AFM 측정을 위한 유연 힌지 메커니즘 기반의 대구동 스캔형 시스템 개발

Flexure mechanism based long range XY scanner for measuring AFM

*안병운[1], #조상준[2], 안준모[2], 박상일[2]

*B. W. Ahn[1], #S.-J. Cho(msjcho@ParkAFM.co.kr)[2] , J. M. Ahn[2], S.-I. Park[2]

[1,2] (주) 파크시스템스

Key words : Long range scanner, Out of plan motion, Atomic force microscope, Flexure mechanism, Piezoelectric

1. 서 론

최근 들어 300mm, 450mm 웨이퍼(wafer) 기반의 다양한 공정이 개발 되면서 대구동 나노 위치 결정 기구에 대한 요구가 활발해지고 있다. 대구동 나노위치결정기구는 XY 방향의 대구동 스캔형 시스템으로, 수백 μm 이상의 구동범위를 가지면서 nm 수준의 위치 결정 정밀도 및 nm 미만의 평면 외 운동(out of plan motion; OPM)이 구현되는 시스템을 의미한다. 대구동 스캔형 시스템을 필요로 하는 분야로는 반도체 제작 공정, 원자현미경 (AFM/STM system)과 같은 정밀 측정 시스템, 대면적 나노리쏘그라피 (nano lithography) 시스템 등이 있다. 특히 AFM에서는 시료나 AFM 팁을 정밀하게 이동시켜 위치시키는 것이 무엇보다 중요하고 또한 X, Y축의 움직임에 대하여 간섭 없이 독립적이어야 하는 특징이 있다. 이러한 AFM에서 요구하는 여러 가지 구동조건을 만족하기 위해서 피에조 현상 (Piezoelectricity)과 유연 힌지 메커니즘 (flexure mechanism)을 이용하여 초정밀 위치 결정 기구를 제작하는 연구가 많이 이루어져 왔다. Piezoelectricity는 nm 미만의 분해능을 가지고 있고, 열 발산이 없으며, 빠른 응답속도를 가지고 큰 힘을 낼 수 있는 장점을 기반으로 나노구동기 (nano actuators)등 다양한 분야에 활발하게 사용되고 있다. 그리고 flexure mechanism은 마모(wear)가 없고 조정 움직임 (guide motion)이 연속적이며, 움직임을 증폭하는 압상레버 (force lever) 등 다양한 기구를 적용하기가 용이하다. 또한 해석적 방법으로 비교적 정확하게 예측 할 수 있다는 장점이 있다[1]. 하지만 현재까지 개발, 적용되고 있는 나노 위치 결정 시스템은 대부분이 100~200 μm의 구동 범위와 나노수준의 위치 결정 정밀도가 구현된 시스템이 사용되고 있다.

이에 본 연구팀에서는 300mm, 450mm wafer 기반의 측정 시스템을 구축하기 위해서 반드시 필요한 400 μm 이상의 대구동 XY 스캐너를 개발하였다. 개발된 XY 스캐너는 대부분의 나노 위치 결정 시스템에 적용되고 있으며, 많은 연구를 통해 검증 된 PZT (lead zirconate titanate) actuator와 flexure mechanism 기반의 guide로 구성하였고. 또한 PZT의 증폭을 위해 force lever 기구를 적용하였다. 최종적으로 다양한 성능 검증을 통해서 AFM을 위한 대구동 스캔형 시스템으로서의 구동 성능을 확인 하였다.

2. XY scanner 설계 concept 및 시뮬레이션

대구동 XY scanner를 개발하기 위해서는 다음 항목에 대해서 순차적으로 1차 설계 항목을 선정 후 4가지 항목에 대한 복합적 시뮬레이션을 통해서 최종 설계 항목을 선정하게 된다.

(1) PZT → 변형량, 강성 검토
(2) force lever → 증폭율 검토
(3) flexure guide → 강성 검토
(4) moving part → 총 구동 범위 검토

Fig.1 은 full stroke을 기준으로 force lever 증폭율과 flexure 강성의 선정 기준을 나타내었다.

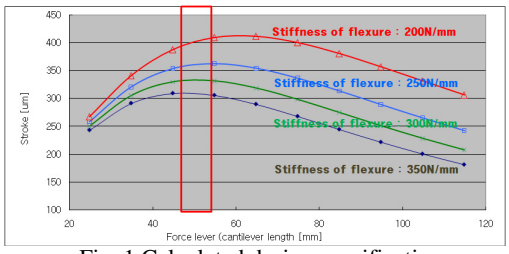
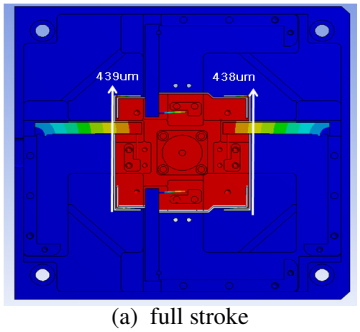
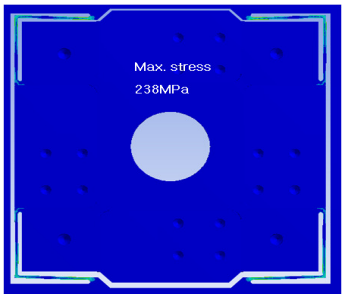


Fig. 1 Calculated design specification (force lever, stiffness of flexure, full stroke)

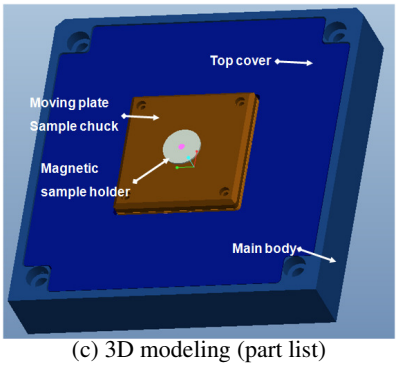
Fig.1의 결과를 기준으로 Force lever와 flexure 구조를 고려한 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 ANSYS (분석소프트웨어)를 이용하여 진행하였으며, 3D 모델링은 Pro/E (모델링 소프트웨어)로 진행하였다. 시뮬레이션을 결과를 통해 예상되는 full stroke은 약 440 μm 이며, 이때의 flexure stiffness 는 약120N/mm이다. 또한 flexure에 가해지는 stress 는 240MPa 로서, flexure body 재질의 항복응력이 510MPa 이므로 재료의 탄성 영역 내에서 guide motion 이 가능함을 확인 할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 Fig. 2의 (a), (b)에 나타내었으며, Fig. 2의 (c)에 최종 3D design 결과를 나타내었다.



(a) full stroke



(b) stiffness of flexure



(c) 3D modeling (part list)

Fig. 2 Simulation results of long range XY scanner

3. 결과 및 결론

개발된 대구동 XY 스캐너의 성능 검증은 AFM을 이용하여 10 μm 격자 (grating) 표준시편과 옵티칼 플랫 (optical flats) 시편 측정을 통해 분석하였다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 OPM의 경우 평균 ±5nm로 분석 되었으며, 이는 AFM에 의한 대면적 측정을 위해 반드시 필요한 성능지표로, 매우 우수한 결과이다. 또한 최종 full stroke은 480um임을 확인하였다.

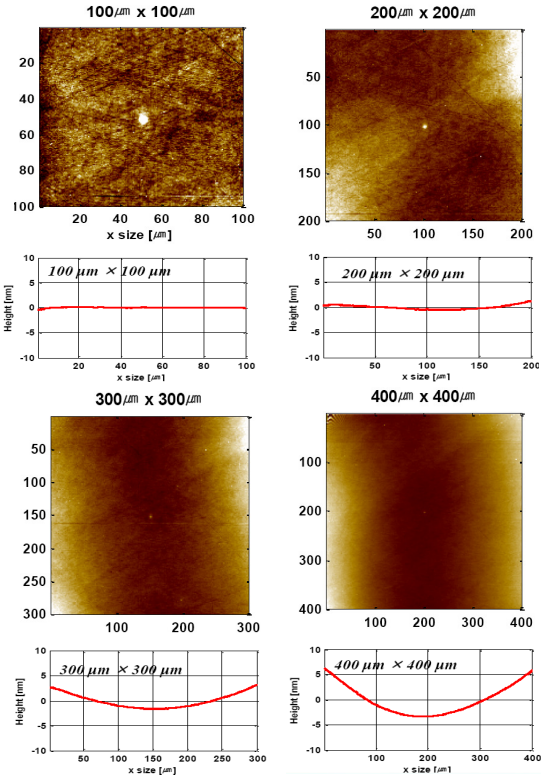


Fig. 3optical flatness sample measurement according to scan size

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원을 받았음 프로젝트번호 (ISTDP10033633)

참고문헌

1. K.B. Choi, J.J. Lee, M.Y. Kim, K.W. Ko."Analysis of a rotation stage with cartwheel type flexure hinges driven by a stack type piezoelectric element," KSPE, 24, 88-94, 2007