

# 레이저 바이브로 미터와 다물체 동역학 프로그램을 이용한 등가 강성 스테이지 모델 구성

## The formation of equivalent stiffness models concerning nano-imprinting stages using laser-vibrometers and multibody dynamics programs

이지성\* · 김규학\* · 정재일\*\* · 임홍재 †

Ji Sung Lee, Kyu Hak Kim, Jay I. Jeong and Hong Jae Yim

### 1. 서론

반도체 생산 기술 개발 중 하나인 나노 임프린트 공정의 경우 패터닝이 이루어지는 몰드와 기판 사이의 정밀한 정렬이 중요하다. 그에 따라 보다 정밀하고 신뢰성이 높은 스테이지 개발이 필요하다. 최근 나노 임프린트 공정 중 UV 를 사용하여 레진을 경화시키는 과정에서 몰드와 기판 사이에 위치하는 레진의 팽창과 수축에 의한 힘이 발생하여 스테이지의 변위가 발생하는 것이 발견되었다. 이는 스테이지의 정렬을 저해하는 요소로서 정밀한 위치 결정을 위해서는 스테이지의 조인트에 강성이 어떻게 분포되어 있는지 조사하여, 외부의 힘에 대해 견딜 수 있는 강성을 갖춘 스테이지의 구성을 준비해야 한다. 본 연구에서는 레이저 바이브로 미터를 사용하여 스테이지의 X,Y,Z 축 방향에 대한 주파수 응답실험을 수행하고 다물체 동역학 프로그램을 이용하여 구성된 스테이지 모델의 고유 진동 해석을 수행한 후 실험값을 기준으로 해석모델을 조정하는 방법으로 등가 강성 스테이지 모델을 구성하고자 한다. 해석 모델은 주파수 응답 실험과 해석을 비교하여 검증한다.

### 2. 스테이지 진동 실험

본 연구에 사용되는 스테이지는 4 개의 모터에 의해 XYθ 방향으로 동작한다. 한 개의 모터세트는 가이드 레일들과 로터 부싱으로 이루어져 있다. 스테이지의 진동 실험은 4 축 스테이지 상판을 대상으로 실시하였고 MD DYNAMICS 사의 Modal 50A 의 전동식 가진기를 사용하여 가진 하였다. 그리고

POLYTEC 사의 PSV 400 SCAN SYSTEM 을 사용하여 진동 응답 측정하였다. 가진 하는 방향과 진동 응답 방향은 같은 축 상에 존재하며 각각 X,Y,Z 축에 대해서 시행하였다.

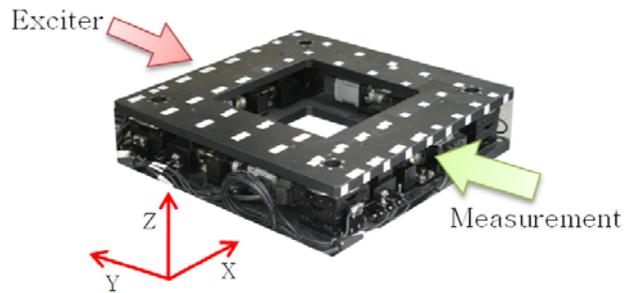


Fig. 1 Arrangement of the vibration test for Y axis

가진 주파수 대역폭은 0~2000Hz 이고 가진 모드는 Chirp 신호를 사용하여 10 번을 측정하고 평균을 구하였다. Fig. 1 은 세 축 중에서 Y 축의 실험 배열을 나타낸다.

Fig. 2 는 각 축에 대한 주파수 응답 실험 결과 그래프와 강체 모드의 형상을 나타내었다. 이 연구는 각 조인트의 강성을 알기 위함이 목적이므로 유연체 모드는 고려하지 않고 강체 모드만 고려하였다.

### 3. 등가 강성 스테이지 모델링

스테이지는 다물체 동역학 프로그램을 이용하여 모델링 되었다. 구성하고 있는 모터와 각 조인트들은 실제로 강성을 가지고 있지만, 이를 실제로 알아내기 어렵기 때문에 진동 실험 결과를 토대로 등가 강성 스테이지 모델을 구성하였다.

† 교신저자; 국민대학교 자동차공학과  
E-mail : hjyim@kookmin.ac.kr  
Tel : (02) 914-8812  
\* 국민대학교 자동차공학 전문대학원  
\*\* 국민대학교 기계시스템공학부

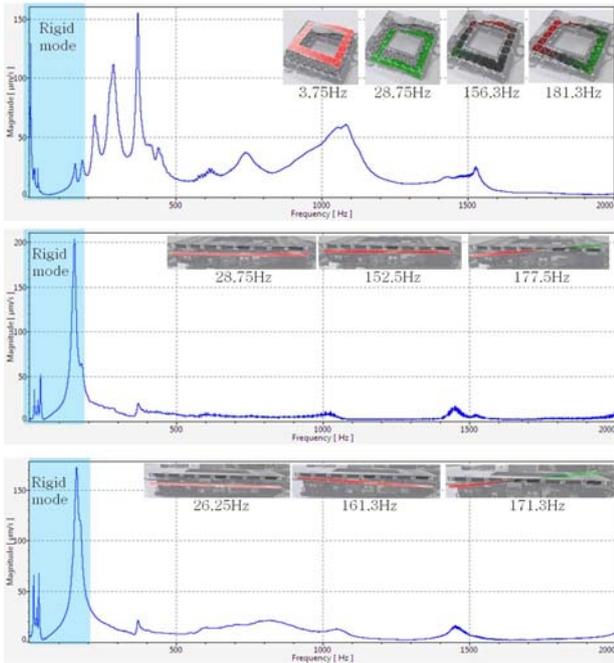


Fig. 2 Frequencies and mode shapes of the test

모델의 부재들은 강체로 구성하였다. 먼저 모터와 병진운동기 사이를 병진 조인트와 스프링으로 연결하였고, 이것은 실험값의 150Hz 대와 170Hz 대의 모드에 주된 영향을 끼친다. 그리고, 스테이지 상판 아래의 가이드레일에 원통 조인트와 비틀림 스프링을 연결하였고 이는 28Hz 대의 모드에 주된 영향을 끼친다. 마지막으로, 상판과 부시 사이는 원통 조인트와 부싱으로 연결하였으며 이는 3 Hz 대의 모드에 주된 영향을 끼친다.

모델링 된 스테이지의 수평면 주파수 응답 해석을 수행한 해석 값과 이전의 진동실험 값을 비교하였을 때, 오차가 5%이내에 있음을 확인하는 것으로 모델의 신뢰성 검증을 하였다.

Fig. 3 은 4 축 스테이지의 조인트와 등가 스프링을 나타낸 것이다.

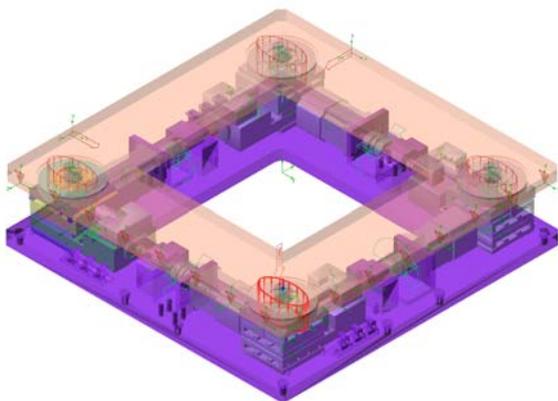


Fig. 3 Springs and joints of the 4-axis stage model

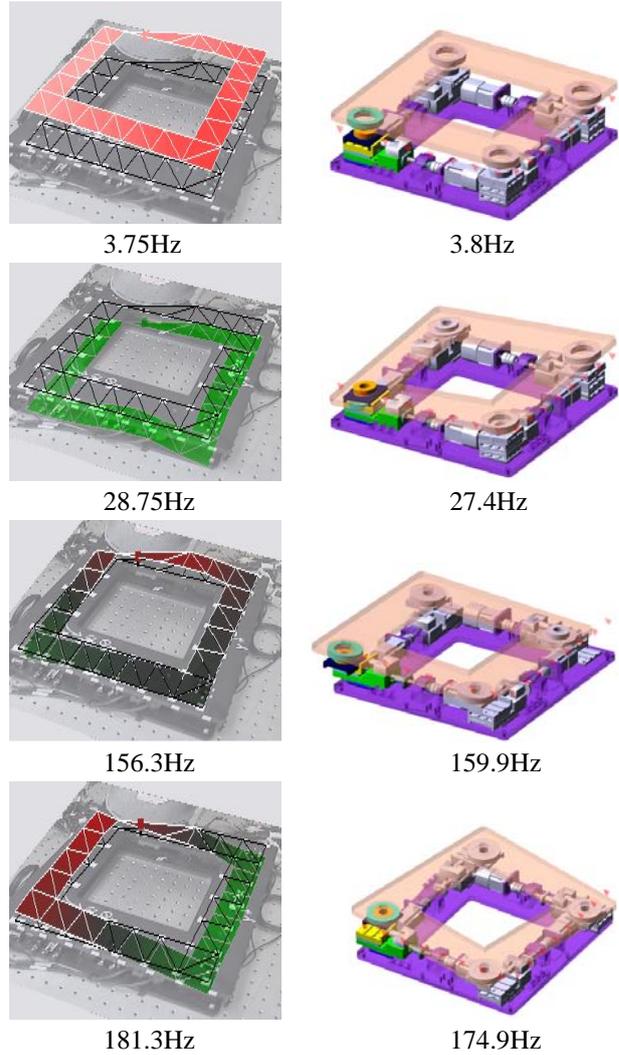


Fig. 4 Comparison of test and analysis

#### 4. 결론

레이저 바이브로 미터를 이용하여 스테이지에 대하여 얻은 세 축에 대한 주파수 응답 실험 값을 해석 모델에 적용하였다. 등가 강성 스테이지 모델의 고유 진동 해석 값과 비교하였을 때 Fig. 4 에서의 비교를 토대로 차이가 약 5% 이내에 있음이 확인되었다. 그러므로 동특성 측면에서 신뢰성 있는 등가 강성 스테이지 모델이 구성 되었다.

#### 후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성 되었음(과제번호 10583)