

가진 위치에 따른 나노 임프린트 스테이지의 진동실험

Vibration experiments depending on exciter locations concerning nano-imprinting statges

김규학*·이지성*·정재일**·임홍재†

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

1. 서 론

나노급 반도체 생산에 이용되는 스테이지 장비의 경우, 패터닝이 이루어지는 상/하판 사이의 정확한 정렬을 위해 더욱 정밀하고 신뢰성이 높은 스테이지 기구시스템 개발이 절실하다. 이러한 스테이지의 개발을 위해서는 정확한 스테이지 모델이 필요하며 모델에 필요한 데이터는 진동 실험을 통해 측정된 주파수 응답함수와 모드 형상을 이용하여 얻을 수 있다.

본 연구에서는 정확한 주파수 응답함수와 모드 형상을 얻기 위해 가진력을 전달하는 가진기 위치를 이동시켜 진동 실험을 실시한다. 스테이지에 대한 이전 진동실험에서는 스테이지가 구속되어 있어 가진 방향을 Z축 대신에 Y축으로 설정하였지만 이번 연구에서는 X,Y,Z축 각각의 방향으로 진동 실험을 실시하고 이전 실험의 주파수 응답함수와 비교한다.

2. 스테이지 진동 실험

3축 스테이지는 상/하판 사이의 정렬을 위해 X-Y축 평면에서 병진과 회전의 3자유도를 가지도록 설계되어 있다. 따라서 스테이지의 모델링에서 X, Y축 강성값은 중요한 요소이며 이를 고려하기 위해 X, Y축 방향의 진동 실험을 실시하여 각 축 방향의 주파수 응답 함수와 모드형상을 측정하였다. 또한 스테이지 상판은 400mm×400mm×15mm 크기의 평판이므로 정확한 모드 형상을 알기 위해 Z축 진동 실험도 실시하였다.

스테이지의 진동 실험은 3축 스테이지 상판을 대상으로 실시하였고 MD DYNAMICS사의 Modal 50A 전동식 가진기를 사용하여 가진하였다. 측정은 POLYTEC사의 PSV 400 SCAN SYSTEM을 사용하여 측정하였다. 가진 주파수 대역폭은 0Hz~2kHz이며 첵(Chirp)신호를 사용하여 10번을 측정

하여 평균을 구하였다. 스테이지 상판을 기준으로 하여 각 축 방향으로 가진기와 레이저 바이브로 미터를 설치하였고 Fig 1. 은 X축 방향 가진과 X축 방향의 진동응답 측정 모습이다. 진동실험은 X축 가진에 대한 X축 진동응답 측정을 Case 1, Y축 가진에 대한 Y축 진동응답 측정을 Case 2, Z축 가진에 대한 Z축 진동응답 측정을 Case 3 그리고 이전에 측정하였던 Y축 가진에 대한 Z축 응답을 Case 4로 설정하여 진행하였다.

3. 가진 방향에 따른 진동 응답

Fig 2.는 가진 방향과 측정 방향을 동일하게 놓고 주파수 응답 함수(FRF)를 측정한 그래프이다. Case 1과 Case 2는 측정 방향이 각각 X, Y축이며 대부분의 공진 주파수가 200Hz 이하에서 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 X, Y축 방향에서 3축 스테이지의 상판은 폭이 15mm, 두께가 400mm로 폭에 비하여 두께가 매우 두껍기 때문에 X, Y축 방향의 강체 모드만 나타나는 것이다.

Fig 3.은 Case 3과 Case 4를 비교한 그래프이다. Case 3과 Case 4는 측정 방향이 Z축 방향으로 동일하지만 가진 방향은 서로 다른 실험이다. 반면에 Fig 4.는 Case 2와 Case 4을 비교한 그래프로 측정 방향이 Y축과 Z축으로 다르지만 가진 방향은 동일한 실험이다. 진동 응답함수의 비교 결과 Fig 3.은 비슷한 주파수 영역에서 공진을 보이지만 Z축 방향 공진의 크기는 108Hz와 158Hz 영역보다 290Hz와 520Hz 영역에서 더 크게 나타나는 것을 관찰 할 수 있었다.



Fig 1. Arrangement of the vibration test for X axis

† 교신저자; 국민대학교 자동차공학과
E-mail : hjyim@kookmin.ac.kr
Tel: (02) 914-8812, Fax: (02) 910-5037

* 국민대학교 자동차공학 전문대학원

** 국민대학교 기계시스템공학부

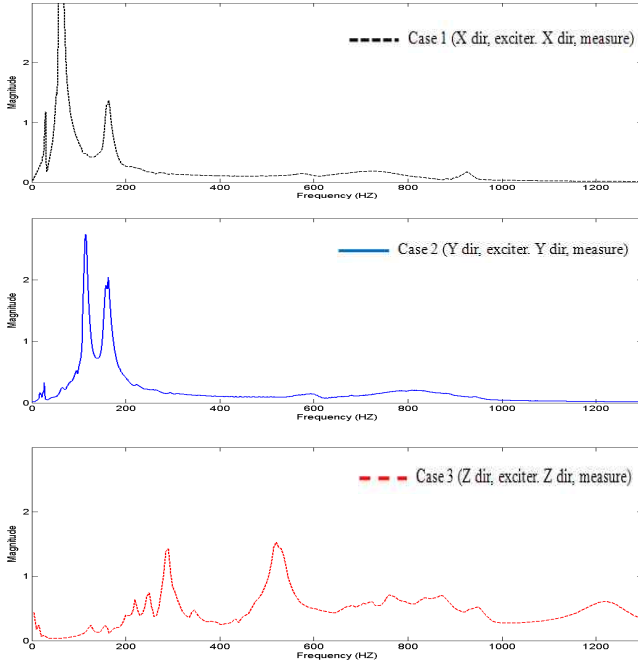


Fig 2. Frequency response function concernig 3-axis stage plate

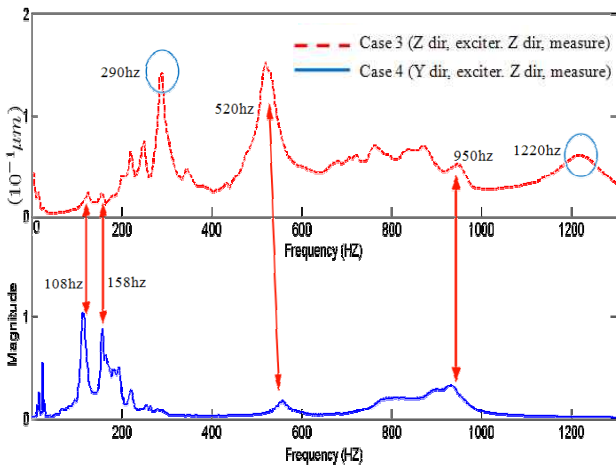


Fig 3. Comparison of Z and Y direction of exciters on FRF

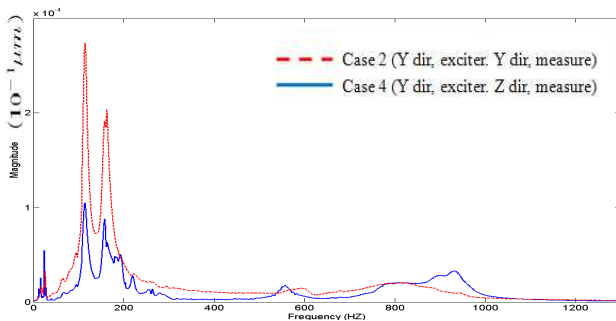
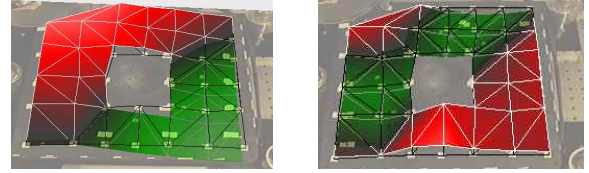


Fig 4. Comparison of Z and Y directions of measurement on FRF



(a) (b)

Fig 5. Mode Shapes of Z direction exciter and Z direction measurement (a) 290Hz, (b) 1220Hz

또한 Fig 5.와 같이 Case 3을 통해 Case 4에서 발견하지 못했던 290Hz와 1220Hz의 공진 주파수와 모드형상을 찾을 수 있었다. 이러한 진동 응답함수의 차이는 가진 방향에 따른 차이로 해석된다. Fig 4.의 Case 2와 Case 4와 같이 가진 방향이 같은 경우, 측정 방향은 달라도 주파수 응답함수의 형태는 매우 유사한 것을 볼 수 있다. Case 4는 Z축에서 진동 응답을 측정하였지만 Y축 가진을 사용했기 때문에 진동 응답 함수가 Case 2과 유사함 형태를 가지고 대신에 Case 3과는 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 3축 스테이지에 대한 진동실험에서 가진 방향을 X, Y, Z축 방향으로 각각 적용하여 진동실험을 실시하였다. 실험 결과 3축 스테이지 상판이 평판 형상을 가지기 때문에 Z축을 제외한 X, Y축 방향의 가진 및 측정에서는 대부분 200Hz 이하의 강체 모드의 진동응답이 발생하였다.

진동 응답의 측정 방향이 Z축으로 동일하지만 가진 방향이 Z축과 Y축으로 다른 두 실험과, 측정 방향은 Z축과 Y축으로 다르지만 가진 방향이 Y축으로 동일한 두 실험의 비교를 통하여 구조물의 진동 응답 특성은 측정 방향 보다는 가진 방향에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 또한 측정 방향과 가진 방향이 다를 경우 진동 응답 함수의 크기는 가진 방향의 공진 주파수에 영향을 받으며 경우에 따라서 몇몇 공진 주파수는 측정하지 못하는 경우도 발생한다. 따라서 정확한 진동실험 값을 위해서는 가진 방향과 측정 방향을 X, Y, Z축 각각에 대하여 동일하게 실험하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음. (과제번호 10583)