

카본나노튜브 포화흡수체를 이용한 근적외선 수동 모드잠금 고체레이저

Passively mode-locked near-infrared solid-state lasers using carbon nanotube saturable absorbers

이상민

아주대학교 에너지시스템학부/물리학과

e-mail: rotermun@ajou.ac.kr

극초단 펄스 레이저는 개발 이후 광범위한 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 기존의 수동 모드잠금 극초단 펄스 레이저의 자동발진을 위해 대부분 빠른 반응시간(\sim ps)의 반도체물질을 이용해 제작된 포화흡수체 거울(SESAM; semiconductor saturable absorber mirror)⁽¹⁾이 사용되어 왔으나 MOCVD, MOPEV 및 MBE 등을 이용한 복잡한 제작과정과 이에 따른 경제적 부담 때문에 사용이 극히 제한되고 있다. 탄소나노튜브의 경우, 개발 이후 이에 대한 다양한 분석 및 응용연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 최근에는 단일벽 탄소나노튜브(SWCNT) 기반의 포화흡수체 개발 및 극초단 펄스방출을 시도하는 연구가 국제적으로 서서히 진행되기 시작하였다. 탄소나노튜브의 포화흡수특성을 이용한 극초단 광섬유 레이저 개발 연구는 보고되고 있으나,^(2,3) 고체레이저 모드잠금과 관련된 포화흡수체 개발 연구는 현재 미약한 실정이다.

본 연구에서는 탄소나노튜브를 이용하여 비교적 손쉬운 제작법을 통해 투과 및 반사형 포화흡수체를 제작, 분석하고, 이가 지닌 선형, 비선형 광특성 및 반응시간 등의 측정분석을 통해 최적화된 고체레이저 모드잠금용 탄소나노튜브 포화흡수체 제작기술을 확보하고자 한다. 탄소나노튜브는 튜브직경, 구조변화, 제작법 및 분산정도에 따라 그가 지닌 흡수파장영역 조절이 가능하며,⁽⁴⁾ 특히 초고속 포화흡수체 제작에 필요한 반도체성 단일벽 카본나노튜브의 흡수띠는 1.0-2.0 μm 영역에서 조절이 가능하여 광대역 응용을 가능하게 한다. 아크 방전법으로 제작된 단일벽 탄소나노튜브의 경우, 흡수띠는 1.0 μm 와 1.8 μm 부근에 놓여 있으며, 이는 각각 에너지밴드 S_{22} 와 S_{11} 에 해당된다. 예로써, 그림 1은 단일벽 카본나노튜브를 PMMA와 잘 분산시켜 spin coating한 투과형 포화흡수체와 spray 기법으로 만든 투과형 포화흡수체의 선형투과율을 보여준다.

1.0 μm 영역에서의 고체레이저의 수동 모드잠금 자동발진을 위해 포화흡수체가 갖추어야 할 조건들을 분석하기 위해 다양하게 제작된 투과 및 반사형 포화흡수체들의 비선형 투과 및 반사와 포화에너지 값을 측정하였으며, pump-probe 기법을 이용하여 비선형 투과의 회복시간을 측정하였다.

또한 고압일산화탄소분해법으로 제작된 단일벽 탄소나노튜브의 경우, 1.3 μm 영역의 흡수띠를 이용하면 이 영역의 포화흡수체 개발이 가능함을 확인하였다.

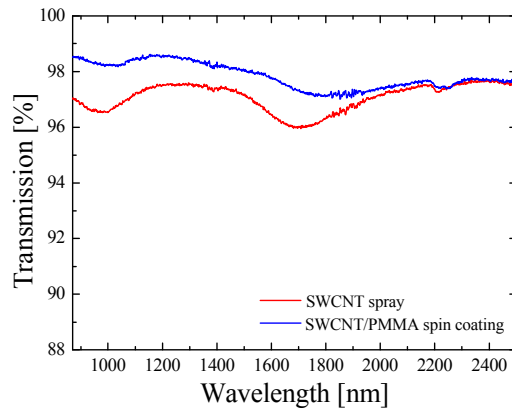


그림 1. 투과형 단일벽 카본나노튜브 포화흡수체의 투과도

본 발표에서는 단일벽 탄소나노튜브로 제작된 다양한 포화흡수체의 특성에 대해 자세히 언급하고, 이를 기반으로 1.0 μm 와 1.25 μm 파장영역에서 자동발진되는 극초단 모드잠금 고체레이저 개발에 대한 연구결과를 소개하고자 한다. 예로써, 그림 2는 1.04 μm 영역에서 자동발진 모드잠금된 Yb:KLuW 레이저로부터 방출된 펄스의 길이를 나타내는 자체상관 곡선과 펄스 스펙트럼을 보여준다.

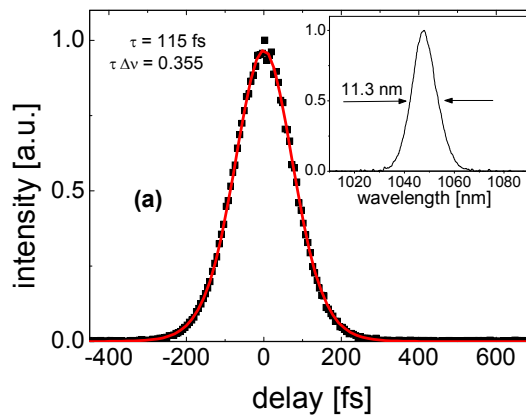


그림 2. SWCNT SA를 이용해 자동발진 모드잠금된 Yb:KLuW 레이저 펄스의 자체상관 곡선 및 스펙트럼

참고문헌

1. U. Keller, "Recent developments in compact ultrafast lasers", Nature 424, 831 (2003)
2. S. Y. Set, H. Yaguchi, Y. Tanaka, and M. Jablonski, "Laser mode locking using a saturable absorber incorporating carbon nanotubes," J. Lightwave Technol. 22, 51 (2004).
3. Y-W Song, S. Yamashita, C. S. Goh, S. Y. Set, "Passively mode-locked lasers with 17.2-GHz fundamental-mode repetition rate pulsed by carbon nanotubes," Opt. Lett. 32, 430 (2007).
4. S. M. Bachilo, M. S. Strano, C. Kittrell, R. H. Hauge, R. E. Smalley, R. B. Weisman, "Structure-assigned optical spectra of single-walled carbon nanotubes", Science 298, 2361 (2002).