

## 비코팅 광섬유 탐침을 이용한 전단 변형힘 원자현미경

### The Shear-Force Atomic Force Microscope with a Non-coating Optical Fiber Tip

김종배, 김경호, 남기중, 권남익\*

고등기술연구원, \*한국의국어대학교 물리학과

kimjb@iae.re.kr

원자현미경(Atomic Force Microscope)은 시료표면 원자와 탐침 끝의 원자간의 인력을 이용하여 표면정보를 측정하는 현미경이다. 표면굴곡에 따라 휘어지는 켈틸레버에 레이저를 조사하고, 이때 반사되는 레이저 빛의 양을 이용하여 영상을 구현하는 것이다. 이것보다 간단한 형태의 전단 변형힘(Shear force) 원자현미경은 광섬유를 에칭하거나 풀링하여 탐침을 만들고 이를 시료표면에 접근시켜 이때 z축에 공급된 전압의 양을 이용하여 표면정보를 측정하는 방법이다. 이 원자현미경은 광섬유 탐침을 이용하므로 쉽게 레이저를 커플링 할 수 있어서, 시료 표면에 반사 또는 투과 되는 레이저 양으로 보다 자세한 정보를 얻을 수 있다. 그래서 진공중이나, 공기중, 극저온 상태에서의 전단 변형힘 연구나 반사되는 레이저 양을 이용한 표면측정 등 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>(1-4)</sup>

본 연구에서는 비코팅된 광섬유 탐침을 이용한 전단 변형힘 원자현미경을 직접 구성하여 시료의 깊이 정보를 획득하여 보았다. 금속 코팅된 광섬유 탐침에 비해 시료와의 상호작용 힘이 작아서, 회로상의 노이즈를 최소화 하여 영상을 획득하였다. 그림 1에는 전단 변형힘 원자현미경의 헤드, 구동회로, 광섬유 탐침을 나타내었다. 약 32kHz의 공명주파수를 갖는 수정진동자에 광섬유 탐침을 붙인 헤드를 구성한 뒤, 이것을 시료 표면에 서서히 접근시킨다. 시료 표면과의 거리가 가까워짐에 따라 광섬유 탐침과 시료 표면과의 상호작용에 의해서 수정진동자의 진폭이 감소하게 된다. PID 회로의 입력 전압을 일정하게 유지시키면 z축에 공급되는 전압이 입력전압과 같게 유지되면서 광섬유 탐침과 시료와의 거리를 일정하게 고정시켜 준다. 이 상태에서 시료를 x-y축으로 스캔하면, 광섬유 탐침과 시료와의 거리를 일정하게 유지하기 위해 z축에 공급되는 전압이 변화하게 된다. 이 변화하는 전압을 이용하여 시료의 표면 영상 및 깊이 정보를 얻을 수 있다. 여기서 스테이지는 SGSP(MS)26-100(SIGMA KOKI사)을 사용하였다. 영상처리에는 DT9802(Data Translation사) 자료획득(Data Acquisition)보드를 사용하였고, 스테이지 및 영상 획득 프로그램을 직접 제작하여 사용하였다. 그리고 실험에 사용한 광섬유 탐침은 에칭방법을 사용하여 제작하였는데 광섬유는 FS-SN-4224(Thorlabs사)를 이용하였고, 에칭용액은 40% HF를 사용하였다.

시료의 깊이 측정은 z축 스캐너에 공급된 전압의 양으로 환산하였다. 그리고 z축 스캐너로 사용된 PZT는 100V에 15 $\mu$ m의 길이 변화가 있어서, 표면 영상의 전압차이를 계산함으로써 높이차를 알 수 있다. 그림 2는 유리판 위의 ITO 전극에 대한 전단 변형힘 원자현미경 영상으로 전체 크기는 200 $\times$ 200 $\mu$ m<sup>2</sup>이며, 한 장의 영상을 얻는데 90분의 시간이 소요됐다. 전극 부분의 폭은 71 $\mu$ m로 측정되었으며, 가장 첫 번째 데이터로 전극의 높이를 측정해 보았을 때 300nm로 측정되었다. 그림 3은 레이저로 가공한 실리콘 웨이퍼의 표면 영상을 얻어 본 것이다. 전체 크기는 40 $\times$ 30 $\mu$ m<sup>2</sup>이고, 한 장의 영상을 찍는데 약 15분의 시간이 소요됐다. 레이저로 가공된 영역의 폭은 10 $\mu$ m이고, 깊이는 5 $\mu$ m이다. 그림 3의 (a)에서는 레이저 가공중에 실리콘 웨이퍼 가루가 다시 표면에 붙어서 남아 있는 것을 볼 수 있고, (b)에서는 깨끗하게 가공되었음을 볼 수 있다.

후 기

이 논문은 산업자원부의 경남지역중점산업기술개발사업에 의하여 지원되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Khaled Karrai, Ingo Tiemann, "Interfacial shear force microscopy," Physical Review B, Vol. 62, no. 19, pp. 13174-13181, 2000.
- [2] Robert D. Grober, Jason Acimovic, "Fundamental limits to force detection using quartz tuning forks," Rev. Sci. Instrum, pp. 2776-2780, 2000.
- [3] A. Kramer, J. M. Segura, "A cryogenic scanning near-field optical microscope with shear-force gapwidth control," Rev. Sci. Instrum, Vol. 73, No. 8, 2002.
- [4] Ch. Adelman, J. Hetzler, "Experiments on the depolarization near-field scanning optical microscope," Appl. Phys. Lett, Vol. 74, No. 2, pp. 179-181, 1999.

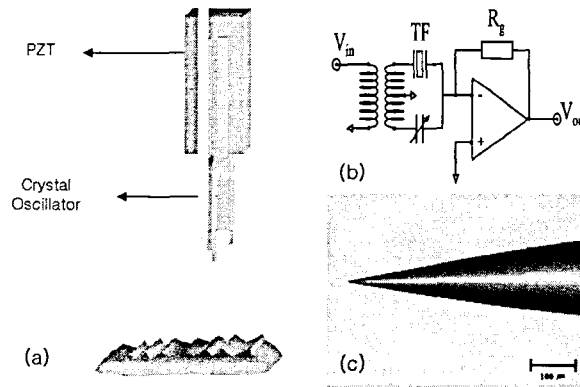


그림 1. shear-force AFM의 구성도. (a) 헤드 (b) 구동 회로 (c) 광섬유 탐침

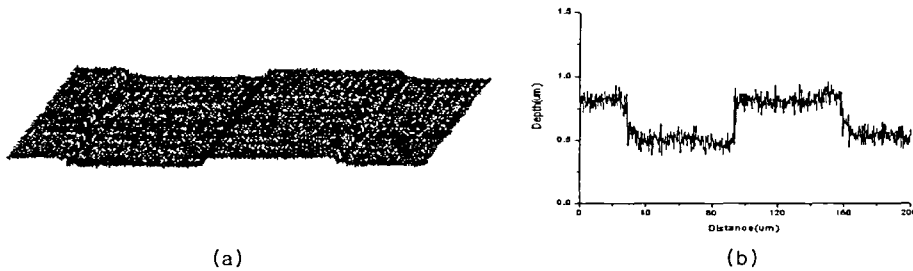


그림 2. (a) ITO glass의 표면 영상. 전체 영상의 크기는  $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ 임. (b) 첫 번째 line의 데이터로 전극의 높이는  $300\text{nm}$ 이며, 전극의 폭은  $71 \mu\text{m}$ 임.

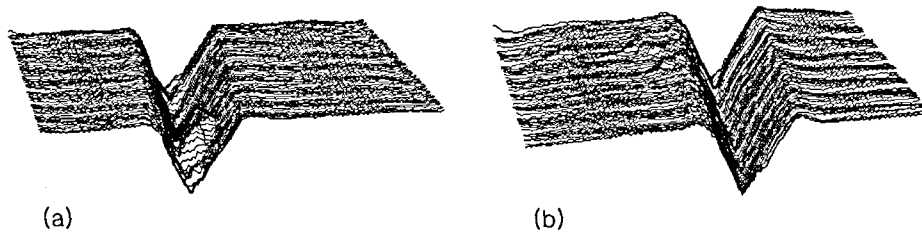


그림 3. 레이저로 가공된 실리콘 웨이퍼 표면. 전체 영상의 크기는  $40 \times 30 \mu\text{m}^2$ 이고 가공된 깊이는  $5 \mu\text{m}$ 이며, 폭은  $10 \mu\text{m}$  임. (a)는 가공 영역에 이물질이 붙어 있고, (b)는 깨끗하게 가공됨.

T  
E