

# 증폭 메카니즘을 이용한 FTS의 고주파수 특성 High Frequency Characteristics of FTS using Magnified Mechanism

\*최수창<sup>1</sup>, 김용우<sup>1</sup>, 박정우<sup>2</sup>, #이득우<sup>3</sup>

\*S. C. Choi<sup>1</sup>, Y. W. Kim<sup>1</sup>, J. W. Park<sup>2</sup>, #D. W. Lee<sup>3</sup> (dwoolee@pusan.ac.kr)

<sup>1</sup> 부산대학교 나노융합기술학과, <sup>2</sup> 조선대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 부산대학교 나노시스템공학과

Key words : FTS, Fast Tool Servo, Magnified mechanism

## 1. 서론

최근에 들어 에너지 기술(Energy-Technology)와 나노 기술(Nano-Technology)의 발달과 함께 초정밀 마이크로 소자와 미세 광학제품의 가공에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 마이크로 소자와 미세광학제품의 가공을 위해서는  $\mu\text{m}$ 급의 정밀도를 요구하면서 높은 생산성을 유지하여야 된다. 이러한 이유로 마이크로 소자나 미세광학제품의 대량생산을 위하여 롤 금형을 사용하게 되었으며, 이러한 롤 금형을 가공하기 위하여 초정밀 롤 금형 가공기를 제작하여 사용하고 있다. 이러한 롤 금형 가공기는 롤 금형의 재료를 회전시키고 가공용 툴을 접근시켜서 가공을 진행하게 된다. 이러한 롤 금형가공기의 생산성을 높이기 위해서 금형가공기의 회전수가 빨라지게 되고 이러한 회전수에 맞추어 가공을 하기 위하여 공구를 빠르게 움직여 주기 위한 FTS(Fast Tool Servo)가 개발되었다. FTS는 주로 피에조 액츄에이터(Piezoelectric Actuator) 혹은 VCM(Voice Coil Motor)를 이용하여 만들어지며, 피에조 액츄에이터를 사용한 FTS의 경우 높은 주파수 성능을 가지고 있다는 장점이 있으나, 그와 함께 이송거리가 짧다는 단점 또한 있다. VCM을 이용한 FTS의 경우 이송거리가 피에조 타입에 비하여 길지만 주파수 성능이 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 피에조 액츄에이터와 증폭 메카니즘을 활용하여 FTS를 개발하여 그 특성을 파악해보고자 한다.

## 2. 증폭형 FTS 최적설계 및 해석

증폭원리는 Nano-Stage의 이송변위를 확대시켜서 피에조 액츄에이터의 짧은 이송거리를 늘여주기 위하여 사용된 메카니즘이다. 이러한 증폭 메카니즘은 크게 Lever type과 Bridge type이 있으며, Fig.1에 나타내었다. Fig. 1(a)는 지렛대원리를 이용한 Lever type 증폭원리에 관한 그림이다. 이때 증폭비율은 고정이 되는 힌지(Flexure hinge)와 입력변위와의 거리, 그리고 지렛대의 길이에 대한 비율에 영향을 받게 된다. Fig. 1(b)는 Bridge-type을 나타내고 있다. 브릿지타입의 경우 입력변위와 수직방향으로 증폭이 발생하게 된다.(1-3)본 논문에서는 Lever Type과 Bridge type을 이용하여 Prototype을 제작하기 위하여 주요한 설계 영역을 설정하고 설계 치수 변화에 따른 최대 변위량 및 증폭비를 해석을 통하여 확인하고 이를 통하여 최적설계를 하고자한다. Fig.2는 증폭 타입 FTS의 주요 설계 변수를 나타낸 그림이다. Fig.3은 강과 알루미늄의 재질에 따른 증폭비를 해석한 결과이다. 결과를 통하여 재질에 따라서는 증폭비에 변화가 없음을 알 수 있었으며, 이를 통하여 증폭비는 FTS의 형상에만 영향을 받게 됨을 알 수 있었다. Table 1.은 설계를 통한 결과값을 나타낸 표이다.

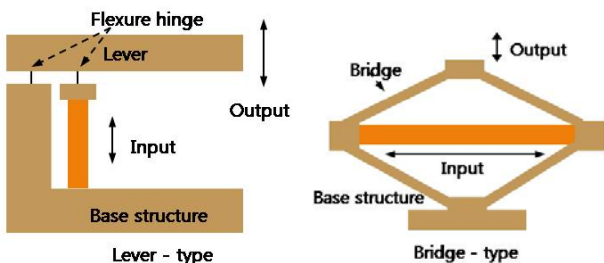
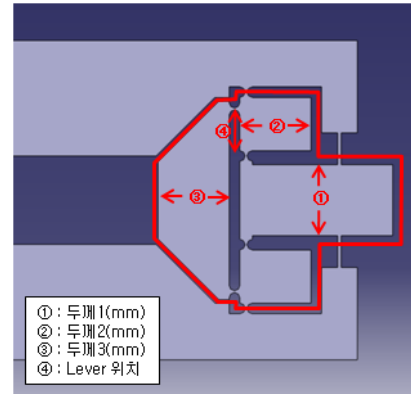
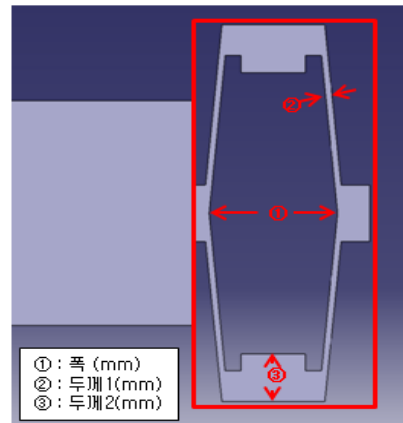


Fig. 1 Magnified mechanism for FTS

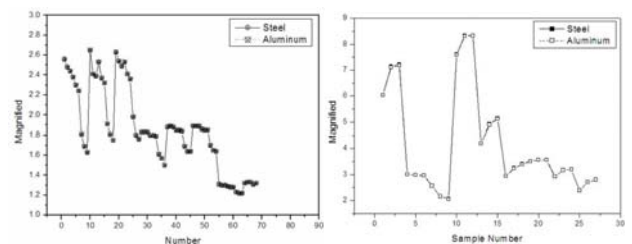


(a) Lever type



(b) Bridge type

Fig.2. Design of FTS Prototype



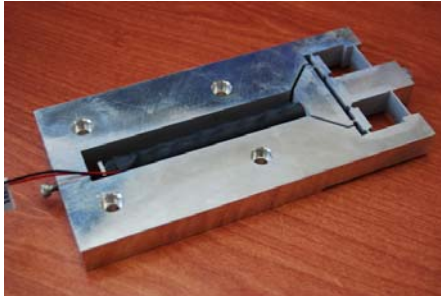
(a) Lever type

(b) Bridge type

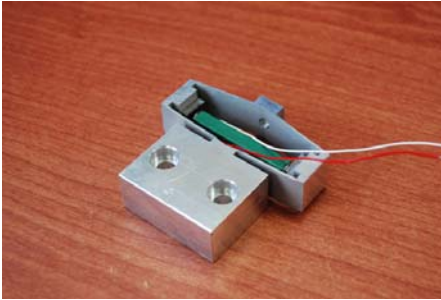
Fig.3. Result of FTS (material)

Table 1 Comparison of measured roughness data

Type	Lever 증폭 타입	Bridge 증폭 타입
증폭비	2	4.5
최대변위량 (500N)	113 $\mu\text{m}$	572 $\mu\text{m}$
고유진동수(1st)	1068Hz	271Hz
고유진동수(2nd)	-	421Hz



(a)Lever type



(b)Bridge type

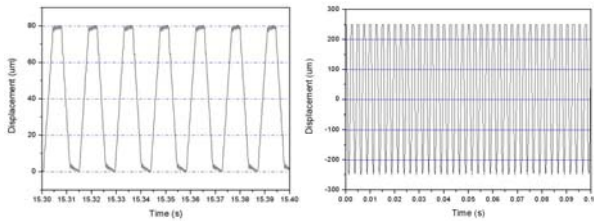
Fig.4. FTS Prototype

### 3. FTS의 고주파수 특성 파악

Fig 4는 실험을 위하여 제작되어진 FTS의 모습이다. 각 FTS에 이동전압을 인가하여 고주파수 특성을 파악하였다. Fig 5는 주파수 인가에 따른 변위를 나타낸 그림으로써 이와 같이 진행된 변위를 500Hz까지 측정하여 각 변위를 나타낸 그래프가 Fig.6에 나타나있다. 이러한 주파수 성능을 해석값과 비교해 본 결과 Lever type에 대한 주파수 응답성은 Hz가 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났으며, Bridge type의 경우 해석에 의한 1차 진동수 영역에서 약간의 변위가 보이고 있었으나, 해석결과 1차 고유진동수 영역에서는 이송방향진동이 아닌 좌우방향으로 진동이 발생하여 측정값과 다름을 알 수 있었으며, 2차고유진동수 영역은 해석값과 측정에 의한 값이 동일하게 나타남으로써 이때 진동수는 400Hz 이며, 최대 진폭은 500  $\mu$ m 이상임을 알 수 있었다. 해석결과를 이용하여 보다 높은 성능을 FTS 개발이 가능할 것으로 전망된다.

### 4. 결론

본 논문에서는 증폭원리를 적용한 FTS를 개발하기 위하여 FTS의 고주파 영역에서의 특성을 파악하고자 하였다. 해석결과를 통하여 최적설계를 진행하였으며, 최적해석 결과와 동일한 형태의 FTS를 제작하였다. 이를 통하여 주파수 실험 결과 해석결과와 동일한 영역에서 최대 진폭이 발생함을 알 수 있었다.



(a)Lever type

(b)Bridge type

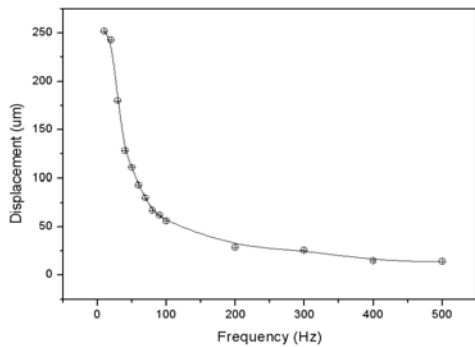
Fig.5. Displacement of FTS

### 후기

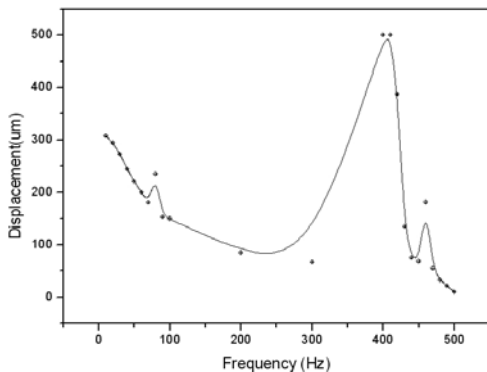
본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (R15-2006-022-세부과제번호-0)과 지식경제부의 전략기술개발사업인 “대면적 미세 가공시스템 기술개발” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Jun Hyung Kim, Soo Hyun Kim, Yoon Keun Kwak, "Development and optimization of 3-D bridge-type hinge mechanisms", Sensors and Actuators A Vol. 116 pp.530-538, 2004.
2. C.S. Han, S.H. Kim, "Three-axis lever actuator with flexure hinges for an optical disk system", Rev. Sci. Instrum. Vol. 73, pp.3678-3686, 2002.
3. Soo Chang Choi, Jeong Woo Park, Yong Woo Kim, Deug Woo Lee, "Self Displacement Sensing (SDS) Nano Stage", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. Vol. 8, pp. 70-74, 2007.



(a)Lever type



(b)Bridge type

Fig.6. Natural Frequency of FTS