สาทิตย์ ศรีมุงคุณ : การออกแบบและสร้างเครื่องนับจำนวนอนุภาคซึ่งแขวนลอยในสารละลายด้วยเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาค (DESIGN AND FABRICATION OF DETECTOR FOR PARTICLE SUSPENDED IN SOLUTIONS USING MEMS TECHNOLOGY) อาจารย์ที่ปรึกษา : อ. ดร.นิมิต ชมนาวัง, 120 หน้า

ในวิทยานิพนธ์นี้ ทำการออกแบบและสร้างตัวตรวจรู้เพื่อทำการนับจำนวนอนุภาคซึ่งแขวนลอยในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ตัวตรวจรู้ได้พัฒนาขึ้นในกระบวนการเทคโนโลยีแผ่นวงจรพิมพ์และระบบกลไฟฟ้าจุลภาค แม่พิมพ์โลหะของช่องทางเดินจุลภาคถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการลิโธกราฟฟีและการชุบโลหะนิกเกิลด้วยไฟฟ้าบนแผ่นฐานกราไฟต์และฐานกระจก โครงสร้างช่องทางเดินจุลภาคทำการผลิตซ้ำด้วยซิลิโคน PDMS ด้วยวิธีการหล่อแบบกับกระจก และทำการพลาสมาของออกซิเจนเพื่อสร้างช่องทางเดินจุลภาค ซึ่งมีขนาดกว้าง 50 μm สูง 70 μm และ ยาว 140 μm ขั้วอิเล็กโทรดทำด้วยฟิล์มโลหะ Ti/Cu/Ni/Au จำนวน 2 ขั้ว วางตัวกั้นผ่านส่วนที่เล็กที่สุดภายในช่องทางเดินจุลภาคเพื่อตรวจจับความต้านทาน วัดค่าความต้านทานของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ภายในช่องทางเดินจุลภาคด้วยโอห์มมิเตอร์ และบันทึกค่าด้วยโปรแกรม LabVIEW ด้วยหลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า อนุภาคโพลีเมทราไคลเลทที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 μm ซึ่งแขวนลอยในสารละลาย ได้นำมาใช้ในการนับ เนื่องจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของอนุภาคสูงกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ได้ส่งผลให้ค่าความต้านทานของช่องทางเดินจุลภาคเพิ่มขึ้นเมื่อมีอนุภาคอยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรด การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานในช่องทางเดินจุลภาค เนื่องจากอนุภาคสามารถคำนวณได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าความต้านทานของวงจรสมมูลทางไฟฟ้า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานที่แม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบกับการประมาณด้วยแมกซ์เวลล์ที่ใช้กันทั่วไป ในการทดลองนับจำนวนอนุภาคปริมาตรตั้งต้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีอนุภาค ถูกฉีดเข้าไปในตัวตรวจรู้ด้วยกระบอกฉีดยาอัตโนมัติ สัญญาณที่ได้จากการตรวจนับมีสัญญาณรบกวนมาก เพื่อลดสัญญาณรบกวนดังกล่าว ได้เพิ่มตัวตรวจรู้อีก 1 ชุดและใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่มีอนุภาคเป็นสารละลายในการนำไฟฟ้า นำสัญญาณรบกวนจากตัวตรวจรู้ทั้งสองมาลบกัน และกรองด้วยความถี่แถบผ่านช่วง 55 Hz – 10 kHz นอกจากนี้ สัญญาณที่ผ่านการกรองที่มีค่าแรงดันต่ำกว่าแรงดันระดับเปลี่ยน +/- 0.030 โวลต์ จะถูกกำจัด สุดท้ายแรงดันสูงสุดเนื่องจากความต้านทานที่เปลี่ยนไปเพราะอนุภาคจะถูกตรวจนับ สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีจำนวนอนุภาคแขวนลอยอยู่ 22 อนุภาค/1.8 μl ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของอนุภาคที่ 18 อนุภาค/1.8 μl เมื่อสารละลายเล็กโทรไลต์ที่มีจำนวนอนุภาคแขวนลอยอยู่ 44 อนุภาค/1.8 μl ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย

ของอนุภาคที่ 38 อนุภาค/1.8 μl และเพิ่มจำนวนอนุภาคที่แขวนลอยเป็น 66 อนุภาค/1.8 μl ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเพิ่มเป็น 52 อนุภาค/1.8 μl ค่าเหล่านี้ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลใน 218 ช่วงของการนับอนุภาค แต่ละช่วงครอบคลุมทั้งหมด 2 วินาที อย่างไรก็ตาม ผลการนับที่ได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากมีการยึดเกาะของอนุภาคที่ผนังของกระบอกฉีดยาที่ท่อนำสารละลายและที่ช่องทางเดินจุลภาคของตัวตรวจรู้เอง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SATIT SEEMUNGKOON : DESIGN AND FABRICATION OF DETECTOR FOR PARTICLE SUSPENDED IN SOLUTIONS USING MEMS TECHNOLOGY. THESIS ADVISOR : NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D., 120 PP.

MEMS/PARTICLE COUNTER/MICROFLUIDIC

In the thesis, detectors for counting particle that suspended in electrolyte solution are designed and fabricated. The detector development technologies include printed circuit board (PCB) and Micro-Electro-Mechanical Systems processes. Microchannel metallic molds are constructed by using UV lithography and Ni electroplating onto graphite and glass substrates. The microchannel structure is replicated into a Polydimethylsiloxane (PDMS) silicone bulk by casting method. It is treated by oxygen plasma and bonded onto a glass substate to form a complete microchannel. The smallest part of the microchannel is 50 μm wide, 70 μm high and 140 μm long. Two Ti/Cu/Ni/Au electrodes are fabricated across this smallest part of the microchannel for resistance measurement. With a simple voltage-divider method, resistances of the electrolyte filled micro-channels are recorded by an ohmmeter as well as data acquisition card with a LabVIEW software. The polymethacrylate particles, with a diameter of 40 μm suspended in water, are used in the counting experiments. Since the particle resistivity is higher than that of electrolyte solution, presence of particles in between the two electrodes increases a resistance of the microchannel. Changes in microchannel resistance by the particles are predicted by a resistive equivalent circuit mathematical model. The developed model gives more

accurate resistance changes in comparison with the conventional Maxwell's approximation. In counting experiments, a pre-determined volume of electrolyte solution with a particle density is injected into a detector by a syringe pump. Unfortunately, signals recorded from a single detector are too noisy. To reduce noises, an additional detector is loaded with a blank electrolyte solution. Noisy signals from both detectors are subtracted and filtered by a 55Hz to 10kHz band-pass filter. Furthermore, the filtered signals with amp litudes less than a threshold voltage of +/- 0.03 V are eliminated. Finally, voltage peaks due to resistance changes by the particles are couted. For electrolyte solution with particle density of 22, 44 and 66 per 1.8 μl, the dual detectors predict average density value of 18, 38 and 52 per 1.8 μl. These values are obtained by statistical analysis from 218 particle counting intervals, each of covers duration of 2 seconds. Considering particle adhered to the walls of the syringe, feeding tubes, and microchannel itself, the resulting less numbers of counted particles are reasonable ones

School of Electrical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2007 Advisor's Signature_____