

# FDTD 방법을 이용한 비선형 박막에서 자체집광 현상에 의한 위상변화에 관한 연구

## Phase analysis of self-focusing in a nonlinear Kerr film using finite-difference time-domain method

이현호, 채규민, 유장훈, 임상엽, 박승한  
연세대학교 물리학과  
lhho@phya.yonsei.ac.kr

자체집광(self-focusing)현상은 대표적인 광학적 비선형 현상중 하나로서 이를 이용하여 회절한계이하의 빔 크기를 형성시키기 위하여 자체집광 현상에 관한 연구가 실험과<sup>(1,2)</sup> 이론적으로<sup>(3,4)</sup> 이루어져 왔다. 특히 최근에 비선형 박막의 근접장에서 회절한계 이하의 광세기분포가 형성될 수 있음이 실험적으로 확인되었으며 이에 관한 연구들이 진행 중에 있다. 비선형 현상의 이론적인 연구는 beam propagation method (BPM), nonlinear schrodinger equation (NLSE), finite-difference time-domain (FDTD) method 등을 이용하여 연구 되고 있는데, bulk 물질에서는 많은 연구가 수행된 반면 비선형 박막에서 일어나는 현상에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않은 상태이다.

본 연구에서는 이러한 비선형 박막에서 일어나는 빛의 자체집광 현상을 FDTD method를 이용하여 분석하고자 하였다. 박막에서 자체 집광현상에의해 회절한계이하의 광분포를 가지는 filament의 형성을 simulation을 통해 확인하였으며, 이러한 filamentation은 박막의 두께와 빔 세기에 따라 다른 특성을 나타냄을 확인하였다.

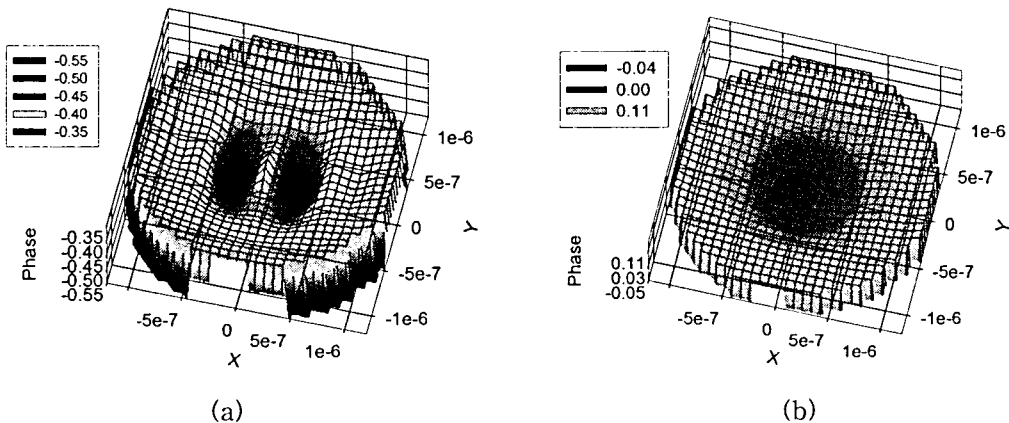


그림 1. 비선형 박막에서의 자체집광에 의한 위상맵  
(a) 박막 표면에서 위상맵 (b) 박막 1um 뒤에서 위상맵

표 1. 박막 1um 뒤에서 위상맵의 수차

Aberrations	Value
Defocus	0.213164
Astigmatism	0.001557
Coma	0.003912
Spherical Aberration	-0.119583
Wavefront RMS	0.009863
Wavefront Peak-to-Valley	0.040888

특히, 박막을 통과한 빛이 원거리장(far-field)에서 다시 집광되는 현상을 확인 하였으며 이는 비선형 박막이 얇은 렌즈처럼 작용할 수 있음을 보여준다. 그림 1은 filamentation에 의해 나타나는 근접장(near-field)과 원거리장(far-field)에서의 위상맵을 보여주고 있다. 그림 1(a)은 박막 표면에 형성된 filament의 위상맵을 보여주며, 그림 1(b)은 원거리장에서 집속되고 있는 빛의 위상맵을 보여주고 있다.

이러한 원거리장에서의 집속 현상에서 비선형 박막이 렌즈처럼 수차를 가질 수 있으므로 본 연구에서 이러한 원거리장 위상의 수차를 분석해 보았다. 그림 1(b)의 위상 맵의 수차를 계산해 보면 표 1에서 처럼 나타나며, 계산된 결과에서 나타나듯이 gaussian 광 분포를 가지는 빔의 자체 집광현상에서 구면 수차가 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 수차는 자체 집광에 의한 광 intensity 분포에 직접적인 영향을 미칠 것이고 또한 입사빔 세기에 의해 조절 될 수 있음을 알 수 있었다

본 연구의 FDTD simulation을 통해 근접장에서의 filamentation과 원거리장에서 집광현상에서 위상 변화에 대해 분석하였으며 이러한 결과는 비선형 박막이 근접장과 원거리장에서 다른 특성을 가지는 것을 보여주고 있다. 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(M1-0203-00-0082) 지원을 받아 수행되었습니다.

1. K.B. Song, J. Lee, J.H.Kim, and K. Choi, Phys. Rev. Lett. 85, 3842 (2000).
2. Y. Choi, J.H. Park, M.R. Kim and W. Jhe, B. Rhee, Appl. Phys. Lett. 78, 856 (2001).
3. M.D. Feit and J.A. Fleck, Jr., J. Opt. Soc. Am, B 5, 633 (1988).
4. Gadi Fibich, Phys. Rev. Lett. 76, 4356 (1996).

