

접촉식원자힘현미경을 리용한 가로힘측정에 대한 연구

최경주, 최호, 최경수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학은 현시대 과학기술발전의 핵심기초기술입니다. 최신 과학기술의 급격한 발전과 사회경제생활에서의 과학기술적변혁들은 다 정보기술과 나노 기술, 생물공학의 발전에 기초하여 이루어지고있습니다.》(《김정일선집》 증보판 제22권 20~21페이지)

원자힘현미경에 가로힘측정기능을 추가하여 시료표면을 측정하면 굴곡상태뿐만 아니라 결면의 성분분석 및 기계적특성분석에도 리용할수 있다.

가로힘현미경은 접촉식주사탐침현미경의 한 종류로서 탐침이 시편을 주사할 때 탐침과 시편사이에 작용하는 마찰힘변화를 측정하여 시료표면의 정보를 얻는 나노측정설비이다.

가로힘현미경과 접촉식원자힘현미경의 차이점은 탐침의 주사방향과 캔티레버의 변위, 빛전기위치검출기(PSD: Photo Sensitive Detector)에서 4개 빛성분의 연산방법이 다른것이다.

가로힘현미경에서 탐침은 시편과 접촉상태에서 캔티레버의 가로방향으로 주사되는데 이때 캔티레버는 탐침과 시편사이에 작용하는 원자힘과 마찰힘을 받아 휘기도 하고 꼬이기도 한다. 원자힘에 의한 휨변형은 시료표면의 굴곡을 반영하고 꼬임변형은 표면의 물리적 및 화학적성질을 반영한다.[1, 2]

우리는 이미 개발한 접촉식원자힘현미경에 탐침이 시료표면과 접촉한 상태에서 주사할 때 국부적마찰힘을 측정하는 기능을 첨부하여 가로힘을 측정하였다.

탐침설치틀설계에서는 탐침의 곡률반경과 빛행로자리길을 고려하여 캔티레버의 설치각도를 결정하고 틀모양을 합리적으로 선택하여야 한다. 탐침은 설치하거나 분리할 때 약간한 부주의에 의해서도 손상되는 경우가 많다. 때문에 탐침설치틀제작에서 기술적요구를 만족시키면서도 탐침을 안전하고 편리하게 설치하고 분리할수 있게 하는것이 중요하다.

우리가 설계제작한 설치틀에서 탐침설치각도는 11° 이고 설치틀과 본체와의 기계적결합은 USB포구접속방식을 리용하여 조립식으로 하였으며 캔티레버고정은 접착제를 리용하던것을 판용수로 편리하게 하였다.

나노측정에서 똑같은 미소구역을 서로 다른 힘방식으로 측정하는것은 어려운 문제이다. 종전과 같이 주사장치를 90° 돌리는 방법으로 주사방향을 절환하면 시편의 위치가 변하기때문에 관측구역이 변하게 된다.

우리는 주사방향절환기로 X방향과 Y방향을 바꿔주는 접속기를 리용하여 서로 다른 힘방식으로 같은 구역을 측정할수 있게 하였다.

탐침이 가로방향에서 주사될 때 PSD에서 레이자반사빛점의 운동자리길은 그림 1과 같다.

그림 1에서 캔티레버의 꼬임에 의한 가로힘성분은 다음의 식으로 표시된다.

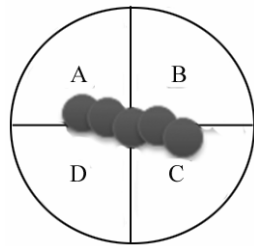
$$S = (i_A + i_D) - (i_B + i_C)$$

여기서 A, B, C, D는 빛수감면구역, i_A, i_B, i_C, i_D 는 A, B, C, D구역에서의 빛전류, S는 PSD에서 나오는 신호이다.

가로힘성분만을 얻기 위한 신호처리구성도는 그림 2와 같다.

시편으로는 한변이 500nm인 바른4각형격자무늬가 새겨진 시편을 리용하였다. 측정에 리용된 탐침은 CSG11접촉식탐침인데 곡률반

그림 1. PSD에서 반사 빛점의 운동자리길



경은 10nm, 원추각은 24° 이다. 탐침-시편접근을 위한 턱전압은 3V이고 주사속도는 상대값으로 16, 25, 32, 40으로 설정하였다.

원자힘현미경 화상과 가로힘측정기능을 추가했을 때의 화상을 그림 3에 보여 주었다.

그림 3에서 보는바와 같이 원자힘측정 화상은 시료표면의 굴곡상태를 반영하고 가로힘측정화상은 시료표면의 경계를 반영한다. 이것은 무늬선경계에서 마찰힘이 커서 탐침의 꼬임변위가 특별히 크기 때문이다. 이것을 리용하면 시료결면의 미세한 흠집도 명백히 알수 있다.

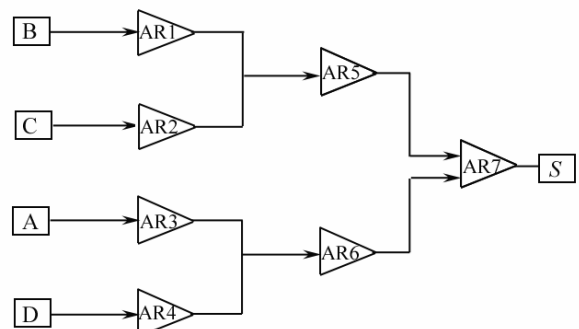
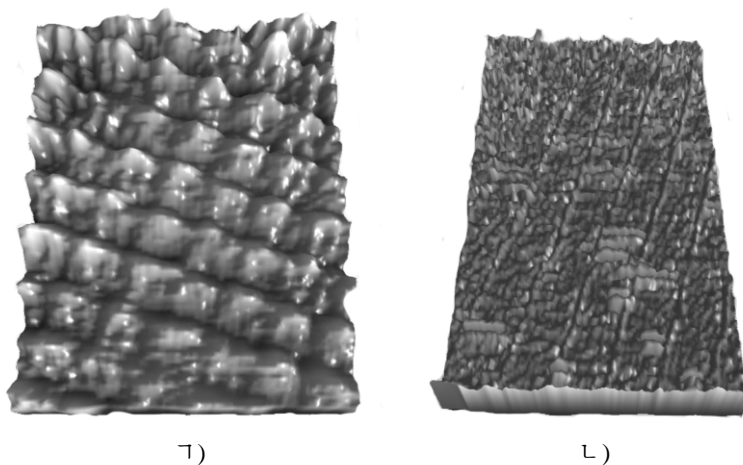


그림 2. 신호처리구성도



Г)

Л)

그림 3. 원자힘현미경 화상(Г))과 가로힘측정기능을 추가했을 때의 화상(Л))

맺 는 말

우리는 동작원리에 부합되고 리용에 편리한 탐침설치틀과 주사방향절환기, 마찰힘성분신호처리회로를 원자힘현미경에 적용하여 가로힘검측기능을 추가하고 알루미늄나노 격자시편을 측정하여 정확성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Kyle Wagner et al.; American Chemical Society, 27, 4635, 2011.
- [2] Hui Xie et al.; Rev. Sci. Instruments, 79, 033708, 2008.

주제 105(2016)년 3월 5일 원고접수

Measuring of Lateral Force using Contact Atomic Force Microscope

Choe Kyong Ju, Choe Ho and Choe Kyong Su

We applied the cantilever holder and scanning direction switch, and the processing circuit for friction signal to AFM which is convenient for use and coincident with the operation principle so that we can add LFM to it.

Then we confirmed the accuracy of this LFM by the measurement of Al-nano-lattice sample.

Key words: atomic force microscope, lateral force