดเก็บประจุด้วยเทคโนโลยีแผ่นวงจรพิมพ์ เทคโนโลยีวงจรรวม และเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาค ทำการทดสอบและวัดคุณสมบัติตัวตรวจรู้ความชื้นที่สร้างขึ้นตลอดจนการพัฒนาต้นแบบของเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์จากตัวตรวจรู้ที่สร้างได้ สำหรับเทคโนโลยีแผ่นวงจรพิมพ์โดยสร้างอิเล็กโทรดทองแดงแบบซี่หวีบนแผ่นวงจรพิมพ์และใช้วัสดุไวความชื้นที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ เทปกาวพอลิอิไมด์หนา 60 ไมโครเมตร และพอลิอิไมด์จากการสปัตเตอริงหนา 45 Å ตัวตรวจรู้ที่สร้างขึ้นได้รับการปรับเทียบกับความชื้นของเกลืออิ่มตัวชนิดต่าง ๆ และทดสอบหาความไวและผลตอบสนองทางเวลาซึ่งพบว่าตัวตรวจรู้ที่ใช้การสปัตเตอริงพอลิอิไมด์มีความไวมากกว่าตัวตรวจรู้ที่ใช้เทปกาวพอลิอิไมด์ และตัวตรวจรู้ทั้งสองประเภทดังกล่าวใช้เวลาการดูดซึมและเวลาการคายความชื้นเร็วกว่าเล็กน้อย แต่มีความไวน้อยกว่าตัวตรวจรู้ความชื้นเชิงพาณิชย์ SMTHS10 นั่นคือต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานเป็นตัวตรวจรู้ความชื้นได้ดีและมีราคาถูก เนื่องจากอิเล็กโทรดที่มีขนาดเล็กลงสามารถสร้างด้วยเทคโนโลยีวงจรรวม จึงได้ทำการออกแบบและสร้างตัวตรวจรู้ความชื้นด้วยเทคโนโลยีวงจรรวมในสองรูปแบบ รูปแบบแรกทำการสร้างอิเล็กโทรดอลูมิเนียมลงบนฐานกระจกสไลด์แล้วเคลือบทับด้วยพอลิอิไมด์หนา 45 Å โดยการสปัตเตอริง ส่วนรูปแบบที่สองทำการเคลือบฟิล์มของพออิไมด์ลงบนฟิล์มอลูมิเนียมแล้วจึงสร้างอิเล็กโทรด จากการทดลองพบว่าตัวตรวจรู้ทั้งสองรูปแบบมีความไวน้อยกว่าตัวตรวจรู้ความชื้นเชิงพาณิชย์ SMTHS10 แต่ตัวตรวจรู้รูปแบบแรกมีผลตอบสนองทางเวลาดีกว่าตัวตรวจรู้ความชื้นเชิงพาณิชย์ SMTHS10 สำหรับเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาคนั้นได้นำมาใช้เพื่อสร้างอิเล็กโทรดที่มีขนาดเพียง 3 ไมโครเมตร แล้วจึงเคลือบอิเล็กโทรดด้วยฟิล์มพอลิอิไมด์โดยการสปัตเตอริง สำหรับตัวตรวจรู้ที่สร้างด้วยเทคโนโลยีนี้แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบได้แก่ แบบที่ไม่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมทับด้านบน แบบที่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมทับด้านบน และแบบที่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมแต่เจาะเป็นรูพรุน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวตรวจรู้เชิงพาณิชย์ SMTHS10 ยังคงมีความไวสูงสุด ตามด้วยแบบที่ไม่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมทับด้านบน แบบที่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมไร้รูพรุนทับด้านบน แบบที่มีแผ่นกราวด์อลูมิเนียมซึ่งมีรูพรุนทับด้านบน ตามลำดับ ในการทดสอบผลตอบสนองทางเวลาพบว่าตัวตรวจรู้ทั้งสามรูปแบบมีผลตอบสนองทางเวลาดีกว่าตัวตรวจรู้ความชื้นเชิงพาณิชย์ SMTHS10 นอกจากนี้ยังพบว่าตัวตรวจรู้ที่มีความหนาของฟิล์มพอลิอิไมด์น้อยจะตอบสนองทางเวลาเร็วขึ้น

ดังนั้น เทคนิคการเคลือบวัสดุไวความชื้นพอลิอิไมด์ด้วยเทคนิคการ์สปัตเตอริงซึ่งสามารถสร้างฟิล์มที่มีความหนาน้อยมาก ๆ ได้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาตัวตรวจรู้ความชื้นที่มีความเร็วมากขึ้นอีกในอนาคต เพื่อเป็นการสาธิตการประยุกต์ใช้ตัวตรวจรู้ความชื้นที่พัฒนาขึ้นในงานที่ต้องการวัดความชื้นอย่างรวดเร็วจึงได้พัฒนาต้นแบบเครื่องวัดอัตราการหายใจโดยประกอบต้นแบบตัวตรวจรู้ความชื้นที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาคเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ผลการทดลองสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นของลมหายใจซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาอัตราการหายใจได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

CHITPHONG KETTHANOM : DESIGN AND FABRICATION OF CAPACITIVE HUMIDITY SENSORS USING MEMS TECHNOLOGY.
THESIS ADVISOR : NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D. 198 PP.
ISBN 974-533-597-5

HUMIDITY SENSOR/MICROSENSOR/MEMS/POLYIMIDE SPUTTERING

This thesis presents design and fabrication of capacitive humidity sensors based on three technologies, printed circuit board, integrated circuit and microelectromechanical systems. For printed circuit board technology, the sensors were fabricated by patterning copper layer into interdigital electrodes followed by application of humidity sensitive materials such as 60 μm-thick commercially available polyimide tape and 45 Å-thick sputtered polyimide film. The fabricated sensors were calibrated against various saturated salts and characterized for sensitivity and response time. The results showed that sensors with sputtered polyimide has higher sensitivity than those with polyimide tape. In comparison with an SMTHS10 commercial sensor, both configurations have less adsorption and desorption times. This indicates that low cost humidity sensors can be realized using either polyimide tape or sputtered polyimide. Since smaller electrodes can be obtained using IC technology, two more versions of sensors were fabricated. For the first version, aluminum electrodes were patterned on a glass slide followed by coating of a 45 Å-thick layer of sputtered polyimide. In case of second version a 45 Å-thick polyimide film was coated on an aluminum surface followed by deposition and patterning of aluminum electrodes. In comparison with the commercial sensor, both versions are less sensitive. However, the first version gives better response time. In order to

fabricate much smaller electrodes, the three-layer polysilicon MEMS technology was used to obtain 3 micron-size electrodes. Three configurations of sensors were fabricated including sputtered polyimide on polysilicon electrodes with on-top aluminum ground plane, and sputtered polyimide on polysilicon electrodes with on-top perforated aluminum ground plane. Characterizations indicated that all versions of sensors provide faster response compared with the commercial sensor. In addition, it was found that thinner sputtered polyimide film gives faster response time. This finding opens possibility of obtaining very fast humidity sensors, if smaller and thinner electrodes were realized using better fabrication techniques. To demonstrate utilization of the fabricated sensor in application that requires fast response time, a MEMS based humidity sensor was incorporated with a microcontroller and used as a respiration rate monitor. Good results were obtained from the demonstration.

School of Electrical Engineering Student's Signature Chitphong Wetthavorn

Academic Year 2006 Advisor's Signature Nimit Chomnawang