

Z-scan 방법에 의한 다중벽 탄소 나노튜브 현탁액의 비선형 광학적 특성 연구

A Study on Nonlinear Optical Properties of Multi-walled Carbon Nanotube Suspensions by Z-Scan Method

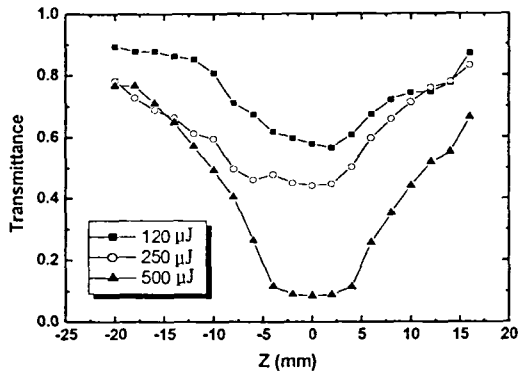
유효정, 문정호, 김석원
울산대학교 물리학과
dalki80@mail.ulsan.ac.kr

비선형 광학적 특성을 갖는 매질의 흡수율과 굴절률은 입사 빛의 세기에 관계한다. 이때 흡수율과 굴절률을 빛의 세기와 관련시키는 계수의 크기와 부호를 Z-스캔 방법으로 측정할 수 있다. 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.^[1] 최근에 탄소 나노튜브의 비선형 광학특성이 보고 되면서 좋은 광 리미터 재료가 될 것으로 예상된다. 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 레이저를 사용하여 탄소 나노튜브의 비선형 흡수계수와 비선형 굴절률을 Z-스캔 방법으로 측정하였다. 또한 용매로 클로로포름과 에틸렌 글리콜을 사용한 현탁액에 대한 비선형 흡수계수와 비선형 굴절률도 측정하였다.

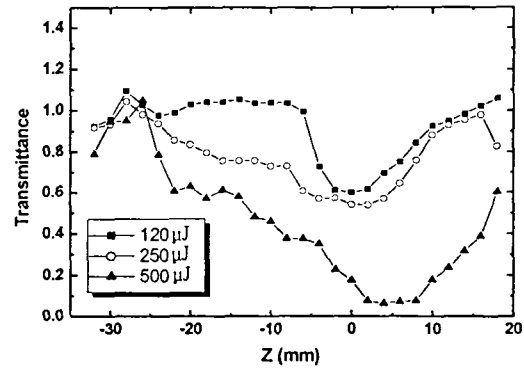
개구를 놓지 않고 현탁액을 투과하는 모든 에너지를 측정하는 열린 개구 실험에서는 [그림 1]과 같이 레이저의 초점에서 투과율이 급격히 하강하는 dip을 관측할 수 있으며 이로부터 비선형 흡수 계수 ($\beta = 6.2 \times 10^{-11} \text{ mW}^{-1}$ (1064 nm), $\beta = 3.98 \times 10^{-10} \text{ mW}^{-1}$ (532 nm))를 얻을 수 있었고 광 리미터의 원인으로 비선형 흡수와 비선형 산란이 일어나고 그것이 미치는 영향을 알 수 있었다. 유한한 크기로 열려진 개구를 놓고 그것을 투과한 에너지를 측정하는 닫힌 구경 실험에서는 [그림 2]에서처럼 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 산란과 비선형 흡수, 비선형 굴절에 의해 일어나고 그것이 미치는 영향을 알 수 있었다. [그림 5], [그림 6]에서는 파장이 1064 nm 이고 입력 에너지가 450 μJ 인 레이저 빔에 대한 용액에 따른 비선형 흡수 계수 ($\beta = 1.6 \times 10^{-10} \text{ mW}^{-1}$ (chloroform), $\beta = 1.8 \times 10^{-11} \text{ mW}^{-1}$ (ethylene glycol))와 비선형 굴절률 ($n = -5.43 \times 10^{-17}$ (chloroform), $n = -3.63 \times 10^{-18}$ (ethylene glycol))을 얻을 수 있었다.

참고문헌

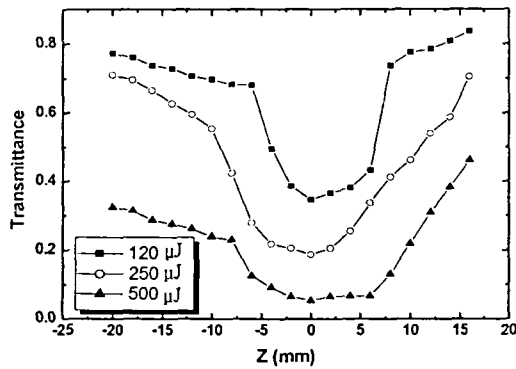
1. L. Vivien, et al., Optics Communications 174, 271 (2000).



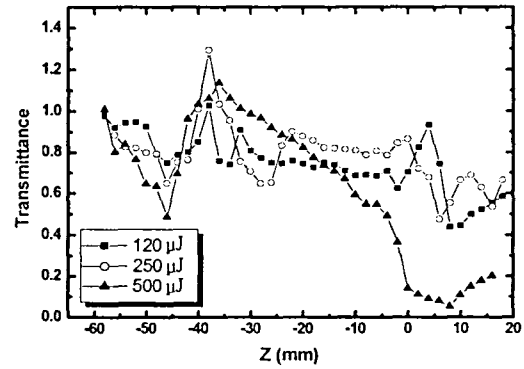
[그림 1] Z-scan of MWNTs-water suspension with different input energies of 1064 nm open aperture.



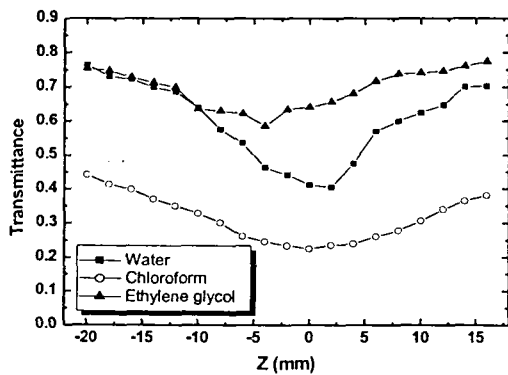
[그림 2] Z-scan of MWNTs-water suspension with different input energies of 1064 nm closed aperture.



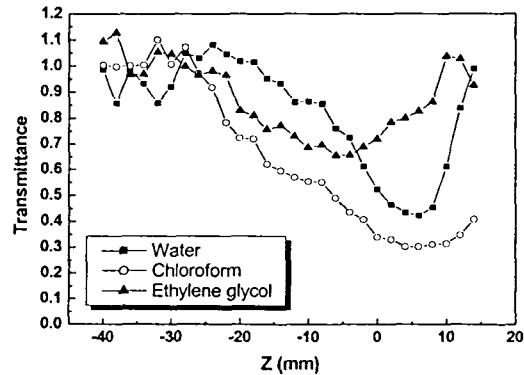
[그림 3] Z-scan of MWNTs-water suspension with different input energies of 532 nm open aperture.



[그림 4] Z-scan of MWNTs-water suspension with different input energies of 532 nm closed aperture.



[그림 5] Open aperture z-scan measurements at $\lambda = 1064$ nm and $I_0 = 450$ μ J.



[그림 6] Closed aperture z-scan measurements at $\lambda = 1064$ nm and $I_0 = 450$ μ J.