

대변위 왕복이송 스테이지 설계 및 제작

Design and Fabrication of a Repetition Moving Stage with Large Working Range

*강중욱¹, #이호², 박민규¹, 이상원², 이상인³, 허병철³

*J. O. Kang¹, #H. Lee(holee@knu.ac.kr)², M. K. Park¹, S. W. Lee², S. I. Lee³, B. C. Hur³

¹영남이공대학 기계·자동차학부, ²경북대학교 기계공학부, ³원일과템주

Key words : repetition moving, 2-step lever mechanism, flexure hinge, PZT actuator

1. 서론

나노미터 급의 이송 정밀도를 필요로 하는 반도체 생산라인, 정밀 측정 시스템 등의 첨단 산업 분야에서 많이 사용되어지고 있는 나노 위치결정 기구에는 유연힌지(flexure hinge)와 압전소자(이하 PZT) 구동기를 조합한 메커니즘이 적용하고 있다.[1~3] 유연힌지와 PZT 구동기는 재료의 탄성과 변형을 이용하기 때문에 나노 분해능을 구현할 수 있고, 빠른 응답특성과 높은 강성을 얻을 수 있다는 장점을 가진다. 하지만 PZT 구동기는 그 인장 길이가 제한됨에 따라 전체 이송 시스템의 구동거리가 짧아지는 단점을 동시에 가지고 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 보편적으로 지렛대의 증폭 원리를 이용한 레버 시스템(lever system)을 적용하게 된다. 레버 시스템은 이송 가이드 역할을 담당하는 힌지와 힌지 사이에 존재하는 레버의 작용점 길이비에 의해 목표하는 증폭비(magnification ratio)를 달성할 수 있도록 하는 시스템이다. 변위 증폭을 위한 다양한 형태의 레버 메커니즘 중에서 증폭을 위한 레버가 2 중으로 배치되는 시스템을 2 단 레버 메커니즘(2-step lever mechanism)이라고 하며, 작은 공간에서 설계 목표를 만족하는 증폭비를 구현할 수 있다는 장점을 가진다.[1~3]

본 연구에서는 유연힌지, PZT 구동기 및 변위증폭을 위한 2 단 레버 시스템을 적용하여, 공초점 현미경(confocal microscope), 주사탐침 현미경(SPM) 등에서 측정부를 고정 하고 샘플을 이송하게 되는 샘플 스캔 방식을 구현하기 위한 초정밀 이송 스테이지를 개발하였다.

2. 설계 및 해석

스테이지는 샘플 전체 영역을 측정이 가능한 구동거리, 샘플 스캐닝을 위한 반복적 왕복이송(repetition moving)을 위한 신호 추종 성능 및 구동기 입력 주파수를 회피하기 위한 고유진동수를 가질 수 있도록 설계를 하여야 한다. Table 1 에서 제시한 바와 같이 스테이지는 샘플 크기에 따라 약 300~500 μm 의 측정 영역을 가져야 하며, 50 Hz 의 반복 이송 주기를 갖도록 설계를 하였다. 반복 이송을 위해서는 2 단의 레버 시스템을 대칭이 되도록 설치하는 것이 더 유리하지만, 개발 스테이지의 공간상 제약조건에 따라 비대칭으로 설계하였다.[3] 또한 원하는 구동거리를 구현하기 위해서 약 16.5 배의 증폭비를 갖도록 하였다. 이 값은 PZT 구동기의 예압 및 레버 시스템의 증폭 손실을 등으로 인한 구동 거리 감소 요인을 고려하여 요구되는 구동거리를 만족시키기 위하여 결정한 증폭비이다.

Fig. 1 은 개발하고자 하는 시스템을 개략적으로 나타내고 있다. 그림에서 힘(F)을 나타낸 부분에 PZT 구동기가 입력을 하는 위치이며, 레버에 의한 변위 증폭을 통하여 샘플을 부착하는 이송부(moving table)를 움직이게 된다. 유연힌지의 위치에는 하나 이상의 강성이 존재하게 되며, 이를 강성 기호로 나타내었다.

시스템에 대한 이론적 계산 및 FEM 상용 코드를 이용한 해석을 수행하였으며, 설계 목표를 만족하는 힌지 및 레버에 대한 최적의 변수를 선정하였다.

Table 1 Specifications of the stage

Items	Data
Repetition Cycle	1/50 s
1 st Natural Frequency	> 50 Hz
Magnification Ratio	16.5
Stroke	300 ~ 500 μm

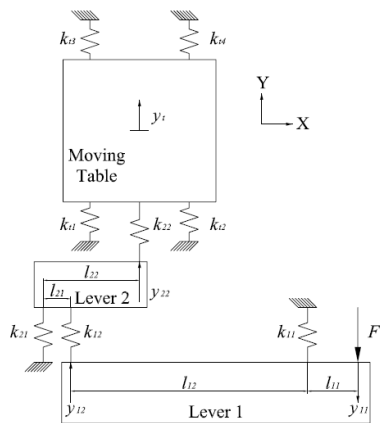


Fig. 1 Schematic diagram of the developed stage

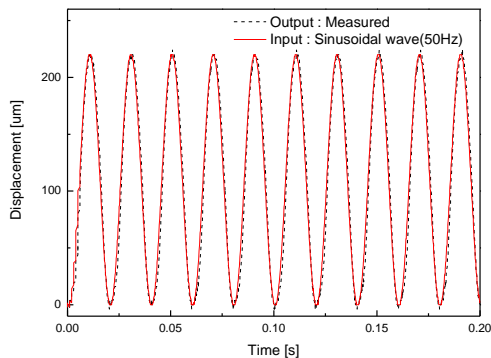


Fig. 2 Sinusoidal trajectory response with the stage

3. 제작 및 실험적 검증

스테이지 구동거리 및 고유 진동수, 2 단 레버 시스템과 그 증폭 손실을 보상을 위한 레버 구조 해석, 반복적인 왕복 이송이 가능한 설계 변수들을 적용하여 실험 시스템을 제작하였다. Fig. 2는 제작된 시스템에 대하여 스테이지의 가장 중요한 특성인 반복적인 왕복이송

및 레버의 증폭비를 측정 한 결과를 나타내고 있다. 운전 조건과 동일한 50 Hz의 반복 이송 신호에 대하여 제어 알고리즘을 적용하지 않은 상태의 측정 결과로 약간의 오차를 가지지만, 매우 우수한 신호 추종 성능을 가진다는 것을 알 수 있다. 또한 그래프에서 입력 16 μm 에 대하여 약 14 배로 증폭되어 출력한다는 것을 알 수 있으며, 줄어든 약 2.5 배의 증폭비는 구동기 예압과 레버 시스템에 의한 손실을 나타내고 있다. 이 결과를 통하여 스테이지의 전반적인 신호 추종 성능과 증폭 성능이 개발하고자 하는 목표를 만족함을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 2 단 증폭 레버 시스템을 적용하여 반복적인 왕복 이송 성능을 가지는 초정밀 위치결정 스테이지를 개발하고자 하였다. 설계 및 성능 평가 등을 통하여 개발하고자 하는 제작 목표를 만족하고 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. D. Y. Lee, D. M. Kim and D. G. Gweon, "Atomic Force Microscope for Standard Length Metrology", KSME, A, V30, N12, 1611-1617, 2006.
2. E. J. Hwang, K. S. Min, S. H. Song, I. H. Ahn, W. C. Choi, "Optimal Design of a Flexure-Hinge Precision Stage", J. Mechanical Science and Technology, 21, 616-623, 2007.
3. S.B. Choi, S.S. Han, Y.M. Han, B.S. Thompson, "A magnification device for precision mechanisms featuring piezoactuators and flexure hinge: Design and experimental validation," Mechanism and Machine Theory, 42, 1184-1198, 2007.