

고속·고하중용 나노구동 스테이지의 개발

류성훈(한국기계연구원), 한창수(한국기계연구원), 최기봉(한국기계연구원),

주제어 : Nano-positioning stage(나노급 이송스테이지), PZT actuator(압전소자구동기), Flexure hinge(유연힌지), Optimal stiffness range(최적화된 강성계수 영역), FEM(유한요소법)

나노 미터의 정확도에서 거동하는 나노급 이송 스테이지(nano-positioning stage)는 초집적 반도체 제조 장치나 AFM, STM과 같은 스캐닝 장비에서 중요한 역할을 담당하게 되면서 그 요구가 증대되고 있다. 최근에, 반도체 제조 장비나 스캐닝 장비들에게 더 빠른 응답속도와 정확한 정밀도가 요구되면서 샘플의 위치제어를 담당하는 정밀 스테이지 역시 빠른 응답속도와 정확한 정밀도라는 두 가지의 요구 조건을 동시에 만족시키도록 여러 연구들이 진행되어져 왔다.

이러한 조건들을 만족시키기 위한 정밀 스테이지의 설계에 있어, 압전 소자를 이용한 구동기(PZT actuator)와 스테이지와 단일체(monolithic)로 구성 되어있는 유연힌지(flexure hinge)의 설계가 스테이지 설계의 가장 큰 핵심이라 할 수 있다. 유연힌지와 압전소자는 각각 탄성 변형으로 인한 부드럽고 연속적인 운동을 제공해주는 장점을 가지고 있으며, 구조적으로 강성 및 응력에 있어 다른 이송 시스템보다 유리한 이점을 가진다.

본 연구에서는 나노급 이송 스테이지의 개발을 위해 설계, 모델링, 해석 및 실험을 실시하였다. 먼저 스테이지로서 요구되는 성능을 만족시키는 설계 구속조건을 제시하였고 이 조건들을 만족하는 유연힌지의 설계 변수들을 최적화 기법을 통해 구하였다. 최적화 된 설계 변수들을 적용하여 유한 요소 해석을 통해 설계 변수들이 요구되는 성능을 만족함을 보였으며 실험을 통해 수학적 모델링을 거쳐 얻어진 설계 변수들이 유효한 값임을 보였으며 유한요소 해석결과에 상응하는 실험 결과들을 얻었다.

실험 결과, 본 스테이지는 행정 거리 25 μ m, 분해능 5nm, 1차 공진주파수 197 Hz, 각 운동 오차가 30 μ rad 이내의 성능을 보여준다.

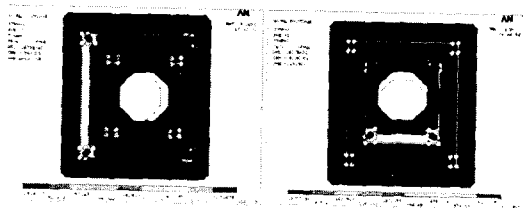


Fig. 1 Deformation result of the stage by the FEM analysis.

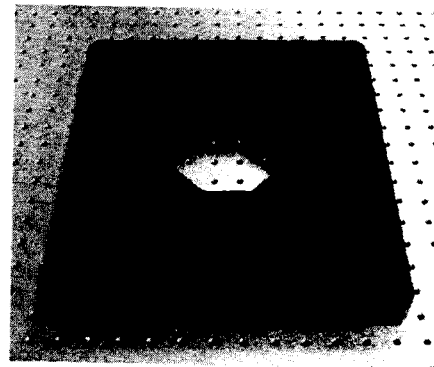


Fig. 2 A 2-DOF nano-positioning stage of monolithic nested-loop type