

과구동 스테이지의 정적 강성 향상에 관한 연구

A Study on static stiffness enhancement of 4-axis stage with Over-actuator mechanism

*최용석¹, 임홍재², 원종진³, #정제일³

*Y.S. Choi¹, H. J. Lim², J. J. Won³, #J. I. Jeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)³

¹국민대학교 일반대학원 기계설계학과, ²국민대학교 자동차 공학과, ³국민대학교 기계시스템공학부

Key words : Over-actuator stage, Static stiffness, Nano-imprint lithography.

1. 서론

반도체, LCD 기술의 발달과 수요의 증가는 생산 공정에서 생산속도 증가와 공정의 단순화, 경제성에 대한 연구로 이어지고 있다. 기존에 사용되는 공정인 Lithography 방식은 비접촉식 3축 스테이지가 사용된다.

기존에 주로 사용되는 Photo Lithography 공정의 비접촉식 스테이지는 U, V, W의 3자유도에 맞춰 3개의 구동기가 장착된 3축 스테이지이다. 이 스테이지 장비는 구동기가 서보 모터로 작동되는 경우 수 μm 급의 정밀도를 가지고 행정거리가 수 μm 에서 수 mm 반면 피에조 액츄에이터로 작동되는 스테이지는 수 mm의 정밀도와 행정거리를 가진다. 이러한 3축 스테이지의 단점을 보완하기 위해 서보 모터와 피에조 액츄에이터를 일렬로 연결한 하이브리드 방식과 구동기를 자유도보다 1개 더 장착하여 과구동에 의해 발생하는 힘으로 구동축방향 강성을 최대한 높인 과구동 4축 스테이지를 설계하였다[1].

본 연구는 3축 스테이지의 단점을 보완하여 개발한 4축 스테이지가 정적 강성 면에서 3축 스테이지보다 우수함을 규명하고 4축 스테이지의 과구동을 이용하여 정적 강성을 향상시킬 수 있음을 밝히는데 있다.

2. 실험 방법 및 결과 분석

3축 스테이지와 4축 스테이지에 Fig.1과 같이 레이저 인터페로미터를 정적 강성 측정을 위해 설치한다[2].

X축과 Y축에 하중을 작용시킬 수 있게 장치를 설치하여 2.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30kg의 순서로 30초 간격으로 무게추를 사용하여 하중을 증가시켰다가 역순으로 무게추를 제거하며 하중을 감소시킨다. 이때의 각 축의 변위를 측정하여 정적 강성을 측정한다.

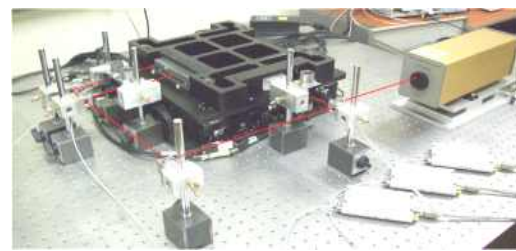


Fig. 1 Laser interferometer setup

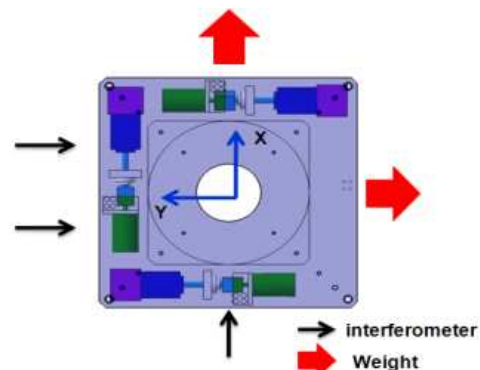


Fig. 2 Top view of 3-axis stage

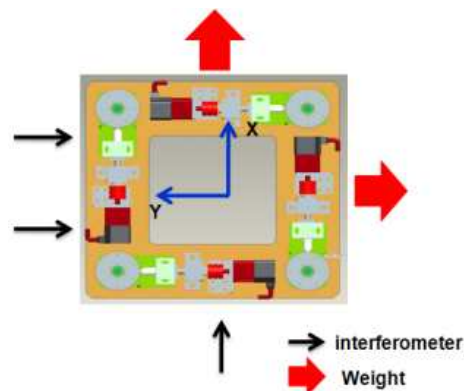


Fig. 3 Top view of 4-axis stage

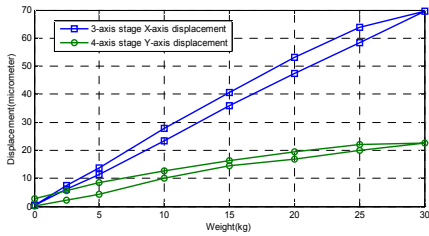


Fig. 4 X-axis displacement in cases of 3-axis stage and 4-axis stage

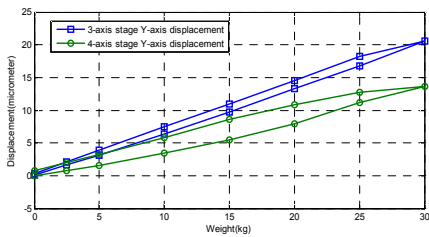


Fig. 5 Y-axis displacement in cases of 3-axis stage and 4-axis stage

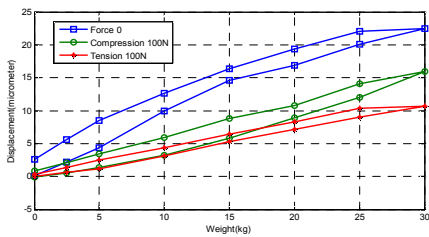


Fig. 6 X-axis displacement of 4-axis stage in compression and in tension

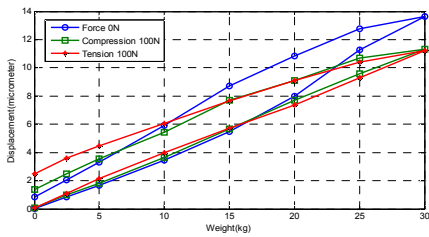


Fig. 7 Y-axis displacement of 4-axis stage in compression and in tension

위의 방법과 같이 실험을 3축 스테이지와 4축 스테이지에 실시한다. 이때 4축 스테이지에는 로드셀을 설치하여 4개의 축에 작용하는 힘이 0이 되게 임의로 서보 모터로 조정하여 실험을 실시한다[3].

3축과 4축 스테이지의 정상 상태에서의 정적 강성 측정 실험이 끝난 후 4축 스테이지의 과구동에 따른 정적 강성 향상에 관한 실험을 실시한다.

기본적인 실험 방법은 위와 동일하지만 로드셀에 작용하는 힘이 100N 압축 될 때와 100N 인장 될 때로 나누어 실험을 실시한다. 이는 4축 스테이지의 4개의 축에 작용하는 힘이 0 일때와 임의로 서보 모터의 조작으로 과구동 상태를 만들었을 때 그리고 그 힘의 방향에 따라 정적 강성이 어떻게 변화하는지를 알아보기 위해서이다.

각 실험에서 레이저 인터페로미터를 통해 얻어진 데이터에 온도, 습도, 기압 등을 보정하고 1초에 100개의 데이터 수집 하였다.

Fig. 4, Fig. 5에서 3축 스테이지와 4축 스테이지의 X축, Y축에 힘이 작용 하였을 때 변위는 4축 스테이지가 변위가 더 적게 나타냄으로써 정적 강성이 3축 스테이지보다 4축 스테이지가 높은 결과를 나타내었다.

Fig. 6, Fig. 7에서 4축 스테이지에 과구동으로 100N이 작용하였을 때 인장과 압축에 의해서는 크게 강성의 변화가 나타나지 않지만 0N일 때와 100N 일 때를 비교해보면 확실히 과구동 상태가 되었을 때 정적 강성이 향상되는 결과를 나타내었다.

3. 결론

접촉방식의 NIL공정에 있어서 스테이지 강성의 확보는 큐어링 공정중 패턴전사의 안정성을 위하여 필수적이다. 본 연구에서는 기존에 사용되는 3축 스테이지보다 축방향 강성이 강한 과구동 4축 스테이지의 강성 향상에 대하여 실험을 통하여 유효성을 증명하였다.

4. 후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(과제번호 10583)의 지원하에 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이진영, 박원준, 원종진, 정재일, "SimMechanics를 이용한 4축 과구동 스테이지의 모델링," 대한기계학회 추계학술대회 강연 및 논문 초록집, 69, 2008
2. 최용석, 노기훈, 원종진, 정재일, "4축 스테이지 속도와 가속도 변화에 따른 입출력 오차 분석," 대한기계학회 동역학 및 제어부문 춘계학술대회 논문집, 124-129, 2009
3. 최용석, 노기훈, 원종진, 정재일, "보간법을 이용한 과구동 4축 스테이지의 오차 보정결과," 대한기계학회 추계학술대회 논문 초록집, 311, 2009