

2-자유도 정밀구동기와 마이크로렌즈의 집적화에 관한 연구

Study on the integration of a micro lens on a 2-DOF in-plane positioning actuator

김재홍, 김용권

서울대학교 전기공학부 마이크로머신 연구실

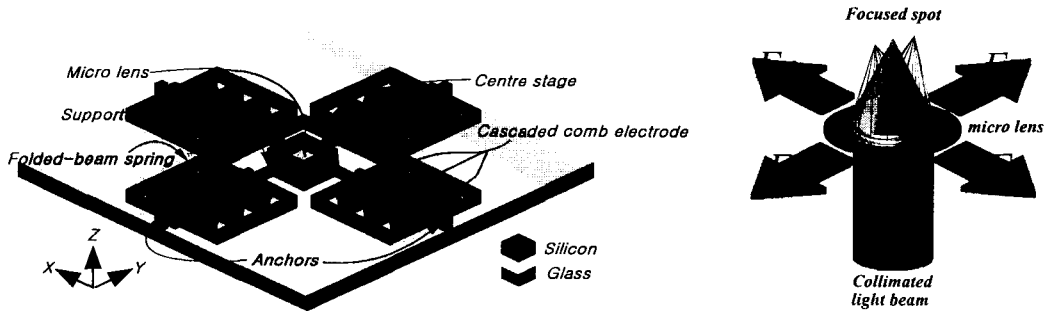
wolmoon1@snu.ac.kr

최근 디지털 정보 처리 기술의 획기적인 발전과 함께 저가의 반도체 레이저의 개발로 말미암아 광기록 장치(optical pickup device) 및 고속 광통신(optical fiber communication)분야에 응용을 위한 레이저 광학 시스템에 대한 연구가 활발하다. 광신호의 커플링(coupling) 및 스위칭(switching)을 기반으로 하는 이러한 광학 시스템은 일반적으로 광신호의 변조를 위한 광학 요소와 광학 요소의 공간적 제어를 위한 정밀 구동기로 구성되는데, 기존의 상용 시스템의 경우에는 독립적으로 기 제작된 광학 요소와 정밀 구동기를 사후에 조립하는 방법으로 소기의 목적을 달성하였다. 이와 같은 경우 제작에 많은 노력과 비용이 요구되며, 성능의 획기적인 향상을 기대하기 어려우므로 최근에는 Optical MEMS 혹은 MOEMS(Micro-Opto-Electro-Mechanical System)로 대변되는 마이크로머시닝기술(micromachining technology)을 이용한 초정밀 광학계의 제작 기술을 통하여 기존 시스템의 한계를 극복하고자 하는 노력이 다각도로 모색되고 있다.

본 논문에서는 마이크로머시닝기술을 이용하여 미세 프레넬 렌즈(micro Fresnel lens)가 집적된 2자유도의 정밀 구동기를 설계 및 제작하였다(그림 1). 구동기에 집적된 미세 렌즈는 8단으로 양자화(quantizing)된 이진 렌즈(binary lens)로서⁽¹⁾ 3mm의 초점거리에 직경 246 μ m이며, 유리를 이진 사진식각공정(binary photolithography)으로 가공하여 제작하였다(그림 2). 정밀 구동기는 x축 및 y축의 수직인 두 단위방향의 구동력을 갖는 xy-스테이지(stage)구조로서⁽²⁾ 스테이지 중앙에 집적된 미세 프레넬 렌즈를 2차원 평면상의 임의의 좌표에 위치시킬 수 있도록 설계되었으며, 실리콘 몸체가공(bulk micromachining)을 이용하여 고형상비의 빗모양 전극(comb electrode)을 갖는 양방향 구동이 가능한 두 개의 빗모양 구동기(comb actuator)가 직교하도록 기계적으로 결합된 구조로 제작되었다(그림 3). 또한 제작 시에 유리와 양극접합(anodic bonding)된 실리콘기판을 사용하여 미세 프레넬 렌즈를 유리면에 형성하고 정밀 구동기를 형성된 미세 프레넬 렌즈에 양면 정렬하여 실리콘 기판 면에 형성함으로써 자동으로 집적되도록 하였다(그림 4).

제작된 정밀 구동기는 접힌 빔 스프링(folded beam spring)구조를 적용하여 큰 변위에서도 선형적인 힘 대 변위(force-to-displacement)의 특성을 구현하였으며⁽³⁾, 각 단위방향으로 비교적 저전압인 23V_{dc}에 대하여 히스테리시스(hysteresis)가 없는 60(\pm 30) μ m의 구동변위를 얻을 수 있고(그림5), 수직인 두 단위방향 구동의 조합을 통하여 60 μ m \times 60 μ m의 정방형 내에서 2차원적인 정밀한 위치제어가 가능하다. 또한 적당한 바이어스 전압에 대한 소신호 구동으로 구동 소신호에 선형적인 변위특성을 갖도록 할 수 있다(그림 6). 정밀 구동기의 두 단위방향 구동간의 기계적인 간섭은 구동범위의 중심으로부터 반경방향으로 24 μ m이내에서는 2000Å 미만, 60 μ m \times 60 μ m의 전 구동범위에서 1 μ m미만으로 측정되었다(그림 7). 제작된 시

시스템은 광신호의 커플링(coupling) 혹은 스위칭(steering)이 요구되는 다양한 분야에 응용할 수 있다.



(a) 제안된 광학 시스템의 개념도

(b) 제안된 광학 시스템의 원리

그림 1. 제안된 광학 시스템

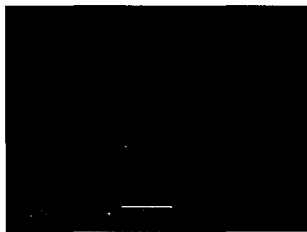


그림 2. 미세 프레넬 렌즈

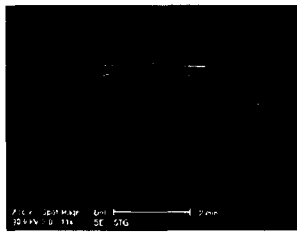


그림 3. 제작된 정밀 구동기

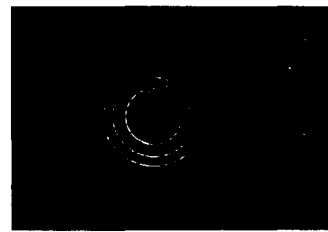


그림 4. 구동기에 집적된 렌즈

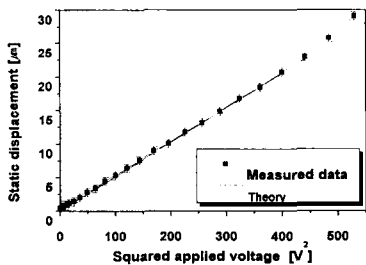


그림 5. 단방향 힘 대 변위 특성

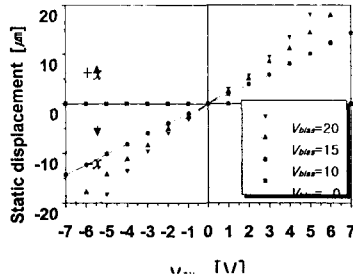


그림 6. 구동기의 소신호 특성

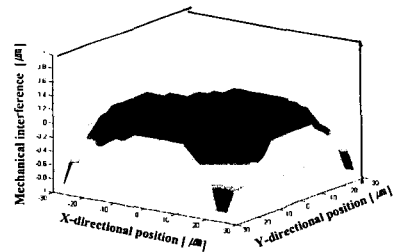


그림 7. 두 단위방향간 간섭($r=24\mu\text{m}$)

[참고 문헌]

1. Helmut Zarschizky, Albert Stemmer, Franz Mayerhofer, and Guy Lefranc, "Binary and Multilevel diffractive lenses with submicrometer feature sizes", *Optical Engineering*, Vol. 33, No. 11, Nov. 1994, pp.3527-3536.
2. P.F. Indermuehle, and N. F. de Rooji, "INTEGRATION OF A LARGE TIP WITH HIGH ASPECT RATIO ON AN XY-MICRO STAGE FOR AFM IMAGING", *Transducers95 · Euroensors IX*, June 1995, pp.652-654.
3. Rob Legtenberg, A W Groeneveld and Elwenspoek, "Comb-drive actuators for large displacements", *J. Micromech. Microeng.* 6, 1996, pp.320-329.