

근접장 광학 현미경을 이용한 비정질 As_2S_3 박막에서의 다중 필라멘테이션 관찰

Observation of Multiple Filamentation in a- As_2S_3 film Using a Near-Field Scanning Optical Microscope

정희성, 황성태, 조규만
서강대학교 물리학과
jhss@sogang.ac.kr

자체집광(Self-focusing)현상은 매우 높은 집적도를 가지는 광기록매체의 제작에 응용 가능하기 때문에 많은 연구자들에 의해 광범위하게 연구되어왔다.¹⁾²⁾ 그동안의 연구에서는 자체집광에 대한 분석방법으로서 빛살의 벡터특성을 무시한 비선형 슈뢰딩거 방정식(nonlinear Schrödinger equation)을 이용하였는데, 이 경우 축상으로 대칭적인 빛살이 입사될 때 발생하는 다중 필라멘테이션(Multiple Filamentation)현상은 입사빛살에 첨가되는 random noise에 기인한다는 것이 유일한 해석방법이었다.³⁾ 그러나, 최근 보고에 의하면 입사빛살의 편광상태를 고려한 벡터 헬름홀츠 방정식(vector Helmholtz equation)을 이용함으로써 noise가 없는 축상으로 대칭적인 빛살이 커르 매질에 입사되는 경우에도, 그 입사빛살이 선형편광인 경우 다중 필라멘테이션이 발생되며, 또한 원형편광된 입사빛살의 경우 다중 필라멘테이션이 억제되어 순수한 자체집광현상만 일어난다는 것이 이론 및 전산모사를 통해 증명되었다.⁴⁾

본 논문에서는 선형편광에서의 다중 필라멘테이션과 원형편광에서의 필라멘테이션 억제 현상에 대한 이론적인 결과들을 근접장 광학 현미경과 수직 절단된 광섬유에 증착된 a- As_2S_3 박막을 이용하여 실험적으로 검증하고자 한다.

[그림 1]은 원형편광 및 선형편광에서의 자체집광 및 다중 필라멘테이션 효과를 측정하기 위한 실험 장치도이다. 여기서, 샘플을 광섬유에 증착하는 이유는 입사빛살의 공간잡음을 최소화하고 그 모양이 원형 대칭인 빛살을 샘플에 입사할 수 있도록 함으로서, 입사빛살의 공간잡음 및 비대칭에 의해 나타날 수 있는 빛살의 갈라짐 현상(Beam breakup)을 방지하기 위한 것이다.

[그림 2]는 He-Ne 레이저의 조사에 따른 a- As_2S_3 박막의 광팽창 현상을 편광상태에 따라 관측한 것이다. 일반적으로 a- As_2S_3 박막은 광조사에 따라 박막두께의 최대 6%까지의 광팽창 현상이 발생된다고 알려져 있는데, 본 실험에 의하면 열처리되지 않은 샘플의 경우 최대 61%(열처리된 샘플은 21%)까지 팽창되는 것이 관측된다. 이러한 현상은 Saliminia 등에 의해 제안된 광유도 질량 운송(photoinduced mass transport) 현상으로서 해석 가능하며, [그림 2](a)와 같이 편광방향으로의 relief modulation을 관측함으로써 a- As_2S_3 박막에서의 광팽창이 질량운송에 의해 발생된다는 것이 증명된다.⁵⁾ 이러한 샘플두께와 비슷한 정도의 거대 광팽창을 이용하면 조사시간의 경과에 따른 광영상을 측정함으로써 박막두께의 변화에 따른 빛살모양의 변화를 효과적으로 관찰할 수 있다.

[그림 3]은 선형편광과 원형편광된 빛살이 입사했을 때의 시간경과에 따른 광영상이다. [그림 3](a)~(c)는 막 증착된 상태의 $2.4\mu m$ 박막에 $0.42mW$ 세기의 선형편광된 빛살을 조사한 후 시간의 경과에 따라

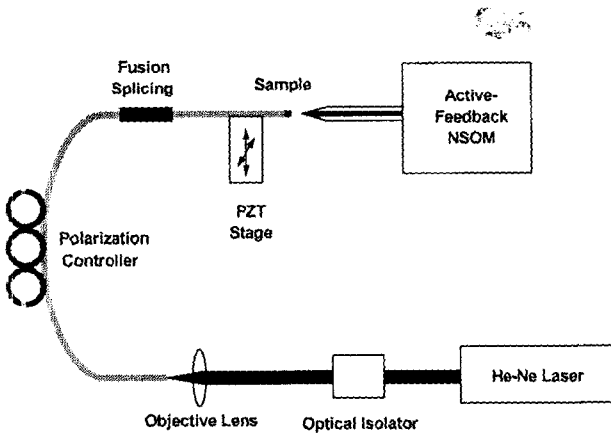
측정된 광영상이고, 기관으로 사용된 광섬유의 MFD는 $3.3\mu\text{m}$ 이다. [그림 3](d)~(f)는 막 증착된 상태의 $2.1\mu\text{m}$ 박막에 1mW 세기의 원형편광된 빛살을 조사한 결과이고, MFD는 $4\mu\text{m}$ 이다. [그림 3](a)~(c)를 보면 선형편광된 빛이 입사했을 경우에는 박막의 두께팽창에 따라서 자체집광이 진행되다가 빔이 두 개로 갈라지는 다중 필라멘테이션 현상이 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 반면에, 샘플에 원형편광된 빛이 입사했을 경우에는 [그림 3](d)~(f)에서와 같이 다중 필라멘테이션 현상이 억제됨을 알 수 있다.

이러한 원형대칭적인 선형편광상태의 입사빛살에 의한 다중 필라멘테이션 현상을 실험적으로 검증한 것은 본 논문이 최초라고 사료된다.

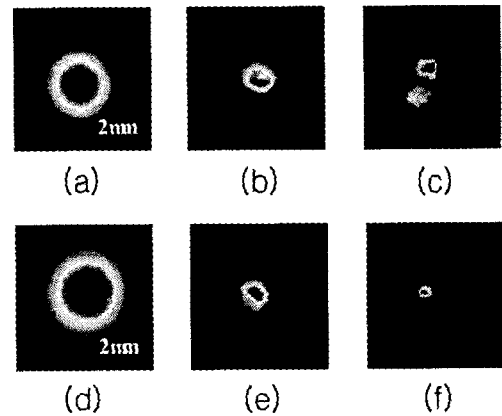
향후에는 좀 더 다양한 세기의 레이저 빛살에 대한 다중 필라멘테이션의 패턴에 대한 연구와 더불어서 열처리된 샘플에 대한 실험 및 분석을 수행할 예정이다.

[참고문헌]

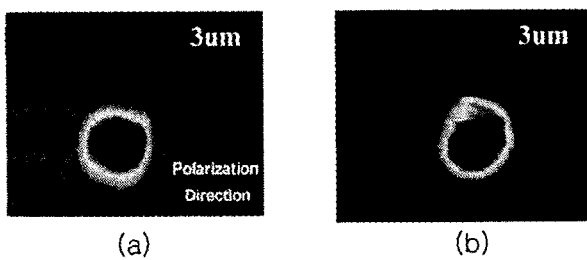
- 1) P. L. Kelley, Phys. Rev. Lett. 15, 1005 (1965); E. Garmire, R. Y. Chiao, and C. H. Townes, Phys. Rev. Lett. 16, 347 (1966).
- 2) K. B. Song, J. K. Lee, J. H. Kim, K. Cho, Phys. Rev. Lett. 85, 3842 (2000).
- 3) V. I. Bespalov and V. I. Talanov, JETP Lett. 3, 307 (1966).
- 4) G. Fibich and B. Ilan, Phys. Rev. Lett. 89, 013901 (2002) and therein.
- 5) A. Salimonia, T. V. Galstian, and A. Villeneuve, Phys. Rev. Lett. 85, 4112 (2000).



[그림 1] 다중 필라멘테이션 관찰을 위한 실험 장치도.



[그림 3] a-As₂S₃ 박막에 선형편광(a~c)과 원형편광(d~f)된 빛살이 입사했을 때의 박막두께팽창에 따른 광영상.



[그림 2] a-As₂S₃ 박막에 선형편광(a)과 원형편광(b)된 빛살이 입사했을 때의 표면구조 변화.