

수동 모드록킹된 반도체 레이저 광주파수 빔을 이용한
펄스형 결맞음 밀도 포획 공진 신호 관측

Observation of pulsed coherent population trapping
resonance with novel optical frequency comb
from passive mode-locked diode laser

장광훈, 윤두성, 윤태현

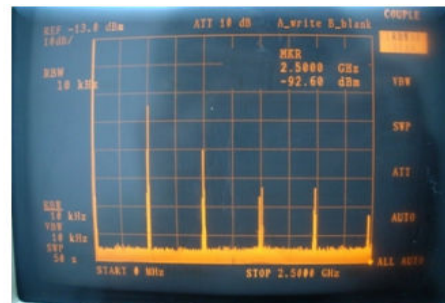
고려대학교 물리학과

blankgod@korea.ac.kr

펄스형 여기빔을 이용한 결맞음 밀도 포획(coherent population trapping, CPT)/Ramsey 공진 신호를 얻기 위해서는 위상관계 있는 두 대의 레이저와 펄스를 발생시킬 수 있는 장치가 필요하다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 795 nm 근처의 주파수를 갖는 수동 모드록킹된 반도체 레이저(pasive mode-locked diode laser)를 광 주파수 빔으로 활용 하여 증기 셀 안에 있는 ⁸⁷Rb 원자를 대상으로 CPT/Ramsey 공진 신호를 얻기 위해 필요한 위상 관계가 있는 두 대의 레이저를 만들었다. 그리고 음향광학적 변조기(acousto-optic modulator, AOM)를 이용하여 CPT/Ramsey 공진 신호를 얻기에 적합한 ns 펄스폭까지 만들 수 있는 펄스형 CPT 광을 만들었다. 수동 모드록킹된 반도체 레이저는 반도체 레이저와 외부 공진기로 구성되며 반도체 레이저 활성매질의 비선형성에 기인한 자기발진(self oscillation)^{(2),(3)} 효과를 이용하여 만들었고 학회에서 수동모드록킹 현상의 이론적 논의를 할 것이다. 그림 1과같이 ⁸⁷Rb의 바닥상태 초미세구조 분리 주파수가 6.834 GHz이므로 반복주파수가 6.834 GHz의 정수분의 일인 수동 모드록킹된 반도체 레이저를 광주파수 빔으로 활용하면 CPT/Ramsey 공진신호를 얻을 수 있다.



(a)



(b)

그림 1. 반도체 레이저와 회절격자 사이 거리가 (a) 14 cm, (b) 28 cm일 때 RF 스펙트럼 분석기를 통해 나타난 신호는 각각 1.14 GHz와 525 MHz의 주파수 간격으로 나타난다.

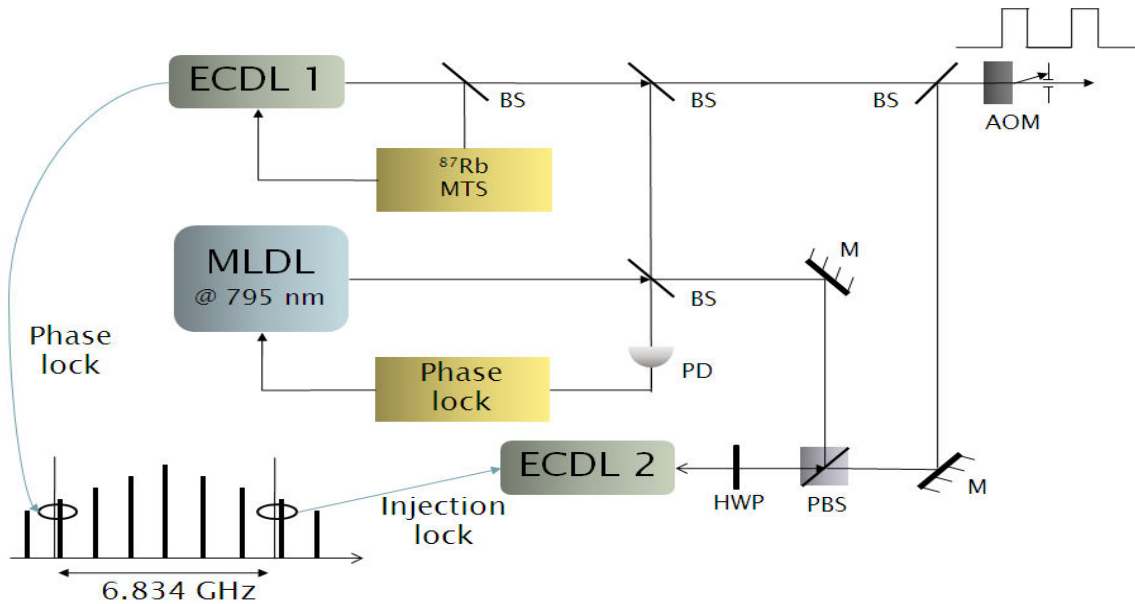


그림 2. 수동 모드록킹된 반도체 레이저를 이용한 고분해 CPT 분광신호를 얻기 위한 위상 관계가 있는 두 대의 레이저 제작 개념도.

그림 2와 같이 수동 모드록킹된 반도체 레이저를 광주파수 빔으로 이용하면 두 대의 레이저가 위상관계가 있으면서 주파수 간격이 6.834 GHz 떨어지도록 만들 수 있다. 수동 모드록킹된 반도체 레이저의 여러 모드들 중 한 모드를 주파수 안정화된 반도체 레이저의 주파수에 광위상 잠금을 하고 6.834 GHz 떨어진 다른 모드를 주파수 안정화되지 않은 레이저에 주입잠금하면 두 대의 반도체 레이저가 수동 모드록킹된 반도체 레이저에 의해 서로 위상관계를 가지게 된다. 광주파수 빔에 의해 위상관계를 가지게 된 두 대의 레이저는 각각의 편광 상태를 독립적으로 조절 할 수 있어서 바닥 준위와 여기 준위의 자기 부준위 $m = 0 - m = 0$ 간의 양자 중첩 상태를 매우 효율적으로 발생시킬 수 있는 장점이 있다.⁽⁴⁾ 그리고 위상관계 있는 두 레이저 광을 펄스 폭과 펄스 주기를 조절할 수 있는 Ramsey 펄스를 AOM을 이용하여 펄스형 CPT 광으로 만들면 CPT/Ramsey 공진 신호를 얻을 수 있다.⁽⁵⁾ 만들어진 펄스형 CPT 광을 이용한 기초실험 결과를 학회에서 발표할 예정이다.

또한 증기 셀 안에 있는 원자들과 펄스형 CPT 광의 상호작용 비율을 조절하기 위한 증기 셀의 온도 조절장치와 원자 초미세 구조의 제만 갈라짐을 유도하기 위한 정자장을 만드는 솔레노이드 그리고 CPT 공진 신호 관측에 적합한 무자장 장치를 만들었다. 내경이 6 cm이고 길이가 24 cm인 ⁸⁷Rb 증기 셀 주위에 20 cm 길이의 솔레노이드를 감았으며 그 위에 세 겹의 뮤 금속을 감싸 외부의 자기장이 증기 셀에 영향을 주지 않도록 하였다. 또한 증기 셀 외부에 히터를 부착하여 80 °C까지 온도 조절을 가능하게 하였다.

참고문헌

1. T. Zanon, IEEE Transactions on instrumentation and measurement, **54**, No. 2, 776. (2005)
2. V.A. Yurevich, Radiophysics and Quantum Electronics, **38**, No. 11, 786. (1995)
3. V.I. Borisov, Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii, **51**, No. 2, 207. (1988)
4. A.V. Taichenachev, Optics Letters, **31**, No. 13, 2060. (2006)
5. T.H. Yoon, Phys. Rev. A. (in press)