

탄소 나노튜브 현탁액에서의 광쌍안정

Optical Bistability in Carbon Nanotube Suspensions

문정호, 김석원
울산대학교 물리학과
jmun7803@naver.com

광쌍안정(optical bistability)이란 하나의 입력광의 세기에 대하여 두 개의 안정된 출력상태가 존재하는 것을 말하고 이 현상은 크게 분산형(dispersive type)과 흡수형(absorptive type)으로 구분된다.⁽¹⁾

광쌍안정을 연구하는 목적은 광신호를 처리하는 기본소자의 개발과 그 응용에 있으며 본 연구에서는 차세대 신물질로 각광받고 있는 다중벽 탄소나노튜브 현탁액에서의 흡수형 광쌍안정 현상을 관측하였다.

다중벽 탄소나노튜브의 광쌍안정을 관측하기 위해 그림 1과 같은 실험장치를 구성하였다.

먼저 BS(beam splitter)를 반사한 광은 silicon photodiode PD₁에 의해 입사광이 검출되고, 시료를 지난 출력광은 PD₂에서 검출된다. 사용된 광원은 파장이 532 nm인 DPSS(diode pumped solid state) Nd:YVO₄ 레이저이며 chopper를 사용하여 입사광의 세기와 파형을 변조시켰다. 시료에 광을 집속시키기 위해 초점거리가 50 mm인 볼록렌즈를 사용했고 photodiode로 검출된 광의 세기는 오실로스코프와 컴퓨터를 사용하여 측정하였다.

시료로 사용되는 다중벽 탄소나노튜브를 용매에 분산시키기 위해 초음파분쇄기(sonicator)를 사용하여 2시간동안 분쇄하였고 두께가 10 mm인 quartz셀에 주입하였다. 다중벽 탄소나노튜브는 주식회사 나노텍에서 생산된 제품으로 생성방법은 CVD, 순도는 95 %이고 나노튜브의 길이는 10~50 μm , 지름은 15~30 nm이고, 사용된 용매는 증류수, 클로로포름이다.

입사광의 세기가 증가함에 따라 매질의 비선형흡수가 증가하는 다중벽 탄소나노튜브의 흡수형 광쌍안정의 매커니즘은 입력광의 광흡수가 매질의 온도증가를 야기시키고 온도증가는 다시 광흡수를 증가시키는 일련의 반복과정이 feedback system으로 작용하는 것이다.

그림 2(a)는 용매로 증류수를 사용하고 선형투과율이 30%, chopping frequency가 250 Hz일 때의 다중벽 탄소나노튜브의 입사광과 투과광의 세기의 시간변화를 나타낸다. 그림 2(b)는 입사광과 투과광의 세기를 각각 x축, y축으로 놓았을 때의 오실로스코프상의 화면을 컴퓨터로 출력한 것이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 입사광의 증가에 따라 출력광이 증가하다가 흡수에 의해 출력광이 급격히 감소하고 다시 입사광이 감소할 때 출력광은 회복되어 감소하는 전형적인 흡수형 광쌍안정의 입출력 특성을 확인할 수 있었다. 그림 3은 용매로 클로로포름을 사용하고 선형투과율이 65%인 다중벽 탄소나노튜브의 frequency에 따른 입사광과 출력광의 세기에 대한 시간변화이다. 그림 3에서 chopping frequency가 증가할수록 투과율이 high에서 low로 바뀌는 switching down power는 증가하고, 그 반대인 switching up power는 감소하는 것을 볼 수 있었다. 입사광의 최대파워는 100 mW이고 chopping frequency가 100 Hz일때 스위칭 시간은 100 μs 정도임을 알 수 있었다.

(1)이범구, *비선형광학* (아르케, 서울, 2002), pp. 195-201.

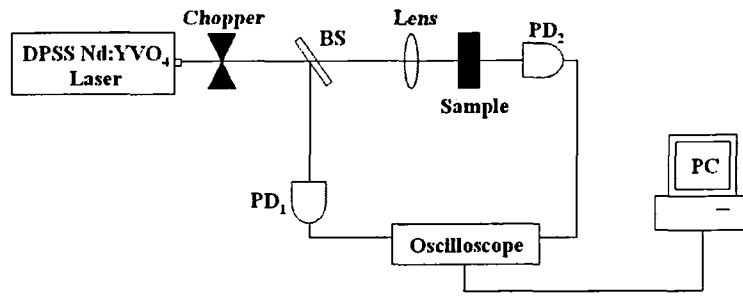


그림 1. 다중벽 탄소나노튜브의 흡수형 광쌍안정 측정을 위한 실험 장치도.

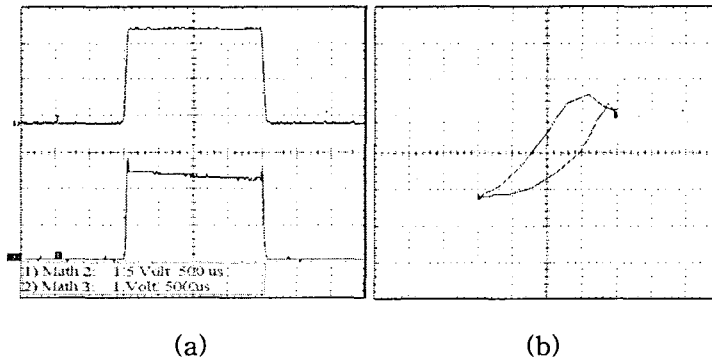


그림 2. Chopping frequency가 250 Hz이고, 용매로 증류수를 사용한 다중벽 탄소나노튜브 현탁액에서의 입출력 특성. (a)입력광의 세기에 대한 출력광 세기의 시간변화, (b)입력과 출력의 세기를 각각 x, y축으로 놓았을 때의 오실로스코프상의 출력화면.

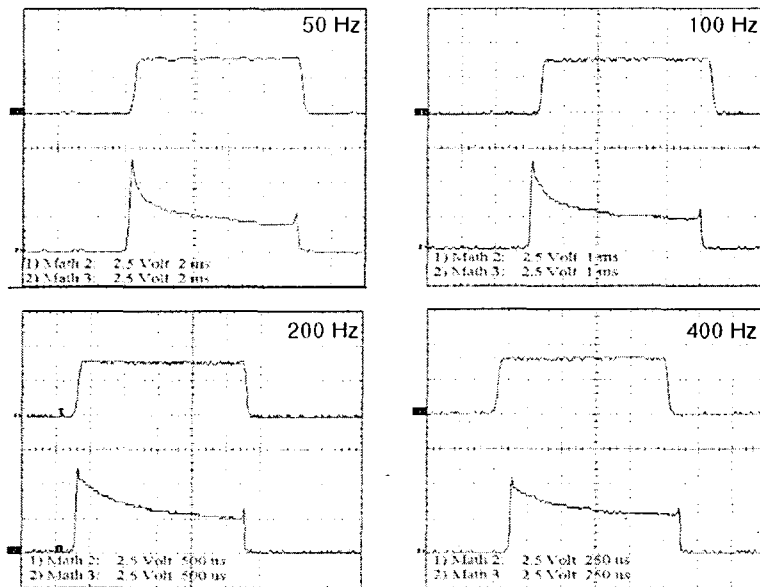


그림 3. 용매로 클로로포름을 사용한 다중벽 탄소나노튜브 현탁액에서의 chopping frequency 변화에 따른 입출력 특성.

TP