รุ่งเรือง พัฒนากุล : การพัฒนาระบบแสดงผลอักษรเบรลล์แบบนิวแมติกด้วยโครงสร้างจุลภาคสัดส่วนสูง (DEVELOPMENT OF PNEUMATIC BRAILLE DISPLAY SYSTEM USING HIGH-ASPECT-RATIO MICROSTRUCTURE) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.นิมิต ชมนาวัง, 221 หน้า.

อักษรเบรลล์คือการแสดงผลทางการสัมผัสรูปแบบหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้การช่วยเหลือทางด้านการอ่านและการเขียนกับผู้พิการทางสายตา โดยมีการนำไปประยุกต์ใช้กับทุกภาษาเพื่อการสื่อสาร อักษรเบรลล์ถูกพัฒนาขึ้นมาจากการใช้เครื่องมือเฉพาะทางที่เรียกว่าเสลทและดินสอ มาสู่การใช้เครื่องพิมพ์ จนกระทั่งเข้าสู่ระบบแสดงผลอักษรเบรลล์ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยใช้หลักการขับเร้าจุดแสดงผลให้ทะลุผ่านขึ้นมาจากรูบนพื้นผิวที่ราบเรียบเพื่อลดข้อจำกัดการเข้าถึงข้อมูล ความโดดเด่นนี้ ส่งผลให้ความต้องการของอุปกรณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ประสิทธิภาพในการใช้งานและต้นทุนที่ต่ำกำลังเป็นตัวผลักดันให้เกิดการพัฒนาเทคนิคต่างๆในการนำมาใช้งาน แต่ถึงกระนั้นเครื่องแสดงผลอักษรเบรลล์ยังคงต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการผลิตที่ซับซ้อน เป็นผลต่อเนื่องถึงต้นทุนที่ยังคงอยู่ในระดับที่ผู้พิการไม่สามารถเข้าถึงได้ ท่ามกลางการพัฒนาระบบแสดงผลอักษรเบรลล์ที่หลากหลาย ระบบกลไฟฟ้าจุลภาคได้เข้ามาสร้างการปฏิวัติการพัฒนาด้วยเทคนิคการผลิตโครงสร้างจุลภาคที่สนับสนุนให้เข้าถึงสิ่งที่ต้องการ แต่ข้อจำกัดหลายอย่างของวิธีการนี้ ทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่อยู่เพียงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในจุดนี้ส่งผลให้เทคโนโลยีโครงสร้างจุลภาคสัดส่วนสูงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการผลิตชิ้นงาน ด้วยความสามารถในการผลิตโครงสร้างจุลภาคที่แม่นยำและละเอียด ร่วมกับกระบวนการหล่อแบบ ชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและการพิมพ์นูน ชิ้นส่วนจำนวนมากสามารถสร้างขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตกลไกของระบบแสดงผลอักษรเบรลล์มีแนวโน้มลดลง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบแสดงผลอักษรเบรลล์แบบนิวแมติกโดยใช้เทคโนโลยีโครงสร้างจุลภาคสัดส่วนสูงด้วยรังสีเอ็กซ์จากเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน การพัฒนาจะมุ่งเน้นการศึกษาถึงโครงสร้างระบบแสดงผลอักษรเบรลล์พื้นฐานและความสามารถในการผลิตโครงสร้างจุลภาคสัดส่วนสูงของสารไวแสง SU-8 ที่มีความซับซ้อน เพื่อให้บรรลุผลดังกล่าวเทคนิคการอาบรังสีเอ็กซ์บนสารไวแสงหนาผ่านหน้ากากดูดซับรังสีที่โปร่งแสงจึงถูกพัฒนาขึ้น โครงสร้าง 3 มิติที่มีความแม่นยำสร้างจากเทคนิคการหลอมรวมผงสารไวแสง SU-8 และควบคุมความหนาของชั้นฟิล์มด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้น โครงสร้างได้ผ่านการทดสอบมาเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการทดสอบโครงสร้างระบบแสดงผลอักษรเบรลล์ที่ต้องการ กลไกการแสดงผลแบบซ้ำเดิมของจุดสัมผัส ถูกพัฒนาขึ้นเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรกคือการแสดงผลด้วยจุดนูนตัวของวัสดุพอลิเมอร์ PDMS ที่มีกลไกดึงตัวกลับจากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ แต่เนื่องจากวัสดุ PDMS เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ทำให้การสัมผัสรู้ไม่ชัดเจน อีกทั้งเกิดความสกปรกได้ง่าย นอกจากนี้การนูนตัวของจุดสัมผัสภายใต้แรงดันระดับต่างๆ ไม่มีกลไกจำกัดระยะนูนตัว ส่งผลให้วัสดุ PDMS เกิดความเสียหายเนื่องจากแรงดันที่มากเกินไปได้ รูปแบบที่สอง เป็นการแสดงจุดสัมผัสแบบแข็งด้วยวัสดุสารไวแสง SU-8 ที่พัฒนาขึ้นมาจากโครงสร้างชั้นสารไวแสงหนา 2 ชั้น จุดสัมผัส

จะวางกลไกเป็นลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายในหน้าจอสัมผัสที่ทำหน้าที่เป็นกระบอกสูบ แต่อย่างไรก็ตาม โครงสร้างนี้ แม้จะให้ความรู้สึกในการสัมผัสที่เด่นชัดและทนทานต่อการใช้งาน แต่กลไกการดึงตัวกลับไม่ได้ถูกสร้างร่วมขึ้นมาด้วย เพื่อให้การขับเร้าจุดสัมผัสสามารถทำงานแบบซ้ำเดิมภายใต้การขับเร้าแบบนิวแมติก จุดสัมผัสแบบแข็งที่สร้างจากวัสดุ SU-8 ด้วยกลไกลูกสูบ จึงถูกนำไปเพิ่มกลไกการดึงตัวกลับ มุ่งเน้นที่ระดับการแสดงผลด้วยแรงกระทำอ้างอิงขั้นต่ำที่ระดับ 1.5 gf โดยแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ แบบแรกคือจุดสัมผัสด้วยการดึงตัวกลับของแผ่นพอลิเมอร์ ที่ใช้ความยืดหยุ่นของ PDMS มาเป็นโครงสร้างสปริง โดยวางจุดสัมผัสไว้ด้านบนและครอบด้วยหน้าจอสัมผัส ภายหลังการขับเร้าด้วยแรงดันแก๊ส จะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อแสดงผลด้วยแรงกระทำ 76.71 gf ที่แรงดันขับเร้า 16.87 kPa รูปแบบที่สองคือตัวแสดงจุดสัมผัสด้วยกลไกสปริงโลหะโค้ง ซึ่งถูกติดตั้งกลไกการดึงตัวกลับที่ด้านล่างของจุดสัมผัส โดยสามารถรองรับน้ำหนักขนาด 10 g ด้วยแรงดันขับเร้า 109.48 kPa การควบคุมการขึ้น-ลงของจุดแสดงผลใช้วาล์วชนิดขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและปรับขนาดของแรงดันแก๊สด้วยตัวคุมแรงดัน นอกจากนี้ การพัฒนาให้ระบบแสดงผลอักษรเบรลล์ทำงานร่วมกับตัวคุมแรงดันแก๊สด้วยไมโครวาล์วได้ถูกทดสอบ ไมโครวาล์วชนิดแผ่นคานโค้งที่ขับเร้าด้วยไฟฟ้าสถิตย์สามารถขับเร้าการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของจุดสัมผัสเป็นระยะ 120 μm โดยมีการรั่วไหลเกิดขึ้นระหว่างการปิดช่องทางไหลของแก๊ส ส่งผลให้จุดสัมผัสไม่สามารถทำงานได้อย่างบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การพัฒนานี้ ส่งผลให้เกิดต้นแบบของระบบแสดงจุดสัมผัส ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเซลล์อักษรเบรลล์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผ่านข้อมูลมาแสดงผลบนหน้าจอสัมผัสสำหรับผู้พิการทางสายตาได้ในอนาคต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่อนักศึกษา__________
ปีการศึกษา 2552	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา__________
	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม__________

RUNGRUEANG PHATTHANAKUN : DEVELOPMENT OF PNEUMATIC BRAILLE DISPLAY SYSTEM USING HIGH-ASPECT-RATIO MICROSTRUCTURE. THESIS ADVISOR : NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D., 221 PP.

BRAILLE DISPLAY/TACTILE DISPLAY/SYNCHROTRON/ MICROVALVE/X-RAY LITHOGRAPHY/MEMS/RBDS/HIGH-ASPECT-RATIO

Braille characters have been devised to assist blind people in reading and writing. The system has been adopted in almost all languages. Conventional Braille characters have been recorded by hand using a slate and stylus, or by a Braille type writer. Moreover, Refreshable Braille Display System (RBDS) has also been recently developed. RBDS is a human-computer interface utilized to create refreshable raised dots in order to present information. Demand for this device has been dramatically increasing in consumer markets and other tangible applications, while the requirements in terms of reliabilities have been driving forces adapting its various mechanisms**.** However, commercial products are currently expensive due to their complex mechanisms and special fabrication techniques. Among numerous Braille displays, Micro-Electro-Mechanical Systems have been utilized to revolutionize these product categories. Nevertheless, its applications in tactile display have been limited due to several factors. Based on repeated fabrication by micro-molding of polymer and electroforming used in Lithographic Galvonoformung Abformung (LIGA) technologies, RBDS with lower cost and better performance can be achieved. This thesis concentrates on realization of tactile dots for RBDS utilizing X-ray LIGA process which is performed at the beamline BL-6 of the Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), Ministry of Science and Technology, Thailand. Two specific tactile display mechanisms were formulated regarding the design of X-ray LIGA based on the pneumatic

RBDS. The first mechanism that the tactile display can actively raise the tangible dot up with a thin PDMS membrane has been evaluated through the strength of suspended PDMS membrane on the X-ray LIGA structure. The second mechanism that the single tactile dot can perform similar to the conventional tangible dot has been considered through a complicated X-ray LIGA structure. The tactile dot as a piston inside a cylinder has been successfully fabricated, resulting in the robust and obvious perception under the applied pressure. Consequently, the refreshable tactile displays improved from these mechanisms were realized by combining them together for the first X-ray LIGA tactile display. The tactile dot was placed on the suspended PDMS membrane to create the spring element. It can operate as the rigid tactile display with the maximum applied pressure of 16.87 kPa resulting in the actuated force of 76.71 gf. Furthermore, the second X-ray LIGA tactile display was improved by adding two curved segments of metal under the tactile dot. It is operated as the refreshable tactile display with the maximum load of 10 g required the applied pressure of 109.48 kPa. To increase the performance of the refreshable tactile display systems, the curled-up closure plate microvalve was combined instead of the conventional valve. The microvalve was positioned under the tactile display with PDMS spring element and controlled by high dc voltage. In the repeat operation as the RBDS, the tactile dot can be move upward and downward at the actuated voltage of 150 V with maximum distance of 120 μm and 42.98 kPa applied pressure. This innovation is demonstrated the possibility to bring out a new system that invents tactile display device as a new interface for visually impaired people.

School of Electrical Engineering — Student's Signature ____________________

Academic Year 2009 — Advisor's Signature ____________________

Co-advisor's Signature____________________