ระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค

เกษรารัตน์ อักษรรัตน์*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาคหรือเมมส์ซึ่งเป็นเครื่องกลระดับไมโครเมตรซึ่งใช้วงจรรวมในการขับเคลื่อน โครงสร้างประกอบด้วยส่วนประกอบหลักสองส่วนคือส่วนที่รับสัมผัสหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าและส่วนแปลงสัญญาณ วิธีการประดิษฐ์เมมส์เรียกว่าไมโครแมคชินนิง ซึ่งคือไมโครแมคชินนิงวัสดุกลุ่ม ไมโครแมคชินนิงผิว และกระบวนการลิการ์ การประดิษฐ์และการบรรจุเมมส์เกี่ยวพันกับวัสดุต่างๆ มากมาย เช่น ซิลิกอน สารประกอบซิลิกอนควอตซ์ และแกลเลียมอาร์เซไนด์ เป็นต้น ในการบรรจุเมมส์ไม่เพียงแต่ป้องกันอันตรายของส่วนรับสัมผัสหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังต้องสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมเพื่อตรวจจับสัญญาณในเวลาดียวกันด้วย ผลิตภัณฑ์เมมส์เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในทางพาณิชย์ เช่น ในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพ

คำสำคัญ : ระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค,เซ็นเซอร์, แอคทูเอเตอร์,ระบบจุลภาค, วงจรรวม

ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*ผู้ติดต่อ, อีเมล์: kessararatu@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 14 มีนาคม 2555 ตอบรับเมื่อ 27 มิถุนายน 2555

Microelectromechanical Systems

Kessararat Ugsornrat*

Abstract

This article presents microelectromechanical systems (MEMS) that are mechanical part in micron level is drove by integrated circuit. Its structure consists of two principal components : a sensing or actuating element and a signal transconduction unit. The techniques used to fabricate MEMS are called micromachining. These are bulk micromachning ,surface micromachning and LiGA process. MEMS involve many materials for fabrication and packaging such as silicon, silicon compound, quartz, and GaAs etc. In MEMS packaging, not only are the sensing or actuation elements to be protect from a hostile environment, but they are also required to be in contact with environment to probe that environment the same time. MEMS products have become increasingly dominant in every aspect of commercial marketplace such as automotive industry, electronics industry, and health care industry etc.

Keywords : Microelectromechanical Systems (MEMS), Sensors, Actuators**,** Microsystem**s,** Integrated circuit

Department of Industrial Physics and Medical Instrumentration Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

*Corresponding author, E-mail: kessararatu@kmutnb.ac.th Received 16 March 2012, Accepted 27 June 2012

1. บทนำ

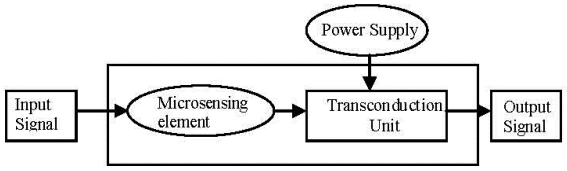
ระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาคหรือเมมส์ (Microelectromechanical systems : MEMS) เป็นระบบหรืออุปกรณ์ขนาดเล็กระดับไมโครเมตร (10^{-6} ของเมตร) ประกอบไปด้วยส่วนที่ใช้ในการขับเคลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าซึ่งก็คือวงจรรวม (integrated circuit) และส่วนกลไกที่สามารถเคลื่อนที่หรือถูกกระทำซึ่งทั้งสองส่วนถูกสร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตวงจรรวม (Integrated circuit หรือ IC) เช่นเดียวกับการผลิตวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เรียกวิธีการสร้างแบบนี้ว่า “การประดิษฐ์ระดับไมโครเมตร (Microfabrication)” ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาคถูกเรียกด้วยชื่อต่างกันไปในแต่ละทวีป ในทวีปอเมริกาเหนือเรียกว่า Micro-Electro-Mechanical Systems หรือ MEMS ในประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า Micromachines และในทวีปยุโรปคือ Micro-total-analysis หรือ Microsystem Technology เมมส์เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานความรู้เทคโนโลยีจากหลากหลายสาขา ทั้งทางด้านไฟฟ้า กลศาสตร์ วัสดุศาสตร์ การผลิตวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ฟิสิกส์ เคมี และโฟโตนิกส์ เป็นต้น เมมส์มีความจำเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่นเทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีหุ่นยนต์ การแพทย์ เทคโนโลยียานยนต์ เทคโนโลยีชีวภาพ เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมและอุปกรณ์ชนิดอื่นๆที่จำเป็นต่ออุตสาหกรรมในอนาคต ปัจจุบันมีการสร้างอุปกรณ์เชิงกลในระดับนาโนเมตร (ต่ำกว่า 100 นาโนเมตร) ได้แล้ว เป็นการเริ่มต้นของยุคระบบเครื่องกลไฟฟ้านาโนหรือเนมส์ (nanomechanical systems : NEMS) ที่คาดว่าจะเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น เทคโนโลยีหุ่นยนต์ เทคโนโลยียานยนต์ เป็นต้น หรือส่งเสริมความก้าวหน้าของวิทยาการแขนงอื่นๆ เช่น ด้านการแพทย์ การโทรคมนาคมขนส่ง ในอนาคตนี้

2. หลักการทำงานของระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค

เมมส์จะแตกต่างไปจากอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นตรงที่เมมส์สามารถทำงานเชิงกลได้ ตัวอย่างของเมมส์ก็คือการทำงานของเซ็นเซอร์ (sensors) และแอคทูเอเตอร์ (actuator) (ที่มีขนาดในระดับไมโครเมตร) ในการประดิษฐ์เมมส์จริงๆนั้นจะกำหนดขนาดของเมมส์อยู่ในช่วง 1 มิลลิเมตรถึง 1 ไมโครเมตร เมมส์จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการรับสัมผัสหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอก (microsensing or microactuating element) ซึ่งเราจะเรียกว่า ไมโครเซ็นเซอร์ (microsensors) หรือ ไมโครแอคทูเอเตอร์ (microactuators) ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณ (transconduction unit)

2.1 ไมโครเซ็นเซอร์ (microsensors)

ไมโครเซ็นเซอร์ เป็นส่วนที่มีความไวในการตรวจจับสัญญาณที่มาจากสิ่งเร้า และพลังงานประเภทต่างๆที่มากระตุ้นได้อย่างแม่นยำไม่ว่าจะเป็นลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แรงสั่นสะเทือน อุณหภูมิ แรงดัน สารชีวภาพ หรือการแผ่รังสี เป็นต้น เมมส์ที่เป็นไมโครเซ็นเซอร์นั้นทั้งอินพุทและเอาท์พุทจะเป็นลักษณะของสัญญาณ (signal) หลักการทำงานของไมโครเซ็นเซอร์แสดงดังรูปที่ 1



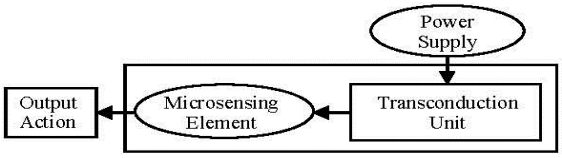
รูปที่ 1 หลักการทำงานของไมโครเซ็นเซอร์ [1]

ตัวอย่างของไมโครเซ็นเซอร์ เช่น ไมโครไบโอเซ็นเซอร์ (microbio sensors), ไมโครเซ็นเซอร์ทางเคมี (microchemical sensors), ไมโครเซ็นเซอร์ทางความร้อน (microthermal sensors) และไมโครเซ็นเซอร์แรงดัน (micropressure sensors) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากใน

อุตสาหกรรมยานยนต์หลักการทำงานของไมโครเซ็นเซอร์แรงดันนั้น ไมโครเซ็นเซอร์จะได้รับสัญญาณอินพุท (Input signal) ซึ่งก็คือแรงดันจากภายนอกการรับสัญญาณจะเกิดขึ้นที่ส่วนที่ใช้สำหรับการรับสัมผัสจากสิ่งเร้าจากภายนอก (microsensing element) ซึ่งจะเป็นแผ่นซิลิกอนบาง (silicon diapharm) ที่มีเพียโซรีซิสเตอร์ (piezoresistors) ต่อกันเป็นวงจรวีทสโตน บริดส์ฝังอยู่ เพียโซรีซิสเตอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นหน่วยสำหรับแปลงสัญญาณ (transconduction unit) ซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างผลึกของเพียโซรีซิสเตอร์ในการให้สัญญาณเอาท์พุท (output signal) ซึ่งก็คือศักย์ไฟฟ้า (voltage) นั่นเอง

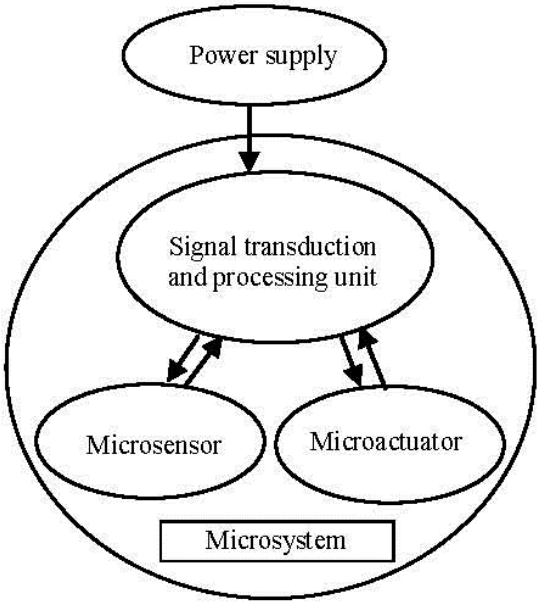
2.2 ไมโครแอคทูเอเตอร์ (microactuators)

ไมโครแอคทูเอเตอร์คือส่วนที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นได้ (หรือเมื่อได้รับสัญญาณจากไมโครเซ็นเซอร์) โดยการแสดงออกในรูปแบบของการทำงานด้วยการเคลื่อนไหว (โดยทั่วไปจะทำงานควบคู่กับไมโครเซ็นเซอร์) ตัวอย่างวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นไมโครแอคทูเอเตอร์ ได้แก่ โลหะผสมจำรูป (shape memory alloy) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ ผลึกเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric crystals) ที่สามารถปรับเปลี่ยนไปมาระหว่างแรงทางไฟฟ้ากับแรงเชิงกลได้ วัสดุอัดตัวหรือยืดตัวกับแรงแม่เหล็กที่เรียกว่าวัสดุแมกนีโตสตริก-ทีฟ (magnetostrictive) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างแรงแม่เหล็กกับแรงเชิงกลได้เช่นกันในกรณีของแรงทางความร้อน (thermal forces) ซึ่งอาศัยหลักการการขยายตัวทางความร้อน (thermal expansion) ที่แตกต่างกันของวัสดุ และแรงทางไฟฟ้า (Electrostatic forces) ที่อาศัยกฎของคูลอมป์ (Coulomb's law) ในการเคลื่อนไหวอีกด้วย หลักการของไมโครแอคทูเอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลักการทำงานของไมโครแอคทูเอเตอร์ [1]

ตัวอย่างของไมโครแอคทูเอเตอร์ เช่น ไมโครวาวล์ (microvalves) ไมโครปั๊ม (micropump) ไมโครเกียร์ (microgear) และไมโครกริบเปอร์ (microgripper) หลักการทำงานของไมโครกริบเปอร์ (microgripper) ซึ่งเป็นตัวยึดขนาดเล็กอาศัยแรงทางไฟฟ้าซึ่งเกิดจากแผ่นตัวนำเก็บประจุสองแผ่นและมีวัสดุไดอิเล็กทริก (dielectric material) กั้นระหว่างกลาง เมื่อให้สัญญาณอินพุทซึ่งก็คือศักย์ไฟฟ้าแก่แผ่นตัวนำเก็บประจุดังกล่าวสามารถทำให้เกิดแรงทางไฟฟ้าและเกิดการเคลื่อนไหวของไมโครกริบเปอร์นั่นเอง กรณีที่มีระบบไฟฟ้าจุลภาคประกอบกันหลายองค์ประกอบและทำงานประสานร่วมกันเราเรียกว่า "ระบบจุลภาค (microsystems)" ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักสามส่วนคือ ไมโครเซ็นเซอร์ ไมโครแอคทูเอเตอร์ และหน่วยประมวลผล (processing unit) โดยองค์ประกอบของระบบจุลภาคแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 องค์ประกอบของระบบจุลภาค [1]

ตัวอย่างของระบบจุลภาคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยานยนต์ คือ ระบบถุงลมนิรภัย (air bag deployment system) ในรถยนต์ ซึ่งระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยไมโครเซ็นเซอร์ซึ่งเรียกว่า “ไมโครเซ็นเซอร์แรงเฉื่อย (micro inertia sensor)” เรียกว่า “ไมโครแอคทูเอเตอร์ (microaccelerometer)" เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเร่ง โดยโครงสร้างเป็นลักษณะของมวลติดสปริง ที่มีวัสดุเพียโซรีซิสทีฟฝังอยู่ภายใน เมื่อไมโครเซ็นเซอร์ดังกล่าวได้รับแรงกระทำจากการกระแทกมวลดังกล่าวจะเกิดการสั่นทำให้โครงสร้างของวัสดุเพียโซอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลงไปและสามารถวัดสัญญาณทางไฟฟ้าออกมาได้ ในกรณีที่มีแรงกระทำจากภายนอกมาก การสั่นของมวลติดสปริงจะมีค่ามากทำให้ได้สัญญาณทางไฟฟ้าจากวัสดุเพียโซรีซิสทีฟมากเกินกว่าค่าที่กำหนด ค่าดังกล่าวจะถูกส่งไปยังส่วนไมโครแอคทูเอเตอร์ที่ทำงานประสานกันทำให้ถุงลมนิรภัยเกิดการขยายตัวป้องกันอันตรายให้กับผู้ขับขี่นั่นเอง

3. ความแตกต่างระหว่างระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาคและวงจรรวม

เทคโนโลยีทั้งสองใช้วิธีการประดิษฐ์โดยทั่วไปร่วมกัน แต่มีความแตกต่างในเรื่องของการออกแบบ (design) และการบรรจุ (packaging) หลายประการดังต่อไปนี้

1. วงจรรวมจะใช้เพียงผลึกซิลิกอนเดี่ยว (single crystal silicon die) สารประกอบซิลิกอน (silicon compound) และพลาสติกเป็นฐานรอง (substrate) เท่านั้น แต่เมมส์นั้นนอกจากจะใช้ซิลิกอนเป็นฐานรองแล้วยังสามารถใช้ควอตซ์ (quartz) แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) เป็นฐานรองได้อีกด้วย ส่วนพอลิเมอร์ (polymer) วัสดุโลหะ (metallic materials) จะใช้โดยทั่วๆไป ในเมมส์ ซึ่งประดิษฐ์โดยกระบวนการลิการ์ (LiGA process) ในขณะที่วงจรรวมไม่ได้ใช้วัสดุเหล่านี้เป็นส่วนประกอบ

2. เมมส์จะถูกออกแบบให้แสดงหน้าที่ต่างๆ มากกว่าวงจรรวมซึ่งจะออกแบบให้ทำหน้าเกี่ยวกับไฟฟ้าเท่านั้น

3. เมมส์จะประกอบด้วยส่วนที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ไมโครวาวล์ (microvalves) ไมโครปั๊ม (micropump) และ ไมโครเกียร์ (microgear) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ให้ของเหลวเคลื่อนที่ เช่น ไบโอเซ็นเซอร์ (biosensors) ระบบไฟฟ้าจุลภาคเชิงแสง (micro optical system) ก็ต้องมีช่องอินพุทและเอาท์พุทสำหรับลำแสงด้วย ซึ่งวงจรรวมนั้นจะไม่มีส่วนที่มีการเคลื่อนที่หรือช่องทางเข้าของของเหลวและแสงดังกล่าว

4. วงจรรวมมีลักษณะเป็นโครงสร้างสองมิติซึ่งจำกัดอยู่ในพื้นผิวของซิลิกอนที่ใช้เป็นฐานรอง ขณะที่เมมส์เป็นโครงสร้างสามมิติที่ซับซ้อน ดังนั้นความรู้ทางด้านวิศวกรรมเชิงกล (Mechanical Engineering) จึงมีส่วนจำเป็นในการออกแบบและพัฒนาระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค

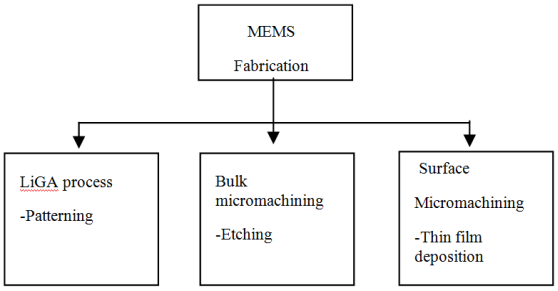
5. ในการบรรจุ (packaging) วงจรรวมจะแยกตัวออกจากสิ่งแวดล้อม แต่ส่วนประกอบบางส่วนของเมมส์จะสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นตัวกลางในการทำงาน ดังนั้นการบรรจุจะซับซ้อนกว่าวงจรรวม

6 เทคโนโลยีการผลิตและการบรรจุของวงจรรวมเติบโตเต็มที่แล้วและเป็นอุตสาหกรรมที่มีมาตรฐานชัดเจน แต่เทคโนโลยีในการผลิตและการบรรจุของเมมส์ยังคงอยู่ในระยะเริ่มต้นเนื่องจากมีความหลากหลายมากในด้านหน้าที่และโครงสร้างและพร้อมที่จะเติบโตได้ในอนาคต

4. การประดิษฐ์ของระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค

ในการประดิษฐ์เมมส์นั้นจะใช้วิธีการเดียวกับการประดิษฐ์วงจรรวมที่เรียกว่า “การประดิษฐ์ระดับไมโคร (microfabrication)” แต่เนื่องจากโครงสร้างเป็นสามมิติที่มีลักษณะซับซ้อนของส่วนที่มีการเคลื่อนที่ได้จึงต้องใช้กระบวนการประดิษฐ์แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ “ไมโครแมคชินนิงผิว (surface micromachining)” และ ไมโครแมคชินนิงวัสดุกลุ่ม (bulk micromachining)” ส่วนในเรื่องของการทำลวดลาย (patterning) ซึ่งในกรณีของวงจรรวมใช้วิธีโฟโตลิโตกราฟี (photolithography) นั้นในกรณีของระบบไฟฟ้า

เครื่องกลจุลภาคจะเรียกว่ากระบวนการลิการ์ “LiGA Process”



รูปที่ 4 แผนผังการประดิษฐ์ของระบบไฟฟ้าจุลภาค

4.1 ไมโครแมคชินนิงผิว (Surface micromachining)

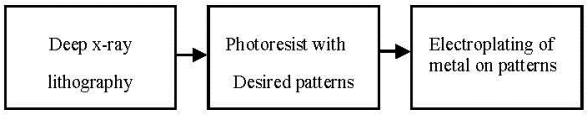
เป็นวิธีการประดิษฐ์ส่วนที่อยู่นิ่งโดยวิธีการเคลือบฟิล์มบาง (thin film deposition) โดยการสร้างส่วนทีเป็นชั้นๆบนส่วนที่เป็นฐานรอง (substrate) วิธีการดังกล่าว เช่น วิธีการฝังประจุ (ion implantation) และวิธีการตกสะสม (deposition technique) เป็นต้น

4.2 ไมโครแมคชินนิงวัสดุกลุ่ม (bulk micromachining)

เป็นวิธีการสร้างส่วนที่มีการเคลื่อนไหวโดยอาศัยการกัด (etching) เพื่อเอาส่วนที่ไม่ต้องการออกเปรียบเหมือนกับการแกะสลักนั่นเอง ซึ่งเป็นทั้งกระบวนการกัดทางเคมี (chemical etching) และกระบวนการกัดทางกายภาพ (physical etching)

4.3 กระบวนการลิการ์ (LiGA Process)

เมมส์มีลักษณะโครงสร้างสามมิติที่ซับซ้อนการทำลวดลายของระบบไฟฟ้าจุลภาคไม่ได้ใช้ซิลิกอนเป็นฐานรองเท่านั้น แต่จะต้องทำลวดลายของฐานรองพลาสติกและโลหะที่มีความหนาอีกด้วย ขั้นตอนการทำกระบวนการลิการ์ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กระบวนการลิการ์

กระบวนการลิการ์จะใช้รังสีเอ็กซ์ในการสร้างลวดลายเนื่องจากมีกำลังในการทะลุผ่านสูง และอิเล็กโทรเพลทติ้ง (Electroplating) เป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างส่วนสามมิติที่มีความหนาและซับซ้อนดังกล่าว

5. วัสดุสำหรับระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค

การออกแบบและการบรรจุเมส์แตกต่างจากวงจรรวม ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์เมมส์จึงแตกต่างด้วย ในเมมส์นั้นไม่เพียงแต่จะใช้ซิลิกอน สารประกอบซิลิกอน และ เกลเลียมอาร์เซไนด์มาประดิษฐ์เป็นเซ็นเซอร์และแอคทูเอเตอร์เท่านั้นแต่ยังใช้วัสดุอื่นๆอีกด้วย เช่น ควอตซ์ เซรามิกซ์ พอลิเมอร์ และพลาสติก อีกด้วย

5.1 ซิลิกอน (Si)

ผลึกเดี่ยวซิลิกอนจะใช้อย่างกว้างขวางสำหรับเป็นฐานรองในการประดิษฐ์เมมส์เนื่องจากซิลิกอนหาง่าย อุดมสมบูรณ์และมีคุณสมบัติเด่นเหมาะสมในการประดิษฐ์เมมส์ กล่าวคือมีความคงตัวทางด้านเชิงกล (mechanically stable) สามารถรวมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นบนฐานรองเดียวกันได้ ยังก์-มอดูลัสสูงเท่ากับเหล็กและมีน้ำหนักเบาเหมือนอลูมินัม สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (thermal coefficient) น้อยกว่าเหล็กและอลูมินัมถึงแปดและสิบเท่าตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความแบนเรียบอย่างมาก เหมาะสมกับการประดิษฐ์เป็นชั้นฟิล์มสำหรับโครงสร้างของเมมส์อีกด้วย

5.2 สารประกอบซิลิกอน (Silicon compound)

สารประกอบซิลิกอนที่ใช้บ่อยในเมมส์คือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และโพลีซิลิกอน (Polycrystalline Silicon) อีกด้วย

5.2.1 ซิลิกอนไดออกไซด์
ซิลิกอนไดออกไซด์มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้มากกว่าซิลิกอนจึงนิยมใช้เป็นฉนวนความร้อนหรือฉนวนไฟฟ้า หน้า-กากสำหรับการกัดซิลิกอน เป็นต้น
5.2.2 ซิลิกอนคาร์ไบด์
ซิลิกอนคาร์ไบด์สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ทนทานต่อกรดเช่น โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และไฮโดรฟลูริก (HF) นำไปใช้เป็นหน้ากากสำหรับการกัดซิลิกอน

5.2.3 ซิลิกอนไนไตรด์
ใช้เป็นผนังป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไอออน เช่น โซเดียม เป็นต้น ทนทานต่อการเกิดออกซิเดชัน และเป็นสารประกอบอีกชนิดหนึ่งที่นิยมมาทำเป็นหน้ากากให้กับซิลิกอน

5.3 แกลเลียมอาร์เซไนด์

แกลเลียมอาร์เซไนด์เป็นสารประกอบที่เป็นวัสดุดีเยี่ยมสำหรับอิเล็กทรอนิกส์และโฟโตนิกเนื่องจากมีค่าสภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility) สูงกว่าซิลิกอนถึงเจ็ดเท่า เป็นฉนวนความร้อนและรูปร่างคงทนเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง

5.4 ควอตซ์

ควอตซ์เป็นสารประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ มิติคงทนกว่าซิลิกอนโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง นิยมทำเป็นเซ็นเซอร์และวัสดุเพียโซอิเล็กตริก นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้ในระบบไมโครฟูดิก (microfluidics) ทางด้านชีวการแพทย์อีกด้วย

5.5 พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ถูกใช้เป็นวัสดุโฟโตรีซิสในกระบวนการลิการ์ วัสดุที่ใช้ติด (adhesive) พอลิเมอร์ประเภทเฟอร์โรอิเล็กตริก (ferroelectric) มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวัสดุเพียโซรีซิสเตอร์นอกจากนี้ยังมีพอลิเมอร์ที่เป็นตัวนำซึ่งถูกใช้เป็นฐานรองและพอลิเมอร์เป็นวัสดุดีเยี่ยมในการห่อหุ้มและบรรจุเมมส์อีกด้วย

6. การบรรจุระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาค (MEMS Packaging)

การบรรจุเมมส์นั้นนอกจากจะป้องกันอันตรายส่วนประกอบต่างๆ ของระบบจากสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังต้องให้ส่วนประกอบบางส่วนตรวจจับสัญญาณจากสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นการบรรจุเมมส์ภาคค่อนข้างจะยุ่งยากกว่าการบรรจุวงจรรวมทั่วๆ ไป เช่นในกรณีของไมโครเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับควันจากท่อไอเสีย จะต้องรับอินพุทที่เป็นแรงดันของแก๊สไอเสียจากภายนอกในขณะเดียวกันก็ต้องป้องกันอันตรายจากแก๊สพิษดังกล่าวที่จะกัดกร่อนส่วนประกอบของเมมส์ได้ นอกจากนี้การบรรจุเมมส์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับของเหลวซึ่งควบคุมด้วยไฟฟ้าก็ทำให้เกิดความยุ่งยากในการบรรจุได้เช่นกัน

7. การประยุกต์

อุปกรณ์เมมส์ไม่เป็นแค่เพียงการทดลองวิจัยเท่านั้น แต่นำมาประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์มากมาย เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันโดยมีอุปกรณ์วัดค่าความเร่งใช้ในรถยนต์ เพื่อควบคุมการปล่อยถุงลมนิรภัย อุปกรณ์วัดความดันใช้ในเครื่องยนต์และยางรถยนต์ ในระบบสื่อสารทางแสง มีอุปกรณ์สวิตซ์เชิงแสง (optical switch) อุปกรณ์เพิ่มและตัดสัญญาณแสง (optical add/drop) เป็นต้น ในทางการแพทย์ มีอุปกรณ์วัดความดันเลือด อุปกรณ์การวิเคราะห์สารและดีเอ็นเอ ในอุตสาหกรรมโรงงานมี อุปกรณ์วัดความดันของของไหล อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และอุปกรณ์วัดชนิดของแก๊ส เป็นต้น

8. บทสรุป

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลภาคได้รับความสนใจและก้าวล้ำไปอย่างมากทั่วโลก ซึ่งสืบเนื่องมาจากเทคโนโลยีการผลิตวงจรรวมที่พัฒนาและเติบโตอย่างต่อเนื่อง ทำให้การสร้างอุปกรณ์เมมส์ที่

ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์และแอคทูเอเตอร์ที่อาศัยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ในปัจจุบันและพร้อมที่จะพัฒนาและเติบโตได้ในอนาคต การสร้างอุปกรณ์เมมส์ใช้วิธีการเคลือบฟิล์มบาง การกัด และการสร้างรูปแบบโดยใช้วิธีการเดียวกับโฟโตลิโตกราฟี วัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์และบรรจุเมมส์นั้น นอกจากจะเป็นซิลิกอนและสารประกอบซิลิกอนแล้วยังใช้วัสดุอื่นๆ อีก เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ ควอตซ์ และ พอลิเมอร์ เป็นต้นการใช้เทคโนโลยีเมมส์นี้จะช่วยให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์มากขึ้นเนื่องจากมีขนาดเล็ก ราคาถูกลงและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและจะมีบทบาทมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต เช่น ทางด้าน อุตสาหกรรม, การแพทย์ และการสาธารณสุข เป็นต้น

9. เอกสารอ้างอิง

[1] T.R. Hsu, “MEMS&Microsystems design and manufacture”, NewYork, 2002

[2] R. Tammala, “Fundamentals of microsystem packaging”, McGraw-Hill, NewYork , 2001

[3] P. Goel, “MEMS Non-Silicon Fabrication Technologies”, Sensors &Transducers Journal,April 2012, Vol.139, No.4, pp.1-23.

[4] K. J. Mampilly, A. Ashok, S. Ramasamy, and P. Ramanathan, “Review of MEMS Based Application in Medical Industries”, Sensors &Transducers Journal, April 2012, Vol. 139, No. 4, pp. 25-44.

[5] J. Sutanta ,S. Anand, A. Sridharan, R. Korb, L. Zhou M.S Baker, M. Okandan, J. Muthuswamy, “Packaging and non-hermetic encapsulation technology for flip chip on implantable MEMS devices”, Journal of microelectromechanical systems, 2012, 1-15.