광기록 장치의 픽업헤드용 2.4mm 크기의 미러의 제작과 구동실험

박근우, 김용권
서울대학교 전기공학부

Fabrication and driving experiment of 2.4mm size mirror for optical pick-up head

Keun-Woo Park, Yong-Kweon Kim
School of electrical engineering, Seoul national university

Abstract - 본 논문에서는 스캐닝 미러의 일종으로, 광저장 장치의 픽업헤드용으로 미세회전을 하면서 레이저 빔을 편향시키는 용도로 사용되는 미러를 제작하고 구동실험을 하였다. 제작된 미러의 크기는 2400×2400×64μm^3이고, 빔 스프링은 500×9.6×64μm^3이다. 니켈 전해 도금으로 29μ m 높이의 구동 전극을 제작하였고(세가지 모델: 공기통로가 없는 전극, 공기통로와 간격이 각각 200μ m인 전극, 공기통로와 간격이 각각 100μ m인 전극), 미러판과 전극을 조립하여(미러판과 전극 사이의 간격은 각각 29μ m, 26μ m, 26μ m) 구동실험을 하였다. 공진 주파수의 계산값은 576Hz, 측정값은 3개의 미러에서 모두 568Hz이었다. 전극과 미러판의 간격이 최대 접근거리 18μ m가 되도록 미세회전을 시켰을 때, 공기통로가 없는 전극에서는 공진 주파수가 524Hz, 공기통로가 200μ m인 전극에서는 544Hz로 각각 감쇠되었고, 공기통로가 100μ m인 전극에서는 그대로 568Hz이었다.

1. 서 론

DVD나 CD와 같은 광기록장치의 저장밀도는 갈수록 높아지고, 광디스크 드라이브는 소형화되고 얇아지는 추세이다. 이러한 요구에 부응하여, 스캐닝 미러를 장착한 픽업헤드가 제안되었고, MEMS기술을 이용한 실리콘 스캐닝 미러에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2,3]. 스캐닝 미러의 연구는 일반적으로 저전압의 고속구동을 목표로 한다[4]. 미러판 아래에 전극을 가까이 붙여서 정전력 구동을 하는 스캐닝 미러의 경우, 고속구동을 방해하는 squeeze effect가 문제가 된다. squeeze effect를 줄이기 위해서 전극에 공기통로를 만드는 구조에 대한 연구가 이어지고 있다[5,6,7].

전극에 공기통로를 만드는 연구로는 실리콘 기판을 결정방향에 따라 이방성 식각을 하여 전극을 만드는 구조와 UV LIGA 공정에 의해서 도금하여 전극을 만드는 구조가 있다. UV LIGA 공정을 이용하면 실리콘 이방성 식각에 비해서 결정방향에 의존하지 않는 다양한 구조를 만들 수 있는 장점이 있다. 니켈도금을 하여 공기통로를 갖는 전극을 만들고 미러판과 에폭시 접착을 하여 스캐닝 미러를 만드는 그림1의 구조가 제안되었다[6].

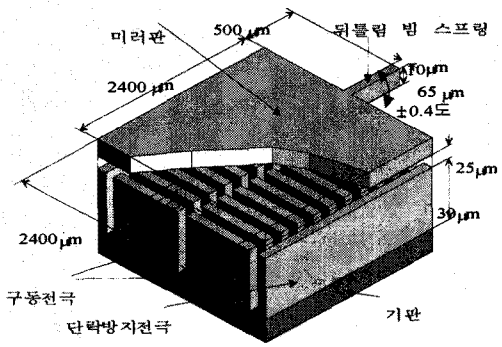


그림 1. 설계된 미러의 구조

그림1과 같은 구조의 스캐닝 미러를 제작하였고 구동실험을 하였다.

2. 본 론

2.1 미러판의 제작

미러판의 제작과정은 그림2와 같다.

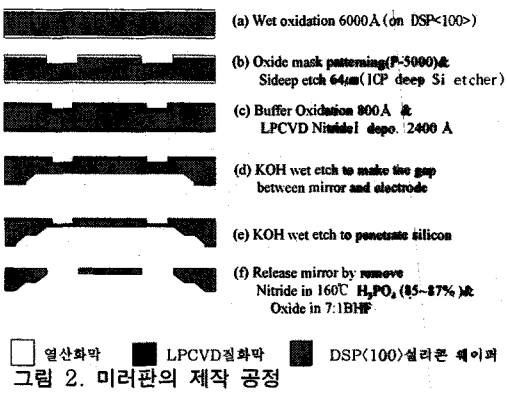


그림 2. 미러판의 제작 공정

미러판을 제작하기 위해 500μm 두께의 양면 연마된 실리콘 웨이퍼(DSP <100> Si wafer)를 사용하였다. 웨이퍼의 앞면을 ICP deep Si etcher 장비로 64μm 수직 식각하여 미러와 스프링을 패터닝하였다. 미러와 스프링의 앞면과 옆면을 LPCVD 질화막(증착온도 785 °C)을 증착하여 보호하고 웨이퍼의 뒷면을 KOH용액(40wt.%, 80 °C)에서 관통시켜 미러판을 제작하였다. 이 때, 전극과 미러판의 간격을 만들기 위해 웨이퍼의 뒷면을 2단계로 식각하였다((d)간격 형성, (e)웨이퍼 관통). 그림 3은 제작된 미러판의 스프링 부분의 SEM사진이다.

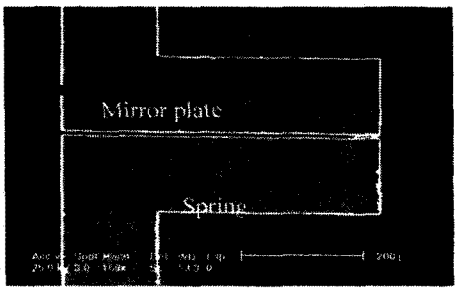


그림 3. 제작된 미러판의 스프링 부분의 SEM 사진

그림 3에서 보듯이, 너비 9.6㎛ 높이 64㎛ 스프링의 옆벽이 KOH 습식식각으로부터 완벽하게 보호되었다. 식각 마스크로 증착된 LPCVD 질화막의 두께는 2500Å이었다. 그리고 KOH로 식각된 미러의 뒷면의 거칠기(average roughness)는 0.14㎛이었다.

2.2 구동 전극의 제작

구동 전극의 제작과정은 그림 4와 같다.

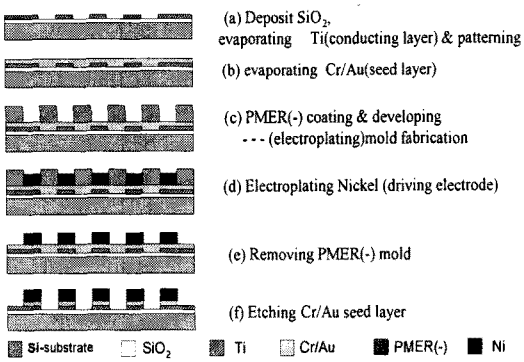
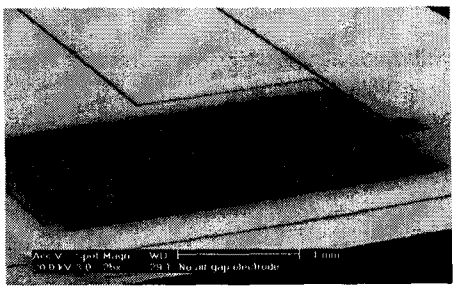


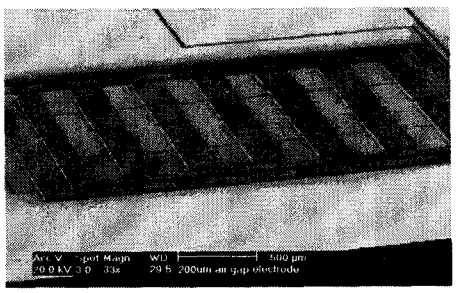
그림 4. 구동 전극의 제작 공정

니켈 도금을 위한 도금틀을 형성하기 위해 음성감광막인 PMER로 사진 식각 공정을 하여 55㎛ 높이의 도금 몰드를 형성하였다. 그리고 니켈 전해 도금(60 °C, 전류밀도 15mA/cm^2)을 100분 동안 하여 29㎛ 높이의 전극을 제조하였다. 전극 표면의 거칠기(average roughness)는 0.76㎛이었다

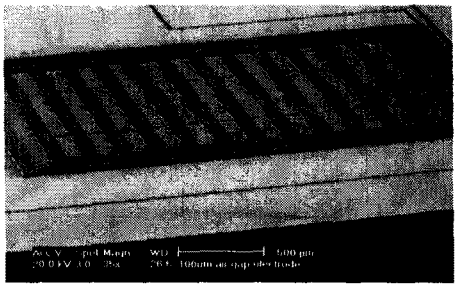
그림 5와 같이 세가지 모델의 구동 전극을 만들고, 같은 size의 미러와 조립하여 미러(A)(B)(C)를 제작하였다.



(a)공기통로가 없는 전극, 미러(A)로 조립됨



(b)각각 200㎛의 공기통로와 전극, 미러(B)로 조립됨



(c)각각 100㎛의 공기통로와 전극, 미러(C)로 조립됨

그림 5. 세가지 모델의 구동 전극.

2.3 미러의 구동 실험

제조된 미러판과 전극을 스테이지 위에서 광학현미경을 통해 정렬하여 에폭시로 완전히 부착시켰다. 미러판과 전극의 간격은 미러(A)에서 29㎛ m, 미러(B)(C)에서 26㎛ m로 조립되었다.

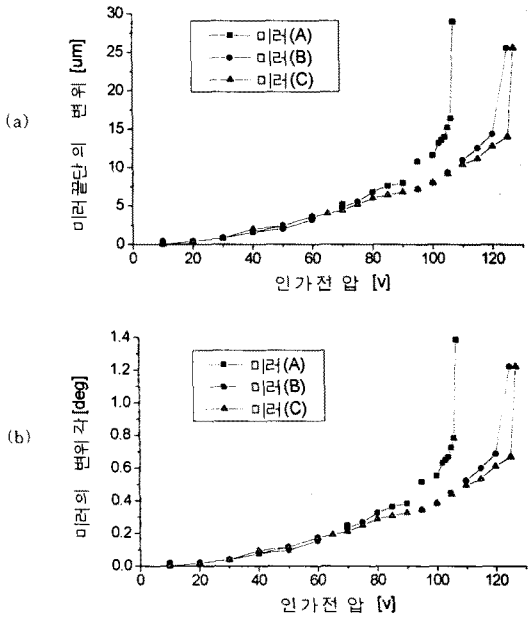


그림 6. 미러의 정전압 특성.
(a)인가전압에 따른 미러판 모서리의 높이 변화
(b)인가전압에 따른 미러의 변위각.

그림 6에서는 미러판은 접지시키고 좌우 전극중 한쪽에만 정전압을 인가하였고, 미러(A)(B)(C)의 미러판의 변위는 laser profiler로 측정하였다.

미러의 정전압특성 측정실험을 통해 미러(A)(B)(C)가 똑같이 3㎛ 움직이는 전압을 각각 찾아서 그 전압값을 peak값으로 갖는 정현파를 signal analyzer의 source로 하여 공진주파수를 측정하였다. 그 결과 세 개의 미러 모두 다 공진 주파수가 568Hz로 측정되었다. 이것은 제조된 미러(2400×2400×64㎛ m^3)와 스프링(500×9.6×64㎛ m^3)의 수치를 통해 계산한 값인 576Hz에 -1.39%의 오차를 갖는 값이다.

같은 방법으로, 정전압 특성에서 최대 접근 거리(미러판과 전극의 간격)가 21㎛, 20㎛, 19㎛, 18㎛가 되는 정전압값을 peak값으로 갖는 사인파를 인가하여 signal analyzer로 주파수 sweeping(4Hz~1.6kHz)을 하여 공진

주파수를 측정하였다. 간격이 21㎛ 또는 20㎛로 가까워지게 구동시켰을 때, 공진주파수의 변화가 없었다. 19㎛ 근접 구동시 미러(A)의 경우에서만 공진주파수가 564Hz로 줄어 들었고, 수차례 반복 실험시에도 계속 564Hz가 측정되었다. 18㎛ 근접 구동시, 미러(A)의 경우에서 공진주파수가 524Hz로 현저하게 줄어들었고, 미러(B)의 경우에서는 그림 7과 같이 544Hz로 줄어들었다. 미러(C)의 경우에서는 항상 568Hz로 측정되었다.

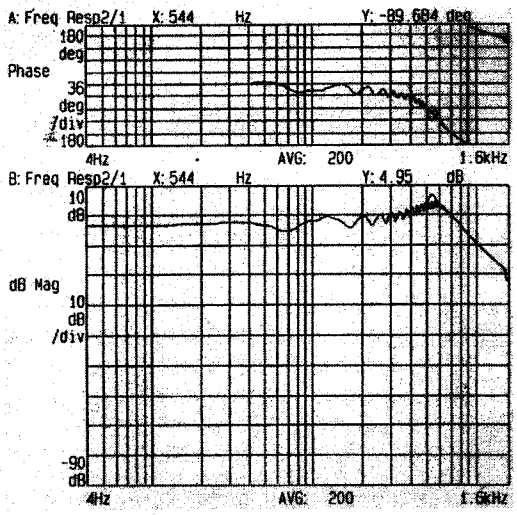


그림 7. 18㎛근접구동시 미러(B)의 주파수특성

위의 실험에서 얻은 공진 주파수의 변화를 표 1에 정리하였다. 즉, 미러(A)(B)(C)의 미러판을 전극에 같은 근접거리로 각각 구동시켰을 때 공진 주파수를 비교한 것이다.

표 1. 미러판과 전극의 근접거리 변화에 따른 공진 주파수의 변화

미러판과 전극의 초기 간격 ⇒	미러(A) 29㎛	미러(B) 26㎛	미러(C) 26㎛
구동 조건	공진 주파수 [Hz] (정현파 인가전압 V_{p-p}, $V_{DCoffset}$) 미러(A)	미러(B)	미러(C)
수평상태에서 미러판 끝 정적변위가 3㎛인 전압으로 구동	568Hz (55V, 27.5V)	568Hz (58V, 29V)	568Hz (55V, 27.5V)
미러판 끝과 전극과의 정적거리가 21㎛일 때의 전압으로 구동	568Hz (87V, 43.5V)	568Hz (71V, 35.5V)	568Hz (72V, 36V)
미러판 끝과 전극과의 정적거리가 20㎛일 때의 전압으로 구동	568Hz (90.5V,45.25V)	568Hz (78V, 39V)	568Hz (80V, 40V)
미러판 끝과 전극과의 정적거리가 19㎛일 때의 전압으로 구동	**564Hz** (93V, 46.5V)	568Hz (92V, 46V)	568Hz (92V, 46V)
미러판 끝과 전극과의 정적거리가 18㎛일 때의 전압으로 구동	**524Hz** (95V, 47.5V)	**544Hz** (100V, 50V)	568Hz (100V, 50V)

3. 결 론

500㎛ 두께의 양면 연마된 실리콘 웨이퍼(DSP <100> Si wafer)를 사용하여 웨이퍼의 앞면을 ICP deep Si etcher 장비로 64㎛ 수직 식각하고 뒷면을 KOH 습식 식각으로 관통시켜, 500×9.6×64 μm^3 의 양쪽 빔 스피링을 갖는 400×2400×64 μm^3 크기의 미러를 제조하였다. 사진 식각공정으로 형성한 55㎛ 높이의 음성 감광막 PMER의 도금틀을 이용하여 니켈 전해 도금(60 °C, 전류밀도 15mA/cm^2)을 하여 29㎛ 높이의 전극을 제조하였다. 제조된 미러판과 전극을 스테이지가 부착된 광학현미경을 통해 정확히 조립하여 구동실험을 하였다. 주파수 특성 실험을 통해서 공기통로가 있는 전극 구조가 공기 저항에 의한 squeeze effect를 감소시켜서 근접구동시 공진주파수가 현저하게 줄어드는 것을 방지한다는 확인할 수 있었다. 또한 전극에 좁은 공기통로가 여러개 있는 구조가 넓은 공기통로가 조금 있는 전극 구조보다 더 효과적이라는 것을 유추할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] M-H Kiang, O. Solgaard, K. Y. Lau, "Electrostatic Combdrive-Actuated Micromirrors for Laser-Beam Scanning and Positioning", J. MEMS, Vol. 7, No. 1, pp. 27~37, 1998.
[2] M. Tsugai, N. Konno, E. Yoshikawa, K Tanimoto, T. Usami, H. Fujita, "Scanning Torsional Mirror Device Driven by PZT through Link Beam Leverage Effect", MOEMS '99, pp. 17~20, 1999.
[3] H. M Jeong, J.J. Choi, K. Y. Kim, K. B. Lee, J. U. Jeon, and Y. E Pak, "Milli-Scale Mirror Actuator with Bulk Micromachined Vertical Combs", Transducers '99, pp. 1006~1009, 1999.
[4] T. Maeda, M. Uno and M. Takasago, "Tracking Method for Digital Optical-Disk Systems", Japanese Journal of Applied Physics. Vol. 38, pp. 101~109, 1999.
[5] M. Sekimura, M. Yonezawa and K. Uchimaru, "Electrostatic Torsion Mirror", Technical Digest of The 18th Sensor Symposium, pp.167~170, 1998.
[6] 천중현, 김용권, "광기록 장치의 pick-up 헤드용 미러의 설계 및 제작", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 3292~3294, 1999.
[7] N. Uchida, K. Uchimaru, M. Yonezawa and M. Sekimura, "Damping of Micro Electrostatic Torsion Mirror caused by Air-Film Viscosity", Micro Electro Mechanical Systems 2000, pp.449~454, 2000.