

근접장 및 원거리장 회절효과 측정을 위한 근접장 광위상 간섭계의 구성

Near-field scanning phase interferometer for the evolution of diffraction effect

안홍규, 임상엽, 박승한

연세대학교 물리학과

flyfoot@yonsei.ac.kr

회절 현상은 편광, 간섭 등과 더불어 파동의 대표적인 특성 가운데 하나이다. 그러므로 회절 현상에 관한 연구는 광학이 발전한 역사와 궤를 같이 한다. 잘 알려진 바와 같이 파동이 방해물을 지난 후 원거리장으로 멀어지면 회절 효과는 수학적으로 단순한 형태를 띠어서 Fresnel 회절로 설명할 수 있고, 더 나아가서 물체의 크기 효과를 무시할 만큼 떨어진 관측점에서는 Fraunhofer 회절로 기술할 수 있다. 일반적인 광학계의 크기와 물체 크기, 그리고 관측점의 위치를 고려해 볼 때 파장보다 매우 먼 거리에 해당하는 원거리장 근사 만으로도 충분히 만족스러운 기술이 가능하다.

최근 나노 단위의 미세 구조를 쉽게 제작하게 됨으로써, 나노 구조의 광학적 특성을 측정하는 노력이 행해지고 있다. 특히 근접장 영역에서 빛세기 정보뿐만이 아니라 광위상 정보를 측정함으로써 나노 구조의 반응을 총체적으로 이해하고자 하는 시도가 있었다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾ 그러나 나노 구조에 의한 회절, 특히 근접장 영역에서의 회절 효과가 얼마나 되는지에 관한 연구는 찾아보기가 어렵다.

본 연구에서는 광섬유 탐침의 끝단에서 반사되는 빛을 점광원과 같이 사용하고, 탐침에서 반사된 빛을 시료에 다시 투과시킨 후 빛세기를 검출할 수 있는 근접장 광위상 간섭계(Near-field Scanning Phase Interferometer)를 구성하였다(그림 1). 특히 탐침의 위치를 시료에서 순차적으로 끌어올리면서 시료표면과 평행한 방향으로 주사할 수 있도록 장치를 꾸몄다. 이로써 시료를 지난 빛의 회절 효과가 근접장 영역에서부터 원거리장 영역까지 변화하는 과정을 검출할 수 있었다.

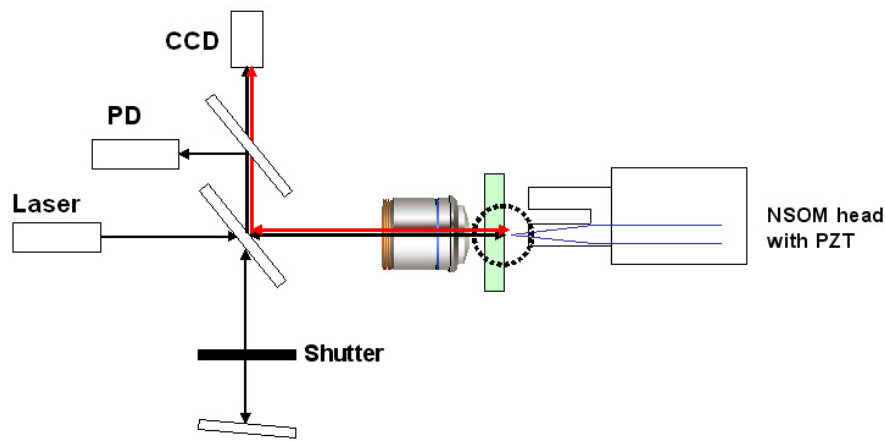


그림 1. 근접장 광위상 간섭계의 개략도

그림 2는 근접장 광학 현미경을 이용하여 측정한, Au 박막 위에 형성한 이중 슬릿에 의해 일어나는 회절 효과이다. 입사광으로는 632.8nm 파장의 He-Ne laser를 사용하였으며 전체 주사 영역은 $10 \times 9 \mu\text{m}$ 이다. 슬릿 평면에서 100nm 높이부터 탐침을 위로 올리면서 주사하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 측정된 회절 패턴은 근접장 영역에서 복잡한 양상을 띠다가 원거리장으로 진행하면서 단순한 회절 패턴으로 전이하였다. 본 연구에서는 제작된 근접장 광위상 간섭계를 이용하여 나노 구조에 의해 생기는 회절 효과의 변화와 함께 거리에 따른 광위상 정보를 제시하고자 한다. 광위상 정보는 근접장 회절 효과를 이해하는 데에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

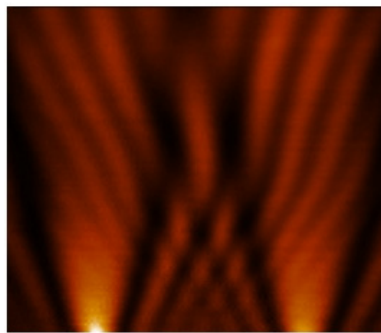


그림 2. 이중슬릿에 의한 회절 패턴

- [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).