

# 공초점현미경과 원자현미경을 이용한 가공된 시료 표면의 형상측정

김종배<sup>#</sup>, 배한성<sup>\*</sup>, 김경호<sup>\*</sup>, 문성욱<sup>\*</sup>, 남기중<sup>\*</sup>, 권남익<sup>\*\*</sup>

## Analysis of a processed sample surface using SCM and AFM

Jong-Bae Kim<sup>#</sup>, Han Sung Bae<sup>\*</sup>, Kyeong Ho Kim<sup>\*</sup>, Seong-Wook Moon<sup>\*</sup>, Gi-Jung Nam<sup>\*</sup>,  
Namic Kwon<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

Surface qualities of a micro-processed sample with a pulse laser have been investigated by making use of scanning confocal microscope(SCM) and atomic force microscope(AFM). Samples are bump electrodes and ITO glass of LCD module used in a mobile phone and a wafer surface scribed by UV laser. A image of  $140 \times 120 \mu\text{m}^2$  is obtained within 1 second by SCM because scan speed of a x-axis and y-axis are 1kHz and 1Hz, respectively. AFM is able to correctly measure the hight and width of ITO, and scribing depth and width of a wafer with a resolution less than 300nm. However, the scan speed is slow and it is difficult to distinguish a surface composed of different kinds of materials. Results show that SCM is preferable to obtain a image of a sample composed of different kinds of material than AFM because the intensity of a reflected light from the surface is different for each material.

**Key Words** : Scanning Confocal Microscope(공초점현미경), Shear-force Atomic Force Microscope(전단 변형힘 원자현미경), Frame Grabber board(영상획득보드), Data Acquisition board(자료획득보드)

### 1. 서론

공초점현미경(Scanning Confocal Microscope)은 광원에서 나온 광속이 집속 렌즈에 의해 시료 표면에 조사되고, 시료깊이의 변화를 빛의 세기의 변화로 검출하여 영상으로 구현하는 주사형 현미경이다. 1940년대 말에 Robert와 Young에 의해 단순한 형태의 공초점현미경이 제작되면서부터 본격적인

연구가 시작되었다. Marvin Minsky<sup>1</sup>가 1957년 스테이지 공초점 광학시스템(stage scanning confocal optical system)을 이용한 현미경특허를 출원한 이후 보다 발전된 형태의 공초점현미경이 제안되고 실험되어졌다. 1980년대에 접어들면서 Tony Wilson<sup>2</sup>에 의해 활발한 연구가 시작되어, 더욱 좋은 영상을 얻기 위해 바늘구멍 대신 슬릿<sup>3</sup>을 이용한 공초점현미경 등이 개발되었다. 또한 국내에서도, 탐침의 크

접수일: 2005년 8월 5일; 게재승인일: 2006년 3월 3일  
# 교신저자: 고등기술연구원 레이저초정밀공정팀  
E-mail kimjb@iae.re.kr Tel. (031) 330-7163  
\* 고등기술연구원 레이저초정밀공정팀  
\*\* 한국외대 물리학과

기가 1.2mm×2.5mm ×6.5mm인 소형 공초점현미경<sup>4</sup> 뿐만 아니라, 4분할 광검출기(photodiode)<sup>5</sup>나 마이켈슨 간섭계<sup>6</sup>, 광섬유<sup>7</sup> 등을 이용한 공초점현미경이 개발되었다.

이러한 공초점현미경이 가지고 있는 장점은 기존의 광학현미경에 비해 초점심도가 낮기 때문에 초점을 벗어난 영상을 제거할 수 있으므로 선명하고 감도 높은 영상을 얻을 수 있고 조직에 대한 침해 없이 광학적인 절편영상을 만들기 때문에 기존의 전자현미경 기법에서 문제가 되는 물리적인 절편제작과정에서 발생하는 인위구조(artifact)를 없앨 수 있다. 또한 광학적인 절편영상을 만들 때 수평면뿐 아니라 수직면으로도 단면의 영상을 얻을 수 있기 때문에 현미경의 광축에 평행한 영상을 얻을 수 있다. 이러한 기술은 시료를 옆에서 보는 효과를 주기 때문에 시료의 높이 변화를 관찰할 수 있다<sup>8</sup>.

공초점현미경과 비슷한 원리가 CD Player, CD-ROM driver, DVD player 등의 광 pick-up장치에도 이용되고 있다. 대물렌즈에 의해 CD의 표면에 초점이 맞았다가 반사된 레이저 빛은 광 분할기를 통해 광 검출기로 입사된다. 초점이 맺힌 CD의 표면에 0.11um 깊이의 pit이 있으면 공초점현미경에서처럼 바늘구멍 광 검출기에 검출되는 빛의 세기가 달라지게 되므로 CD 표면에 있는 디지털 정보를 재생할 수 있다. 또한 광 pick-up 장치에서는 대물렌즈를 레이저 진행 방향인 종축과 수직된 방향인 횡축방향으로 움직일 수 있도록 magnetic galvanometer가 달려있다.

우리는 이러한 CD pick-up 장치의 모듈을 y축 스캐너에 사용하여 매우 작고 간단하며 가격이 싼 공초점현미경을 구성할 수 있었다.

원자현미경(Atomic Force Microscope)은 시료표면 원자와 탐침 끝의 원자간의 인력을 이용하여 표면정보를 측정하는 현미경이다. 이것보다 간단한 형태의 전단 변형힘(Shear force) 원자현미경은 광섬유를 에칭하거나 풀링하여 탐침을 만들고 이를 시료표면에 접근시켜 이때 z축에 공급된 전압의 양을 이용하여 표면 정보를 측정하는 방법이다. 이러한 전단 변형힘 원자현미경은 광섬유 팁을 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 반사

되는 레이저 양을 이용한 표면측정 등 많은 연구가 이루어지고 있다.<sup>9-12</sup>

이러한 현미경들은 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. 하지만 반사량의 차이가 심한 두 가지 이상의 재질로 구성된 시료에서 표면영상을 얻을 경우에는 3차원의 영상을 얻기가 어렵다. 즉 반사율이 작은 재질에서의 빛의 신호가 적어서 전기적인 증폭률을 증가시키거나 빛의 세기를 증가시켜야만 한다. 이러한 경우, 노이즈의 증가나 시료의 손상 등의 문제를 발생시킬 수 있다. 전단 변형힘 원자현미경은 깊이 방향으로 변화하는 PZT의 전압값으로 영상을 얻기 때문에 3차원 영상을 얻는데 매우 유리한 현미경이다. 하지만 영상 획득 속도가 느리고, 시료표면의 재질차이, 열적 요인에 의한 손상등과 같은 정보를 얻을 수 없다는 단점이 있다.

상호보완적인 특성을 갖는 두 현미경의 장점만을 살려서 통합 형태의 새로운 현미경을 구성한다면 시료의 3차원 영상뿐만 아니라 정확한 표면 정보까지 알 수 있을 것이다. 본 논문에는 두 개의 현미경을 통합하기 위한 전단계로 각각의 현미경을 구성하여, 여러 급속 시료의 표면영상을 측정하고 비교해 보았다.

## 2. 두 현미경의 구성

### 2.1 공초점현미경

전체적인 실험 장치는 Fig. 1과 같고, 광섬유를 직접 구동하는 레이저 주사 타입의 공초점현미경으로 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. 수평 편광된 레이저 빔은 PBS(Polarization Beam splitter)를 통과하여 광섬유로 커플링 된다. 광섬유를 통과한 레이저 빔은  $1/\lambda$  판에 의해 원편광으로 바뀌고, Y축 스캐너인 볼록렌즈를 통과하여 시료에 조사된다. 시료에서 반사된 레이저 빔은 다시 한번더  $1/\lambda$  판을 통과하면서 수직 편광으로 바뀌고, 광섬유를 통과한 후 PBS에 반사되어 APD로 검출된다.

0~1V의 전압값에 따라 검정색 ~ 백색의 명암을 모니터에 나타내게 되는데, Offset과 Gain회로를 사

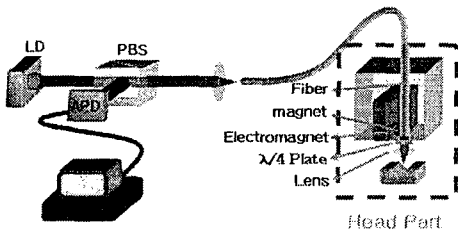


Fig. 1 Scheme of SCM

용하여 시료마다 다른 반사율을 조절할 수 있게 구성하였다.

측정된 레이저 반사 신호를 처리하기 위하여 변화스캔(variable scan) 방식의 영상획득보드(frame grabber board)인 DT3152를 사용하였다. 변화스캔 방식은 영상의 시작이나 선을 표현하는 시간 및 y축 방향의 선 수, x축 방향의 선 픽셀 수 등을 임의로 변화시켜 scan 할 수 있어서, 실험에 사용하는 하드웨어의 scan 속도에 맞게 조절할 수 있다. 스캔은 x축 스캐너에 사인파를 y축 스캐너는 톱니파를 공급하고 각기 나오는 동기 신호(Synchronization pulses)를 이용하여 수평 동기 신호(H-Sync)는 새로운 선의 시작을, 수직 동기 신호(V-Sync)는 새로운 영상의 시작을 맞추는데 사용하였다.

x축 구동은 얇은 금속판에 영구자석과 광섬유를 붙이고, 자석과 솔레노이드 코일과의 상호작용으로 직접 구동시켰다. 솔레노이드 코일에 교류전류를 공급하면 변화하는 자속과 금속판의 영구자석이 상호작용하게 되고, 이렇게 형성된 튜닝 포크에 의해 광섬유가 x축으로 진동하게 된다.

$$\omega_0 = \left[ \frac{a\delta^3(4 - 2.52\delta/a)E}{\rho cb^3 t(1 + \nu)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

여기서 영률  $E = 2.17 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{f/cm}^2$ 이고, 포아송비  $\nu = 0.28$ , 밀도  $\rho = 7.86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이다. 사용한 얇은 금속판의 각 수치들은  $a = 3.9 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $b = 9.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $c = 2.45 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $l = 3.9 \times 10^{-3} \text{ m}$ ,  $\delta = 0.25 \times 10^{-3} \text{ m}$ 로 공명주파수의 이론값은 1.2kHz로 계산된다.<sup>7</sup> 이는 실제 실험에서 사용된 1kHz보다 0.2kHz 높은 값인데, 이러한 차이는 금속판에 광섬유를 붙여서 사용했기 때문이다. 이렇게 구성된 x축 스캐너는 250 $\mu\text{m}$  정도의 스캔 범위를 얻을 수 있었다.

y축 스캐너는 CD pick-up 장치의 모듈을 사용하여 전체 헤드부분의 크기를 작고, 간단하며, 값싸게 제작할 수 있었다.

x-y축 스캐너로 구성된 헤드는 광학계 부분과 광섬유로 연결되어 있어서 이동성이 매우 좋고, CD-pick 장치에 선형적인 전압을 공급시키면 z축 방향으로도 움직일 수 있어서 매우 간단하게 x-y-z축을 구동시킬 수 있다는 장점이 있다.

## 2.2 전단 변형힘 원자현미경

전체적인 실험 장치는 Fig. 2와 같고, 전단 변형힘을 이용하여 시료의 깊이 정보를 측정하도록 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. 여기서 스테이지는 SGSP(MS) 26-100 (SIGMA KOKI사)을 사용하였다. 영상처리에 사용된 자료획득(Data Acquisition) 보드는 Data Translation사의 DT9802를 이용하였다.

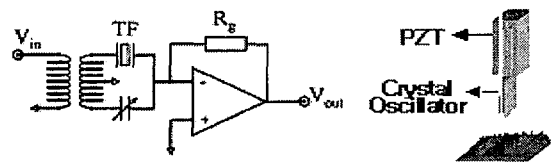


Fig. 2 Scheme of AFM

실험에 사용한 광섬유 탐침은 에칭방법을 사용하여 직접 제작하였다. 광섬유는 FS-SN-4224 (Thorlabs)를, 에칭용액은 40% HF를 사용하였다. 40% HF 용액에 100분 이상 광섬유를 에칭 시킨 후, 재킷 부분을 제거하여 사용하였다. Fig. 3은 40분, 70분, 100분, 120분 동안 에칭한 광섬유의 광학현미경 영상이다. 40분에서는 에칭이 일어나고 있고, 70분이 지났을 때는 길이가 1.5mm의 긴 탐침이 형성되는 것을 볼 수 있다. 100분 동안 에칭했을 경

우, 우리가 원하는 모양의 에칭이 일어나 재킷을 제거한 후, 실험에 사용하였다. 또한 Fig. 3-(d)와 같이 100분 이상 에칭을 하였을 경우에도, Fig. 3-(c)와 같은 모양의 탐침을 얻을 수 있었다.

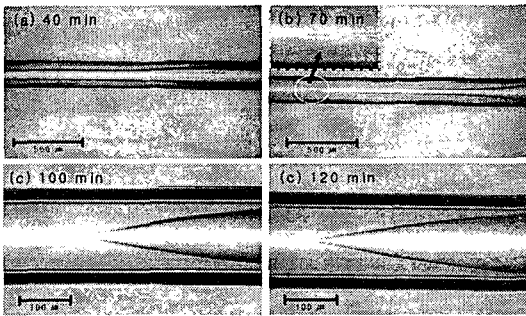


Fig. 3 Fiber shape according to etching time. (a) 40min, (b) 70min, (c) 100min, (d) 120min

### 3. 두 현미경의 영상

#### 3.1 공초점현미경 영상

이 실험에서 사용된 시료는 핸드폰 LCD 모듈에 사용되는 Bump와 ITO, 그리고 열적인 손상에 대한 시료로 인그레이빙된 실리콘 웨이퍼를 사용하였다.

Bump는 필름부분(폴리이미드)과 전극부분(구리)으로 구성되어 있다. Fig. 4와 5는 Bump의 중앙부분을 공초점현미경과, 광학현미경으로 측정한 영상이다. 전극부분의 크기는  $60\mu\text{m}$ 로 광학현미경과 공초점현미경 모두 동일하게 측정되었다. 광학현미경의 전체 영상 크기는  $180\times 120\mu\text{m}^2$  이고, 공초점현미경의 전체 스캔 영역은  $140\times 120\mu\text{m}^2$  이었으며, 초당 1장의 영상을 얻을 수 있었다.

구리 부분은 전기가 잘 통하는 금속으로 되어있고, 이외의 부분은 폴리이미드로 되어있다. 공초점현미경은 반사되는 레이저의 세기를 이용하여 영상을 측정함으로 이와 같이 두 가지 성분으로 구성된 시료의 경우, 구리에 비해 반사량이 매우 적은 폴리이미드 부분의 영상은 얻기가 힘들다. 전기적인 증폭률을 증가시키거나, 레이저의 세기를 증가시켜서 영상을 얻을 수는 있으나, 노이즈의 증가로 선명한 영상을 얻기 힘들고, 시료가 열적 손상을 입을 수 있다.

그러나 Fig. 6에서와 같이 동일한 재질로 되어 있는 시료일 경우에는 초점의 위치를 변화 시켜 바

닥의 영상도 볼 수가 있다. 시료로는 인그레이빙된 실리콘 웨이퍼를 사용하였고, 초점의 위치를  $10\mu\text{m}$  씩 총  $30\mu\text{m}$  이동시켜 영상을 얻은 것이다. 여기서 전체 영상의 크기는  $160\times 175\mu\text{m}^2$ 이고 초당 한 장의 영상을 얻을 수 있었다.

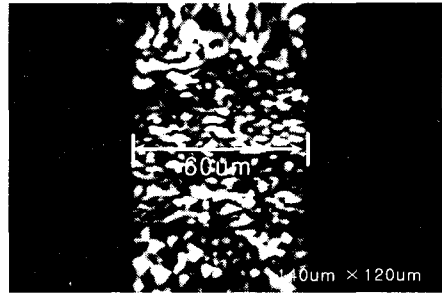


Fig. 4 Bump image of SCM

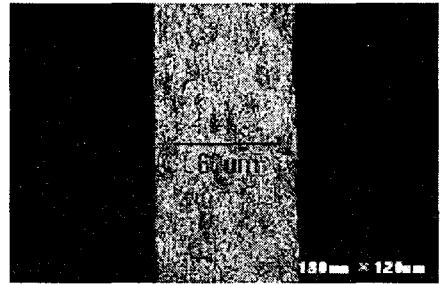
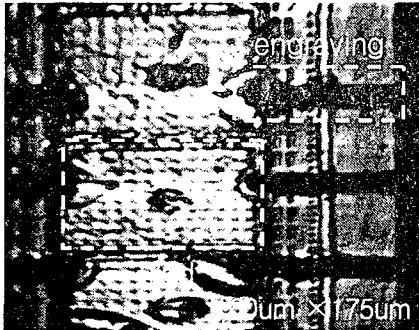


Fig. 5 Bump image of optical microscope

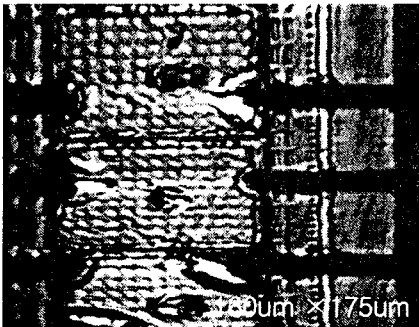
Fig. 6-(a) 영상의 오른쪽 면에 검은색의 인그레이빙된 부분이 보임을 알 수 있다. 이는 레이저에 의해 열적인 손상을 입은 곳으로 다른 부분에 비해서 반사율이 많이 떨어진다. 초점을 아래쪽으로 이동시켜도 모두 검정색으로 보이고 있다. 하지만 중앙의 격자부분은 표면과 바닥의 영상이 확연하게 보인다. 즉 비슷한 반사율을 가진 금속으로 되어 있을 경우에는 초점의 위치변화에 따라 각각의 영상을 얻을 수가 있는 것이다.

Fig. 6-(a)영상에서는 표면에 초점이 맞은 상태로 격자 모양의 형태를 볼 수 있고, 초점이 아래쪽으로 이동한 Fig. 6-(b)와 (c)에서는 격자 바닥의 원형모양이 점점 선명해진다. 그리고 격자 바닥에 초점이 맞은 Fig. 6-(d)에서는 원형의 모양이 선명하게 나타남을 볼 수 있다. 이와 같이 비슷한 반사율을 갖는 시료에서는 초점의 위치변화에 따라 3차원의

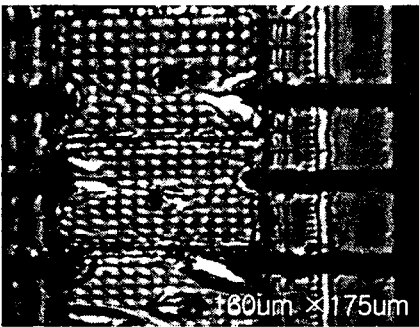
영상을 얻을 수가 있지만, 레이저와 같은 외부요인에 의하여 영향을 받아 반사율이 감소하였을 경우에는 이 영역의 정확한 영상을 얻지 못할 수도 있다. 즉 공초점현미경으로는 비슷한 반사율의 재질로 이루어진 시료나 외부영향에도 반사율의 변화가



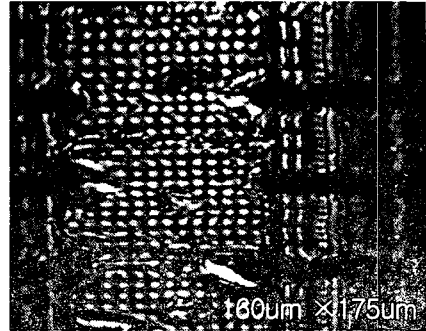
(a) Wafer image of SCM obtained at focal point



(b) Wafer image of SCM obtained at 10  $\mu\text{m}$  down focal point



(c) Wafer image of SCM obtained at 20  $\mu\text{m}$  down focal point



(d) Wafer image of SCM obtained at 30  $\mu\text{m}$  down focal point

Fig. 6 Wafer images of SCM according to variety of focal point

없는 시료의 영상을 얻을 수 있다.

Fig. 7과 8은 높이차이가 작은 시료의 영상이다. 사용된 시료는 ITO로 핸드폰에 이용되고 있다. ITO는 유리위에 얇은 금속층을 형성시킨 것으로 사용된 시료의 금속층 두께는 약 200nm이다.

Fig. 7은 공초점현미경 영상으로 전체 영상의 크기는  $140 \times 120 \mu\text{m}^2$ 이고, 초당 한 장의 영상을 얻을 수 있었다. Fig. 8은 광학현미경 영상으로  $180 \times 120 \mu\text{m}^2$ 이다.

ITO의 경우, 전극부분은 금속으로 이루어져 있고, 이외의 부분은 유리로 되어있다. 광학현미경으로 관찰한 영상을 보면, 전극부분은 밝게 보이고 유리부분은 약간 흐리게 보여 두 물질사이의 경계부분이 매우 선명하게 나타남을 알 수 있지만, 높이차는 측정하기가 어렵다. 공초점현미경의 경우에도 금속 부분은 반사율이 좋아서 잘 나타났지만, 상대적으로 유리부분은 거의 나타나지 않아서, 경계부분이 매우 뚜렷하게 나타남을 볼 수 있었다. 공초점현미경으로 얻은 ITO 영상에서 간섭모양을 볼 수가 있는데, 이것은 금속부분의 두께가 200nm로 매우 얇기 때문에 ITO의 앞면과 뒷면에서 반사된 빛들이 간섭현상을 일으킨 것이다.

이렇게 얇게 형성되어 있는 금속부분의 높이차를 측정하기 위해 정밀 스테이지를 사용하여 초점의 위치를 z축 방향으로 이동시켜 보았다. 하지만 금속의 반사 신호가 매우 강하여 유리부분의 반사 신호 변화가 거의 나타나지 않았다. 유리부분의 영상을 얻기 위해서는 스캔영역을 유리부분으로 감소

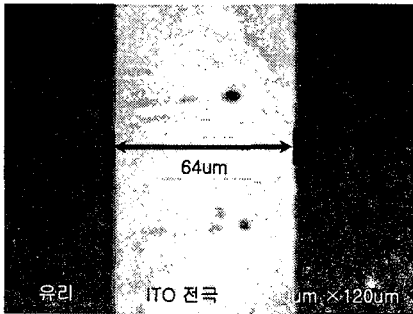


Fig. 7 ITO image of SCM

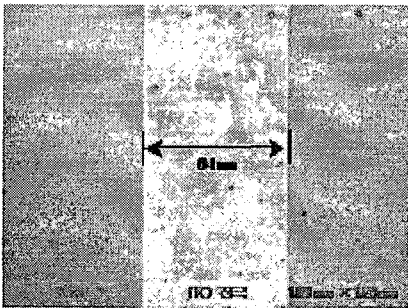


Fig. 8 ITO image of optical microscope

시키고 전기적인 증폭률을 증가시켜야지만 관찰할 수가 있다.

이와 같이 공초점현미경은 어떠한 시료이든 2차원의 영상을 잘 나타낼 수 있다. 하지만 높이나 깊이를 측정할 경우, 반사율이 비슷한 재질로 구성된 시료에선 높이차를 측정할 수 있었지만, 재질의 차이나 열적인 손상에 의해 반사율이 크게 다를 경우에는 높이차를 측정하는데 다소 어려움이 있었다. 그래서 정확한 높이 차이의 측정이 필요한 영역에서는 전단 변형힘 원자현미경을 이용하여 측정하였다.

### 3.2 전단 변형힘 원자현미경 영상

전단 변형힘 원자현미경 영상 측정 시료로는 ITO와 레이저 가공된 웨이퍼를 사용하였다.

Fig. 9는 ITO의 전단 변형힘 원자현미경 영상으로 전체 크기는  $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ 이며, 한 장의 영상을 얻는데 90분의 시간이 소요됐다. 전극 부분의 폭은  $64 \mu\text{m}$ 로 비교적 정확하게 측정되었고, 가장 첫 번째 데이터로 전극의 높이를 측정해 보았을 때  $300 \text{nm}$ 로 측정되었다.

Fig. 10의 첫번째 데이터로 얻은 그래프를 보면, 비교적 많은 노이즈가 나타남을 볼 수 있다. 이러한 원인은 스테이지에 의한 진동과 전기적인 노이즈 때문이다. 이 실험에 사용된 스테이지는 최소  $0.5 \mu\text{m}$ 씩 단계적으로 움직이게 되어있다. 즉 x축 방



Fig. 9 ITO image of shear-force AFM

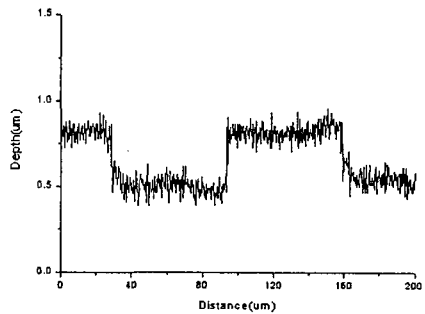


Fig. 10 Depth graph of ITO obtained with data of first line

향으로  $0.5 \mu\text{m}$ 씩 움직임으로 이에 의한 진동에 의해 노이즈가 발생하게 된다. 또한 전원 및 회로에서 전기적인 노이즈가  $30 \text{mV}$  존재한다. 전단 변형힘 원자현미경은 PZT에 공급된 전압값으로 영상을 얻게 되는데 이 전압값에  $30 \text{mV}$ 의 전기적인 노이즈가 같이 존재하여 영상의 선명도가 감소하게 되는 것이다. 이러한 노이즈 문제는 나노 스테이지 사용으로 진동요인을 감소시키고, 전체 회로를 철재 케이스에 넣어 전기적인 노이즈를 감소시켜 해결할 것이다.

Fig. 11은 레이저 가공된 웨이퍼 표면을 전단 변형힘 원자현미경으로 측정해 본 영상이다. 전체 영상의 크기는  $40 \times 80 \mu\text{m}^2$ 이고 가공된 바닥부분의 폭은 약  $3 \mu\text{m}$ 로 측정 되었다. 그리고 Fig. 12의 첫번째 데이터 값으로 이차원 그래프를 그려서 깊이를 측정

해 본 결과 2 $\mu$ m을 알 수 있었다. 앞에서 측정한 Fig. 7의 영상을 보면, 공초점현미경으로는 이러한 깊이 정보를 얻을 수가 없었다. 레이저에 의해 표면의 반사율이 감소했기 때문인데, 인그레이빙된 부분이 열적인 현상에 의해 검은색으로 변하여 대부분의 빛이 흡수된 것이다.

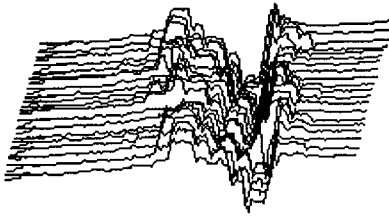


Fig. 11 Shear-force AFM image of a scribed wafer by laser

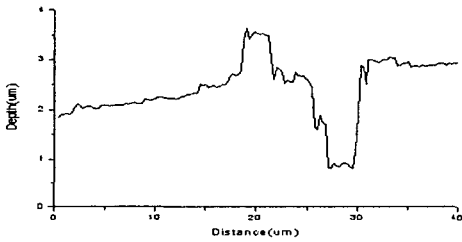


Fig. 12 Depth graph of a scribed wafer obtained with data of first line

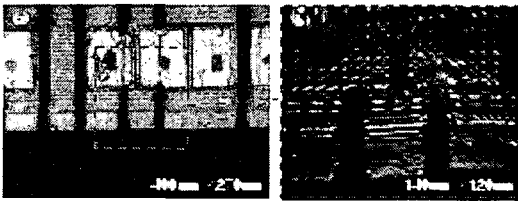


Fig 13 Scribed wafer image of SCM and optical microscope. Scribed area is seen black. (b) image is obtained a dotted area of (a) image by SCM

Fig. 13은 레이저 가공된 실리콘 웨이퍼의 광학 현미경과 공초점현미경의 영상으로 인그레이빙된 부분이 검은색으로 보임을 확인할 수 있다. 이 경우에도 z축을 움직여 초점의 위치를 변화시켜도 깊

이 정보를 알 수가 없었다. 즉 외적 요인으로 반사량이 급격히 감소되면 광을 이용한 현미경으로는 깊이를 측정하는데 다소 어려움이 있게 된다.

이와 같이 전단 변형힘 원자현미경은 시료가 여러 종류의 재질로 되어있어도 높이나 깊이를 측정하는데 매우 유용하다. 하지만 Fig. 9와 Fig. 11에서 처럼 한 시료 안에서의 재질 변화를 알 수 없고, 한 장의 영상을 얻는데 매우 오랜 시간이 걸린다는 단점이 있다.

#### 4. 결론

직접 제작한 공초점현미경과 원자현미경을 사용하여 LCD 모듈의 Bump와 ITO, 레이저 가공된 웨이퍼 시료의 표면 영상을 측정하였다. 제작된 공초점현미경은 y축 스캐너로 CD pick-up 모듈을 사용하여 작고 값싸게 구성할 수 있었다. 또한 전단 변형힘 원자현미경은 탐침의 진동을 측정하는데 레이저를 쓰지 않아서 일반 원자현미경에 비해 구성이 간단하다.

공초점현미경의 장점은 빠른 시간에 2차원 영상을 얻을 수 있고, 반사량의 차이가 심하지 않은 경우에는 깊이 방향의 정보도 얻을 수 있다. 하지만 Bump나 ITO와 같이 두 개 이상의 재질로 이루어진 시료나 레이저 가공된 웨이퍼와 같이 외부요인으로 인하여 손상된 시료의 경우에는, 레이저 반사율의 차이가 많이 발생하여 정확한 깊이를 측정하기에 다소 어려움이 있었다. 전단 변형힘 원자현미경의 장점은 시료의 3차원 영상 정보를 매우 정확하게 얻을 수 있지만, 측정 속도가 느리고 시료 표면의 상태 정보를 얻을 수 없다는 단점이 있다.

이상으로 본 논문에서는 공초점현미경과 원자현미경을 직접 구성하여 여러 시료들의 형상을 측정해 보았고, 각 현미경의 장점과 단점을 알아보았다. 이러한 실험은 두 현미경이 가지는 장점만을 이용하여 새로운 개념의 하이브리드 타입 현미경을 개발하기 위한 과정 중의 하나이다. 개발될 하이브리드 타입 현미경은 공초점현미경으로 시료의 전체 형상을 측정한 후, 정확한 3차원 형상이 필요한 부분만을 원자현미경으로 측정하는 통합형 현미경이다. 두 현미경의 측정부분(각각의 헤드)을 하나의 블록으로 통합하여 정확한 위치제어가 가능하게 할 것이다.

지금은 시료 전체 표면을 한 번에 볼 수 있는

대면적 측정 시스템과 원자현미경의 탐침을 정확한 위치에 놓기 위한 위치제어 시스템 등을 구성하고 있다.

이러한 하이브리드 타입 현미경은 빠른 속도로 시료의 전체 형상을 측정한 뒤, 가공 등이 일어난 부분의 2D영상이나 3D영상을 제공할 것이다.

## 후 기

이 논문은 산업자원부의 경남지역중점산업기술 개발사업에 의하여 지원되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Higgins, T. V., "Microscopes probe the imperceptible," *Laser Focus World*, Vol. 31, No. 3, PP. 89-95, 1995.
2. Wilson, T. ed., "Confocal Microscopy," Academic Press, London, 1990.
3. Kimura, S. and Munakata, C., "Three-dimensional optical transfer function for the fluorescent scanning optical microscope with a slit," *Appl. Opt.*, Vol. 29, No. 7, pp. 1004-1007, 1990.
4. Lee, J. S. and Kwon, Namic, "Scanning confocal microscope using a semiconductor laser," *Applied physics of Korea*, Vol. 9, No. 4, pp. 440-443, 1996.
5. Yoo, S. J. and Kwon, Namic, "Scanning confocal microscope using a quad-detector," *Journal of the Optical Society of Korea*, Vol. 8, No. 2, pp. 165-168, 1997.
6. Kim, K. S. and Kwon, Namic, "The study property on the michelson interferometric microscopy," *Journal of the Optical Society of Korea*, Vol. 10, No. 5, pp. 369-372, 1999.
7. Kim, J. B., Ryu, K. H., Park, D. S., Noh, J. E. and Kwon, Namic, "Scanning confocal microscope by oscillation of an optical fiber," *Journal of the Optical Society of Korea*, Vol. 14, No. 1, pp. 80-84, 2003.
8. Wilson, T., "Optical Sectioning in Confocal Fluorescent Microscopes," *J. Microsc.*, Vol. 154, pp 143-156, 1989.
9. Karrai, Khaled, Tiemann, Ingo, "Interfacial shear force microscopy," *Physical Review B*, Vol. 62, No. 19, pp. 13174-13181, 2000.
10. Robert, D. Grober, Jason, Acimovic, "Fundamental limits to force detection using quartz tuning forks," *Rev. Sci. Instrum.*, pp. 2776-2780, 2000.
11. 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.
12. Adelman, Ch., Hetzler, J., "Experiments on the depolarization near-field scanning optical microscope," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 74, No. 2, pp. 179-181, 1999.