

광기록장치의 pick-up 헤드용 미러의 설계 및 제작

천중현, 김용권
서울대학교

Design and fabrication of mirror for optical pick-up head

Joong-Hyun Chon, Yong-Kweon Kim
School of Electrical Engineering, Seoul National University

Abstract - In this paper, electrostatic scanner mirror for optical pick-up head is designed and fabricated. The mirror size is $20\ \mu\text{m} \times 2400\ \mu\text{m} \times 2400\ \mu\text{m}$ and torsional beam size is $10\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$. Static deflection angle is calculated ± 0.4 degrees when the maximum driving voltage is 20 V. Silicon mirror was fabricated using KOH etching and deep RIE. For passivation of the patterned mirror from KOH solution, parylene thin film was used and its usefulness has been verified. Driving electrode was fabricated using UV LIGA process. Mirror and electrode were bonded.

1. 서 론

Optical scanning mirror는 레이저 기계가공, bar-code 인식기, 광정보저장, 레이저 수술, 프린터, 디스플레이 등 다양한 분야에 응용된다. 구동 미러로 빛을 굴절시키는 작은 관성의 스캐너는 jitter와 wobble이 작고, 주사속도가 빠르며, 정확하게 위치지정과 주사를 한다. 마이크로스캐너는 동작 상태에 따라 galvanometric 스캐너와 resonant 스캐너로 분류된다. Galvanometric 스캐너는 정상적(steady-state)으로 편향할 수 있고, 매우 정확히 제어 파형을 따라간다. 반면에, resonant 스캐너는 시스템의 공진주파수나 그 근처에서만 동작할 수 있고, 조화운동을 하며 진동한다. Resonant 스캐너는 높은 주파수에서 큰 주사 각도를 가지며 동작하는 장점이 있다[1].

한편, DVD나 CD같은 광기록장치는 레이저 빔을 광디스크의 트랙에 위치시켜 정보를 읽는데, 정보의 대용량화에 따라 저장 밀도가 높은 광기록장치가 사용되면서 더욱 정밀한 레이저 빔의 위치 제어가 필요하게 되었고, 이를 위한 스캐너 미러가 제안되었다[2]. 이 스캐너 미러는 optical pick-up 헤드에 장착되므로 소형이어야 하고, 전력을 적게 소모해야하며, 수 mm 정도의 레이저 빔을 반사시키므로, 미러가 커야되고, 동작 주파수가 빨라야 하며, 구동전압이 20 V 내외이고, 주사각이 1°미만이다.

본 논문에서는 광기록 장치의 pick-up 헤드용 미러를 설계하고 제작했다. 미러는 모델링을 이용하여 해석하여서 정적인 변위각과 공진주파수를 구한다. 미러는 마이크로머시닝 공정으로 제작한다. 미러판 부분과 구동전극 부분이 제작된 뒤, 접합하여 조립한다. 이하 연구결과를 보고한다.

2. 본 론

2.1 미러의 동작 모델링

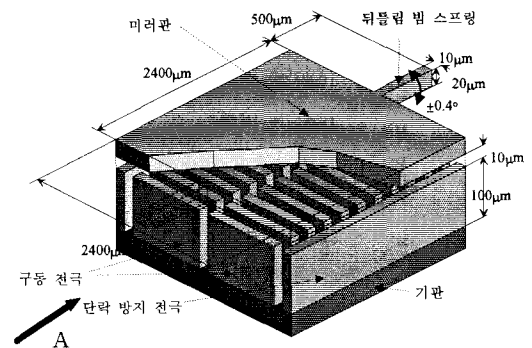


그림 1. 설계된 미러의 구조

설계된 미러의 구조는 그림 1과 같다. 정전력 구동미러는 미러판과 그 아래의 전극 사이의 정전력과, 스프링의 복원력 사이의 관계에 의해 회전한다. 미러가 단위 면적당 받는 정전력을 dF/dA , 회전축으로부터의 거리를 x 라고 할 때, 미러가 받는 정전토크, τ_e 는 회전축으로부터의 거리와 전극의 면적에 대해 적분해서 식 (1)과 같이 구한다.

$$\tau_e = \int^{area} x \cdot \left(\frac{dF}{dA} \right) dA \quad (1)$$

그리고 직사각형 단면을 갖는 스프링에 의한 복원토크, τ_m 은 미러의 회전 각도 θ 에 비례해 커지며, 스프링 재료의 전단 탄성 계수, G 및 스프링의 짧은 변과 큰 변의 길이 a, b 에 의해서 다음 식 (2)와 같이 결정된다.

$$\tau_m = \frac{\theta}{c} = \frac{kGab^3\theta}{l} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)로부터 구한 두 토크가 평형을 이룰 때, 구동전압에 대한 미러의 정상 상태의 회전각을 구할 수 있다[3].

미러의 동적 상태 해석에 필요한 비감쇠 고유 진동 주파수, f_n 은 정현 진동 토크가 걸린, 회전각에 관한 선형 2차 미분방정식을 풀어 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{12kGab^3}{lt\rho L^4}} \quad (3)$$

여기서 k 는 스프링의 종횡비에 따라 변하는 상수, l 은 한 쪽 스프링 길이, t 는 미러 두께, ρ 는 미러 질량 밀도, L 은 정사각형 미러 길이이다.

2.2 미러의 사양과 구조

미러에 입사되는 1 mm 직경의 레이저 빔을 고려하여 미러 크기는 $2400\ \mu\text{m} \times 2400\ \mu\text{m}$ 로 정했다. 미러 두께는 $20\ \mu\text{m}$ 이고, 스프링의 두께와 같다. 미러 두께 즉, 스프링의 높이가 커지면 구동 전압이 증가하는 반면, 비감쇠 고유 진동 주파수도 증가한다. 전극의 면적은 전체 미러 면적의 50%로 고정시키고, 미러와 전극 사이의 간격이 $10\ \mu\text{m}$ 일 경우, 구동 전압이 $20\ \text{V}$ 일 때 최대 정적 각변위 0.4° 를 갖는다. 한편, 비감쇠 고유 진동 주파수는 $700\ \text{Hz}$ 로 계산되었다.

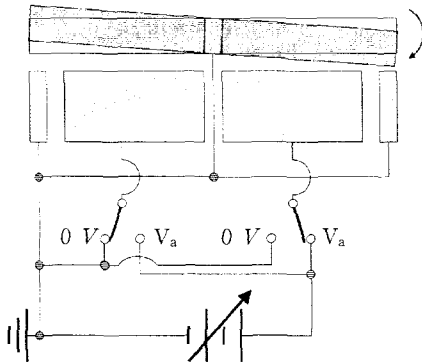


그림 2. 미러의 구동 실험 회로 (그림의 A 방향에서 본 단면)

2.3 공정 설계

제작 공정은 그림 3과 같이 크게 미러판 제작과 구동 전극 제작으로 나누어서 각 공정간의 간섭을 최소화한다. 제작된 두 부분은 조립되어 완성된다.

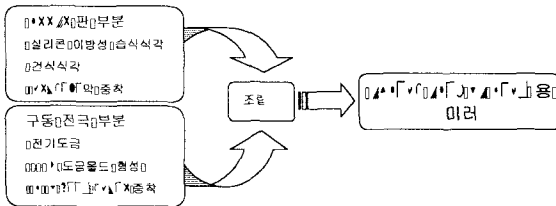


그림 3. Optical pick-up 헤드용 미러의 제작 개요도

2.3.1 미러판의 제작 공정

미러를 제작하기 위한 공정은 그림 4와 같다. 우선 그림 (a)에서처럼, 건식식각 마스크 용 실리콘 산화막을 증착하고, 단결정 실리콘을 미러 모양으로 건식식각한

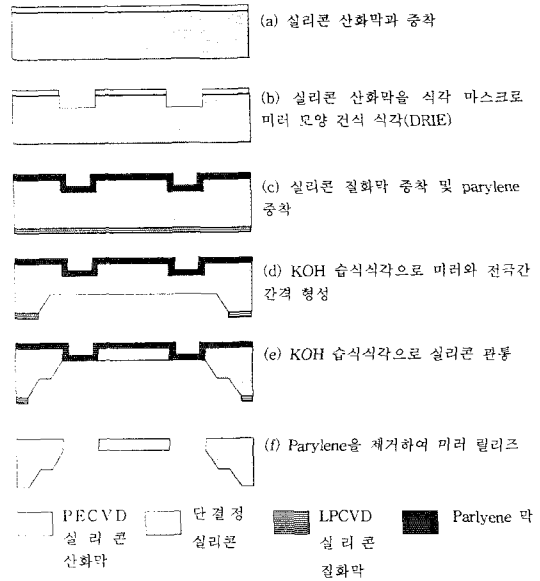


그림 4. 미러판 형성 공정

다(b). 다음으로 KOH 습식식각 마스크 용 실리콘 질화막을 증착한 뒤, 미러 모양이 식각된 부분에 parylene 막을 증착하여 단차를 보호한다(c). 그런 다음 식각된 미러 모양 밑의 웨이퍼 밑면에 사각형 모양으로 마스크를 뚫고, 실리콘 밑면을 KOH로 이방성 습식식각하여 단결정 실리콘 미러판을 만든다(d),(e). 마지막으로 앞면 보호막을 제거하여 미러를 릴리즈한다(f).

2.3.2 구동전극 제작 공정

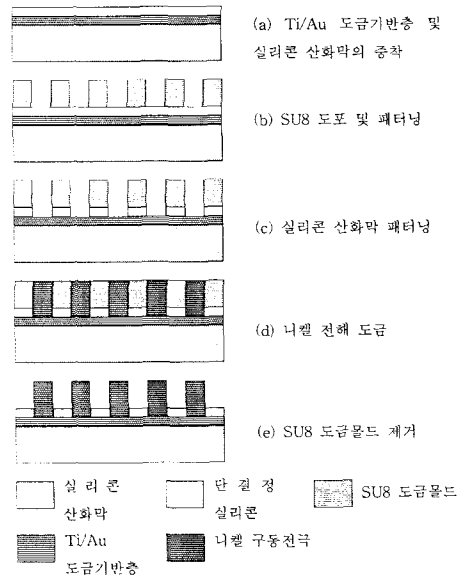


그림 5. 구동전극 제작 공정

구동전극을 제작하기 위한 공정은 그림 5와 같다. 먼저 도금기반층을 증착한 후, 실리콘 산화막을 입힌다(a). 다음으로, 구동전극 볼드용 SU8을 도금한 후, 패터닝하

고(c), 산화막을 제거한 후(c), 마지막으로 니켈 전해도금을 하고 SU8을 제거하여 구동전극을 완성한다(4).

2.3.3 조립

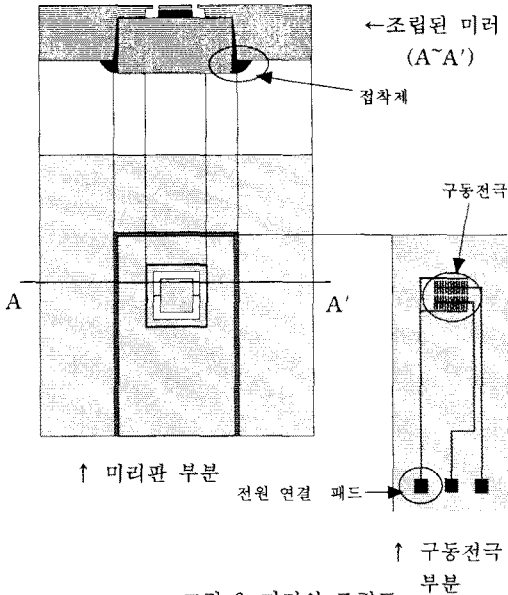


그림 6. 미러의 조립도

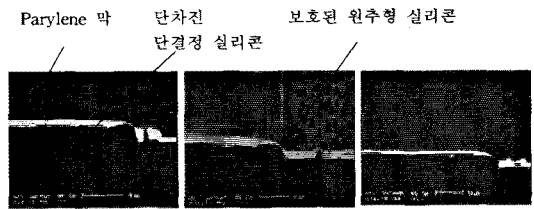
제작된 미러판 부분과 구동전극 부분을 조립한다.

2.4 제작

식각용 마스크는 3 μm 두께의 PECVD 실리콘 산화막을 사용하였고, AZ1512 PR을 사용하여 패터닝하였다. 실리콘 식각은 반응성이온식각 장비인 DRIE284를 사용하였고, 20 μm 를 식각하였다. 식각 파라미터로는, 압력이 100 *mTorr*, 전력 300 W, He가스 100 *scm*, Cl₂가스 56 *scm*이었다[5]. 실리콘의 식각률은 0.36 $\mu\text{m}/\text{분}$, 실리콘 산화막의 식각률은 0.016 $\mu\text{m}/\text{분}$ 이고, 실리콘 대 실리콘 산화막 식각률비는 22.5:1이었다.

KOH 습식식각 마스크로는 2800 Å 두께의 LPCVD 실리콘 질화막을 AZ1512 PR로 패터닝하여 사용하였다. 식각조건은, KOH 용액 40 wt%, 80 °C 이었고, 실리콘 식각률은 약 1 $\mu\text{m}/\text{분}$ 이었다. 20 μm 의 미러 두께만 남기고 실리콘을 식각하기 위해, 470 분 정도 식각한 뒤, 유관으로 뒷면을 보면서, 20 μm 로 건식식각된 부분이 판통될 때, 식각을 종료하였다.

습식식각을 할 때, 미러 모양으로 단차진 실리콘 웨이퍼의 윗면은 parylene 박막으로 보호하였다[6]. 그림 7은 단차진 단결정 실리콘 위에 증착된 parylene 박막의 KOH 습식식각 후의 SEM 사진이다. Parylene 박막은 3 μm 를 증착하였고, 농도 40 wt%, 온도 80 °C의 KOH 용액에서 9시간동안 단차있는 실리콘을 보호하였을 뿐만 아니라, 공정 시 앞면이 물리적으로 손상되는 것을 막고, 미러를 릴리즈하기 전까지 미러를 지지해주었다.



(a)담그기 전 (b)3시간 담근 후 (c)9시간 담근 후
그림 7. Parylene이 증착된 실리콘의 KOH 용액에 담근 후의 SEM 사진

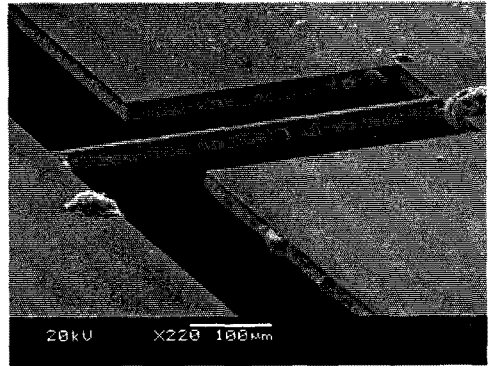


그림 8. 제작된 미러의 스프링 부분 SEM 사진

3. 결 론

미러 크기가 2400 $\mu\text{m} \times 2400 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 이고, 직사각형 뒤틀림 빔 스프링의 구조가 10 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ 인 미러를 설계하였고, 이 때, 20 V의 직류 전압을 걸어주었을 때, 0.4 °의 최대 각변위를 갖고, 비감쇠 고유 진동수는 700 Hz로 계산되었다.

단결정 실리콘 윗면을 미러 모양으로 건식식각한 후, 윗면을 parylene 박막으로 보호한 다음, 미러 패턴 바로 밑으로부터 KOH 용액으로 비등방 습식식각을 하여 미러판을 제작하였다. Parylene 박막으로 20 μm 단차진 미러 패턴을 KOH로부터 보호하였으며, 공정 시 물리적 손상으로부터도 보호하였다.

[참고 문헌]

- [1] H. Miyajima, N. Asaoka and M. Arima, Y. Minamoto, "An Electromagnetic Optical Scanner with Polyimide-Based Hinges", *Transducers '99*, Vol.1, pp.372~375, 1999.
- [2] M. Sekimura, M. Yonezawa and K. Uchimar. "Electrostatic Torsion Mirror", *Technical Digest of The 18th Sensor Symposium*, pp.167~170, 1998.
- [3] 정석환, "일차원 마이크로 미러 어레이의 제작 및 실험", 서울대학교 공학석사학위논문.
- [4] H.K. Chang and Y.K. Kim, "UV-LIGA Process for high Aspect Ratio Structure Using Stress Barrier and C-shaped Etch Hole", *Transducers '99*, Vol.2, pp.1428~1431, 1999.
- [5] 권영신, 조동일, "에치스탐을 사용하지 않고 제작된 5, 10, 20 μm 두께의 실리콘 박막과 구조물", 전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1977~1979, 1996.
- [6] 정석, "Parylene deposition system 공정 개발", 제1회 마이크로시스템 기술센터 공정개발 발표회, pp.1~15, 1999.