

전자기 구동 2축 스캔 마이크로미러 개발 Development of Electromagnetically Actuated Dual-Axis Scan Micromirror

*정현석¹, 오승훈¹, 김종민¹

*H. S. Chung¹, S. H. Oh¹, #J. M. Kim(0326kjm@cau.ac.kr)¹

¹ 중앙대학교 기계공학부

Key words : COMSOL, Laser display, Micromirror, Natural frequency

1. 서론

마이크로 미러(Micromirror)를 이용한 디스플레이는 마이크로 미러라는 빛을 반사하는 소자를 이용하여 고선명 화상을 실현하는 첨단 기법을 사용하여 반사형 소자 수십만 개를 하나의 칩에 집적한 장치를 이용해 빛을 선택적으로 반사함으로써 고휘도, 고해상도의 영상을 표현하는 기술이다.^{1,2)} 예전부터 영사기, 브라운관, 액정 표시 장치(LCD)를 거치며 발전해 온 투사형 화면 표현 기술의 연장선상에 있으나 이미 상용화된 투과형 LCD에 비해 반사형이라는 특징을 갖는다. 소형화, 저가격화가 가능하고 광효율을 극대화할 수 있는 새로운 화면 표시 기법으로 개발이 가속화되고 있다. 이러한 매우 작은 공간에서 고기능, 다기능의 임무를 수행하고, 경제성과 더불어 고 기능성을 유지 하는 것이 마이크로 미러의 기술의 목표라 할 수 있다. DLP 프로젝터는 램프에서 발생한 빛을 휠을 통해 DMD(Digital Micro Device) 칩에 반사시켜 확대 투사하는 방식을 사용하고 있다. 미세한 거울이 초당 수천 번 이상 움직이면서 빛을 선택적으로 반사한다. 이 프로젝터는 100% 디지털 방식으로 처리돼 디지털 변환기를 거치지 않아도 되어 이용효율이 더 높다. 하지만 화면 떨림 등으로 인한 시력 장애 등의 문제점도 제기되고 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 방법으로, 마이크로 미러의 공진 주파수(Natural frequency)를 찾아 공진주파수 영역 부근의 동작 주파수를 이용하여 미러의 구동각도를 제어함과 동시에 현재 가지고 있는 보안점 들을 개선하기 위해 최적화된 마이크로 미러 형상들에 대한 연구가 활발히 진행되고 되고 있다.

2. Micromirror 원리 및 process

2.1 Micromirror 구동원리

구동원리는 마이크로 미러 모듈 하부에 장착된 자석에서 미러와 프레임에 도금된 도선부와 수직인 방향으로 자속이 나오게 된다. 도선에 미세한 전류가 흐르게 되면 도선주변의 암페어 법칙에 의하여 발생하는 자력선과 자속사이에서 자속밀도의 증가와 상쇄가 일어나고 자속밀도가 높은 쪽에서 자속밀도가 낮은 쪽으로 힘 F가 작용하여 미러가 구동하게 된다.

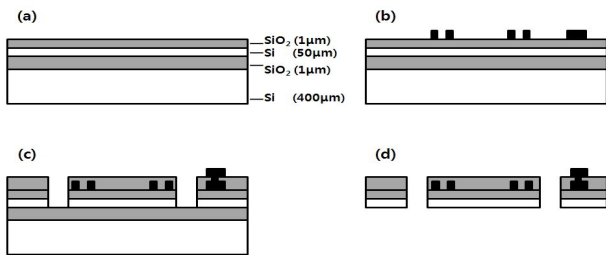


Fig. 1 Micromirror process (a) SOI wafer / Oxidation (b) Metal line deposition (c) Via hole / Electrode formation (d) Beck etching / Mirror formation

Table 1. Properties of material

Material	Young's Modulus [GPa]	Density [kg/m ³]	Poisson's Ratio
Silicon	170	2330	0.30
Al	70	2700	0.35

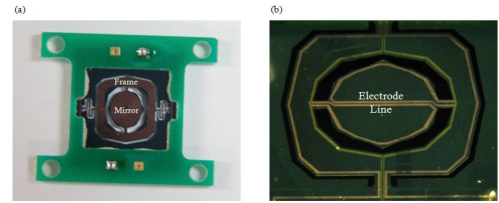


Fig. 2 Real photo image (a) Front (b) Back

2.2 Micromirror 의 Process

마이크로 미러의 프로세스는 Fig.1에 나타내었다. 본 연구에서는 이축구동 및 동적 스캐닝이 가능하도록 두 개의 힌지에 지지되는 마이크로 미러를 제작하였다. 특히 기존에 널리 사용되고 있는 사각형, 원형, 마름모꼴의^{3),4),5)} 형태인 마이크로 미러와는 다르게 공기저항을 최소화하여 damping의 영향을 최소화하기 위하여, 미러의 형태를 날개 끝이 뾰족한 형태 Fig.2와 같이 설계/제작하였다. 마이크로 미러의 크기는 4.6 mm x 6.1 mm x 50^l µm, 프레임의 크기는 8.0 mm x 8.6 mm x 50^l µm로 제작되었으며, 각 미러부와 프레임부 하단에 폭 120 µm, 두께 0.5 µm의 알루미늄 도선을 증착하였다.

3. 사용재료 및 해석방법

마이크로 미러의 동적거동 해석을 위하여 유한요소 해석 프로그램인 COMSOL을 사용하여 3차원으로 Fig.2와 같이 모델링하였다. 해석에 사용한 물성치를⁵⁾ Table.1에 나타내었으며, 해석 조건으로 미러의 구동원리를 해석에 적용하기 위하여 힘 F(=자장의 세기×전류×도선길이)를 미러부와 프레임부의 도선부위에 플레밍 법칙에 의하여 힘의 방향을 설정하였다. 구동을 위한 전류는 0.15A 및 자속밀도는 0.1Tesla로 설정하였다. 또한 마이크로 미러가 고정된 것이므로 프레임 양끝단을 고정하였으며, 모듈과 자석에서 발생하는 감쇠를 고려하여 감쇠비(Damping ratio) ξ를 0.1을 적용하였다.

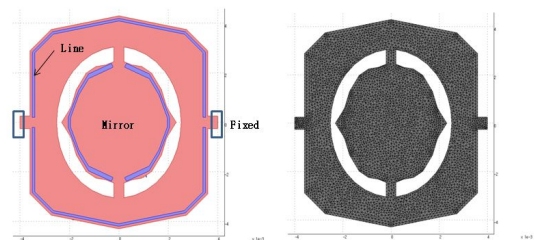


Fig. 3 Micromirror Modeling & Meshing

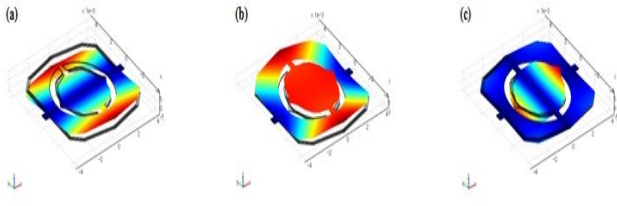


Fig. 4 1st~3rd Oscillation mode (a) Frame torsional (b) Vertical (c) Mirror torsional

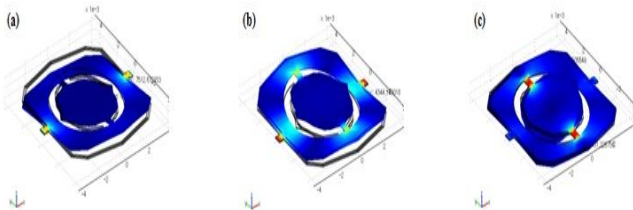


Fig. 5 1st~3rd Maximum stress (a) Frame hinge (b) Frame hinge (c) Mirror hinge

5. 해석결과

유한요소해석 결과, 감쇠비를 0 으로 하였을 경우, 1 차 2 차 및 3 차 고유진동수는 1673Hz, 1908Hz, 4164Hz 였다. 감쇠비를 0.1 로 설정하였을 경우, 1 차 2 차 및 3 차 고유진동수는 각각 1614Hz, 1865Hz, 4034Hz 가 됨을 알 수 있었다. 결과에서 알 수 있듯이 마이크로 미러의 고유진동수는 감쇠비가 커질수록 감소하게 됨을 알 수 있었다. Fig.4 에 감쇠비를 0.1 로 하였을 경우의 고유진동수에 따른 진동 모드 형태를 나타내었다. 1 차 고유진동수에서는 Frame hinge 축으로 회전하는 Frame torsional mode, 2 차 고유진동수에서는 부가 Z 축으로 상하 진동하는 수직 Vertical mode, 3 차 고유진동수에서는 Mirror hinge 축으로 회전하는 Mirror torsional mode 의 진동거동을 확인할 수 있었다. Fig.5 는 각각의 모드형상에서 Maximum stress 를 나타내었다. 일반적으로 감쇠비와 상관없이 각 고유진동수에 따른 진동모드에 따라, 1 차 및 2 차 고유 진동수에서는 Frame hinge 부위가, 3 차 고유진동수에서는 Mirror hinge 에 가장 큰 응력이 걸리고 있음을 알 수 있었다. 고유진동수의 크기는 감쇠비에 의하여 변화를 나타내며 감쇠비가 클수록 각 고유진동수는 작아지는 것을 Fig.6 을 통해 확인 할 수 있다.

6. 결론

전자기를 이용한 마이크로 미러는 고속 및 광각의 동적 스캐닝을 위한 낮은 구동전력과 큰 구동각을 얻을 수 있는 특징을 가지고 있다. 본 연구에서는 기존의 마이크로 미러와 달리 공기저항을 최소화하여 댐핑의 영향을 최소화하고 신속한 공진 구동을 위하여 미러의 형태를 날개 끝이 뾰족한 형태로 설계/제작하였으며, 마이크로 미러의 동적거동을 유한요소해석을 통하여 고유진동수를 확인하였다. 각 고유진동수에 따른 진동모드를 확인하였고, 해석을 통하여 각 진동모드에 따라 미러와 프레임부에 가장 큰 응력이 집중됨을 알 수 있었다. 또한, 현재 라스터 방식의 2D 마이크로 미러의 구동방식을 좀더 연구하여, 좀더 선명하고 원하는 위치에 조절 가능한 3D 형식의 벡터 마이크로 미러를 개발하는데 있어 많은 기대가 된다.

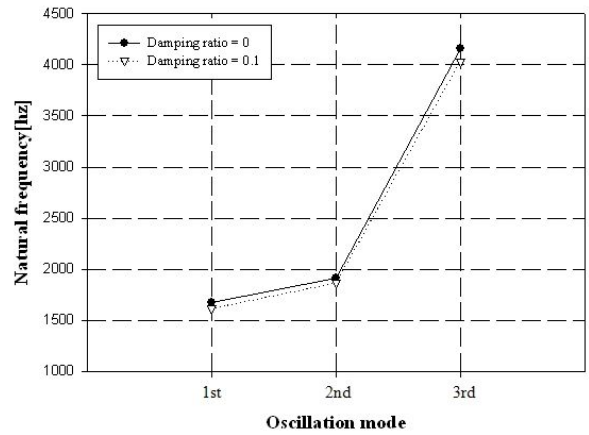


Fig. 6 1st~3rd Oscillation mode frequency

후기

이 논문은 2007 년 한국 RMI 와 공동 연구를 수행하였으며 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. J. Singh, A. Agarwal and M. Soundarapandian, "A Novel Electrostatic Microactuator for Large Deflections in MEMS Applications", Thin Solid Films, 504, 64-68, 2006
2. A. nakai, K. Hoshino, K. Matsumoto and I. Shimoyama, "Double-Sided Scanning Micromirror Array for Autostereoscopic Display", Sensors and Actuators A, 135, 80-85, 2007
3. N. Quack, S. Blunier, J. Dual, M. Arnold, F. Felder, C. Ebnetet, M. Rahim and H. Zogg, "Vertically moving micromirror for detectors in the mid infrared", Sensors and Actuators A, 143, 29-33, 2008
4. Z. Cui, X. Wang, Y. Li and G. Y. Tian, "High Sensitive Magnetically Actuated Micromirrors for Magnetic Field Measurement", Sensors and Actuators A, 138, 145-150, 2007
5. Z. Hao, R. Clark, J. Hammer, M. Whitley and B. Wingfield, "Modeling Air-Damping Effect in a Bulk Micromachined 2D Tilt Mirror", Sensors and Actuators A, 102, 42-48, 2002
6. Hakan Urey, "Torsional MEMS scanner design for high-resolution display systems", Proc. SPIE, 4773, 27-37, 2002.