

광섬유 탐침의 반사면 이용 근접장 주사 광학 위상 현미경

Near-field scanning optical phase microscope using the reflective nano-facet of a tapered optical fiber

유장훈, 임상엽, 양재석, 이재훈, 박승한
연세대학교 이과대학 물리학과
e-mail : john2000@hanmir.com

근접장 주사 광학 현미경(NSOM)을 이용하면 미세구조에 대한 세세한 정보를 얻기 위해서 시료 표면 부근에 국소적으로 구속되어 있는 진행하지 않는 파(evanescent wave)를 검출함으로써 회절한계를 뛰어넘는 분해능을 얻을 수 있다. 최근에는 Apertureless NSOM으로 30nm이하의 분해능을 얻을 수 있게끔 되었으며, 다양한 방법을 통하여 시료의 복잡한 내부 구조를 관측할 수 있도록 하기위하여 많은 연구가 꾸준히 이루어 지고 있다.[1,2,3]

본 연구에서는 광섬유 탐침의 끝단에서 반사되는 광을 점광원과 같이 사용하고, 탐침에서 반사된 광을 시료에 다시 투과시킨 후 광의 강도를 검출하여 시료의 내부구조를 형상화할 수 있는 시스템을 제안하고 구현하여 보았다. 광섬유 탐침의 끝단은 100nm 정도의 매우 작은 반사면을 가지고 있어서 빛을 반사함과 동시에 광을 투과하기도 하여 집광초점의 광분포를 얻을 수 있었다. 그림 1은 본 연구에서 제안하는 광학 위상 현미경의 개략도를 보여준다. 레이저 광원에서 방출된 광을 대물렌즈로 시료에 집광시킨 후에 집광초점위치에 광섬유 탐침을 근접시킨다. 이때, 탐침과 시료의 표면으로부터 반사된 광이 서로 간섭되기 때문에 동심원의 회절무늬를 그림 2(a)와 같이 얻을 수 있다. 그림 2(b)는 탐침이 근접장에 접근한 상태에서의 회절무늬를 보여준다. 시료의 광학적 위상정보를 얻기 위하여 근접장에 접근한 탐침이 시료의 표면과 일정한 거리를 유지하는 동안에 시료를 주사하면서 탐침으로부터 반사된 광을 광검출기로 검출하였다.

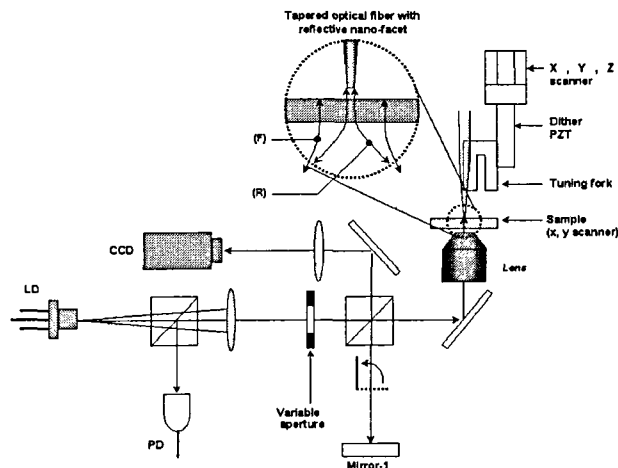


그림 1. 근접장 주사 광학 위상 현미경의 개략도

그림 3(a)는 시료를 이동시키면서 얻어진 3차원 표면정보(topography)를 보여주고 있으며, 그림3(b)는 표면정보와 함께와 동시에 검출된 시료의 위상정보(optical phase contrast)를 나타낸다. 위상정보는 시료표면의 형상정보에 대한 윤곽을 유지하고 있으며, 추가적으로 관측되는 미세한 내부구조를 구체적으로 형상화하고 있다. 측정에 사용된 시료는 blue-ray optical disc에 사용되는 폴리머 구조체이며 $3 \times 3 \mu\text{m}$ 크기의 영역을 측정하였다. 미세한 내부구조는 표면형상에서 보이는 다수의 틈(crack) 주위에 발생한 기계적인 긴장(strain)과 이로 인하여 발생한 비균질한 굴절율의 변화로부터 기인한다고 판단된다.

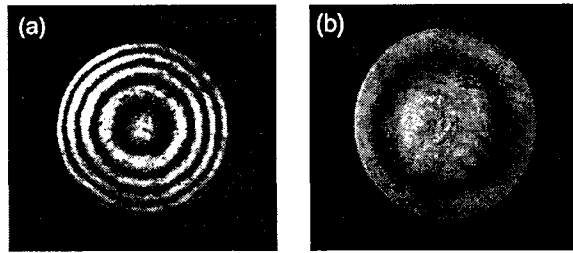


그림 2. 광섬유 탐침과 시료 표면으로 반사된 광 간섭에 의한 회절무늬:
(a) 탐침과 시료간 간격이 수 μm 인 경우 (b) 탐침과 시료간 간격이 수 μm 인 경우

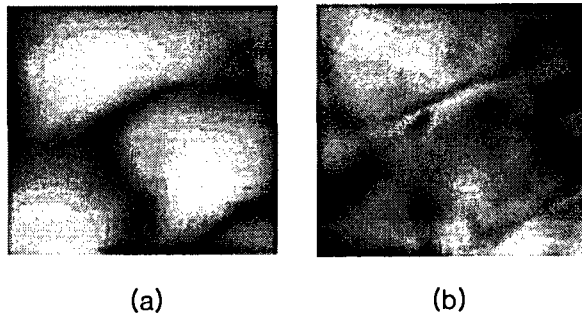


그림 3. 폴리머 시료의 표면형상 이미지(a)와 반사된 광을 검출한 광위상정보(b)

결론적으로 본 연구에서 제안된 근접장 주사 광학위상 현미경을 이용하면 집광초점의 분포를 측정할 수 있음은 물론 시료의 비선형 특성이 일으키는 self-focusing 혹은 self-trapping 현상을 관측할 수 있으며, 탐침의 반사광을 검출하여 시료의 내부구조를 형상화할 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서 제안한 근접장 주사 광학위상 현미경은 향후 생체시료나 molecular 시료의 흡수 및 반사 특성을 분석하는데 유용한 도구로 활용될 것을 기대된다. 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(M1-0203-00-0082) 지원을 받아 수행되었습니다.

[1] F. Zenhausern, Y. Martin, and H. K. Wickramasinghe, *Science* 269, 1083 (1995).
 [2] B. Knoll, and F. Keilmann, *Nature* 399, 134-137 (1999).
 [3] R. Hillenbrand, T. Taubner, and F. Keilmann, *Nature* 418, 159-161 (2002).