การพัฒนากระบวนการผลิตโครงสร้างจุลภาคโดยวิธีการลิโธกราฟฟี ด้วยรังสีเอ็กซ์

นายวินัย วันบุรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2550

PROCESS DEVELOPMENT OF MICROSTRUCTURE PRODUCTION USING X-RAY LITHOGRAPHY

Winai Wanburee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2007

การพัฒนากระบวนการผลิตโครงสร้างจุลภาคโดยวิธีการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ็กซ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(รศ. ดร.กิตติ อัตถกิจมงคล)
ประธานกรรมการ

_____

(อ. ดร.นิมิต ชมนาวัง)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.ประพงษ์ คล้ายสุบรรณ์)
กรรมการ

_____

(รศ. ดร.เสาวณีย์ รัตนพานี)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วินัย วันบุรี : การพัฒนากระบวนการผลิตโครงสร้างจุลภาคโดยวิธีการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ็กซ์ (PROCESS DEVELOPMENT OF MICROSTRUCTURE PRODUCTION USING X-RAY LITHOGRAPHY) อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. ดร.นิมิต ชมนาวัง, 96 หน้า.

กระบวนการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ็กซ์ (x-ray lithography) เป็นกระบวนการผลิตโครงสร้างจุลภาคสัดส่วนสูงสำหรับอุปกรณ์จุลภาค ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตโครงสร้างจุลภาคด้วยวิธีการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ็กซ์ โดยใช้รังสีเอ็กซ์จากแสงซินโครตรอน ณ ระบบลำเลียงแสง BL-6 ของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ ในการพัฒนากระบวนการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ้กซ์นั้นได้เลือกใช้สารไวแสงชนิดลบ SU-8 แทน PMMA เนื่องจากมีความไวต่อรังสีเอ็กซ์ และสามารถเตรียมฟิล์มสารไวแสงโดยควบคุมความหนาด้วยวิธีการหมุนเคลือบ (spin coating) หรือการหล่อแบบจากผงของสารไวแสง นอกจากนี้ ได้พัฒนากระบวนการผลิตซ้ำชิ้นงาน (replication) โดยการถ่ายทอดโครงสร้างโลหะต้นแบบด้วยพอลิเมอร์ PDMS จากนั้นจึงใช้แม่พิมพ์ PDMS ในการเพิ่มจำนวนชิ้นงานผ่านการชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้า เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต สำหรับหน้ากากกั้นรังสีเอ็กซ์ (x-ray mask) นั้น ได้พัฒนาการใช้วัสดุชนิดใหม่คือโลหะเงินในการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์แทนทองคำที่ใช้กันในปัจจุบัน ทำให้สามารถลดต้นทุนของหน้ากากกั้นรังสีเอ็กซ์ลงได้มากกว่า 40 เท่า กระบวนการต่าง ๆ ที่ได้พัฒนาขึ้น ได้ถูกนำมาใช้ในการสาธิตการสร้างอุปกรณ์จุลภาค โดยการสร้างก้อนมวลรับความเร่งบนตัวตรวจรู้ความเร่งจุลภาค (micro-accelerometer) แบบเพียโซรีซิสทีฟ (piezoresistive) โดยสามารถสร้างก้อนมวลที่มีความสูง 500 ไมโครเมตร ซึ่งสร้างด้วยกระบวนการลิโธกราฟฟีด้วยรังสีเอ็กซ์คู่กับกระบวนการผลิตซ้ำชิ้นงาน โดยกระบวนการที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างอุปกรณ์จุลภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

WINAI WANBUREE : PROCESS DEVELOPMENT OF
MICROSTRUCTURE PRODUCTION USING X-RAY LITHOGRAPHY.
THESIS ADVISOR : NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D., 96 PP.

MEMS/X-RAY LITHOGRAPHY/X-RAY MASK/LIGA

X-ray lithography is a fabrication process for high-aspect-ratio microstructures. The purpose of this thesis is to develop x-ray lithography process at Beamline 6 of The National Synchrotron Research Center (NSRC), Thailand. Synchrotron radiation from BL-6 through various filters is used as x-ray source. An Alternative negative-tone photoresist, SU-8, was used instead of PMMA due to its high sensitivity to x-ray. In addition, its thickness can be controlled either by spin coating or powder casting. Replication of microstructures was done by electrodeposition of nickel through PDMS polymer mold. This method could reduce time and cost of microstructure fabrication. In order to further reduce cost of fabrication, a novel x-ray mask absorber made of silver was used instead of gold since the cost of its electroplating solution is more than 40-times that of gold. In this thesis x-ray lithography process using x-ray masks with silver absorber were successfully performed in fabrication of several microstructures. Moreover, replication of a 500 micron-thick proof mass micro-structure onto a pre-fabricated piezoresistive microaccelerometer chip was demonstrated.

School of Electrical Engineering Student's Signature_____
Academic Year 2007 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัย รวมถึงหน่วยงานต่าง ๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย อาทิ

อาจารย์ ดร.นิมิต ชมนาวัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเป็นกำลังใจ และเป็นแบบอย่างที่ดีในระหว่างการดำเนินการวิจัยให้กับผู้วิจัยเสมอมา

ศาสตราจารย์ นาวาอากาศโท ดร.สราวุฒิ สุจิตจร, รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อัตถกิจมงคล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, อาจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี และอาจารย์ ดร.เผด็จ เผ่าละออ คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

อาจารย์ ดร.อนุรัตน์ วิศิษฐ์สรอรรถ, คุณถนอม โลมาส และคุณดอน คล้ายทับทิม นักวิจัยและผู้ช่วยวิจัยประจำห้องปฏิบัติการนาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลจุลภาค ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการและอนุเคราะห์เครื่องมือระหว่างทำการวิจัย อาจารย์ ดร.ประพงษ์ คล้ายสุบรรณ์ นักวิจัยประจำศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ

ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับห้องปฏิบัติการในการทำวิจัย และศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ (ศซ.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือวิจัย สถานที่ทำวิจัยและให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออุทัย คุณแม่บุญเนิน รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น ความห่วงใย การอบรมเลี้ยงดู และให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด รวมทั้งเป็นกำลังใจผู้วิจัยให้สามารถเผชิญกับปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา และตลอดไป

วินัย วันบุรี