

광섬유 탐침의 반사면을 이용한 파면 분석 및 근접장 내부 구조의 위상 측정

Wavefront analysis and near-field phase measurement of internal structures using the reflective facet of an optical fiber probe

이재훈, 유장훈, 임상엽, 박승한
연세대학교 물리학과
brasswhite@yonsei.ac.kr

최근 나노 단위의 미세 구조에 대한 연구가 진행 되면서 표면의 형상뿐만 아니라 광학적 정보까지 얻기 위한 노력이 행해지고 있다. 근접장 주사 광학 현미경(NSOM)은 일반 광학계의 회절한계를 뛰어 넘는 분해능을 얻기 위해서 시료 표면 부근에서 국소적으로 구속되어 있는 진행하지 않는 파 (evanescent wave)를 검출하여 나노 단위의 광학적 형상을 얻고 있다. NSOM은 현재까지도 계속 개발 되고 있으며 Aperture type과 Apertureless type 또는 Hybrid type이 있어 Apertureless NSOM의 경우 30nm이하의 분해능을 얻을 수 있다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾

본 연구에서는 근접장에서의 evanescent wave 검출뿐만 아니라 광 위상까지 측정하기 위해 광섬유 탐침의 끝단에서 반사되는 광을 집광원과 같이 사용하고, 탐침에서 반사된 광을 시료에 다시 투과시킨 후 간섭된 광의 강도를 검출하여 시료의 내부구조를 형상화하였다. 광섬유 탐침의 끝단은 100nm 정도의 매우 작은 반사면을 가지고 있어서 빛을 반사함과 동시에 광을 투과하기도 하여 집광초점의 광분포와 위상을 동시에 측정 할 수 있었다. 그림 1은 본 연구에서 제안하는 광학 위상 현미경의 개략도를 보여준다. 레이저 광원에서 방출된 광을 대물렌즈로 시료에 집광시킨 후에 집광초점위치에 광섬유 탐침을 근접시킨다.

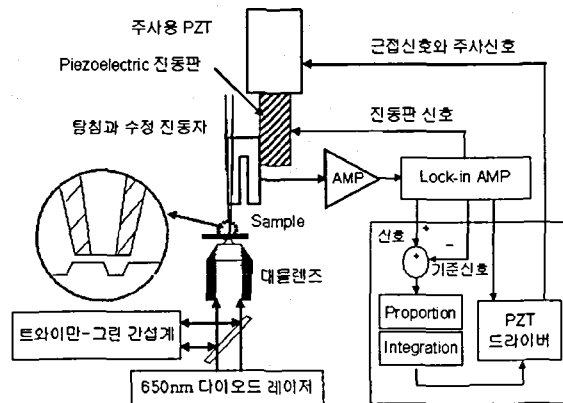


그림 1. 근접장 주사 광학 위상 현미경의 개략도

대물렌즈를 통하여 시료에 집광된 광이 초점 이탈이 없는 경우에는 탐침 끝을 시료 표면에 근접장까지 접근하였을 때 하나의 동심원만을 만들 수 있다. 대물렌즈와 시료의 위치를 고정한 상태에서, 탐침 끝단을 파장의 8분의 1만큼 씩 시료로부터 멀리 이동시키면서 그림 2의 (a)~(d)와 같은 $\lambda/4$ 씩 위상천이된 4장의 간섭무늬를 얻었다. 이러한 4장의 간섭무늬로부터 위상천이 알고리즘을 이용하여 그림 2(e)와 같은 최적초점에서의 파면을 구할 수 있다. 이때, 파면을 구하기 위하여 탐침의 끝단을 이동시켜야 하는 거리는 250nm 정도이며, 초점 심도와 비교하여 상대적으로 작은 값이기 때문에 위상천이 과정에서 점 광원으로써의 역할이 충분히 유지되는 것으로 판단된다.

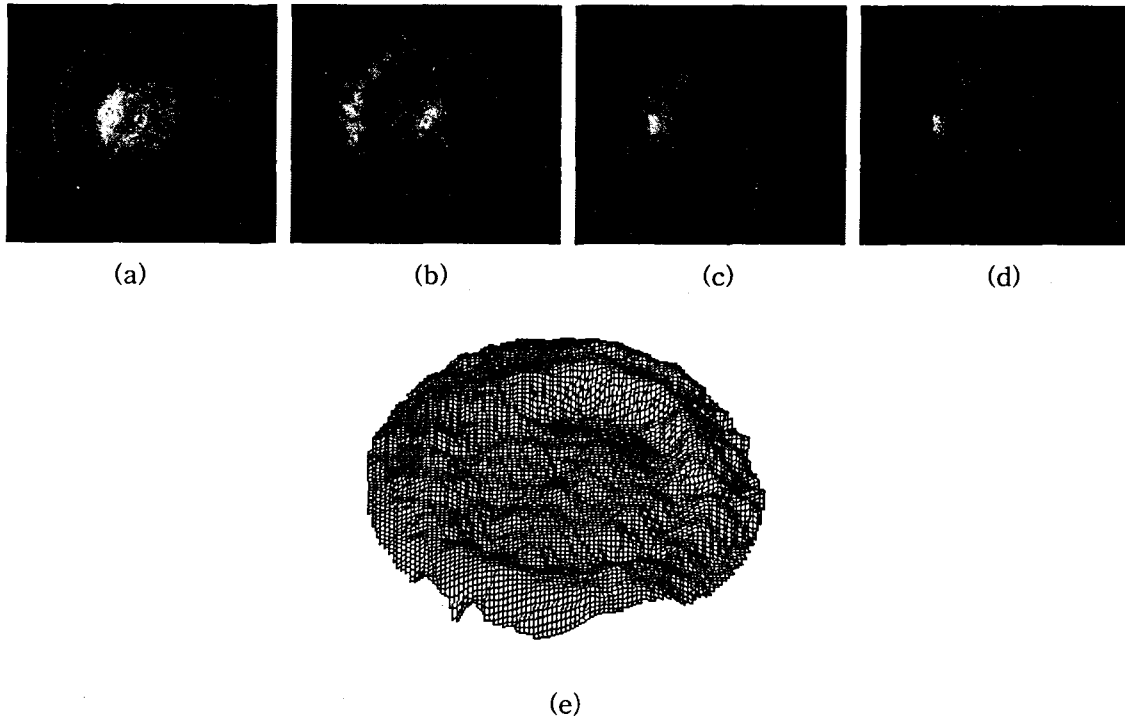


그림 2. 근접장에서 시료 표면과 광섬유 탐침의 끝 단으로부터 반사된 광들이 서로 간섭되어 얻어진 간섭무늬 : (a) 근접장에서의 간섭무늬, (b) 탐침이 시료 표면으로부터 약 90nm 떨어진 경우, (c) 탐침이 시료 표면으로부터 약 170nm 떨어진 경우, (d) 탐침이 시료 표면으로부터 약 250nm 떨어진 경우, (e) 간섭무늬를 사용하여 계산된 파면.

본 연구에서 제안된 근접장 주사 광학 위상 현미경은 탐침의 반사광을 검출하여 시료의 내부구조를 형상화할 수 있어 생체시료나 molecular 시료의 흡수 및 반사 특성을 분석하는데 유용한 도구로 활용될 것을 기대한다.

참고문헌

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).