

광픽업기반 원자현미경에서의 고정밀도 마이크로캔틸레버의 굽힘측정 Deflection measurement for Optical Pickup Head based Atomic Force Microscopy

*#이상현¹

*S. H. Lee¹

¹안동대학교 기계설계공학과

Key words : Atomic Force Microscopy, Microcantilever, Optical pickup head

1. 서론

원자현미경은 미세한 캔틸레버를 시편위로 스캐닝하여 굽힘의 변화로 시편의 토폰그래피를 측정하는 방식으로 기본적으로 캔틸레버의 굽힘이 측정되어야 한다. 이 굽힘은 optical lever 방식¹과 간섭원리를 이용한 방식² 등이 사용되고 있으나, 전자의 경우 높은 분해능을 얻기 위해 긴 광경로가 요구되어 시스템의 부피가 커지는 단점이 있고, 후자의 경우, 간섭원리를 기반으로 하기 때문에 부품들의 가격이 높아지므로 시스템 구축에 높은 비용이 요구되는 것이 단점이다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해, 저가이면서도 컴팩트한 구조로 캔틸레버의 굽힘을 측정하는 연구로 광디스크 드라이버의 광픽업헤드를 사용하고자 하는 시도가 진행되었으며, 실제 광픽업헤드를 이용하여 제작된 원자현미경들이 발표되었다³⁻⁵. 그러나, 이들 연구에서 광픽업헤드의 출력에 대한 충분한 분석이 이루어지지 않아, 이로 인해 원자현미경에서의 측정은 constant force 모드만으로 이루어지는 한계가 있었다. 따라서 기존의 광픽업헤드 기반의 원자현미경은 기존 원자현미경이 가지는 모든 기능을 구현하지는 못하였으며, 본 연구에서는 광픽업헤드 출력에 대한 관계식을 수립하고 광픽업헤드 기반의 원자현미경의 운영에 있어, constant force 방식과 더불어 constant height 방식도 가능하게 하고자 한다.

2. 이론

광픽업헤드는 원통형렌즈에서 발생하는 비점수차의 원리를 이용하여, 상의 맺힘정도를 확인하는데, Fig. 1 이 그 원리를 나타낸다. 여기서, 미디어가 대물렌즈의 초점위치에 있게 되면, 4 분할 포토다이오드에는 정원의 빔이 맺히게 되고, 다른 경우에는 타원의 형태로 빔이 맺히게 된다. 따라서 4 분할 다이오드에서 각 다이오드의 출력값을 이용하여 미디어의 위치를 측정하게 된다.

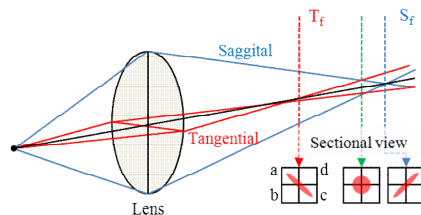


Fig. 1 Astigmatism and beam spot on photo-diode

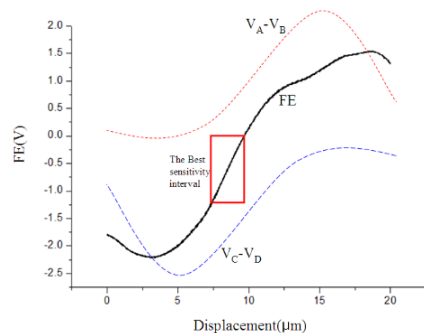


Fig. 2 Focusing error with respect to displacement⁷

Fig. 2 는 미더어의 위치에 따른 4 분할 포토다이오드의 출력값을 나타내는데, 위치에 따라 S 형 곡선으로 나타나는 것을 확인할 수 있고, 그 중 선형구간을 원자현미경에서의 마이크로 캔틸레버의 굽힘을 측정하기 위한 구간으로 지정한다. 이 구간의 관계식은 선형적합법이나 비점수차관계식을 이용하여 구할 수 있다.

3. 실험

Fig. 3 은 변위에 따른 4 분할 포토다이오드의 출력값을 교정하기 위한 실험장치이며, 마이크로 캔틸레버의 홀더부분을 교체하여 원자현미경으로도 활용하였다.

본 논문에서는 마이크로 캔틸레버의 굽힘 측정을 위한 센서, 즉 광픽업헤드의 출력식을 정형화하기 위해, 앞서 언급한 것과 같이 선형적합법과 비점수차관계식을 이용하였다. Fig. 4 는 표준시편(TGX11, MikroMasch, Estonia)를 constant height 모드로 측정된 결과를

각각 선형 적합법과 비점수차 관계식을 이용하여 변환한 결과이다. 전체적인 형상에서는 큰 차이가 없었으나, 시편의 높낮이에서 비점수차 관계식에 의한 결과가 낮은 오차를 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 광픽업 기반의 원자현미경에서 마이크로 캔틸레버의 굽힘측정의 정밀도를 높임과 동시에 constant height 모드에서의 측정이 가능한 방안을 제시하였다.

참고문헌

1. U.S. Patent, 5,440,920, 1995, Scanning force microscope with beam tracking lens.
2. M. Shusteff, T.p.Burg, and S. R. Manalis, "Measuring Boltzmann's constant with a low-cost atomic force microscope: An undergraduate experiment," *Am. J. Phys.* 74, 10, pp.873~879, 2006.
3. F. Quercioli, B. Tiribilli, C. Ascoli, P. Baschieri, and C. Frediani, "Monitoring of an atomic force microscope cantilever with a compact disk pickup," *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 70, pp. 3620~3624, 1999.
4. En-Te HWU, Kuang-Yuh HUANG, Shao-Kang HUNG and Ing-Shouh HWANG, "Measurement of Cantilever Displacement Using a Compact Disk/Digital Versatile Disk Pickup Head," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.45, pp.2368~2371, 2006.
5. Sang-Heon Lee, Hyun-Chul Kim, and Kwang-Suk Jung, "Atomic Force Microscopy using Optical Pickup Head to Measure Cantilever Deflection," *Int'l J of Preci Eng &Manuf.*, Vol. 12, No. 5, 913-915, 2011.
6. 이상현, 정광석, "비점수차법을 이용한 초정밀 변위측정법 연구," 한국정밀공학회지, 25, 87-94, 2008.
7. 김현철, 이상현, "마이크로 캔틸레버 굽힘 측정을 위한 센싱시스템," 대한기계학회 논문집 B 권, 36, 9, 961-964, 2012.

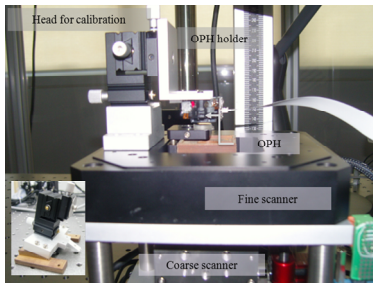


Fig. 3 Experimental setup for calibrating optical pickup head and microcantilever holder for OPH-based AFM

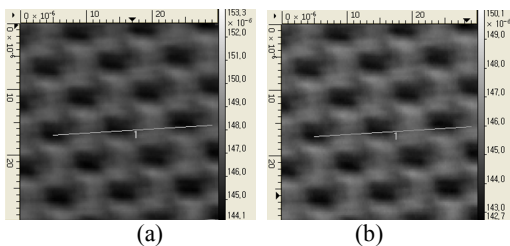


Fig. 4 Scanned images (a) linear interpolation, (b) astigmatism