

다중벽 탄소 나노튜브 현탁액의 비선형 광학적 특성

Nonlinear Optical Properties of Multi-walled Carbon Nanotube Suspensions

유효정, 문정호, 김석원

울산대학교 물리학과

dalki801118@naver.com

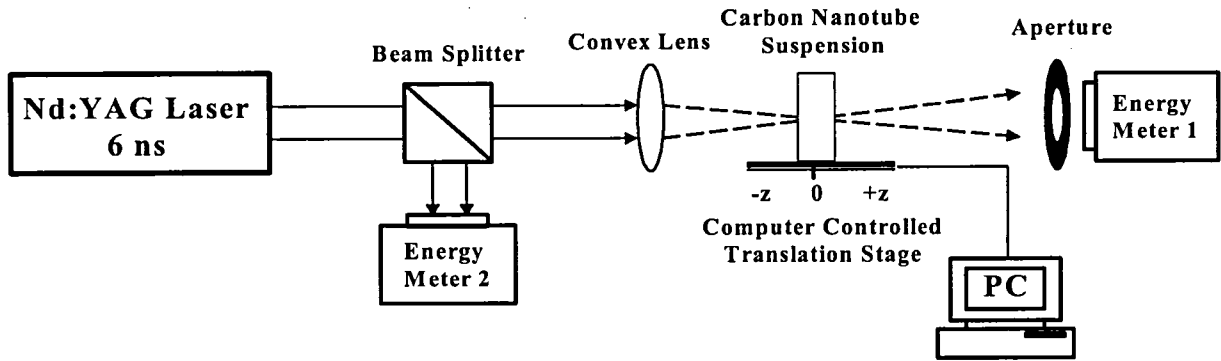
최근 탄소 나노튜브의 비선형 광학적 특성이 보고되면서 광 리미터로써 잠재적인 가능성을 가진 물질들 중 탄소 나노튜브가 좋은 재료가 될 것으로 예상된다. 광 리미터는 높은 세기나 에너지를 가진 레이저 광의 투과도를 줄여서 눈과 광 검출기 등을 효과적으로 보호하기 위한 소자이다.⁽¹⁾ 탄소 나노튜브를 박막으로 제작하면 광 리미팅 현상은 좋으나 탄소 나노튜브가 국소적으로 승화되므로 손상을 입게되므로 탄소 나노튜브를 용매에 섞은 현탁액을 사용하면 이러한 문제점을 보완할 수 있다. 효율적인 광 리미터의 제작을 위해 탄소 나노튜브 현탁액의 광 리미팅 현상을 관측하고 Z - 스캔 방법을 통해 비선형 흡수 계수와 비선형 굴절률을 구하여 광 리미팅 현상의 원인인 비선형 흡수와 비선형 굴절의 영향을 확인해야 한다.

본 연구에서는 광 리미터의 원인이 되는 비선형 특성을 조사하기 위해서 다중벽 탄소 나노튜브를 증류수에 섞어 현탁액을 만들고 파장 1064 nm 와 532 nm 이고 펄스폭 6 ns 인 Q - 스위칭된 Nd : YAG 펄스 레이저 빔을 각각 사용하여 탄소 나노튜브의 비선형 흡수계수와 비선형 굴절률을 Z - 스캔 방법으로 측정하였다. Z - 스캔 방법은 렌즈에 의해 모아진 빔의 초점을 중심으로 빔의 진행방향에 따라 시료를 이동시키면서 시료를 투과한 빔의 세기를 시료에서 멀리 떨어진 검출기를 이용하여 측정하는 방법이다.⁽²⁾

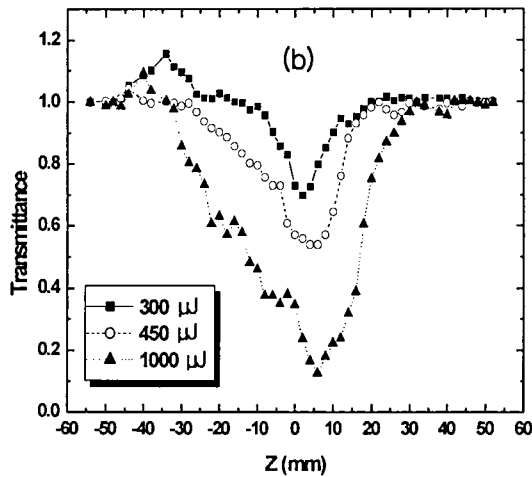
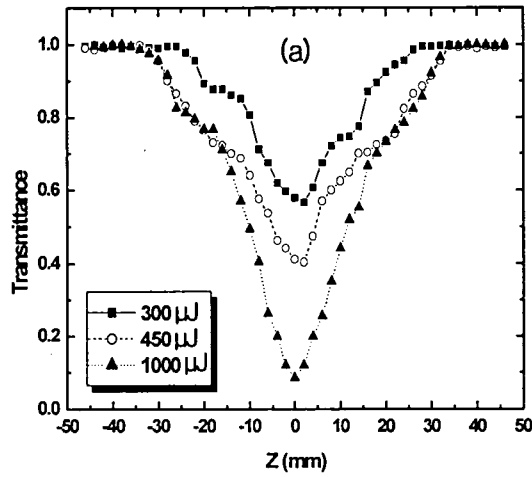
에너지 측정기 앞에 개구를 놓지 않고 현탁액을 투과하는 모든 에너지를 측정하는 열린 개구 실험에서는 [Fig. 2]의 (a)와 같이 레이저의 초점에서 투과율이 급격히 하강하는 dip을 관측할 수 있으며 이로부터 비선형 흡수 계수 ($\beta = 6.2 \times 10^{-11} \text{ mW}^{-1}$ (1064 nm), $\beta = 3.98 \times 10^{-10} \text{ mW}^{-1}$ (532 nm))를 얻을 수 있었고 광 리미터의 원인으로 비선형 흡수가 일어나고 그것이 미치는 영향을 알 수 있었다. 에너지 측정기 앞에 유한한 크기로 열려진 개구를 놓고 그것을 투과한 에너지를 측정하는 닫힌 구경 실험에서는 [Fig. 2]의 (b)와 같이 peak와 valley를 관측할 수 있으며 이로부터 비선형 굴절률 ($n = -1.74 \times 10^{-17}$ (1064 nm), $n = -9.13 \times 10^{-17}$ (532 nm))을 얻을 수 있었으며 광 리미터는 비선형 굴절에 의해 일어나고 그것이 미치는 영향을 알 수 있었다. 입사광 파장이 짧을수록 탄소 나노튜브 횡단면에서 흡수가 많이 일어나 비선형 흡수와 비선형 굴절이 커지기 때문에 레이저의 파장을 532 nm를 사용했을때가 1064 nm를 사용했을때보다 더 큰 비선형 흡수계수와 비선형 굴절률을 가짐을 확인했다.

참고문헌

1. L. Vivien, E. Anglaret, et al., "Pump-probe experiments at 1064 nm in singlewall carbon nanotube suspensions," IEEE J. Quantum Electronics **36**, 680 (2000).
2. L. Vivien, et al., "Optical limiting properties of singlewall carbon nanotubes," Optics Communications **174**, 271 (2000).



[Fig. 1] The experimental setup of Z-scan method.



[Fig. 2] Nonlinear transmittance of MWNTs-water suspension with different input energies of 1064 nm ; (a) open aperture, (b) closed aperture.

T
B