

NSOM을 이용한 초해상 박막의 근접장 image 측정

Near-field Optical Image of the Focused Spot in the Super-Resolution Thin Films using NSOM

박영규, 황성태, 조규만, 이택성*, 정병기*

서강대학교/바이오융합프로그램, *한국과학기술연구원

ykpark76@sogang.ac.kr

정보화기술(IT) 발전과 더불어 필연적으로 광디스크의 용량이 커지면서 기존 방식의 한계에 이르고 있고, 더욱더 고밀도/ 대용량의 광메모리의 필요성이 제기되고 있다. 이러한 요구에 따라 광메모리의 용량을 증대시키기 위한 다각적인 연구개발이 이루어지고 있다. 기존 방식의 한계를 극복하기 제안된 방법으로 초해상(super-resolution, SR) 기술, 다층 기술, 근접장 기술, 홀로그램 기술 등을 적용하는 연구가 집중적으로 이루어지고 있다. 이중 초해상(super-resolution, SR) 기술의 경우 열광학 효과나 3차 비선형 광학효과로 인한 자체집광(Self-focusing) 현상을 이용하여 회절한계 이하의 laser 빛살크기를 만들고 이를 읽기와 쓰기에 적용함으로써 광메모리의 용량을 증대시키는 기술로 광학계의 회절한계를 극복하고 고밀도 광메모리 구현이 가능한 가장 유력한 기술로 여겨지고 있다. 이러한 가능성에도 불구하고 초해상 현상을 이용해 고밀도 / 대용량 광메모리 기술을 구현하기 위한 물질 및 초해상 발현 메커니즘에 대한 연구가 많지 않은 것이 현실이다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 여러 종류의 초해상 박막을 이용하여 박막표면에 집광된 빛살의 크기변화를 근접장 광학현미경(Near-field Scanning Microscope, NSOM)을 이용하여 측정/ 분석하였다. 초해상 박막을 투과한 빛살은 자체집광 효과로 인하여 집광된 빛살의 크기는 회절한계 이하로 줄어드는데, 이러한 현상을 회절한계 이하의 분해능을 가지는 NSOM을 이용하여 측정하는 것은 필수적인 단계라 하겠다.⁽²⁾

자체집광 효과를 정량적으로 비교분석하기 위하여 여러 종류의 초해상 박막을 그림 1과 같은 형태로 제작하였다. 즉, 단일모드 광섬유 절단면에 측정하고자 하는 초해상 물질을 15nm의 두께로 증착하였고, 박막 보호를 위해 양쪽에 총 30nm의 두께로 ZnS-SiO₂ 보호막을 형성하였다. 그림 1과 같이 단일모드 광섬유 절단면에 박막을 증착할 경우 자체집광 효과를 정량적으로 측정 분석을 수행함에 있어 여러 가지 장점이 있다. 즉, 추가적인 광학계를 사용하지 않음으로 정렬오차를 줄일 수 있고, 광섬유 자체로 공간필터링이 되어 잘 정의된 Gaussian 빛을 만들 수 있다. 또한 집광된 빛의 위치가 광섬유 중심으로 항상 일정함으로 NSOM 측정이 용이하고, 또한 빛살형태와 초점위치가 결정되므로 자체집광 현상을 정량적으로 분석하기에 용이하다.

다양한 물질에서 초해상 특성을 비교분석하기 위하여 본 연구에서는 GST(Ge doped SbTe), PbTe, GST+N의 3 종류의 물질을 사용하여 그림 1과 같은 형태로 RF sputtering 방법으로 제작하였고, 250도에서 5

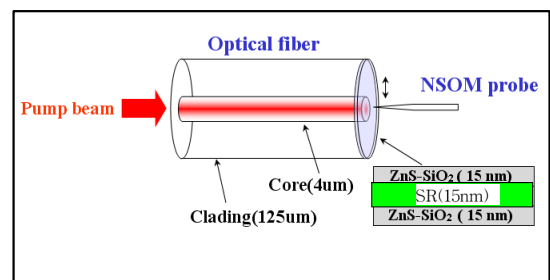


그림 1. 광섬유 절단면에 증착된 초해상 박막 및 측정 개략도

분간 열처리를 하였다. 또한 샘플에 입사하는 빛의 세기는 ND 필터를 이용하여 0.07~7.1mW로 변화시켰다. 측정시 그림 2에서와 같이 낮은 파워부터 총 5회 측정 후 동일 샘플에서 같은 방법으로 5회 재 측정하였다. 그림 2는 GST 박막 측정결과이며 (a), (b)는 최초 측정에서의 NSOM 이미지와 중심에서 line-scan이고 (c), (d)는 동일 샘플에서 반복 측정에서의 NSOM 이미지와 중심에서 line-scan 결과를 나타낸다.

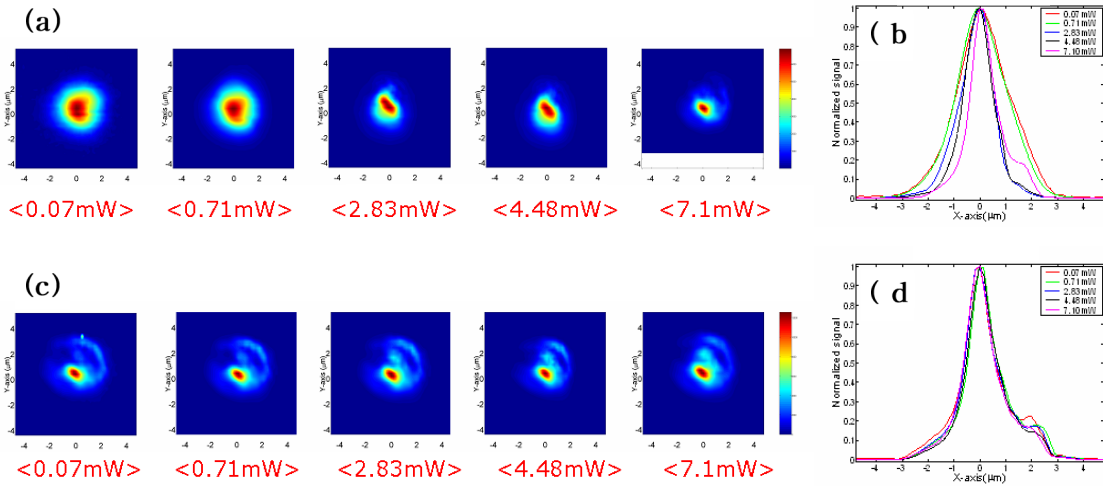


그림 2. Pump 빛살의 세기에 따른 GST 박막에서 집광된 빛살크기 변화

GST 박막의 첫 번째 측정 결과에서 보면 0.07mW에서부터 파워가 증가할수록 빛살의 크기가 줄어드는 즉, 자체집광 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있고 (b)의 결과를 보면 더욱 확연하게 알 수 있다. 그러나 동일 박막에서 첫 번째 실험과 동일조건으로 재차 측정한 결과 첫 번째 실험결과 중 4.48mW에 해당하는 빛살 크기로 파워에 상관없이 빛살크기가 동일함을 알 수 있다. 이러한 경향성은 자체집광 효과의 포화되는 시점 및 파워에 약간의 차이는 보이나 PbTe, GST+N의 박막에서도 역시 유사한 결과를 나타냈다.(본 논문에는 표시하지 않음.)

그림3은 GST박막에서 집광된 빛살의 Fast axis에서의 FWHM의 변화를 나타내며, 붉은색으로 표시된 최초 측정결과는 자체집광이 파란색의 반복 측정결과는 FWHM이 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 본 연구에 사용된 모든 초해상 박막에서 입사 빛살의 세기가 증가함에 따라 최초 측정 중 0.07mW 일 때의 빛살크기와 비교 시 PbTe(60%) > GST+N(58.6%) > GST(47.8%)의 순서로 자체집광 현상이 나타났으며, 약간의 시점 차이는 있으나 모든 박막에서 약간의 빛살크기 증가 후 입사되는 빛살세기에 상관없이 포화상태에 이르고 더 이상의 빛살 크기 감소는 관찰되지 않았다.

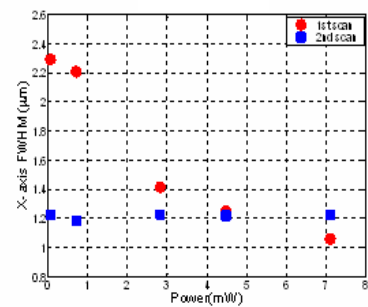


그림 3. 최초 및 반복 측정 비교 결과 - Fast axis의 FWHM

1. H.S. Lee, et al., "Thermoelectric PbTe thin film for superresolution optical data storage" Appl. Phys. Lett. Vol. 85, (2004) p2782
2. K.B.Song, et al., "Direct Observation of Self-Focusing with Subdiffraction Limited Resolution Using Near-Field Scanning Optical Microscope", Phys. Rev. Lett. Vol 85, (2000) p3842