

# 광 저장장치용 마이크로 미러 액츄에이터 (Micro-Mirror Actuator for Optical Disk Drives)

김종완, 서화일, 이우영\*, 임경화\*\*, 김영철\*\*\*

한국기술대학교 정보기술공학부, \*한국기술대학교 기계공학부,  
\*\*한국기술대학교 제어시스템공학과, \*\*\*한국기술대학교 신소재공학과

## Abstract

Optical disk drives read information by replacing a laser beam on the disk track. As information has become larger, the more accurate position control of a laser beam is necessary. In this paper, we report the analysis and fabrication of the micro mirror for optical disk drivers. The mirror was fabricated by using MEMS technology and it's characteristics investigated. Also, electrode structure for reducing squeeze effect was discussed.

## 1. Introduction

광 정보저장장치 기술중 근거리 기록방법(Near Field Recording Method)은 기존 광디스크 시스템의 원거리 기록방법에 비해 광디스크 표면에 매우 인접되게 위치시켜, 초고밀도 기록 또는 재생시키는 차세대 기록 방법이다. 트랙 폭이 매우 좁아지게 되어 1단 구동기로는 트랙 방향의 제어가 불가능하므로 2단 구동기 구조(Double Actuator Type)가 필요하다. 이에 따라 조동 구동기(Coarse Actuator)로 기존 VCM(Voice Coil Motor)을 사용하면서 그 위에 탑재할 미세 구동기(Micro Actuator)가 필요하게 된다. 최근에 고밀도의 광 저장장치용 미세 구동기에 대해서 많은 연구 개발이 이루어지고 있으며, 그 중에서 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술을 이용한 마이크로 미러는<sup>[1,3,4]</sup> 정밀한 제어가 가능하고 픽업 헤드에 탑재될 수 있을 정도로 충분히 작을 뿐만 아니라, 작은 소비 전력을 갖는 장점이 있다.

본 논문에서는 MEMS기술을 이용한 광 저장장치용 마이크로 미러 액츄에이터를 개발하기 위해 일련의 연구를 수행하였다. 신뢰성과 재현성을 높이기 위하여 미러판과 전극부를 양극접합공정에 의하여 접합한 후 연마에 의해 미러판의 두께를 정의하고, 마지막으로 미러면을 릴리즈하는 새로운 공정을 연구하였다. 이에 따라 미러를 제작하고, 그 동작특성을 검토하였다.

## 2. Experimental

### 2.1 구조설계

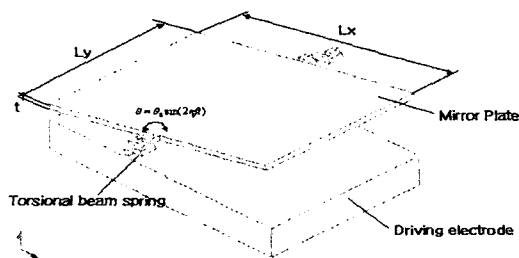


그림 1. 정전형 마이크로 미러의 구조

Fig. 1. Structure of the electrostatic micro mirror.

표 1. 마이크로 미러의 주요사양

Table 1. The specification of micro mirror.

Mirror plate	Lx	3.0mm
	Ly	2.5mm
	t (thickness)	60 $\mu$ m
	$\theta$ (angle range)	$\pm 0.25^\circ$
	B(width of torsional beam spring)	20 $\mu$ m
	L (length of torsional spring)	170 $\mu$ m

정전형 마이크로 미러는 회전하는 미러판과 구동전압을 인가하는 전극부로 구성된다. 그림 1은 본 연구의 마이크로 미러의 구조로 가동부(미러판)와 정지부(전극부) 사이의 정전력과 비틀림 빔 스프링의 복원력 사이의 관계에 의해 미러판은 회전하게 된다. 비틀림 빔 스프링은 응력의 분산을 위해 “ㄷ”자형 구조를 갖도록 하였다.

표 1은 설계된 마이크로 미러의 주요사양을 나타내고 있다.

## 2.2 마이크로 미러 공정

Bulk MEMS 기술을 이용해 마이크로 미러를 제조하였다. 미러부는 실리콘 웨이퍼를 이용해 제조하였으며, 구동전극은 Glass 웨이퍼에 제조되었다.

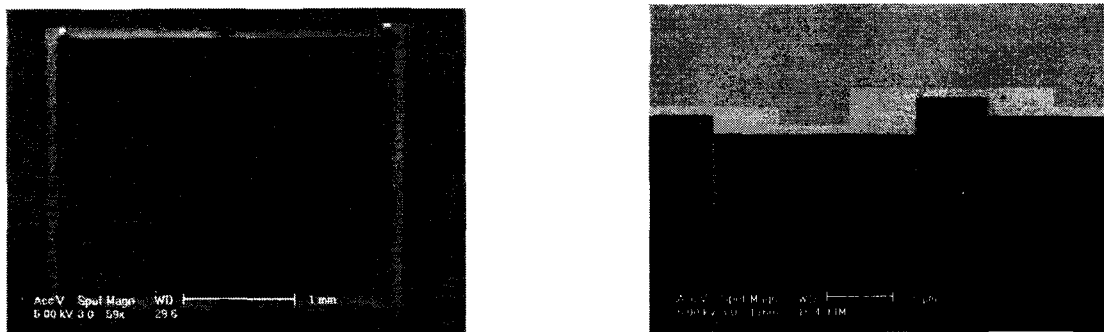
구동전극은 Pyrex유리 웨이퍼 위에 Lift-off 공정을 이용해 제작하였다. 구동전극을 Pyrex유리 웨이퍼에 제작하기 위해서 전극 물질인 Au/Cr을 전자총 증착(E-gun Evaporation) 방법에 의하여 증착하고, Lift-off 법으로 패턴을 형성하였다.

실리콘 웨이퍼에 미러부 형상을 식각하여 미러판과 구동전극과의 간격을 형성하였다. 식각된 면은 미러판의 뒷쪽면으로 구동전극과 접하는 면이 되므로, 정확한 식각 깊이의 조절과 식각된 면의 균일도의 유지가 중요하다. 식각된 깊이는 약  $9\mu\text{m}$ 이었고, 최대편차는  $\pm 0.5\mu\text{m}$ 이내였다.

위와 같이 제조된 유리 및 실리콘 웨이퍼를  $400^\circ\text{C}$  가량의 열과  $1000\text{V}$ 의 전압을 동시에 가하여 실리콘-유리 양극 접합 공정(Si-Glass Anodic Bonding)을 수행하였다. 실리콘-유리 양극 접합이 이루어진 웨이퍼를 실리콘 웨이퍼 부분을 Lapping & Polishing 공정을 이용하여 미러면의 두께를 정의하였다. 제작된 미러판의 두께는  $60\mu\text{m}$ 이었다.

Deep Etching에 의해서 미러 및 힌지 형태를 완성하여 미러를 릴리즈하였으며, 미러의 크기는  $3.0\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  였다. “ㄷ”자형 힌지 부분의 폭은  $20\mu\text{m}$ 이었다. 그림 2는 완성된 마이크로 미러의 전자현미경 사진이다. (a)는 전체 사진이고, (b)는 “ㄷ”자형 힌지 부분을 나타내었다.

미러판과 전극부를 각각 만들어 이를 접합한 후, 웨이퍼 손실 공정(Lost Wafer Process)에 의하여 미러판의 두께를 정의 하고 식각을 통해 마지막으로 미러를 릴리즈하는 본 제조공정을 통해 미러의 제조 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있었다.



(a) Mirror part

(b) Hinge part

그림 2. 마이크로 미러의 전자현미경 사진

Fig. 2. SEM photograph of the micro mirror.

## 3. Results and Discussion

### 3.1 정전압 특성

정전압 특성을 알기 위하여 레이저 변위 센서를 이용하여 전압 대 변위를 측정하였다. 미러판과 한쪽 전극에만 정전압을 인가하였고, 그 결과 변위는 그림 3과 같이 인가전압  $35\text{V}$ 까지 증가 하였

으며, 이때의 변위는 약  $3.2\mu\text{m}$ 이고 그 이상의 전압에서는 최고 변위 값인  $9\mu\text{m}$ 를 보였다. 하강문턱 전압은  $20\text{V}$ 이고, 상승문턱 전압은  $35\text{V}$ 이다.

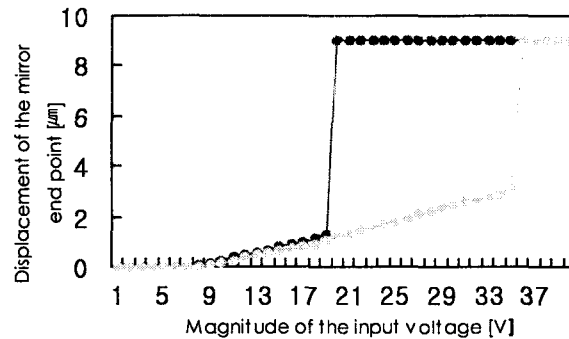


그림 3. 인가 전압 대 미러면의 변위  
Fig. 3. Displacement of the mirror end point.

### 3.2 주파수 응답

그림 4는 양쪽 전극에 직류바이어스전압을  $20\text{V}$ 와  $5\text{V}$ 정현파를 반전된 형태로 인가했을 때 미러속도의 변화를 나타낸 것이다. 입력전압 주파수는  $2\text{kHz}$ 였으며, 입력전압과 일치해 미러가 움직이고 있다는 것을 보여준다. 여러 주파수를 바꾸어 반복 실험을 해보았고, 주파수 응답을 측정하기 위하여 정현파 이동 신호를 인가하여 동적 신호 분석기를 통하여 주파수 응답 함수를 구하였다.

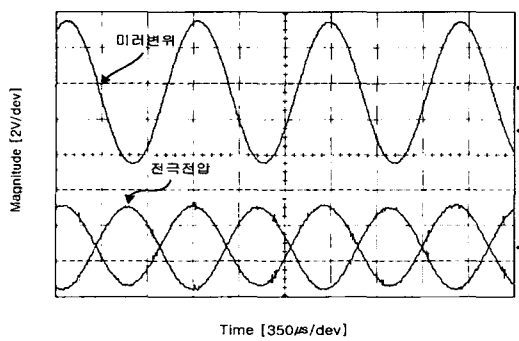


그림 4. 정현파 인가시 미러의 응답 파형  
Fig. 4. Waveform response of the mirror by the sine wave.

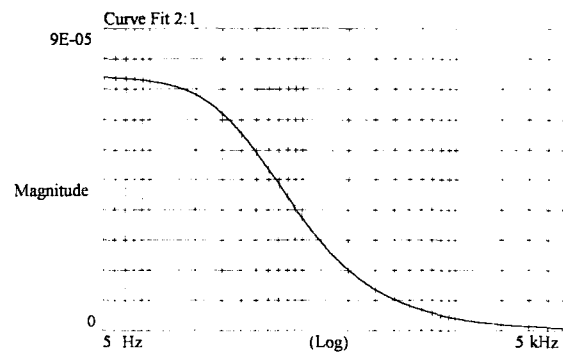


그림 5. 마이크로 미러의 주파수 응답 파형  
Fig. 5. Waveform frequency response of micro mirror.

그림 5는 동적 신호 분석기를 통하여 구한 주파수 응답 함수의 그래프이다. 주파수가 증가함에 따라 응답이 급격히 감소하고 있으며, 고유진동 주파수도 예상치보다 매우 낮게 나타나고 있다. 이는 미러면과 구동전극간의 공기저항에 의한 스퀴즈 효과(Squeeze Effect) 때문이라 생각된다.<sup>[2,5]</sup> 이의 해결을 위해서는 전극형태를 바꾸는 것 등을 통해 스퀴즈효과를 감소시켜야 할 것으로 생각된다.

광 저장장치 응용을 위해서는 마이크로 미러의 동작주파수를 향상시켜야 한다. 이를 위해서는 스퀴즈효과의 감소가 필수적이다. 본 연구에서는 전극에 홈을 형성해 스퀴즈 효과를 줄이고자 하였다.<sup>[6]</sup> 그림 6은 샌드 블러스팅(sand Blasting)법을 이용해 제작한 전극구조이다. 홈 간격 및 깊이는 약  $100\mu\text{m}$ 이었다. 이러한 홈 전극 구조를 갖는 미러의 특성에 대해서는 연구가 계속될 것이다.

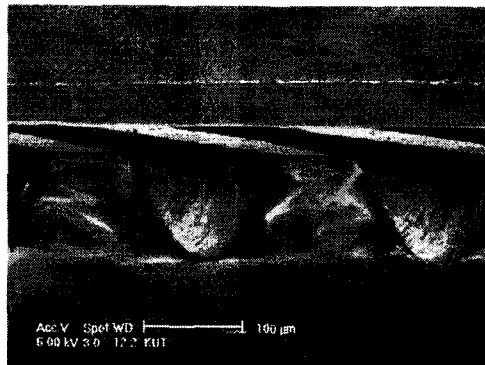


그림 6. 구동전극의 전자현미경 사진

Fig. 6. SEM photograph of the electrodes plates.

### Acknowledgement

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 R01-1999-00260) 지원으로 이루어 졌으며, 재단의 지원에 감사 드립니다.

### References

- [1] M. Sekimura, M. Yonezawa and K. Uchimar, "Electrostatic torsion mirror", Technical Digest of the 18th Sensor Symposium, pp.167-170, 1988.
- [2] D.S.Son, J.W.Shim, H.I.Seo, K.H.Rim and W.Y.Lee, "Study on the design of the micro-mirror considering the squeeze effects of gas film", Journal of the Microelectronics & Packaging Society, Vol.7, No.1, pp.29-34, 2000
- [3] J.H.Chon, H.K.Chang and Y.K.Kim, "Design and fabrication of mirror for optical storage", Proceedings of 99 Conference of the Korean Sensors Society, pp.173-176, 1999.
- [4] D.L.Dickensheets and G.S.Kino, "Silicon micromachined scanning conformal optical microscope", Journal of Microelectromechanical Systems, Vol.7, No.1, pp.38-47, 1998
- [5] N. Uchide, etc, "Damping of Micro Electrostatic Torsion Mirror caused by Air film Viscosity", 일본정밀공학회지, vol. 65, No. 9, pp. 1301~1305, 1999.
- [6] 이우영 외, "공기막의 스퀴즈 효과를 고려한 마이크로미러의 설계에 관한 연구", 마이크로전자 및 패키징학회지, 제 7권, 제 1호, pp. 29~34, 2000.