

명지대학교 마이크로시스템 연구실

Myongji University Microsystems Laboratory

송현석 · 이강용 · 이정민 · 박유나 · 정진원 · 이대영 · 김대근 · 정상국[†]
명지대학교 기계공학과

1. 서론

명지대학교 마이크로시스템 연구실 (Microsystems Laboratory)은 MEMS(Microelectromechanical System) 공정기술과 미소유체(Microfluidics) 제어기술을 바탕으로 액적기반 바이오기기와 유체기반 광학기기 그리고 초소형 로봇과 같은 마이크로 구동 기술에 대해 연구를 수행하고 있습니다. 연구분야는 크게 바이오 / 광학 / 에너지이며 최근 설립된 (주)마이크로시스템 연구소 기업을 통해 자가 세정 유리(Drop Free Glass)와 보안 유체 가림막(Security Liquid Shutter)과 같은 첨단 유체기반 광학기기에 대한 사업화 연구가 진행되고 있습니다. 현재, 마이크로시스템 연구실은 15명의 대학원과 학부 연구원들로 구성되어 있으며, 이들은 각각의 연구주제를 가지고 본인의 연구를 수행하고 있습니다.

2. 세부 연구 분야 소개

2.1 첨단 유체기반 광학기기

최근 소형 카메라는 스마트폰 및 패드와 같은 다양한 형태의 정보통신기기의 핵심 부품으로 사용되고 있습니다. 이는 카메라의 소형화가 진행됨에 따라 고 성능의 새로운 광학 장치 개발이 중요해지고 있기 때문입니다. 하지만, 기존 소형 카메라의 경우 광학 초점(focus) 및 줌(zoom)과 같은 광학 기능을 위해 기계식 구동장치를 사용함으로써 소모전력이 높고 큰 부피 때문에 소형화가 어렵다는 문제가 있었습니다. 이에 따라, 본 연구실에서는 미소유체 제어기술을 이용한 자가 세정 유리 및 가변 유체 렌즈와 같은 첨단 유체기반 광학기기에 대한 연구를 수행하고 있습니다.

2.1.1 자가 세정 유리(Drop Free Glass)

스마트폰의 등장과 영상 통화와 같은 다양한 서비스에서 카메라 기능이 요구되면서 소형 카메라의 수요가 크게 증가하였습니다. 현재 소형 카메라는 스마트폰뿐만 아니라 다양한 형태의 정보통신기기에서 핵심 부품으로 사용되고 있으며 사물 인터넷(IoT)과 미래형 자동차와 같은 다양한 산업에 응용될 수 있을 것으로 예측되고 있습니다. 소형 카메라는 사물인터넷에서 다양한 용도로 쓰이는 센서 중 하나이지만 카메라 렌즈 표면에 빗물, 먼지와 같은 오염요소들이 발생할 경우 제 역할을 수행하지 못하게 됩니다. 이에 본 연구실에서는 전기습윤(Electrowetting) 기술을 이용한 자가 세정 유리에 대한 연구를 수행하고 있습니다^[1].

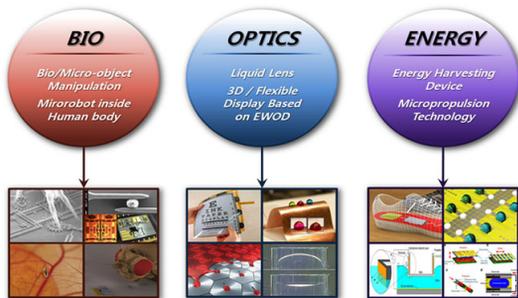


Fig. 1. 마이크로시스템 연구실 주요 연구 분야

[†] Department of Mechanical Engineering,
Myongji Univ.
E-mail : skchung@mju.ac.kr

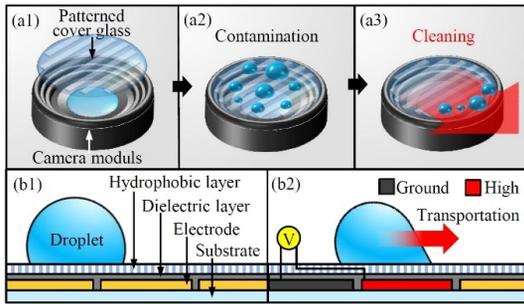


Fig. 2. 전기습윤 기술로 구동하는 자가 세정 유리 : (a) 자가 세정 유리 도식도 ; (b) 전기습윤 기술을 응용한 액적 제거 원리

2.1.1 가변 유체 렌즈(Variable Liquid Lens)

유체기반 광학기기들은 소형 카메라에 사용되고 있는 기계식 구동장치의 대안으로 연구 개발되고 있습니다. 기존의 유리 및 플라스틱 재질의 고체 렌즈를 대신하여 유체 계면을 렌즈로 사용하기 때문에 가변 초점(variable focus) 및 가변 줌(variable zoom) 과 같은 광학 기능의 구현을 위해 기존 고체 렌즈의 위치 제어방식을 지양하고 유체 계면의 곡률 제어 방식을 적용하였습니다. 이로써 유체기반 광학기기들은 기존 카메라의 크기를 혁신적으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라 성능을 크게 개선할 수 있는 장점들을 가지고 있습니다^{2,4)}.

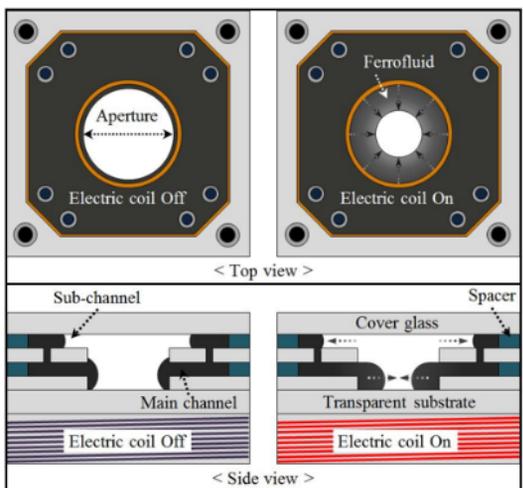


Fig. 3. 전자기력으로 구동하는 가변 유체 렌즈

2.2 액적 / 기포 기반 바이오기기

최근 바이오 관련 산업이 급속하게 성장하면서 수 마이크로리터 이하의 미소액적들을 효율적으로 이송, 병합, 분리 제어를 할 수 있는 미소유체역학 기술에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 이에 따라 짧은 시간에 질병을 진단할 수 있는 바이오칩 (Bio-chip)이나 소량의 시료만으로도 성분 분석이 가능한 랩온어칩(Lab-on-a-chip)과 같은 기술이 빠르게 발전하고 있습니다. 동시에 해당 기술의 효율을 높이기 위해 칩 내부에서 미소유체를 제어하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있습니다. 본 연구실에서는 전기습윤 기술을 이용한 액적 / 기포 제어 기술을 기반으로 한 바이오기기 개발에 대한 연구를 수행하고 있습니다⁵⁻²³⁾.

2.3 초소형 로봇

최근 바이오와 나노 기술이 비약적으로 발전하면서 영화 속의 장면과 같이 인체의 혈관 내부에서 움직일 수 있는 초소형 로봇의 개발에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 현재 혈관 질환 치료법으로 주로 사용되는 외과적 수술은 회복 기간이 길고, 모세혈관과 같이 수술이 어려운 부분은 약물치료에

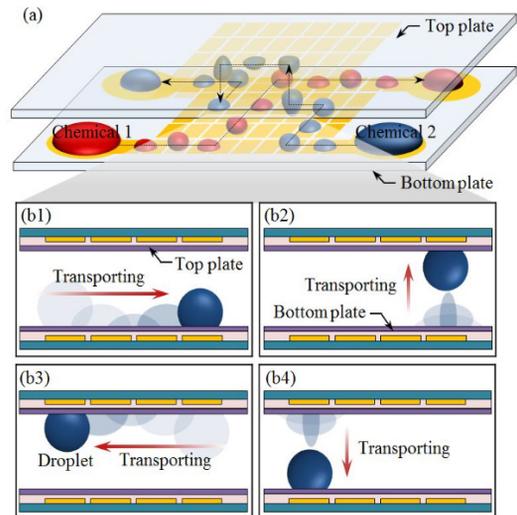


Fig. 4. 삼차원 미소유체 제어시스템 : (a) 시스템 도식도 ; (b) 전기습윤 기술을 응용한 삼차원 미소액적 제어

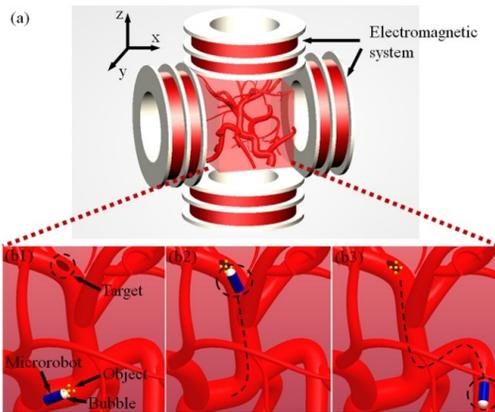


Fig. 5. 표적 약물 전달을 위한 초소형 로봇 : (a) 시스템 도식도 ; (b) 혈관내부 초소형 로봇을 이용한 표적 약물 전달 원리

만 의존해야 하는 문제점이 있습니다. 이에 대한 대안으로 표적항암제가 개발되었지만, 혈류 유동에 의존하기 때문에 약물을 목표지점까지 전달하는 속도가 매우 느리다는 단점이 있습니다. 따라서 이를 개선하기 위한 방안으로 혈관 내에서 이동이 가능한 초소형 로봇에 대한 연구가 진행되고 있습니다. 향후 이 초소형 로봇은 인체 내부의 필요한 곳에 약물을 수송하는 약물 전달(Drug Delivery)과 바이오 센싱(Bio-sensing) 및 바이오 수술(Bio-surgery) 등과 같은 분야들에 응용될 수 있습니다. 이에 본 연구실에서는 장기적 목표를 가지고 전자기력과 기포를 이용한 초소형 표적 약물 전달(Target Drug Delivery) 로봇에 대한 연구를 수행하고 있습니다 [24-27].

3. 맺음말

명지대학교 마이크로시스템 연구실과 수행 중인 연구 주제에 관심을 가져 주셔서 감사합니다 [28-33]. 본 연구실에서 수행되었던 연구는 한국연구재단과 명지대학교의 연구지원금으로 운영되었습니다. 자세한 내용은 연구실 홈페이지를 참조하여 주시기 바랍니다. <http://microsystems.mju.ac.kr/>

References

- 1) K. Y. Lee, J. Hong, and S. K. Chung, "Smart Self-cleaning Lens Cover for Miniature Cameras of Automobiles," *Sens. Actuators, B*, 239, 754-758, 2017.
- 2) S. H. Oh, K. Rhee, and S. K. Chung, "Electromagnetically Driven Liquid Lens," *Sens. Actuators, A*, 240, 153-159, 2016.
- 3) H. W. Seo, J. B. Chae, S. J. Hong, K. Rhee, J. Chang and S. K. Chung, "Electromagnetically driven liquid iris," *Sens. Actuators, A*, 231, 52-85, 2015.
- 4) I. S. Park, Y. Park, S. H. Oh, J. W. Yang, and S. K. Chung, "Multifunctional Liquid Lens for Variable Focus and Zoom," *Sens. Actuators, A: Physical*, 273, 317-323, 2018.
- 5) K. H. Lee, J. H. Lee, J. M. Won, K. Rhee, and S. K. Chung, "Micromanipulation Using Cavitation Microstreaming Generated by Acoustically Oscillating Twin Bubbles," *Sens. Actuators, A*, 188, 442-449, 2012.
- 6) J. H. Lee, K. H. Lee, J. M. Won, K. Rhee, and S. K. Chung, "Mobile Oscillating Bubble Actuated by AC-Electrowetting-on-dielectric (EWOD) for Microfluidic Mixing Enhancement," *Sens. Actuators, A*, 182, 153-162, 2012.
- 7) J. B. Chae, J. Hong, S. J. Lee, and S. K. Chung, "Enhancement of response speed of viscous fluids using overdrive voltage," *Sens. Actuators, B*, 209, 56-60, 2015.
- 8) J. B. Chae, S. J. Lee, J. Yang, and S. K. Chung, "3D Electrowetting-on-dielectric Actuation," *Sens. Actuators, A*, 234, 331-338, 2015.
- 9) S. J. Hong, J. Hong, H. W. Seo, S. J. Lee and S. K. Chung, "Fast Electrically Driven Capillary Rise Using Overdrive Voltage," *Langmuir*, 31, 13718-13724, 2015.
- 10) K. Y. Lee, S. Park, Y. R. Lee, and S. K. Chung, "Magnetic Droplet Microfluidic System Incorporated with Acoustic Excitation for Mixing Enhancement," *Sens. Actuators, A*, 243, 59-65, 2016.
- 11) I. S. Park, J. H. Shin, Y. R. Lee, and S. K. Chung, "On-Chip Micromanipulation Using a Magnetically

- Driven Micromanipulator with an Acoustically Oscillating Bubble,” *Sens. Actuators, A*, 248, 214-222, 2016.
- 12) J. H. Shin, J. Seo, J. Hong, and S. K. Chung, “Hybrid optothermal and acoustic manipulations of microbubbles for precise and on-demand handling of micro-object,” *Sens. Actuators, B*, 246, 415-420, 2017.
 - 13) M. S. Min, Y. S. Kwon, S. K. Chung, and K. Rhee, “A dimensionless parametric relationship between the velocity and layer thickness of streaming flow caused by an oscillating bubble,” *J. Mechan. Eng. Sci.*, 230, 2755-2762, 2015.
 - 14) J. B. Chae, J. O. Kwon, J. S. Yang, D. Kim, K. Rhee, and S. K. Chung, “Optimum thickness of hydrophobic layer for operating voltage reduction in EWOD systems,” *Sens. Actuators, A*, 215, 8-16, 2014.
 - 15) E. Cho, S. K. Chung, and K. Rhee, “Streaming flow from ultrasound contrast agent by acoustic wave in a blood vessel model,” *Ultrasonics*, 62, 66-74, 2015.
 - 16) J. S. Yang, J. O. Kwon, J. B. Chae, M. Choi, and S. K. Chung, “Electrowetting-on-Dielectric (EWOD) Induced Flow Analysis,” *J Micromech Microeng*, 25, 087001, 2015.
 - 17) J. H. Kim, S. H. Lee, Y. J. Cha, S. J. Hong, S. K. Chung, T. H. Park, and S. S. Choi, “C. elegans-on-a-chip for in situ and in vivo Ag nanoparticles” uptake and toxicity assay, *Sci. Rep.*, 40225, 2017.
 - 18) S. K. Chung, J. O. Kwon, and S. K. Cho, “Manipulation of Micro/Mini-objects by AC-Electrowetting-Actuated Oscillating Bubbles: Capturing, Carrying and Rearising,” *J Adhes Sci Technol.*, 26, 1965-1983, 2012.
 - 19) J. S. Oh, Y. S. Kwon, K. H. Lee, W. Jeong, S. K. Chung, K. Rhee, “Drug perfusion enhancement in tissue model steady streaming induced by oscillating microbubbles,” *Comput. Biol. Med.*, 44, 37-43, 2014.
 - 20) Y. S. Kwon, W. Jeong, S. K. Chung, K. Rhee, “Computational study of steady streaming from oscillating microbubbles with uniform and wavy wall motions,” *J Fluids Struct*, 45, 250-255, 2014.
 - 21) J. H. Lee, K. H. Lee, J. B. Chae, K. Rhee, and S. K. Chung, “On-Chip Micromanipulation by AC-EWOD Driven Twin Bubbles,” *Sens. Actuators, A*, 195, 167-174, 2013.
 - 22) S. K. Chung, K. Rhee, and S. K. Cho, “Bubble actuation by electrowetting -on-dielectric (EWOD) and its applications: A review,” *Int J Precis Eng Manuf.*, 11, 991-1006, 2010.
 - 23) K. Ryu, S. K. Chung, and S. K. Cho, “Micro pumping by an Acoustically Excited Oscillating Bubble for Automated Implantable Microfluidic Devices,” *J Lab Autom.*, 15, 163-171, 2010.
 - 24) S. K. Chung, K. Ryu, and S. K. Cho, “Electrowetting Propulsion of Water-floating objects,” *Appl. Phys. Lett.*, 95, 014107, 2009.
 - 25) J. M. Won, J. H. Lee, K. Rhee, and S. K. Chung, “Propulsion of Water-Floating Object by Acoustically Oscillating Microbubbles,” *Int J Precis Eng Manuf.*, 12, 577-580, 2011.
 - 26) J. O. Kwon, J. S. Yang, S. J. Lee, K. Rhee, and S. K. Chung, “Electromagnetically actuated micromanipulator using an acoustically oscillating bubble,” *J Micromech Microeng*, 21, 115023, 2011.
 - 27) J. O. Kwon, J. S. Yang, J. B. Chae, and S. K. Chung, “Micro-Object manipulation in a microfabricated channel using an electromagnetically driven microrobot with an acoustically oscillating bubble,” *Sens. Actuators, A*, 215, 77-82, 2014.
 - 28) Y. R. Lee, J. H. Shin, I. S. Park, K. Rhee, and S. K. Chung, “Energy Harvesting Based on Acoustically Oscillating Liquid Droplets,” *Sens. Actuators, A*, 231, 8-14, 2015.
 - 29) D. Jang, J. Jeon, and S. K. Chung, “Acoustic Bubble-Powered Miniature Rotor for Wireless Energy Harvesting in a Liquid Medium,” *Sens. Actuators, A*, 276, 296-303, 2018.
 - 30) J. Jeon, S. K. Chung, J. B. Lee, S. J. Doo, and D. Kim, “Acoustic wave-driven oxidized liquid metal-based energy harvester,” *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, 78, 20902, 2018.
 - 31) J. Jeon, J. Lee, S. K. Chung, and D. Kim, “Magnetic Liquid Metal Marble: Characterization of Lyophobicity and Magnetic Manipulation for

- Switching Applications,” *J Microelectromech Syst*, 25, 1050-1057, 2016.
- 32) J. Jeon, J. Lee, S. K. Chung, and D. Kim, “On-demand Magnetic Manipulation of Liquid metal in Microfluidic channels for Electrical Switching Applications,” *Lap chip.*, 17, 128-133, 2017.
- 33) D. Kim, S. J. Seo, J. Hong, and S. K. Chung, “On-demand frequency Tunability of Fluidic Antenna Implemented with Gallium-based Liquid metal alloy,” *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, 78, 111101, 2017.