

진동 측정용 캔틸레버를 이용한 원자현미경의 진동 제거 알고리즘

Atomic Force Microscope(AFM) Vibration Reduction Algorithm using a Cantilever as a Vibration sensor

*정지성¹, 정종규¹, 김철수², 박기환¹

*J. S. Jeong¹, J. K. Jung¹, C. S. Kim², #K. H. Park(khpark@gist.ac.kr)¹

¹광주과학기술원 기전공학과, ²한국자동차부품연구소

Key words : Atomic Force Microscope, Vibration Reduction

1. 서론

AFM(Atomic Force Microscope)은 날카로운 캔틸레버 팁이 시편 표면에 수 나노미터 이내로 접근할 때, 팁과 시편 표면사이에서 작용하는 원자력을 이용하여 시편 표면의 형상 및 물리적인 특성을 측정하는 장치이다. AFM은 수 나노미터 이하의 매우 높은 분해능을 가지고 있고, 형상정보 외에도 여러 물리적 성질을 측정할 수 있어, 반도체 생산 공정 및 생명 공학 분야에도 널리 사용되고 있다.[1][2][3]

AFM은 나노미터이하 레벨의 높은 분해능을 요구하기 때문에, 진동문제는 설계 시에 가장 중요한 부분 중 하나이다. 특히나 산업현장에서 실제 사용되는 경우, 외부에서 들어오는 진동에 의한 효과는 더 커지게 된다. 특히, 외부진동 및 제어신호의 주파수가 AFM의 특정 부분의 고유주파수와 근접하게 되면, 기계적인 진동 문제가 발생하게 되고 AFM의 분해능 및 정확도가 감소하게 된다. 이러한 진동문제를 해결하기 위해서, AFM 시스템의 기계적인 구조의 고유주파수를 외부 진동 주파수보다 높게 설계하는 연구가 진행되어 왔으나, 기존의 시스템 크기와 성능을 유지하면서 고유주파수를 높게 설계하는 것은 한계를 가지고 있다.[4][5]

이와 같은 기구 설계적인 접근과 달리, 외부 진동을 별도의 센서를 이용하여 직접 측정하여 측정된 데이터에서 진동효과를 제거하는 방식의 연구도 진행되고 있다. 캐패시터 거리 측정 센서 및 레이저 간섭계를 이용한 거리 측정 센서를 이용하여 위와 같은 연구가 선행 되었다.[6][7]

본 연구에서는 캔틸레버 팁을 하나 더 이용하여 외부진동을 측정하고, 이를 바탕으로 측정된 데이

터에서 진동 효과를 제거하는 방식으로 AFM의 진동문제를 해결하고자 한다.

2. 진동 제거 알고리즘

진동 제거의 기본 원리는 진동측정을 위한 캔틸레버 팁을 추가로 이용하여 측정된 형상 정보에서 진동효과를 제거해주는 원리이다.

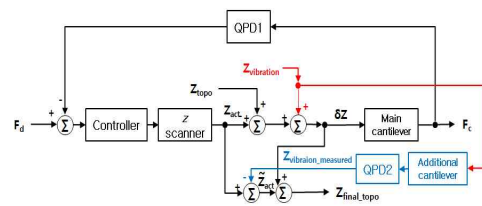


Fig. 1 Block diagram of AFM system using vibration reduction algorithm

Fig.1과 같이 AFM 시스템이 구성되어 있으며, 형상 측정시에 외부로부터 들어오는 진동과 형상 정보가 함께 측정되어 에러를 진동오차를 발생시키게 된다. 이때, 진동 측정용 캔틸레버를 이용하여 외부 진동만을 별도로 측정하게 되고, 이를 이용하여 측정된 형상 정보에서 진동 효과를 제거해주는 방식이다.

또한, 정확학 진동효과 제거를 위해서 각 캔틸레버 팁에서의 진동신호의 위상과 크기를 같게 해줘야 한다. 시스템의 동특성을 알고 진동 측정용 캔틸레버의 적절한 위치 선정이 필요하다.

3. 실험 방법 및 결과

본 실험에서는 외부 진동이 150Hz이하로 들어온다고 가정하고, 가진기를 이용하여 150 Hz 이하

의 외부 진동을 주면서 형상을 측정하여 이때 발생하는 진동을 별도의 캔티레버 팁을 통해 측정하여, 실제 측정된 결과에서 진동 효과를 제거하여 실제 이미지를 비교해 보았다.

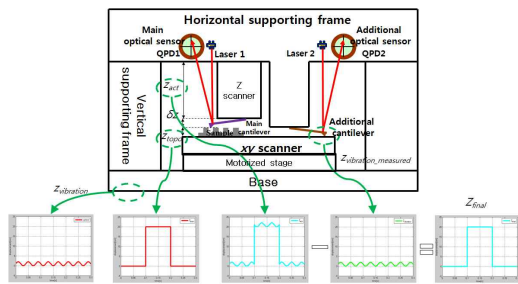


Fig. 2 Experiment setup and principle of vibration reduction Algorithm

Fig.2와 같이 실험 구성을 하였고, 격자 모양의 표준 시편을 이용하여 실제 형상을 측정하면서, 동시에 진동측정용 캔티레버를 이용하여 진동 신호를 측정하였다. 이 알고리즘을 사용하기 위해서는 제어신호에 포함된 진동신호와 진동측정용 캔티레버에서의 진동신호 위상을 일치시키는 것이 중요한데 이를 위해서는 캔티레버의 위치를 설정하는 것이 중요하다.

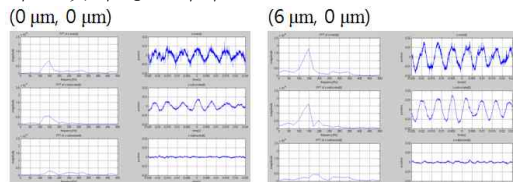


Fig. 3 Disturbance response analyses of two sensors according to the positions of main cantilever

Fig.3는 메인 캔티레버의 위치에 따라서 각 센서에서 측정된 신호를 분석한 결과로 위상과 크기가 같을 때, 진동 효과가 감소됨을 확인할 수 있다.

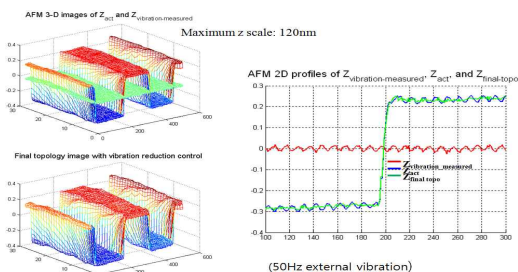


Fig. 4 Measured image results with 50Hz external vibration

Fig.3는 50Hz의 외부 진동을 주면서 실제 측정된 결과를 바탕으로 실제 이미지 처리를 한 결과이다. 위 결과와 같이 형상 정보에서 진동 정보를 제거하고 난 후에 형상 이미지 결과가 기존 측정 이미지에 비해서 진동 효과가 사라짐을 확인할 수 있다.

4. 결론

AFM의 진동 문제를 해결하기 위해, 외부 진동 측정을 위한 별도의 캔티레버를 사용할 수 있다. 진동이 발생하는 기구의 동특성을 분석하여 제어 신호에 포함된 진동 신호와 측정된 진동의 위상이 일치되는 점에 캔티레버를 위치하는 것이 중요하다. 실험 결과와 같이, 실제 측정된 이미지 결과에 측정된 진동신호를 보상하여 진동효과가 제거된 이미지 결과를 얻음으로 본 알고리즘의 진동 제거 효과를 확인하였다.

참고문헌

1. G. Binning, CH. Berber, E. Stoll, T. R. Albrecht, and C. F. Quate, 1987, Europhysics Letters, Vol. 3, pp. 1281-1286.
2. K. Wildeer, C.F. Quate, B. Singh, and D.F. Kyser, 1998, Journal of Vacuum Science and Technology B, Vol. B16, pp. 3864-3873.
3. E. Betzig, J.K. Trautman, R. wolfe, E.M. Gyorgy, P.L. Finn, M.H. Kryder, and C.H. Cahang, 1992, Applied Physics Letters, Vol. 61, pp. 142-144.
4. JY. Yena, KJ. Lana and J. A. Kramarb, 2005, Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 121, pp. 243-250.
5. A. W. Sparks and S. R. Manalis, 2004, Applied Physics Letters, Vol. 85, pp. 3929--3931.
6. G. Schitter and A. Stemmer, 2002, Nanotechnology, Vol. 13, pp. 663--665.
7. C. Kim, J. Jung, and K. Park, 2011, Review of Scientific Instruments, Vol. 82, pp. 35102--35109.