

PSM 나노스테이지를 적용한 AFM 개발 Development of AFM Using PSM Nano-Stage

*#이득우¹, 최수창², 김용우², 박정우³

*#D. W. Lee(Dwoolee@pusan.ac.kr)¹, S. C. Choi², Y.W. Kim², J.W. Park⁴

¹부산대학교 나노과학기술학부 나노시스템공학과, ²부산대학교 나노과학기술학부 나노융합기술학과, ³부산대학교 ILIC

Key words : AFM, Atomic Force Microscope, Nano-Stage, PSM Nano-Stage

1. 서론

초정밀 가공기술의 발달과 MEMS 가공 기술을 발달로 최근 생산되는 제품 혹은 부품들은 일반적으로 수nm~수 μ m 크기를 가지는 Mano/Micro급 초정밀 3차원 부품 혹은 수십nm의 패턴을 가지는 제품 혹은 부품들이 생산되고 있다. 이와 같이 정밀한 제품 및 부품들은 최종적으로 Nano급 측정을 통하여 평가 받게 된다. 이러한 Nano급 측정을 위하여 다양한 방법이 활용되고 있으며, AFM(Atomic Force Microscope)은 Nano급 측정을 위한 대표적인 시스템이라고 할 수 있다. 그러나 기존의 AFM의 경우 형상 측정을 위한 Z방향의 정밀도는 우수한 반면 X,Y축의 평면 정밀도는 낮은 수준을 나타내고 있었다. 또한 높은 정밀도의 AFM이 개발되어도 Open loop 방식의 Nano-Stage가 적용되어 실제적인 정밀도는 확보되지 않고 있었다. 이를 바탕으로 AFM의 정밀한 측정을 위해서는 Closed loop 방식의 스테이지가 필요하며, 이를 위해서는 변위를 정확하게 측정할 수 있는 센서가 필수적으로 필요하게 된다. 이러한 이유로 Stage의 이송변위를 측정하기 위해서 많은 연구가 진행되고 있다.

G.Jäger등은 Nanopositioning and Nanomeasuring Machine (NPM-Machine)을 제작함에 있어서 레이저 인터페로미터 (laser-interferometer)를 사용하여 measuring range: $\pm 3 \mu$ m, resolution: <1nm의 이송이 가능하도록 하였다.⁽¹⁾ 또한 D.W.Lee등은 나노스테이지(nano-stage)의 탄성 힌지 설계를 위한 실험에서 스테이지의 변위를 용량형 변위 센서(capacitive displacement sensor)로 측정하였다.⁽²⁾ 상기와 같은 방법들은 높은 측정분해능을 가지고 있지만, 레이저 인터페로미터를 사용한 측정의 경우, 외부온도와 습도에 의하여 레이저가 영향을 적합한 보정이 필요하며 측정 시스템이 스테이지와 별도로 설치되어야 하기 때문에 시스템 구성이 커지고 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 반면에 용량형 변위 센서의 경우 스테이지 내부에 설치가 가능하다는 장점이 있고, 이러한 장점을 이용하여 상용 나노스테이지의 개발 또한 활발하게 진행 중이다. 그러나 정전기를 이용한 측정 방식에 따른 전기적인 영향을 많이 받게 되고 이러한 영향으로 노이즈가 발생하여 측정 분해능이 낮아지는 경향을 나타낸다.⁽³⁾ 이러한 단점을 보완하기 위하여 증폭구조를 이용한 PSM Nano-Stage를 제작하여, 정밀 이송의 측정이 가능하도록 적용된 연구도 있었다.⁽³⁾

이에 본 연구에서는 변위증폭 측정원리를 적용한 PSM (Positioning feedback using Self Magnified) Nano-Stage를 제작하고, 이를 AFM에 적용하여 특성을 파악하고자 한다.

2. AFM용 PSM Nano-Stage의 설계 및 해석

PSM 스테이지를 AFM에 적용하기 위해서는 AFM에 설치가 가능하도록 콤팩트한 사이즈이면서, 동시에 높은 증폭률을 가질 수 있어야 된다. Fig. 1에 보이는 것과 같이 전체 사이즈를 130mm X 90mm X 10mm 로 설계하여 AFM 내부에 설치가능하도록 하였으며, Lever 메카니즘을 활용한 기계적 증폭 방법을 이용하여 증폭이 가능하도록 설계하였다. 또한 스테이지의 중량을 제거하여 불필요한 체적을 줄임으로써 무게를 감소 시켰다. 이와 함께 Fig. 1에서 보이는 것과 같이 X,Y축 Nano-Stage를 각각 제작하여 Stack Type으로 제작하였다.

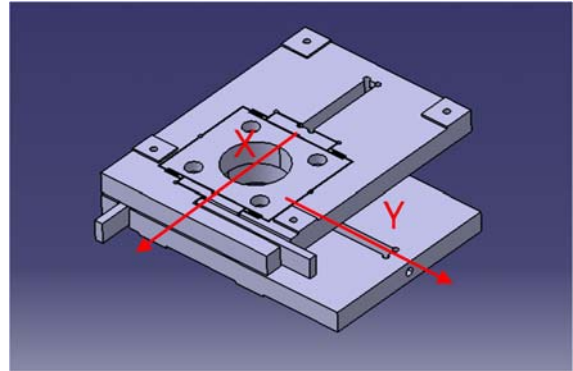


Fig. 1 Design of PSM Nano-Stage for AFM

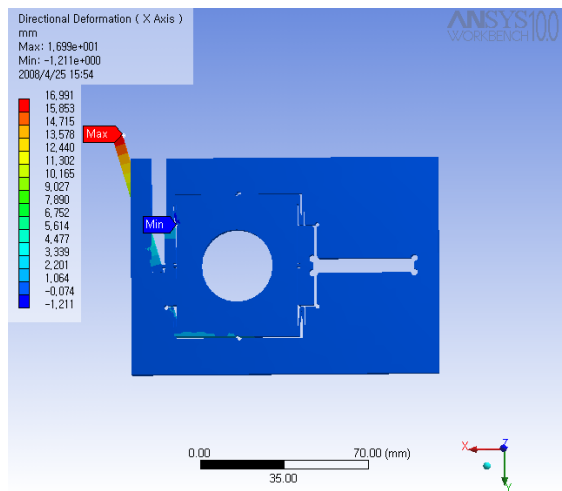


Fig. 2 Analysis of PSM Nano-Stage for AFM

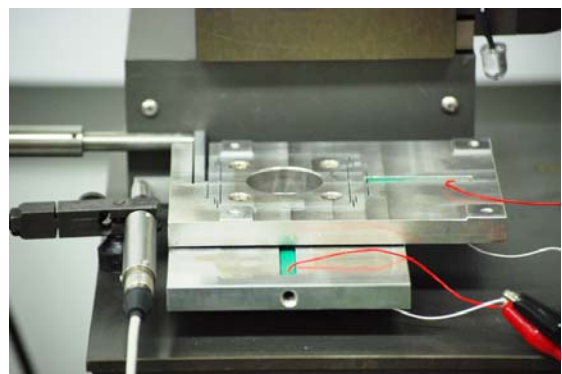


Fig. 3 Experiment of PSM Nano-Stage for AFM

Fig.2 는 PSM 스테이지를 해석한 결과이다. 재료는 알루미늄 합금을 기준으로 하였으며, 일정한 변위를 입력시키고 이때 발생하는 변위를 파악함으로써 증폭비를 예측할 수 있다. 이러한 해석을 통하여 약 17배의 증폭이 가능함을 알 수 있었다. AFM에 적용하기 위해서는 AFM에 설치가 가능하도록 콤팩트한 사이즈이면서, 동시에 높은 증폭률을 가질 수 있어야 된다.

3. AFM용 PSM Nano-Stage의 제작 및 특성

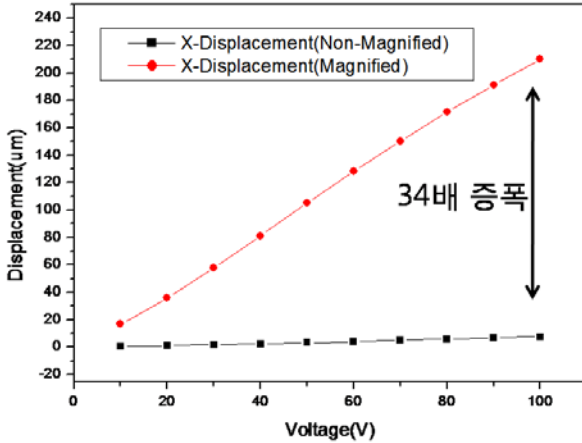


Fig. 4 X-Direction Displacement of PSM Nano-Stage for AFM

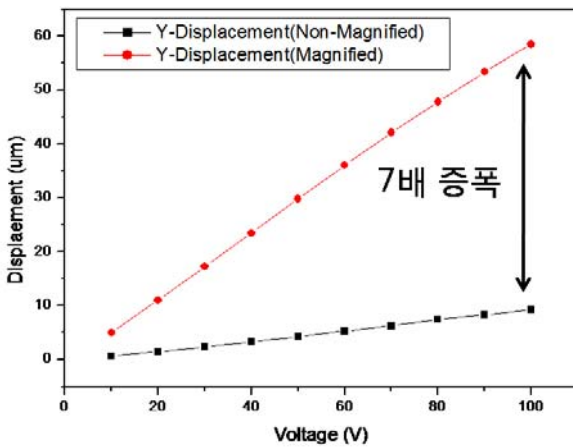


Fig.5 Y-Direction Displacement of PSM Nano-Stage for AFM

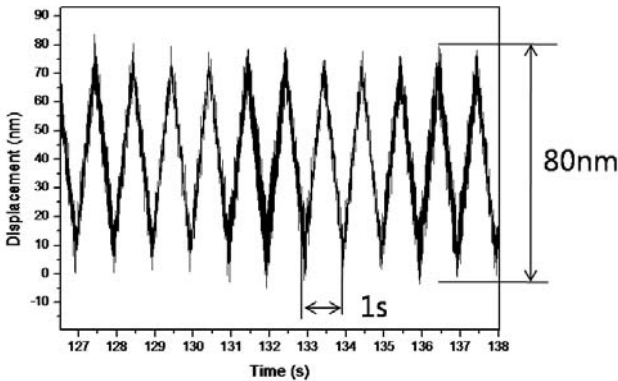


Fig.6 X-Direction Displacement in AFM Signal

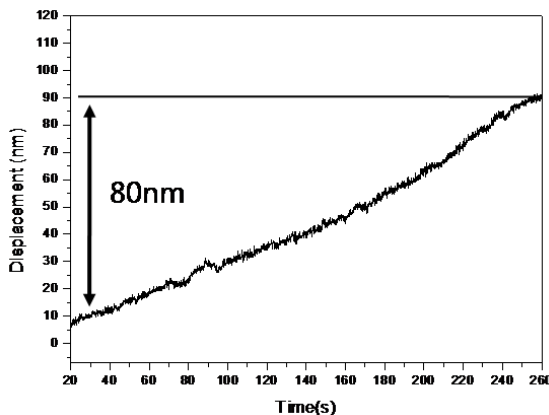


Fig.7 Y-Direction Displacement in AFM Signal

Fig. 3은 PSM 스테이지를 제작하여 평가하는 사진이다. 평가는 X,Y축을 동시에 측정하였으며, 실제 제작되어진 PSM Nano-Stage의 변위를 통하여 실제 증폭비를 구할 수 있었으며, Fig. 4,5는 X,Y축의 실제 변위 및 증폭된 변위를 나타내었다. 이때 증폭비는 각각 34배와 7배로 나타났다. Y축의 경우 올라가있는 X축의 영향으로 인하여 증폭비가 감소한 것으로 예상된다.

Fig. 6은 AFM의 측정 시그널을 PSM Nano-Stage에 인가하였을 때 X축 방향을 변위를 측정된 결과이다. 본 실험에서는 약 700nm의 측정이 가능한 용량형 변위 센서를 사용하였으며, 증폭에 의하여 약 80nm의 이송을 측정할 수 있으며, 측정 이송 주파수 또한 정상적으로 나타나고 있음을 알 수 있다. Fig. 7은 Y축 방향의 변위를 측정된 결과이다. X축이 스캔방향이고 Y축이 이송방향이므로 일정한 간격으로 증가하는 그래프를 나타내고 있다. 이를 바탕으로 보다 높은 성능의 센서를 사용할 경우 수nm~수Å까지도 측정이 가능할 것으로 전망할 수 있다.

4. 결론

AFM의 측정 성능을 향상시키기 위하여 PSM Nano-Stage를 도입하여 X,Y축의 이송을 정밀하게 제어하고자 하였다. 이를 위하여 AFM에 설치 가능하도록 소형화하고 증폭비를 높이기 위한 설계 및 해석을 진행하였다. 실제 PSM Nano-Stage를 제작하여 증폭비를 측정해 본 결과 X축은 34배, Y축은 7배의 증폭비를 나타내었으며, 실제 AFM에 적용해 본 결과, 이송 및 측정이 잘 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

후기

이 연구는 산업자원부의 차세대 신기술개발사업인 “차세대 지능형 Micro Factory 시스템 개발” 사업과 과학기술부 / 한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-2003-0) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. G. Jäger, T. Hausotte, E. Manske, H.-J. Büchner, R.Mastylo, N. Dorozhovets, R. Füßl and R. Grünwald, "Nanometrology-Nanopositioning-and Nanomeasuring Machine with integrated Nanoprobes", Materials Science Forum, Vols 505-507, pp. 7~12, 2006
2. E.Y. Kim, S.J. Lee, D.W. Lee, "A Study of Behavior Characteristics of Nano-Stage According to Hinge Structure" Proceeding of the KSMPE Autumn Conference, pp.75~80, 2005
3. S. C. Choi, J. W. P., Y. W. Kim, D. W. Lee, "Self Displacement Sensing (SDS) Nano Stage", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. Vol. 8, pp. 70-74, 2007.