

## 근접장 광학 현미경을 이용한 a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 박막에서의 자체집광 및 구조변화 측정

### Self-focusing and Structure Measurement of a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> Using Near-field Scanning Optical Microscopy

전대중, 정희성, 조규만  
서강대학교 물리학과  
kcho@ccs.sogang.ac.kr

능동적으로 안정화시킨 반도체 레이저의 빔살되먹임을 이용한 근접장 광학현미경(Near-field Scanning Optical Microscope)을 이용하여 칼코게나이드계 유리인 a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>에서 광조사에 따른 자체집광 현상과 구조변화를 관찰하였다.

여러 비선형 광학현상 중 광 커르 효과(Optical Kerr effect)에 기인하는 자체집광(Self-focusing)은 광범위하게 연구되어 왔다. 일반적으로 자체집광 빔살의 크기는 회절한계 근처로 매우 작으며 빔살의 형태는 가우시안을 따르지 않는다. 따라서 Far-Field imaging technique 등 기존의 측정방법들은 회절한계 이하의 미세한 영역에 대한 비선형 효과를 측정하는데 어려움이 많다. 하지만 근접장 현미경은 일반적인 광학현미경이 갖지 못하는 회절한계 이하의 분해능을 가질 수 있으며 표면의 구조 및 광학적 특성에 대한 정량적인 분석이 가능하다. 이러한 특성은 자체집광 및 구조변화를 측정하는데 매우 유용하다.<sup>[1]</sup>

본 연구에서는 자체적으로 제작한 능동적으로 안정화시킨 반도체 레이저의 빔살되먹임을 이용한 shear force 현미경을 사용하였다.<sup>[2]</sup> 시료는 수직 절단된 광섬유 위에 열증착(thermal evaporation)하여 얻은 두께 860nm의 막 증착된 상태(as-evaporated)의 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 박막을 그대로 사용하였다. 이 방법은 광섬유에 직접 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>를 증착하기 때문에 샘플을 따로 정렬할 필요가 없고, 추가적인 장비의 필요 없이 대칭적인 빔살의 형태로 빛을 샘플에 조사할 수 있으며, 샘플의 이동을 통한 측정도 가능하다.

[그림1]는 광섬유에 증착된 비정질 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 박막에 대한 자체집광 실험 장치도이다. 여기서 펌프광원으로 사용된 헬륨-네온 레이저는 23.0mW의 광세기를 가진다.

실험과정은 레이저 빔살을 광섬유에 넣은 후, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>가 증착되지 않은 광섬유에서 나오는 빔살의 세기를 power meter로 측정하고 절단면을 근접장 광학 현미경으로 측정한다. 그리고 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>가 증착된 광섬유를 광섬유 용융 접속기(ARC Fusion Splicer)로 앞의 광섬유에 접속한 다음 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>가 증착된 면에 대해서 시간에 따라 근접장 광학 현미경으로 측정한다. [그림2]는 위의 실험결과이다. 이는 시간이 지남에 따라 투과된 빔살의 크기가 감소되는 반면에 표면의 팽창정도는 점점 더 커지는 것을 보여준다. 각각의 경우에 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 박막에 입사된 빔살에 대해 그 반치폭이 42%, 77%까지 감소됨을 관찰할 수 있었다.

[그림3]는 광조사 시간에 따른 두께의 변화를 측정한 결과이다. 이 두께 변화를 살펴보면 광조사 시간에 따라 그 두께가 급격히 증가하다가 어느 시간 이상에서는 천천히 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 여기서 관찰된 광팽창 두께는 기존에 알려진 결과보다 훨씬 크게 나왔는데 이는 본 실험의 조사영역이 반치폭 기준으로 2 $\mu$ m로 상대적으로 매우 작기 때문인 것 같다. 좁은 조사영역은 입사되는 빔살의 전기

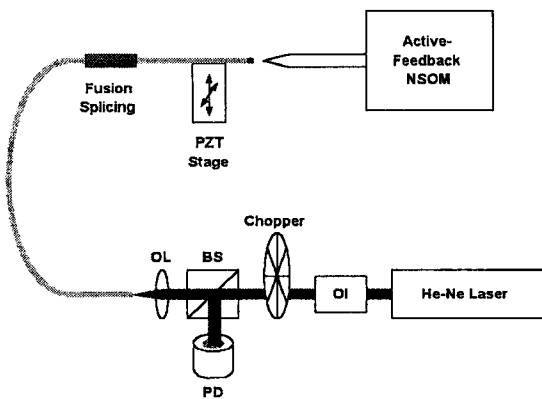
장에 의한 gradient force가 넓은 입사빔에 비해 매우 커지기 때문에 광조사에 의해 연결화된 질량의 이동도 더욱 커져서 더 큰 팽창이 일어난다고 해석할 수 있다. 또 담금질하지 않은 샘플을 사용할 때 구조가 안정화되지 않아서 팽창정도가 더 크다고 예측 할 수 있다.

두께에 따른 비선형 굴절의 변화는 광팽창정도와 빛살 반치폭 변화의 상관관계로부터 알 수 있으며 이를 [그림4]에 나타내었다. 이로부터 광조사시 비선형 굴절률이 지속적으로 증가하다가 박막두께에 대해서 약 20%정도의 광팽창을 기준으로 두께에 반비례하게 천천히 감소하게 된다는 것을 알 수 있다.

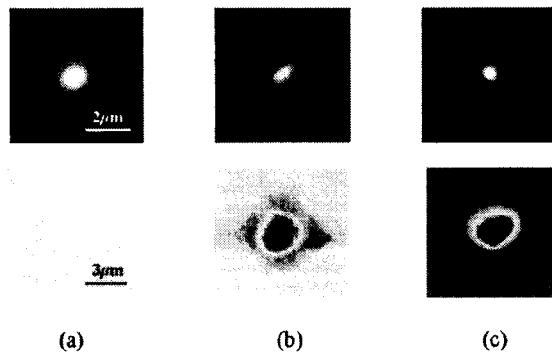
결론적으로, 근접장 광학 현미경으로  $As_2S_3$  박막을 이용하여 작은 광세기를 가지고 얇은 박막에서 자체집광효과를 관찰할 수 있었다. 그리고  $10\mu m$ 이내의 영역에 대한 광조사를 통해 기존에 알려진 것 보다 20배까지 더 큰 광팽창을 얻을 수 있었다. 또한, 전산모사를 통해 광팽창에 의한 비선형 굴절률의 변화가 어떠한 경향성을 보이는지를 확인하였다.

[참고문헌]

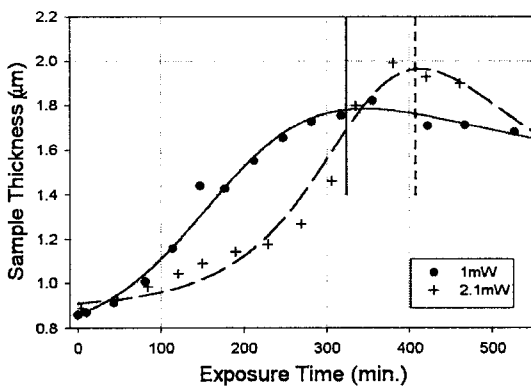
- [1] K. B. Song, J. K. Lee, J. H. Kim, K. M. Cho, Phys. Rev. Lett. 85, 3842 (2000).
- [2] K. B. Song, J. E. Bae, K. M. Cho, Appl. Phys. Lett. 73, 2260 (1998).



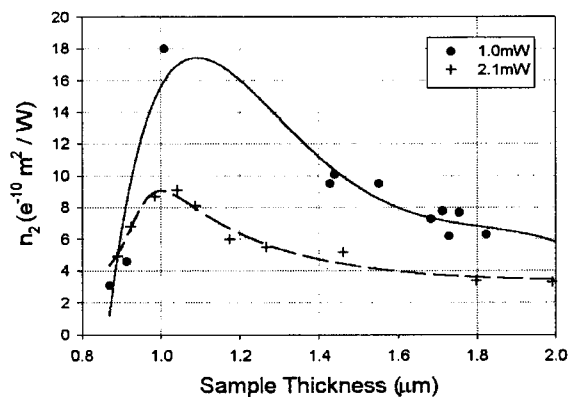
[그림 1] 자체집광 실험 장치도



[그림 2] 광조사 시간에 따른 광 영상(위), 표면 영상(아래).  
입사광의 세기 2.1mW  
(a) 광조사전, (b) 84분간 광조사시, (c) 712분간 광조사시



[그림 3] 광조사시간에 따른 광팽창



[그림 4] 광팽창 두께에 따른 비선형 굴절률의 변화