

자기효과를 이용한 광 Scanner의 반사각 개선

김 흥근*, 박 경일*, 신 광호**, 사공 건*
 동아대학교 전기공학과* 경성대학교 멀티미디어공학부**

Improvement of Reflection Angle of Optical Scanner Utilizing Magnetic Effect

Hung-Gun Kim*, Kyung-Il Park*, Kwang-Ho Shin**, Geon Sa Gong*
 Dong-A Univ.* Kyungsung Univ.**

Abstract - This paper is focused on the improvement of reflection angle of an optical scanner by changing a shape of a torsion bar attached with an optical scanner reflector(mirror). In order to improve the light efficiency of the optical scanner by virtue of the magnetic effect, which tiny magnets are attached under both ends of the optical scanner reflector. and hence the optical scanner reflector was operated in relatively lower driving voltage. By changing the torsion bar's shape I type into S type, we've got the lower resonant frequency(32.5Hz) of an optical scanner than that of conventional one(50Hz). According to these results. The reflection angle of an optical scanner with magnets was much larger in the range of about 14.8° without a magnet. By making use of a magnetic actuator instead of a conventional electrostatic actuator, the optical scanner was less influenced from outdoor dust or moisture.

1. 서 론

MEMS(Micro-Electro Mechanical System)기술은 마이크로미터 단위의 3차원 구조물 및 디바이스를 제작하는 관련기술을 말한다. 마이크로 시스템 기술을 구성하는 2가지 기술은 마이크로일렉트로닉스와 마이크로머시닝이다[1]. 마이크로시스템은 마이크로머시닝으로 제작된 구조물 및 운동부를 제작하는 기술로서, 마이크로머시닝으로 제작된 구조물에 마이크로일렉트로닉스 집적회로를 집적화시켜 완성된 시스템(즉 마이크로 칩)을 말한다. 이러한 시스템은 과거의 반도체칩이 마이크로일렉트로닉스 산업에 “저가격, 고신뢰성, 소형화”를 가져왔다[6,7].

현재 바코드 인식, 레이저프린트 및 의학 분야의 X-선 단층촬영 등에 응용되고 있는 광 스캐너의 소형화를 위해서 mm단위의 반사경(mirror)이 낮은 구동전압에서 동작될 수 있는 관련연구가 요구되고 있다.

본 연구에서는 마이크로머시닝기술을 이용하여 광 스캐너(optical scanner)의 구조를 변화시킴으로써 스캐너의 효율을 개선하였다. 이를 위해 광 스캐너 반사경의 모양을 I타입의 torsion bar를 S타입의torsion bar로 변화시켰고, 실리콘 기판의 반사경 하단 부분에 Cu를 패터닝한 부분에 magnet 및 Sm-Co계 magnet분말을 에폭시 수지와 복합화하여 장착시켜 낮은 구동전압에서 동작되게 하고, 또한 보다 낮은 주파수에서 동작되게 함으로서 scanner의 효율을 개선하고자 하였다. 아울러 일반적으로 광 스캐너에 사용되고 있는 정전 액츄에이터의 문제점을 개선하기 위해 자기 액츄에이터에 대해 연구하였다 [2].

2. 본 론

2.1 측정장치

광 스캐너의 반사각을 측정하기 위해 자체 제작한 연구 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 광 스캐너를 구동시키기 위해 코일에 교류를 인가하였고, function generator를 사용하여 교류전원의 주파수를 변화시켰다. 교류를 인가하여 구동되는 광 스캐너의 움직임은 레이저를 이용한 빛의 반사각으로 확인하였으며, 오실로스코프로 측정하였다.

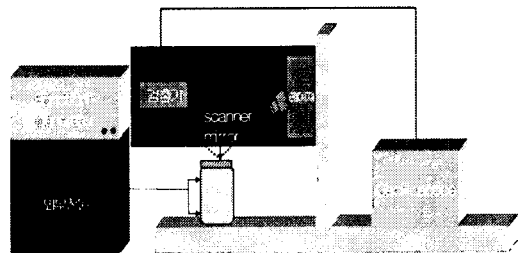


그림 1. Optical scanner mirror의 개략도

2.2 마스크 제작 및 마이크로머시닝 공정

그림 2는 마스크 패턴의 개략도이다. 그림 2(a)는 전체 광 스캐너의 반사경 크기를 나타낸 것으로 전체 패턴의 크기는 가로 9.5mm, 세로 6mm로 하였으며 반사경 부분은 가로 6mm, 세로 2mm로 하였다. 그림2(b)는 반사경의 torsion bar의 크기를 나타낸 것으로 그림 2(a)의 원으로 표시된 부분을 확대한 것이다. torsion bar의 크기는 la:100 μ m, lb:300 μ m, lc:1800 μ m, ld:900 μ m로 하였다[3].

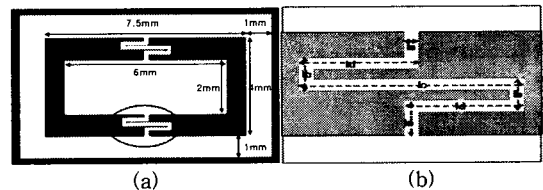


그림 2. 마스크 패턴의 개략도

본 연구에서는 2 μ m두께의 SiO₂가 입혀져 있는 실리콘 웨이퍼를 사용하여 리소그래피를 이용하여 패턴을 만들었으며, 이를 위한 MEMS 전체공정은 실리콘 웨이퍼를 세척한 후 1차 공정으로 뒷면에 패턴을 만들기 위해 PR(Photoresist)을 실리콘 웨이퍼 아랫면에 스핀코팅 장치를 이용하여 AZ1500PR을 코팅한 후 핫플레이트를 사용하여 Soft 베이킹(100 $^{\circ}$ C/90sec)한 다음 Mask aligner를 사용하여 노광(20sec)하여 실리콘 웨이퍼상에 패턴을 형성시켰다. 이렇게 만들어진 실리콘 웨이퍼를 현상(20sec)한 후 Hard 베이킹(120 $^{\circ}$ C/120sec)을 하여 실리콘

* 동아대학교 전기공학과

** 경성대학교 멀티미디어공학부

웨이퍼 위에 패턴을 만들었다. 2차 공정으로 실리콘 웨이퍼 뒷면을 1차공정과 동일한 공정에 의해 패턴을 만든다. 다음 3차 공정으로 실리콘 웨이퍼의 SiO₂를 제거하기 위해 HCl을 사용하여 산화 박을 제거하였다. 4차 공정으로 KOH용액을 사용하여 실리콘 웨이퍼를 에칭하여 광 스캐너의 반사경 부분을 만들었고, 반사경 밑 부분에 magnet를 장착시켰다[4].

그림 3에서 그림 3(a)는 SiO₂ 산화막이 입혀져 있는 실리콘 웨이퍼이고 그림 3(b)는 리소그래피 1차, 2차 공정을 마친 후의 단면도이다. 그림 3(c)는 3차, 4차 공정을 마친 후의 광 스캐너의 반사경 단면도이다[5].

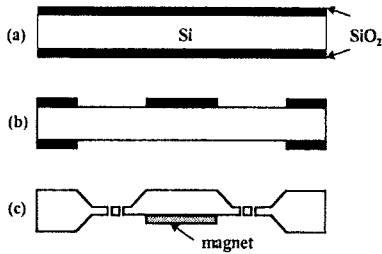


그림 3. MEMS 전체 공정

3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 광 스캐너의 개략도를 나타낸 것으로 기존의 I타입 torsion bar와 이를 S타입으로 변화시키고 magnet의 자기효과를 확인하기 위하여 실리콘 기판의 반사경 밑 부분에 Cu를 패터닝한 부분에 magnet 및 Sm-Co계 magnet분말을 예폭시 수지와 복합화하여 장착시킨 그림이다. 그 결과 Cu의 패턴 제작에 따른 문제점인 패턴 형성에서 패턴이 끊어지거나 스퍼터링 공정에서 Cu 외에 다른 불순물에 의한 오염으로 전압을 효율적으로 가하지 못하는 문제점을 제거 할 수 있었다.

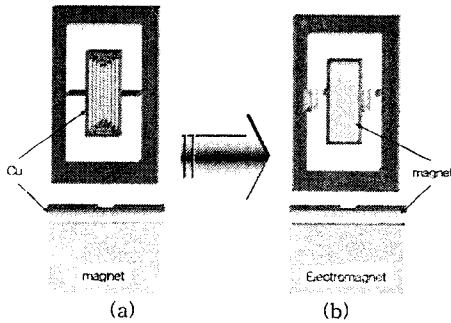


그림 4. 광 스캐너의 개략도
(a) 기존의 광 스캐너 구조
(b) S형의 광 스캐너 구조

그림 5는 기존의 I타입의 torsion bar에서 반사경 밑 부분에 magnet를 장착시킨 광 스캐너의 인가전압에 따른 반사경의 각도를 나타낸 것이다. 공진주파수(50Hz)에서 초기 50mV를 인가한 후 200mV까지는 10mV씩 전압을 증가시켰고, 200mV부터 1000mV까지는 100mV씩 증가시키며 반사경의 각도를 측정하였다. 이 경우 반사경 밑 양단에 Cu를 패터닝한 곳에 magnet를 장착 시킴으로써 양단의 자기 액튜에이터의 상호 자기효과에 의한 변위가 합해진 결과, 1000mV에서 최대 반사각 약 5.0°가 얻어져 비장착의 경우(약2.4°)에 비해 반사각이 개

선됨을 볼 수 있다. 특히, magnet를 비장착한 경우에는 인가전압이 500(mV)이하에서는 반사경이 움직이지 않았다.

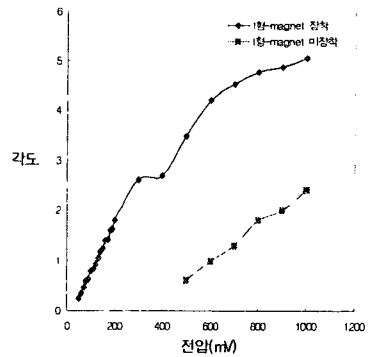


그림 5. magnet 장착한 I타입
(공진주파수 50Hz)

그림 6은 I타입의 torsion bar를 S타입으로 변화시키고, 반사경 밑 부분에 magnet를 장착시킨 경우, 광 스캐너의 인가전압에 따른 반사경의 각도를 측정하여 나타낸 것으로서 그림 5에서와 동일한 증가율로 전압을 인가하였다. 그림6에서 처럼 torsion bar의 형태를 I형에서 S형으로 변형함으로써 I타입의 공진주파수(50Hz)보다 낮은 공진주파수(35.8Hz)가 얻어졌다. 이 결과로 외부응력에 대한 감도가 높아져 최대 반사각 약10.1°가 얻어진 것으로 생각된다. 이 결과는 magnet를 장착시킨 I형 광 스캐너에 비해 반사각이 약 2배가량 개선된 결과를 보여 주고 있다.

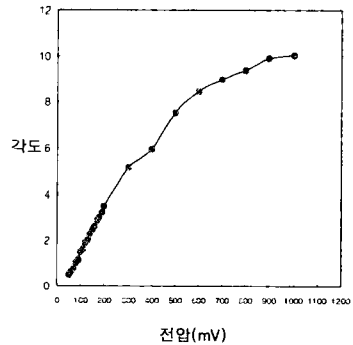


그림 6. magnet 장착한 S타입
(공진주파수 35.8Hz)

그림 7은 Sm Co계 magnet 분말을 예폭시 수지와 복합화하여 S형에 장착시킨 광 스캐너의 인가전압에 따른 반사경의 각도를 측정하여 나타낸 것으로서, 그림 5에서와 동일한 전압 증가율로 인가하였다. 이 경우 I형 경우의 공진주파수(50Hz)보다 더욱 낮은 공진주파수(32.5Hz)가 얻어졌으며, 이는 magnet에 비해 Sm-Co계 복합체 magnet의 무게 감소로 외부응력에 대한 감도가 더욱 높아진 결과로 생각된다. 이때 최대 반사각은 약 14.8°가 얻어졌다. 이 결과는 magnet를 장착시킨 I형 광 스캐너에 비해 반사각이 약 3배가량 개선된 측정결과를 보여 주고 있다.

[참고 문헌]

- [1] 노일호, 장석원, 김창교, "도금공정을 이용한 토로이드형 마이크로 인덕터의 제작 공정 개발" 전기전자재료학회논문집, 1권 p.408~411, 2003
- [2] Cho H J, Yan J, Kowel S T, Beyette F R Jr and Ahn C H 2000, "A scanning micromirror using a bi directionally movable magnetic microactuator", Proc. SPIE, vol 4178, pp 106 15, 2000
- [3] Judy J W, "Microelectromechanical systems (MEMS) : fabrication, design and applications", Smart Mater, Struct. 10, 1115 34, 2001
- [4] Guckel H, "Progress in magnetic microactuators", Microsyst., Technol. 5, 59 61, 1998
- [5] Peterson K E, "Silicon torsional scanning mirror", IBM J., Res. Dev. 24, 631-7, 1980
- [6] 윤현민, 이형기, 반도체 공학, 북두출판사, 1995, pp.218
- [7] 김형열, 반도체 공정 및 측정, 전자자료사, 1995, pp.123

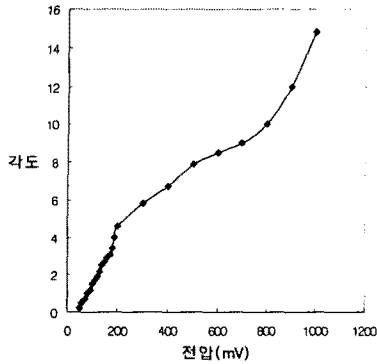


그림 7. Sm-Co계 복합체 magnet장착한 S타입 (공진주파수 32.5Hz)

이상의 결과에서 마이크로머시닝기술을 이용하여 광 스캐너(optical scanner)의 구조를 변화시키고, 반사경 밑 부분에 Cu를 패터닝한 부분에 magnet 및 Sm-Co계 복합체 분말을 장착시킴으로서 보다 낮은 구동전압에서도 동작됨을 알 수 있었다. 한편 보다 낮은 주파수에서도 동작되었으며 scanner의 반사각이 개선됨으로써 효율이 개선됨을 알 수 있었다. 특히 반사경 부분에 Al막을 입힘으로서 레이저의 반사효과를 높였고, 광 스캐너에 사용되고 있는 정전 액츄에이터는 공기 중의 먼지나 습기 등 외부요인에 영향을 받는 결점이 있었다. 그러나, I형 및 S형에 magnet 및 Sm-Co계 복합체 분말을 사용한 자기 액츄에이터를 사용함으로써 이러한 결점이 제거됨을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 torsion bar의 모양을 I형에서 S형으로 변화시키고, 반사경 밑 양단에 Cu를 패터닝한 부분에 magnet 및 Sm-Co계 magnet 분말을 예폭시와 복합화하여 장착시켰다. torsion bar의 모양을 I형에서 S형으로 변화시킴으로서 외부응력에 대한 감도가 높아졌고 반사경 밑 부분에 magnet을 장착함으로써 양단의 자기 액츄에이터의 상호 자기효과에 의한 변위가 합해진 결과 낮은 구동전압에서 동작됨을 알 수 있었다. 또한 magnet 대신 복합체 magnet를 장착함으로써 magnet 무게의 감소 원인으로 더욱더 반사효율을 증가시킬 수 있었다.

기존의 I형에서 S형으로 변형한 후, magnet를 장착함으로써 I형의 일반적인 공진주파수(50Hz)보다 낮은 공진주파수(35.8Hz)에서 2배가량 반사각이 개선된 약 10.1°의 값을 얻을 수 있었다. 더욱이 Sm-Co계 복합체 magnet를 장착함으로써 보다 낮은 공진주파수(32.5Hz)에서 약 14.8°의 최대 반사각을 얻을 수 있었다. 이는 반사각이 커짐으로써 스캔 범위가 넓어져 광 스캐너의 스캔 효율이 개선됨을 알 수 있다. 또한 광스캐너에 일반적으로 사용되는 정전액츄에이터 대신 자기액츄에이터를 사용함으로써 공기 중의 먼지나 습기 등 외부요인을 감소시킬 수 있었다.

본 연구는 과학기술부·한국과학재단에서 지정한 지역 협력연구센터(RRC) 및 산업자원부·한국산업기술평가원에서 지정한 지역기술혁신센터(TIC)인 동의대학교 전자세라믹스센터의 지원에 의한 것입니다.