

2 축 정밀 스테이지의 구동 기초 실험

송신형*, 황은주, 민경석(고려대학교 대학원 기계공학과), 최우전(고려대학교 기계공학과)

주제어 : 스테이지, 압전 액추에이터, 힌지, 분해능, 반복정밀도, 선형성

반도체 공정과 같은 정밀 위치제어가 요구되는 분야에서 높은 해상도와 큰 구동 거리를 가지는 정밀 스테이지의 수요가 점차 증가하고 있다. 압전 액추에이터에 의해 구동이 되는 정밀 스테이지는 이와 같은 용도에 적합한 것으로 여겨지고 있고, 이에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 압전 액추에이터로 구동하는 2 축 정밀 스테이지가 연구 대상이다. 요구되는 스테이지 변위가 커서 압전 액추에이터의 변위만으로 원하는 변위를 얻을 수 없으므로, 유연힌지가 포함된 레버구조를 이용하여 최초 변위를 3 배 이상으로 확대시키는 구조로 되어있다. 그리고 최초 입력신호와 출력 신호를 비교하여 되먹임 제어에 의한 구동을 실현할 수 있다. 본 연구에서는 정밀 스테이지에 관한 구동 기초실험을 수행하였다. 이를 위해 구동원이 되는 압전 액추에이터의 변위에 관한 실험, 최소 가능한 구동변위를 찾아내는 실험, x, y 각 축에 대한 반복정밀도와 선형성을 측정하는 실험이 수행되었다.

압전 액추에이터에는 히스테리시스 현상이 존재한다. 압전 액추에이터를 사용하는 정밀스테이지의 구동에서 이 현상은 매우 중요하다. 압전 액추에이터 구동에 관한 실험을 위하여 초당 0.5V 씩 증가하여 5V 에 이른 후, 같은 비율로 감소하는 계단파를 입력한 후 반응을 관찰하고, 출력되는 전압을 변위로 환산하여 표시하였다. 실험 결과, 같은 크기의 입력전압에 대해서 상승과 하강시 나타나는 변위가 다름을 알 수 있었다. 이는 압전재료의 히스테리시스 현상에 의한 것이다.

사각파의 크기를 감소시켜 입력하여 이에 따라 발생하는 스테이지의 변위를 측정하면서 스테이지의 최소구동한계를 측정하는 실험에서는 x, y 축 모두 0.005V 이하의 입력에서는 스테이지의 움직임이 사각파 형태로 측정되지 않았으며 이때의 구동변위는 x, y 축 각각 44.5nm, 49.6nm 로 나타났다. 이 값은 스테이지의 최소 구동 한계임을 의미하나, 사용한 신호 발생 장치와 측정장비에도 의존한다. 따라서 연구에 사용된 것보다 고분해능의 측정장비와 고해상도의 신호 입출력 장비를 사용한 추가적인 실험이 필요한 것으로 여겨진다.

반복정밀도와 선형성을 구하는 실험에서는 스테이지에 대한 입력을 초당 0.5V 씩 5V 까지 증가시킨 후 같은 비율로 감소시키는 계단파를 입력하여 4 회 반복 실험을 수행한 후 나타나는 변위를 구하여 각 변위에서의 반복정밀도와 선형성을 구하였다. 실험 결과, 반복정밀도는 대략 0.5nm 인 것을 알 수 있었다. 선형성에 관해서는 본 연구에서의 조건 하에서 변위가 입력 전압에 대해 선형적인 관계가 있음을 알 수 있었다.

Fig. 1 은 실험에 사용된 스테이지의 사진이고, Fig. 2 는 X 축 방향 운동의 상승하는 계단파에서의 반복정밀도이다.

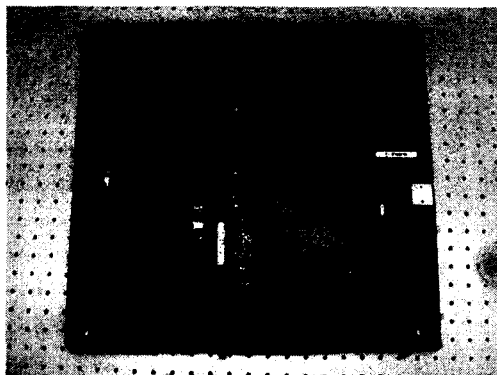


Fig. 1 Precision stage

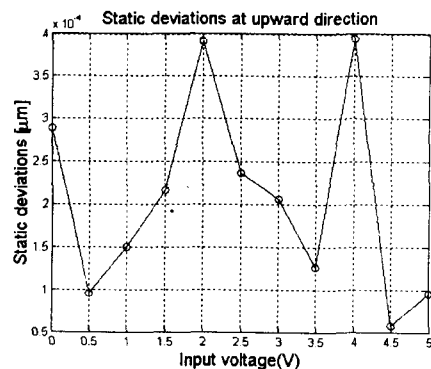


Fig. 2 Static deviations at upward direction