

압전 구동 틸팅미러 구조설계에 관한 연구 A Study on Structure Design of Piezoelectric-driven Tilting Mirror

*#박중호¹, 이후승¹, 이제훈², 윤소남¹, 함영복¹

*#J. H. Park(jhpark@kimm.re.kr)¹, H. S. Lee¹, J. H. Lee², S. N. Yun¹, Y. B. Ham¹

¹한국기계연구원 그린환경에너지기계연구본부, ²한국기계연구원 나노융합·생산시스템연구본부

Key words : Galvanometer Scanner, Tilting Mirror, Piezoelectric Actuator, Harmonic Analysis

1. 서론

레이저를 이용한 극초단 펄스 레이저 등의 개발은 미세가공의 범위를 취성재료에 까지 자유롭게 하고 있다. 이러한 레이저 가공을 위한 틸팅미러에는 전자석 구동방식[1]-[2]과 압전 구동방식[3]-[4]이 있다. 본 연구에서 제안하는 틸팅미러는 기존의 전자석 구동방식이 가지지 못하는 고주파구동과 기존의 압전 구동방식에 비해 간단한 구조를 가지는 장점이 있다.

본 연구에 사용되는 적층형 압전 구동기는 다른 구동기에 비하여 취성이 강하여 피로파괴에 약하기는 하나 그 작동범위가 고주파에 까지 도달이 가능하고 발생력 또한 비교적 높다. 이러한 장점을 활용하여 본 논문에서는 틸팅미러를 고주파수로 구동하는 압전 구동기에 대한 설계를 진행하였다. 또한, 구동기로 작동하는 틸팅미러(Tilting Mirror)를 이용한 레이저 스캐너를 개발하기 위하여 예비 모델을 설계하고 이에 대한 구조적 건전성을 평가하였다.

2. 설계 및 모델링

압전구동기를 설계하기 위한 기본적인 레이저 스캐너 설계사양은 Fig. 1과 같으며 이를 통하여 압전구동기 간의 거리배치, 압전구동기의 발생요구 범위 및 틸팅미러의 회전각을 판단하였다. 그 결과, Fig. 2와 같이 반경 10mm의 틸팅미러를 회전시켜 그 중심에서 100mm 거리에 있는 렌즈에 반경 0.5mm의 원을 그리기 위해서는 틸팅미러 끝단의 변위가 약 25 μm에 이르러야 한다는 결론을 도출하였으며, 렌즈에 투과된 레이저가 반경 0.5mm의 원을 그림으로 인하여 레이저 스캐너가 초당 1m의 속도로 이송시에도 안정적으로 공작물에 대한 가공이 가능하도록 하였다. 이와 같은 조건을 만족하

기 위해서, Tabel 1과 같은 사양을 가지는 압전구동기를 적용하여 실제적인 설계를 진행하였다.

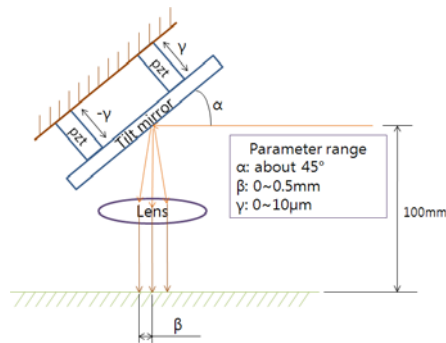


Fig. 1 Specification of the tilting mirror

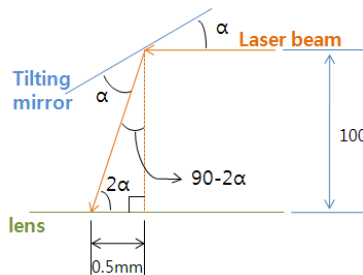


Fig. 2 Calculation of the actuator moving range

Table 1 Specification of the piezoelectric actuator

Multilayer Piezo Stack Actuator P-882.50 (PI instrument)	
Dimension	2*3*18mm
Normal displacement	15μm
Blocking force	210N@120V
Stiffness	12N/μm
Resonant frequency	70KHz

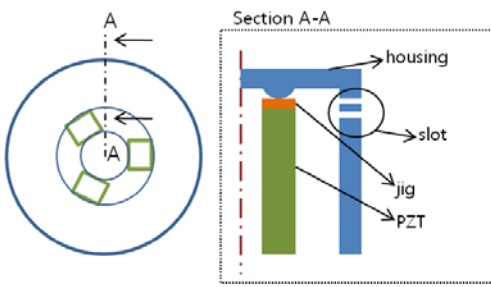


Fig. 3 Schematic of the tilt mirror

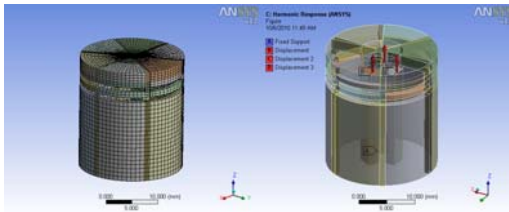
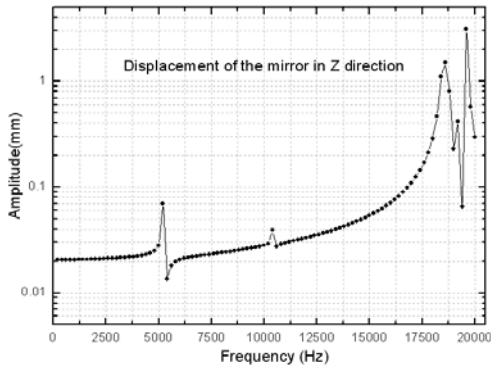
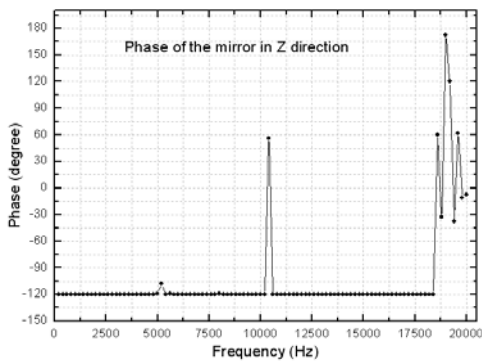


Fig. 4 Pre-processing for harmonic analysis



(a) Displacement of the top surface of the mirror



(b) Phase of the top surface of the mirror

Fig. 5 Bode diagram of the top surface of the mirror

설계결과, Fig. 3과 같은 형태의 틸팅미러를 설계할 수 있었으며, 틸팅미러 중심에서 PZT 중심까지의 거리는 2.5mm, housing의 두께 및 slot의 두께는 1mm로 설계하였다.

3. 고조파 해석(Harmonic analysis)

고조파 해석에 앞서, 모달해석을 이용하여 시스템의 고유주파수가 약 5kHz, 10kHz, 17kHz, 그리고 18kHz에 존재하는 것을 확인하였다. 모달해석 후, 모델링을 바탕으로 Fig. 4와 같이 메쉬를 구성하고 압전구동기를 6 μ m의 진폭과 각 0°, 120°, 240°의 위상으로 구동하여 고조파 해석을 진행하였다.

그 결과, 구동기의 상부 표면에 대한 주파수응답이 Fig. 5와 같은 Bode선도로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는, 압전 구동기를 이용한 레이저스캐너용 틸팅미러의 제작에 앞서 설계에 대한 타당성을 확인하기 위하여 모달해석 및 고조파해석을 진행하였다. 그 결과, 모달 해석에서 고유주파수가 약 5kHz, 10kHz, 17kHz, 그리고 18kHz에서 나타났고, 고조파 해석에서는 압전구동기를 이용하여 약 6 μ m의 변위를 0°, 120°, 240°의 위상차로 구동시, 약 4.5KHz의 주파수 범위까지 안정한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Hafez, M., Sidler, T.C., Salathe, R.P., Jansen, G.L.M., Compter, J. C., "Design, simulations and experimental investigation of a compact single mirror tip/ tilt laser scanner", *Mechatronics*, **10**, 741-760, 2000.
2. Nanying, H., Weipu, J., Mali, G., Lei., H., "Design and mechanism analysis of a novel type compact single mirror laser scanner", *Sensors and Actuators*, **A 125**, 482-485, 2006.
3. Woody, S., Smith, S., "Design and performance of a dual drive system for tip/tilt angular control of a 300mm diameter mirror", *Mechatronics*, **16**, 389-397, 2006.
4. Xiang, S., Chen, S., Wu, X., Xiao, D., Zheng, X., "Study on fast linear scanning for a new laser scanner" *Optics & Laser Technology*", Vol 42, pp42-46, 2010.