

# 근접장 현미경을 이용한 비정질 $As_2S_3$ 박막에서의 자체집광 분석

## Study of self-focusing effect in $As_2S_3$ thinfilm using NSOM

박순빈, 이재광, 정은교, 조규만  
서강대학교 물리학과  
sb1\_park@hotmail.com

Kelly<sup>[1]</sup> 이후 자체집광(self-focusing) 효과에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 자체집광 현상에 대한 연구들의 목적중 하나는 과연 자체집광 현상에 의하여 집광된 빛의 크기가 궁극적으로 어디까지 줄어들 수 있는가에 대한 답을 찾는 것이다. Feit와 Fleck의 수치해석 결과에 따르면 비근축근사(nonparaxiality)를 고려했을 때 비선형 흡수, 고차 비선형효과, 물질 손상(material breakdown) 등 특별한 자체집광에 대한 포화 현상이 없이도 자체집광된 빛의 크기가 회절한계를 넘어서지 않고, 자체집광과 자체퍼짐(self-defocusing)이 반복하면서 전파되는 것을 알 수 있다<sup>[2]</sup>.

실험적으로는 이제까지 far-field imaging 방법으로 자체집광된 빛의 형상을 측정하였으나, 이러한 영상 방법의 분해능 한계가 회절에 의해 주어지기 때문에 실제로 분해능 한계보다 작은 크기의 자체집광현상이 있을 경우 이를 구분할 수 없었다. 반면 근접장 현미경(NSOM)은 매우 작은 aperture를 이용하여 회절한계를 넘어서는 분해능을 갖기 때문에 자체집광현상을 관찰할 수 있는 가장 이상적인 도구로 볼 수 있으나<sup>[3]</sup>, 대부분의 비선형 매질의 경우 비선형 Kerr 굴절률이 작기 때문에 효과적인 자체집광 현상을 관찰하기 위해서는 고출력의 레이저빔을 필요로 한다. 그러나 자체집광된 고출력 레이저 빛은 NSOM의 주사용 탐침을 손상 시키기 때문에 NSOM을 직접 자체집광현상의 연구에 적용할 수 없다.

한편, 칼코게나이드 유리의 경우 펌프빔의 파장이 Urbach tail에 포함되면 비선형 Kerr 계수가 매우 큰 것으로 알려져 있으며<sup>[4]</sup>, 아주 작은 세기의 빛으로도 쉽게 자체집광현상이 일어나는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 칼코게나이드 유리중  $As_2S_3$  박막에서의 자체집광 현상을 NSOM을 이용하여 관찰하였으며, 이를 통하여 우리의 실험 결과가 Feit와 Fleck이 제시한 비근축 근사이론과 잘 맞음을 알 수 있었다.

Tuning fork을 이용하여 NSOM head를 구성했고, input beam으로 He-Ne(@633nm, 2.0mW) 레이저를 사용했다. 시료는 칼코게나이드 글라스 계열인 두께  $1.7\mu m$   $As_2S_3$ 을 사용했다. 시료와 광섬유 탐침은 10nm 근방에서 거리유지가 될 수 있도록 Closed-loop feedback circuit을 사용했다. 시료를 통과한 후의 빛살은 aperture size가 100nm 인 aluminium coated fiber tip으로 10nm 간격으로  $8\mu m \times 8\mu m$  범위에서 주사하여 근접장 광 이미지를 얻었다. [그림 1]은 집광된 빛살이 시료를 지나기전 silica glass에서의 근접장 광 이미지를 보여준다. 그림상의 등고선은 빛살의 세기를 표시한 것이다. [그림 2]는 집광된 빛살이  $As_2S_3$  시료를 지난 후의 근접장 광 이미지를 보여준다. [그림 3]은 [그림 1]과 [그림 2]의 중심에서의 규격화 된 빛살 세기로, 각각의 반치폭(FWHM)은 약  $2.7\mu m$ 과  $1.7\mu m$ 로 시료를 지난후 자체집광 효과로 인해 빛살 크기가 약 40%정도 줄어들었음을 알 수 있었다. [그림 4]는 자체집광된 빛의

초점 부근에서 비근축근사(nonparaxiality)를 고려한 레이저 빛살(Helmholtz wave equation)의 전산시뮬레이션과 실험결과를 비교한 것이다.

본 연구는 NSOM을 이용한 실험 결과를 Nonparaxial self-focusing model이론을 통해 정성적으로 분석할 수 있었고 그것이 잘 일치함을 보았다. 앞으로 이를 통해 자체집광현상으로 인한 filament formation, beam breakup등을 분해능 한계를 넘어선 영역에서 분석할 수 있는 가능성을 보였다.

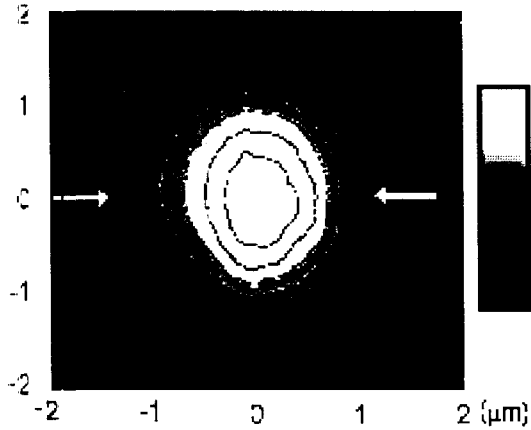


그림 1 시료 입사전의 근접장 광 이미지

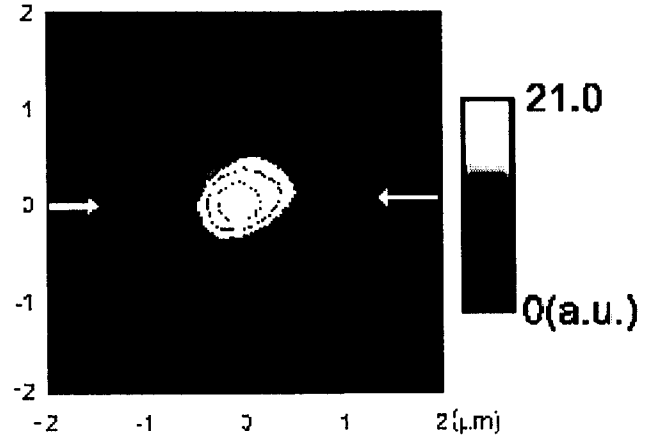


그림 2 시료 입사후의 근접장 광 이미지

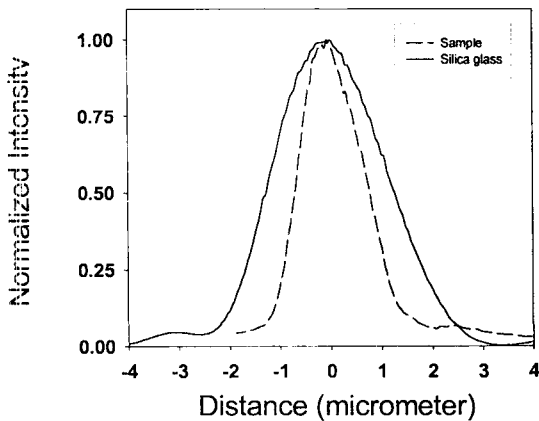


그림 3 중심에서 시료 입사전과 입사후의 빛살 크기 비교

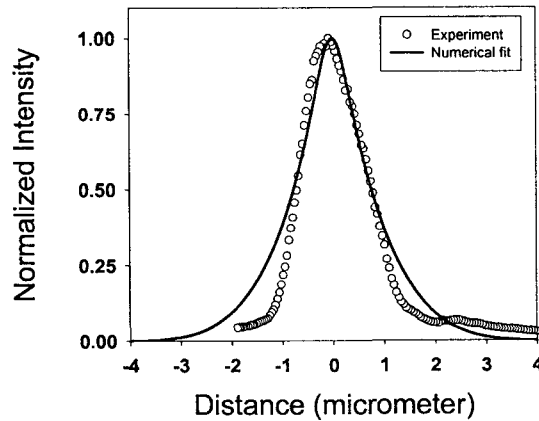


그림 4 초점부근에서 비근축근사를 고려한 레이저 빛살의 전산시뮬레이션과 시료를 지난 후의 빛살 비교

참고문헌

- [1] P.L. Kelley, Physical Review Letters, Vol 15, 1005, 1965
- [2] M.D. Feit and J.A. Fleck., J. Opt. Soc. Am. B 5, 633, 1988
- [3] E. Betzig and J.K. Trautman, Science 257, 189, 1992
- [4] K. Tanaka and H. Hisakuni, Non Cryst. Solids, 714, 1996