

# 진동 실험을 바탕으로 한 등가 스테이지 모델링

## Modeling of equivalent stage based on vibration test

이정석† · 이성훈\* · 정재일\*\* · 임홍재\*\*

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

### 1. 서 론

반도체, 초정밀 가공, 정보기기 분야의 발달로 인하여 1미크론 미만의 위치 정밀도를 요구하게 된 요즘 초정밀 위치결정기구의 요구가 급격히 증가하고 있으며, 미세한 부위의 고정밀도 작업에 대한 필요성이 대두되고 있다.

나노급 반도체 생산에 이용되는 스테이지 장비의 경우, 패터닝이 이루어지는 상/하판 사이의 정확한 정렬(alignment)을 위해 더욱 정밀하고 신뢰성이 높은 스테이지 기구시스템 개발이 절실하다.

특히, UV 나노임프린트 리소그래피 공정에서는 스테이지의 정렬 및 레진의 경화 과정에서 몰드와 기관 사이에서 힘이 발생하여 스테이지의 변위가 발생한다. 이때, 정밀한 위치 제어 공정을 위해 이러한 스테이지의 외력에 의한 변위를 억제하여야 한다. 그러기 위해 변위를 발생시키는 힘에 대한 연구가 필요하며, 이러한 연구를 위해서는 보다 정확한 스테이지의 모델이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 레이저 바이브로 미터를 이용한 스테이지의 진동 실험을 통하여 스테이지의 각 조인트의 강성을 알아보려고 하였다. 진동실험의 데이터를 바탕으로 MSC ADAMS Tool을 이용하여 스테이지의 동적 특성을 분석하기 위한 모델을 만들었다. 그리고 실험값과 해석값을 비교하여 가상 모델의 신뢰성을 검증하였다.

### 2. 스테이지 진동실험

#### 2.1 실험 환경

진동 실험은 측정을 하려는 대상에 일정 영역의 가진을 가하고 그 가진에 따른 진동 특성을 측정하는 것이다. 상판의 z축 변위 측정을 목적으로 실험이 진행되기 때문에 z축으로 가진을

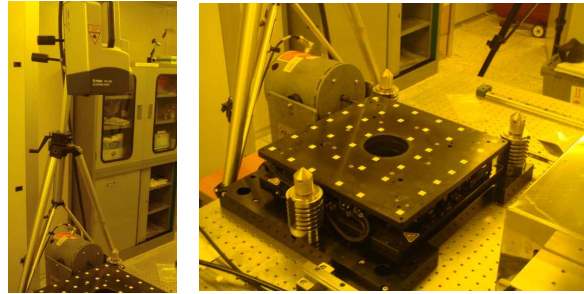


Fig.1 Vibration test about a 3-axis stage

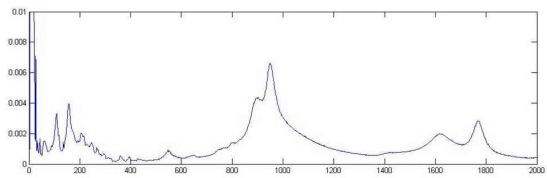


Fig.2 Frequency response of a vibration test

가하고 레이저 바이브로 미터를 설치하는 것이 정확하나, 구속되어있는 스테이지를 고려하여 y축 방향으로 가진을 하였다. 이때의 가진 주파수 대역폭은 0~2000hz이다. 상판의 41점의 위치를 측정하였고, 5번을 측정하여 평균을 내었다. Fig.1은 3축 스테이지의 진동 실험 모습이며, Fig.2는 3축 스테이지의 주파수 응답 실험 결과를 나타낸 것이다.

### 3. 등가 스테이지 모델링

#### 3.1 스테이지 모델링

스테이지 모델링은 CAD Tool을 이용하여 모델링 하였다. 실제 모델과 흡사하게 만들기 위해 노력하였고 정밀한 측정을 통하여 이루어졌다. MSC ADAMS Tool을 이용하여 실제 움직임을 구현할 수 있도록 모델링 하였다.

스테이지를 이루고 있는 모터 및 각 조인트들은 각각의 강성을 가지고 있다. 하지만 그 각각의 강성을 확인할 수 없으므로 실험값을 바탕으

† 교신저자; 국민대학교 자동차공학 전문대학원  
E-mail : lotedg@gmail.com  
Tel: (02)914-8812

\* 국민대학교 자동차공학 전문대학원

\*\* 국민대학교 기계 자동차 공학부

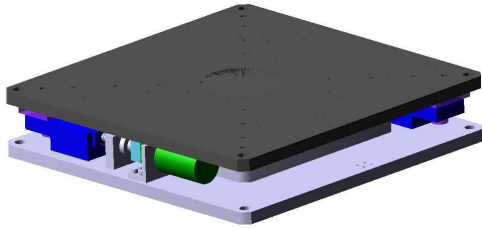


Fig.3 3-axis stage model

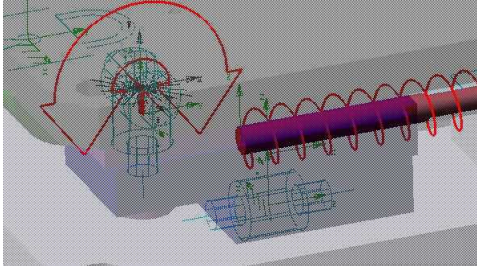


Fig.4 Spring and joint of a 3-axis stage model

로 등가 강성 모델을 작성하였다.

Fig.3은 3축 스테이지의 모습을 나타낸 것이며, 상판은 각각의 모드 형상을 보기 위하여 유연체 모델을 만들어 적용시켰었고, 다른 부품들은 강체로 설정하였다. 상판의 스러스트 베어링과 하판의 접촉부에는 접촉 조건을 주었다. Fig.4는 3축 스테이지의 조인트들과 등가 스프링을 나타낸 것이다.

### 3.2 모델링 검증

3축 스테이지 모델링의 검증을 위해서 레이저 바이브로 미터를 통한 실험값과 비교를 해보았다. 실험값과 해석값의 비교로는 rigid mode의 3가지 mode와 non rigid mode의 3가지 mode를 선정하였다.

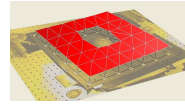
Fig.5는 실험값과 해석값을 비교한 것을 나타낸 것으로 rigid mode에선 약 12%정도의 오차가 발생하고, non rigid mode에선 5%를 넘지 않는 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

전체적으로 오차가 발생하지만 그 범위가 크지 않고 모드 형상 또한 흡사한 형태를 보여주기 때문에 등가모델의 신뢰성을 확인 할 수 있었다.

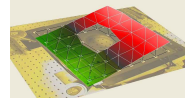
## 4. 결 론

본 연구에서는 3축 스테이지의 진동 실험과 그 결과를 바탕으로 등가 스테이지 모델을 만들었다. 실제 나노 임프린팅 스테이지의 진동 특성을 파악하고 3D 가상 모델의 진동 특성을 해석한

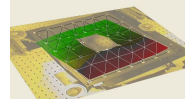
### Vibration Test



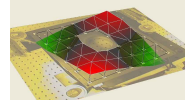
13.75hz



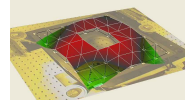
61.25hz



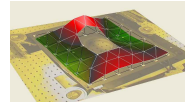
108.75hz



547.5hz

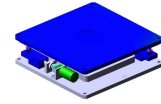


767.5hz

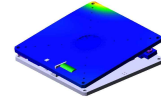


951.3hz

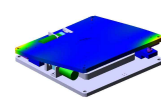
### Simulation



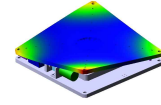
13.72hz (0.2%)



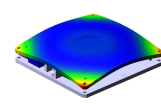
68.38hz (11.6%)



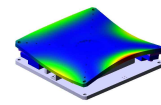
96.17hz (11.6%)



561.99hz (2.7%)



740.64hz (3.4%)



903.4hz (5.0%)

Fig.5 Comparison between test and simulation

실험값과 해석값을 비교하여 가상모델의 신뢰성을 검증하는 것을 목표로 두었다.

앞으로 지금의 모델을 이용하여 스테이지의 거동 시 스테이지에 발생하는 진동과 외부의 힘이 스테이지에 미치는 영향들을 연구할 계획이다.

## 후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음(과제번호 10583)