

레이저 바이브로 미터와 MSC/NASTRAN을 이용한 나노 임프린팅 스테이지의 진동 실험 및 해석

Vibration test and analysis of the nano-imprinting stage by using laser-vibrometer and MSC/NASTRAN

이성훈† · 이정석* · 정재일** · 임홍재**

Sung Hoon Lee, Jung Suk Lee, Jay Il Jung and Hong Jae Yim

1. 서 론

반도체 제작 공정, 제품의 소형화, 경량화, 첨단화됨에 따라 나노미터(nm)의 분해능을 갖는 정밀 스테이지의 요구가 급격히 증가 하고 있다. 이러한 정밀 스테이지의 정밀하고 정확한 구동과 스테이지 위에 수반되는 일련의 작업 중에 변함없는 위치 결정을 유지하기 위해서는 기본적인 강성 확보와 내.외부 가진에 대한 영향을 최소화 하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 서로 다른 지지방식을 가지는 실제 나노 임프린팅 스테이지의 진동 특성을 레이저 바이브로 미터를 이용하여 실험하였고 3D 가상 모델을 MSC/NASTRAN을 이용하여 진동 특성을 해석하여 실험값과 해석 값을 비교하여 가상모델의 신뢰성을 검증하였다. 나아가 3D 가상 모델의 수정을 통해 나노 임프린팅 스테이지의 강성을 증가하는 개선방향을 제시하고자 한다.

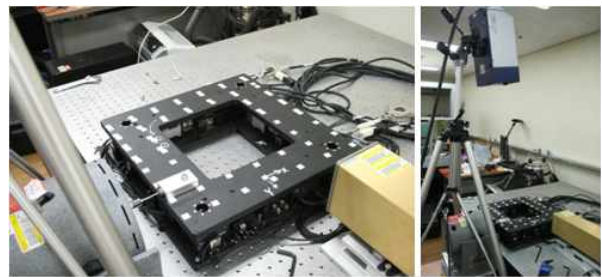


Fig.1 Vibration test of a 4-axis stage

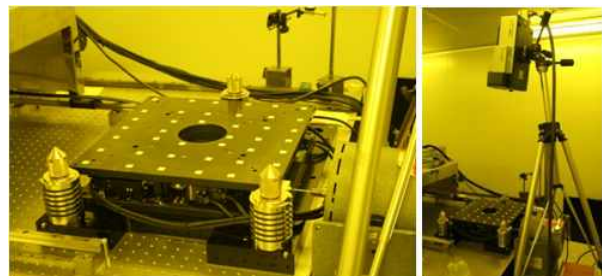


Fig.2 Vibration test of a 3-axis stage

2. 스테이지 진동 실험

2.1 실험 환경

진동 실험은 진동 측정을 하고자 하는 대상에 일정 영역의 가진을 가하고 그 가진에 의해 나타나는 대상의 진동 특성을 분석하는 것이다. 측정하려는 대상이 상판이기 때문에 상판의 z축 방향으로 가진을 가하고 가진방향과 일치하도록 레이저 바이브로미터를 설치하여 실험을 하는 것이 정확하나 구속되어 있는 스테이지를 고려하여 y축 방향으로 가진을 주었다.

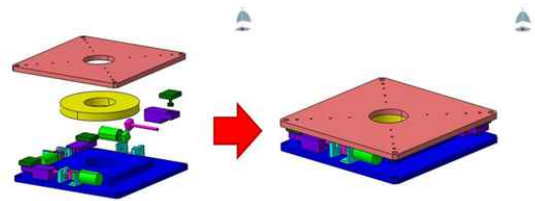


Fig.3 A 3-axis stage

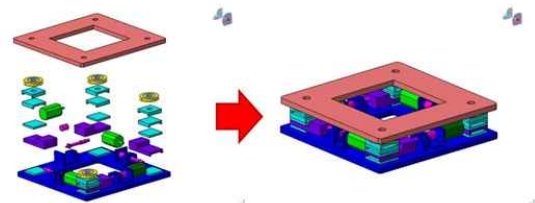


Fig.4 A 4-axis stage

† 교신저자; 국민대학교 자동차 전문대학원
E-mail : idstephano@naver.com
Tel: (02)910-5145

* 국민대 자동차전문대학원

** 국민대 기계자동차공학부

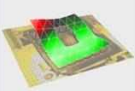
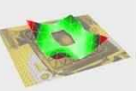
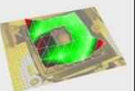
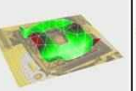
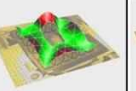
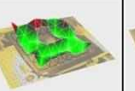
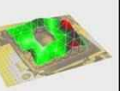
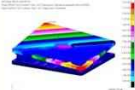
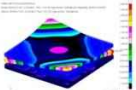
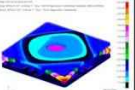
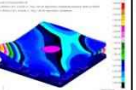
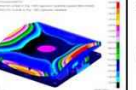
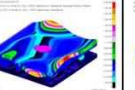
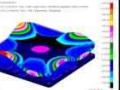
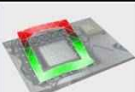
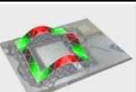
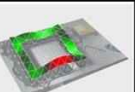
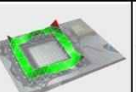
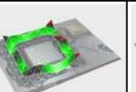
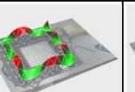
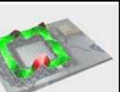
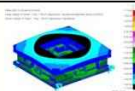
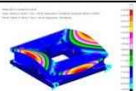
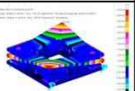
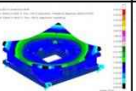
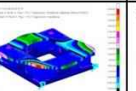
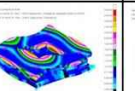
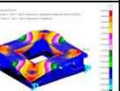
		1 st mode	2 nd mode	3 rd mode	4 th mode	5 th mode	6 th mode	7 th mode
3axis Stage	Test							
		108.8 Hz	547.5 Hz	767.5 Hz	900 Hz	948.8 Hz	1623 Hz	1771 Hz
3axis Stage	Simulation							
		107 Hz	596 Hz	739.5 Hz	895.2 Hz	1093 Hz	1536 Hz	1661 Hz
4axis Stage	Test							
		142.5 Hz	368.8 Hz	408.8 Hz	561.3 Hz	712.5 Hz	1006 Hz	1528 Hz
4axis Stage	Simulation							
		165.87 Hz	335.66 Hz	353.49 Hz	549.18 Hz	714.17 Hz	1050.5 Hz	1466.5 Hz

Fig.5 A 3-axis stage

가진기를 통해 프레임 부에 임프린팅 공정중 발생 할 수 있는 내부가진 요소는 리니어 모터(50~100Hz) 가진의 약 20배에 달하는 1~2000Hz의 가진을 주어 주파수에 대한 분석을 실행 하였다. Fig.1은 4축 스테이지의 진동 실험 모습이다. Fig.2는 3축 스테이지의 진동 실험 모습이다.

3. 시뮬레이션 환경 모델링

3.1 스테이지 모델링

스테이지 모델링은 3D CAD Tool을 이용하여 모델링 하였다. 모델링 과정에서는 최대한 실제 모델과 흡사하게 노력하였고, 정밀하고 세밀한 측정을 통하여 이루어 졌다. 뿐만 아니라 스테이지 구동의 메카니즘을 고려하여 다물체 기구동역학 해석 프로그램을 이용하여도 실제 메카니즘을 완벽히 구현할 수 있도록 모델링 하였다. Fig.3과 Fig.4는 3축 스테이지와 4축 스테이지의 진공흡착판과 미들플레이트를 제외하고 각각의 파트를 모델링하고 합쳐진 모습이다. Hyper mesh를 사용하여 유한요소모델을 생성하였고 MSC/NASTRAN을 사용하여 진동특성을 해석하였다.

4. 결 론

본 연구에서 실험하고 해석한 결과는 서로 다른 지지 방식을 가지는 실제 나노 임프린팅 스테이지의 진동 특성

을 파악하고 3D 가상 모델의 진동 특성을 해석한 실험값과 해석값을 비교하여 가상모델의 신뢰성을 검증하고 나아가 개선방향을 설정하는데 목표를 두었다. 실험값과 해석값의 비교로는 가장 뚜렷한 진동 형태를 보여주는 7가지의 mode를 선정하였다.

Fig.5는 선정된 7가지 모드 of 실험값과 해석값을 보여주고 있다. 전체적으로 10% 미만의 오차가 생기지만 그 범위가 크지 않고 모드 형상 또한 흡사한 형태를 보여주기 때문에 가상 모델의 신뢰성을 확보할 수 있었다. 오차의 이유로는 스테이지 구성요소간의 결합부위의 강성이 실제와 다를 수 있기 때문이다. 두 가지의 스테이지 모두 리니어 모터에 의한 가진영역은 벗어나 있으나 스테이지 제작 비용과 무게 등의 관점에서 비교하였을 때에는 재질이 철인 3축 스테이지 보다 알루미늄을 사용한 4축 스테이지가 경제적이라고 판단된다.

앞으로 나노 임프린팅 스테이지의 강성 및 정밀도를 높이기 위해 가압 공정이 수반되는 상태에서의 스테이지 거동을 연구할 계획이다.

후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음(과제번호 10583)