

# 광학적, 비광학적 방법에 의한 NSOM의 특성 및 근접장 이미지

## Characteristics of NSOM with optical and nonoptical method and measuring near-field optical images

김상윤, 이재광, 길홍민, 송기봉\*, 조규만  
서강대학교 물리학과, \*한국과학기술연구원  
s198140@ccs.sogang.ac.kr

근접장 광학현미경(Near-field Scanning Optical Microscope : NSOM)의 분해능은 탐침끝의 지름에 의해 결정된다.<sup>[1]</sup> 또한 Sub-micron 크기의 표면구조와 광학적 구조를 동시에 분석할 수 있어 여러 연구 분야에 적용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 미세구조의 표면과 광학적 구조를 측정하기 위해서는 광섬유탐침과 시료표면사이의 거리를 일정하게 유지하는 것이 필수적이다. 현재 NSOM에서 사용되는 거리유지의 일반적인 방법은 광섬유탐침이 시료표면을 향하여 일정한 진폭으로 진동하며 수직으로 접근할 때 탐침과 표면사이에서 작용하는 근거리 상호작용력인 Shear-Force를 이용하는 방법이다.<sup>[2]</sup> 일정한 진폭으로 진동하는 탐침은 시료간의 거리가 수십 nm 이내로 근접함에 따라 Shear-Force에 의하여 그 진동진폭이 급격하게 감소하게 된다. 따라서 거리에 따른 탐침의 진동진폭 신호로부터 탐침과 시료와의 거리를 예측할 수 있다. 탐침의 진동진폭을 측정하는 방법으로는 크게 광학적인 방법과 비광학적인 방법이 있다. 광학적인 방법에는 레이저 빛의 세기변조를 이용하는 것과 간섭효과를 이용하는 방법 등이 있다. 이러한 방법 중에서 반도체레이저의 빛살피먹임을 이용하여 탐침의 진동진폭을 측정하는 빛살피먹임 방법이 NSOM에 적용된 바 있다.<sup>[3]</sup> 비광학적인 방법으로는 공명진동수에서 상당히 큰  $q$  값을 갖는 물리적인 이점이 있는 Tuning Fork를 사용하여 Shear-force를 감지하고 거리 유지하는 방법이 널리 알려져 있다.<sup>[4]</sup> 이러한 Tuning Fork를 이용한 비광학적인 방법은 구조적으로 NSOM Head를 아주 작게 만들 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 Tuning Fork으로 NSOM Head를 구성하였고 이렇게 제작된 NSOM을 이용하여 시료의 표면구조와 광이미지를 측정하였다. 사용된 Tuning Fork은 자체 공명진동수 32.768Hz( $=2^{15}$  Hz)를 갖는 수정진동자로 [그림 1]에서 보는 바와 같이 Tuning Fork의 한쪽 옆면에는 알루미늄으로 코팅된 광섬유탐침을 고정시켰다. Tuning Fork에 부착된 탐침의 공명진동수를 측정한 결과 공명진동수는 약 33.5kHz이었다. Tuning Fork으로부터 나오는 신호의 크기는 광섬유탐침 끝단의 진폭과 선형적으로 비례한다.<sup>[5]</sup> 광섬유탐침 끝단이 Shear-Force가 작용하는 영역 내로 근접하게 되면 탐침의 진폭이 줄어들고 공명진동수는 약 20Hz정도 증가하게 된다. 이것은 외력에 의하여 광섬유탐침 끝단의 진폭이 감소하게 되고  $q$  값이 작아지는 것에 비해 Tuning Fork의 스프링 상수가 더 커지기 때문이다.

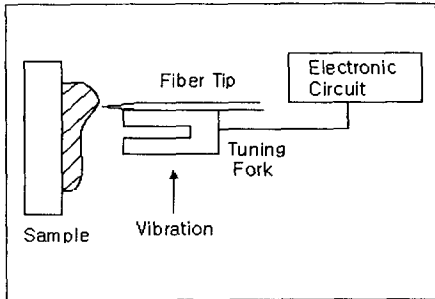
시료에 의한 탐침의 진폭 변화를 알아보기 위해 탐침을 공명진동수로 진동시키면서 일정한 간격으로 시료를 향하여 접근시켰다. [그림 2]에서 보듯이 시료와 탐침 사이의 거리가 약 20nm에서부터 급격하게 감소함을 볼 수 있다. 시료와 탐침 사이의 거리가 20nm보다 클 때 거리변화에 관계없이 일정한 크기의 신호를 나타낸다. 시료와 탐침 사이의 거리가 20nm정도 이하일 때부터 Shear-Force가 작용하고 거리가 가까워질수록 시료와 탐침의 상호작용력이 커져 탐침 끝단의 진폭이 더욱 감소한다. 결국 접근곡선에서 신호의 세기는 시료와 탐침사이의 거리를 의미한다. 시료와 탐침과의 거리를 일정하게 유지시키기 위하

여 비례-적분 제어기를 사용하였다. 탐침과 시료간의 거리는 약 10nm 정도로 유지되었다.

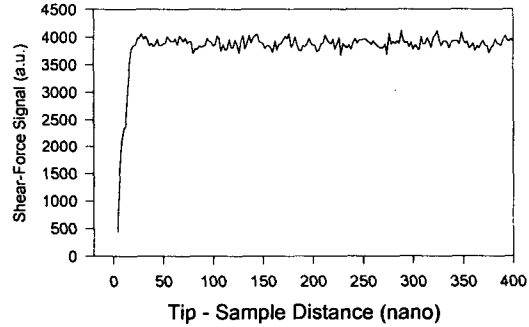
Tuning Fork을 이용한 NSOM을 제작하였고 이를 이용하여 특정시료의 광학적 특성을 분석하였다. 레이저(@ 690nm)로부터 나오는 빛을 렌즈로 집광하여 초점이 Slide Glass앞면에 위치하도록 하였고, 투과한 빛살의 세기를 NSOM으로 측정함으로써 [그림 3]과 같은 근접장 광이미지를 측정할 수 있었다. 여기서 빛살의 세기분포는 [그림 4]에서 보듯이 가우시안 형태를 갖는다. 자체 제작된 Tuning Fork을 이용한 NSOM은 기존의 빛살되먹임을 이용한 NSOM과 함께 미세구조 표면의 광학적 특성을 아주 정밀하게 분석할 수 있었음을 알 수 있었다.

참고문헌

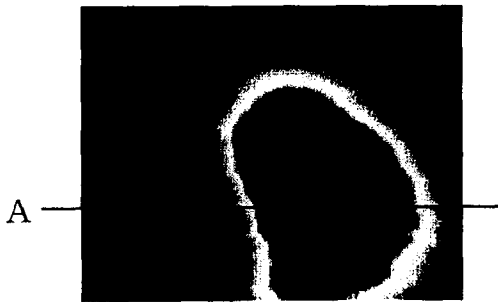
- [1] E. Betzig, J.K. Trautman, T.D. Harris, J.S. Weiner, and R.L. Kostelak, Science 251, 1468 (1991)
- [2] E. Betzig, P.L. Finn, and J.S. Weiner, Appl. Phys. Lett. 60, 2484 (1992)
- [3] K.B. Song, J.E. Bae, K. Cho, S.Y. Yim, and S.H. Park, Appl. Phys. Lett. 73, 2260 (1998)
- [4] Khaled Karrai, and Robert D. Grober, Appl. Phys. Lett. 66, 14 (1995)
- [5] A.G.T. Ruiter, K.O. van der Werf, J.A. Veerman, M.F. Garcia-Parajo, W.H.J. Rensen, and N.F. van Hulst, Ultramicroscopy 71, 149 (1998)



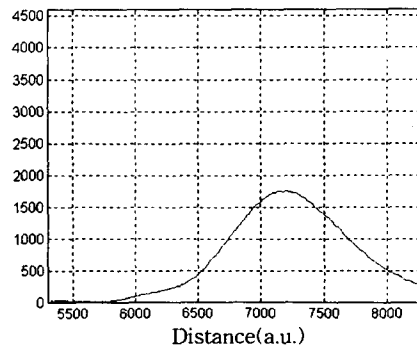
[그림 1] 실험 장치도



[그림 2] 접근곡선



[그림 3] 집광된 빛살의 광 이미지



[그림 4] 선 A에서의 빛살의 세기분포

