

# 하이브리드형 AFM/SCM을 이용한 레이저 미세 가공 표면 측정

## Precision measurement of a laser micro-processing surface using a hybrid type of AFM/SCM

김종배\*, 김경호\*, 배한성\*, 남기중\*, 이대철\*\*, 서운학\*\*

고등기술연구원\*, (주) 아텍\*\*

Jong-Bae Kim\*, Kyeong Ho Kim\*, Han Sung Bae\*, Gi-jung Nam\*,

Dae-Chul Lee\*\*, Woon-Hak Seo\*\*

Institute for Advanced Engineering\*

ATHEC. CO., LTD.\*\*

### ABSTRACT

Hybrid type microscope with a Scanning Confocal Microscope (SCM) and a shear-force Atomic Force Microscope (AFM) is suggested and preliminarily studied. A image of  $120 \times 120 \mu\text{m}^2$  is obtained within 1 second by SCM because scan speed of a X-axis and Y-axis are 1kHz and 1Hz, respectively. Shear-force AFM is able to correctly measure the high and width of sample with a resolution 8nm. However, the scan speed is slow and it is difficult to distinguish a surface composed of different kinds of materials. We have carried out the measurement of total image of a sample by SCM and an exact analysis of each image by shear-force AFM.

**Keywords** : Hybrid type microscope, Scanning confocal microscope, Shear-force Atomic Force Microscope

### 1. 서론

공초점현미경(Scanning Confocal Microscope)과 전단변형힘 AFM(Shear-force Atomic Force Microscope)은 시료 표면의 정보를 측정하는데 사용된다. 공초점현미경은 반사되는 레이저 양으로 시료 표면 정보를 분석하는 장비로 빠른 시간 안에 2차원 표면 정보뿐만 아니라 3차원 영상까지 얻을 수 있다.<sup>[1]</sup> 하지만 반사량의 차이가 심한 두 가지 이상의 재질로 구성된 시료에서 표면영상을 얻을 경우에는 3차원의 영상을 얻기가 어렵다. 전단변형힘 AFM은 깊이 방향으로 변화하는

PZT의 전압 값으로 영상을 얻기 때문에 3차원 영상을 얻는데 매우 유리한 현미경이다.<sup>[2-4]</sup> 하지만 영상 획득 속도가 느리고, 시료표면의 재질차이, 열적 요인에 의한 손상등과 같은 정보를 얻을 수 없다는 단점이 있다. 공초점현미경과 전단변형힘 AFM은 서로 상반되는 장단점을 가지고 있다. 그러므로 이 두 현미경이 합쳐진다면, 보다 효과적인 현미경이 만들어 질 것이다. 하이브리드 타입 현미경은 이 두 현미경이 결합한 시스템으로, 공초점현미경으로 시료 전체를 스캔하여 상태를 확인한 후, 의심이 가는 부분이나 보다 정밀한 측정이 필요한 부분에 전단변형힘 AFM을 이동시켜 다시 한 번 측정하는 현미경이다.

## 2. 실험 방법

Fig. 1은 하이브리드타입 현미경의 실험 구성도이다. 공초점현미경과 전단변형힘 AFM은 X-Y-Z 스테이지에 고정되어 있고, 시료는 X-Y 정밀스테이지에 고정되어 있다. 영상의 측정은 공초점현미경에서 2D 영상이 측정되고, 다시 시료를 전단 변형힘 AFM으로 이동시켜 측정하게 된다.

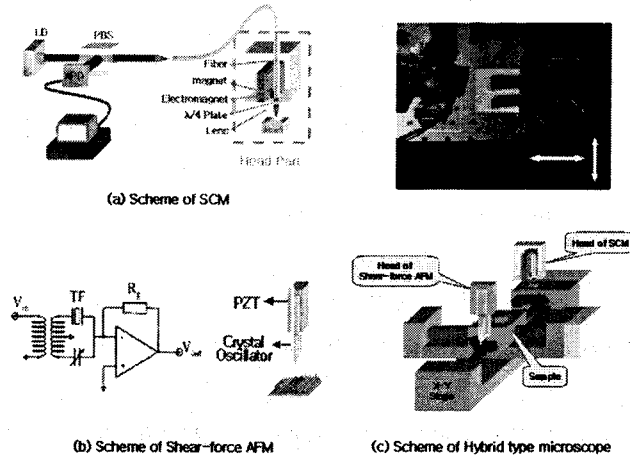


Fig. 1 Hybrid type microscope is made up SCM and Shear-force AFM

공초점현미경은 광섬유를 직접 구동하는 레이저 주사 타입으로 구성하였다. 사용한 광원은 780nm이고, 반경이 3mm인 대물렌즈를 사용하였다. 편광유지 단일모드 광섬유(single mode polarization maintaining fiber)는 0.45 NA에 core 크기가  $5.3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 이다. APD로 검출된 레이저의 반사신호는 0~1V의 전압값에 따라 검정색 ~ 백색의 명암을 모니터에 나타내게 되는데, Offset과

Gain회로를 사용하여 시료마다 다른 반사율을 조절할 수 있게 구성하였다. 전단변형힘 AFM은 시료의 깊이 정보를 측정하기 위하여 구성하였다. 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. 광섬유 탐침의 높이를 제어하는 전압값을 10nm로 고정시켜두면 Z축에 사용된 압전소자의 공급 전압을 제어하여 광섬유 탐침과 시료와의 거리를 일정하게 유지시키게 된다. 이 상태에서 시료를 X-Y축으로 스캔 하고, 이때 변화하는 압전소자의 공급전압을 이용하여 영상을 측정할 수 있다. 영상처리에 사용된 자료획득(Data Acquisition) 보드는 Data Translation사의 DT9802를 이용하였다. 실험에 사용한 광섬유 탐침은 예칭방법(40% HF 용액에서 약 100분 동안 예칭)을 사용하여 직접 제작하였다.

### 3. 결과 및 고찰

공초점현미경에서는 영상정합 프로그램을 사용하여 대면적의 영상을 얻을 수 있다. Fig. 2(a)와 Fig. 2(b)는 그리드 표면을 대면적 공초점현미경으로 검사한 것으로 정밀스테이지를 X-Y축 방향으로 이동시켰으며, 총 4장을 영상을 얻어 정합하였고, 약 8초의 시간이 소요되었다. 각 영상 크기는  $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$  이다. 첫 번째 영상을 얻은 후, 정밀스테이지를 이용하여 그리드를 X축 방향으로  $70\mu\text{m}$  이동시킨 뒤에 두 번째 영상을 얻는다. 다시 정밀스테이지는 Y축 방향으로  $70\mu\text{m}$  이동되고 세 번째 영상이 얻어지며, 마지막으로 -X축 방향으로 정밀스테이지가 이동되어 네 번째 영상이 얻어진다. 이렇게 얻어진 영상은 영상정합 프로그램으로 정합되어 대면적 영상을 보여준다. 이렇게 얻어진 대면적 영상의 크기는  $170\mu\text{m} \times 170\mu\text{m}$  이다. Fig. 2(c)는 인그레이빙된 웨이퍼 표면을 공초점현미경으로 영상을 얻은 후, 이를 3D로 변환

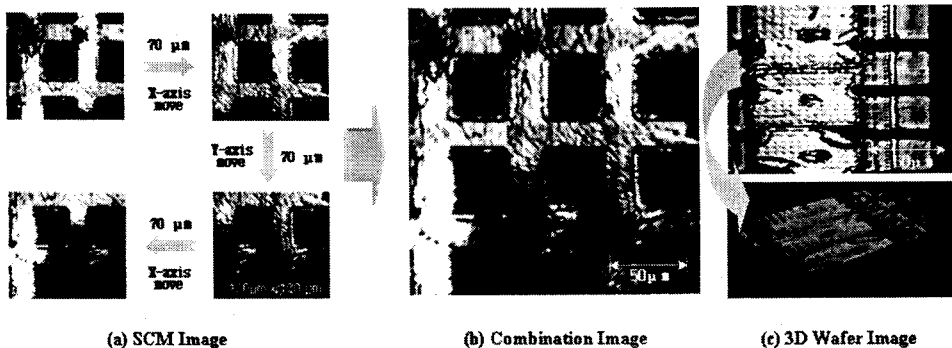


Fig. 2 SCM Image : (b) is combination image of  $2 \times 2$  and size is  $120\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ . (c) is 3D conversion image of ITO glass, and size is  $140\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ .

시킨 것으로, 약  $10\mu\text{m}$  간격으로 가공된 부분이 검은색으로 보이고 있다. 표면의 밝기차가 검정~흰색으로 표시되는데 이를 높이 정보로 환산하여 영상을 변환시켰다. 시료에서 반사되는 빛을 이용하여 영상을 획득하였기 때문에 3D 형태는 관찰할 수 있지만, 정확한 높이 정보를 얻기에는 어려운 점이 있다.

Fig. 3은 전단변형힘 AFM으로 측정한 레이저 가공 그리드(Grid) 표면 영상이다. 전체 영상의 크기는  $200\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$ 이고, 측정 시간은 38분 소요되었다. 시료는 약  $50\mu\text{m}$  두께의 그리드를 슬라이드글라스에 붙여서 사용하였다. 그리드의 들어간 부분의 깊이가  $50\mu\text{m}$  이므로 광섬유 팁은 바닥에 닿지 않고 공중에 떠 있게 된다. 이것은 팁이 아랫방향으로 최대  $15\mu\text{m}$ 까지만 내려갈 수 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 시료의 바닥영상은 우둘투둘한 것이 시료 표면과 비슷하게 나오는데 이는 회로에서 발생한 전기노이즈 때문이다. 또한 Fig. 2(a) 영역 영상에 선 밝고 어두운 라인이 보이고 표면에 흠집이 있는 것처럼 보이는데, 밝고 어두운 라인은 공초점현미경에서 X축 스캔 시 발생하는 약간의 높이차 때문이고, 흠집은 레이저로 인해 타버린 부분의 반사율이 적어서 나타나는 현상이다. 하지만 Fig. 3에서는 표면이 매우 평평하게 나타남을 볼 수 있다.

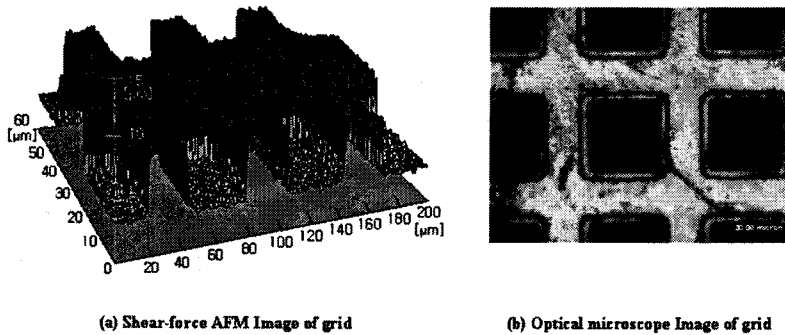


Fig. 3 (a) Shear-force AFM image of grid. Image size is  $200\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$  and acquisition time is 38 min. (b) Optical microscope image of grid.

#### 4. 결론

하이브리드타입 현미경으로 그리드 영상을 얻어 본 결과, 20초 시간동안  $280\mu\text{m} \times 280\mu\text{m}$  크기의 영상을 얻을 수 있었다. 이렇게 얻은 2차원 영상에서 많은 구멍과 끊어진 것처럼 나타나는 부분이 관찰되어 전단변형힘 AFM으로 다시 스캔하였다. 그 결과 이 부분들은 레이저로 인해 열적 손상되어 반사율이 감소한 부분으로 구멍이나 끊어진 부분은 없었다. 인그레이빙 된 웨이퍼의 경

우, 가공된 부분의 반사율이 매우 낮아 검은색으로 관찰되었고, 렌즈를 Z축 방향으로 이동시켜도 인그레이빙 된 바닥 부분의 영상을 얻기에는 반사율이 매우 낮았다. 이러한 경우에도 가공된 정확한 깊이를 측정하기 위해서는 이 부분만을 전단 변형힘 AFM으로 측정하면 된다. 레이저로 가공된 시료 표면을 공초점현미경을 사용하여 검사할 경우, 2D 영상은 정확하게 측정할 수 있으나, 깊이 방향의 정보는 가공된 부분의 반사율이 매우 떨어져서 정확하게 측정하기가 어려웠다. 그러나 전단형 AFM의 경우에는 정확한 깊이 정보는 측정이 가능하지만 시간이 너무 오래 걸리고, 표면에 상태가 어떻게 바뀌었는지는 알 수가 없다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하이브리드형 현미경을 구성하여, 전체적인 표면 측정에는 공초점현미경을 사용한 뒤, 정확한 깊이 정보 등이 필요한 부분만을 전단 변형힘 AFM으로 다시 한 번 측정하였다. 이러한 하이브리드형 SCM/AFM 현미경은 빠른 속도로 대면적 영상을 얻을 수 있고, 열에 의한 표면의 상태변화 정보와 정확한 3차원 표면 검사를 할 수 있어 레이저 가공 후 가공 표면에 대한 상태를 보다 정확하고 빠르게 측정 할 수 있음을 확인하였다.

## 5. 참고 문헌

- [1] Wilson, T., "Optical Sectioning in Confocal Fluorescent Microscopes," J. Microsc, Vol. 154, pp 143-156, 1989.
- [2] Karrai, Khaled, Tiemann, Ingo, "Interfacial shear force microscopy," Physical Review B, Vol. 62, no. 19, pp. 13174-13181, 2000.
- [3] Robert, D. Grober, Jason, Acimovic, "Fundamental limits to force detection using quartz tuning forks," Rev. Sci. Instrum, pp. 2776-2780, 2000.
- [4] Kramer, A., Segura, J. M., "A cryogenic scanning near-field optical microscope with shear-force gapwidth control," Rev. Sci. Instrum, Vol. 73, No. 8, 2002.