

Rb원자 증기 셀에 따른 원자결맞음 효과

Atomic coherence effects according to Rb atomic vapor cells

이현준, 유예진, 문한섭*
 부산대학교, 물리학과
 hsmoon@pusan.ac.kr

전자기 유도 투과 현상(Electromagnetically induced transparency ; EIT)은 원자 간의 양자 간섭 효과를 이용한 대표적인 원자 결맞음 현상이다. 이는 원자에 강한 결합광을 가해주면 원자의 공명 진동수에 해당하는 조사광은 매질에서 흡수되지 않고 투과하는 현상이며, 원자 에너지 준위간의 결맞음성(atomic coherence)란 그림1과 같이 한 원자가 에너지 준위에 확률적으로 동시에 존재하는 것을 의미하는데, 이러한 특징을 이용하여 밀도 반전 없는 레이저, 공진 주파수에서 흡수 없는 고굴절률 매질 생성, 양자 잡음 제거, 에너지 준위들에서의 밀도 포획, 광정보 저장 및, 광통신 스위치 같은 분야에 응용될 수 있다.

원자 증기 셀의 온도, 내부 가스의 종류, 그리고 코팅 여부에 따라서 원자 충돌에 의한 초미세 구조에서 바닥상태 사이의 lifetime은 많은 영향을 받는다. 특히 바닥상태의 lifetime은 원자 결맞음 분광에 있어서 스펙트럼의 선폭을 결정하는 중요한 요인이 된다. 본 연구에서는 다양한 조건의 Rb 증기 셀을 이용하여 Hanle 스펙트럼을 얻고 스펙트럼의 형태와 선폭을 통해서 증기 셀의 특성을 조사하는 연구를 수행하고자 한다. 본 연구에서는 Rb 증기 셀의 종류를 3가지로 구성하여 각 증기 셀의 특징에 따른 전자기 유도 투과의 변화 정도를 측정할 것이다. 증기 셀의 종류에는 순수한 Rb원자만이 담긴 셀, 내부 벽을 파라핀(paraffine)으로 코팅한 셀 그리고 Ne원자가 50 torr들어있는 셀이다. 각각의 특징을 가지는 Rb 증기 셀을 이용한 Zeeman 부준위 사이의 전자기 유도 투과를 측정하는 실험을 하기 위해 그림2와 같이 장치를 설치하였다.

본 연구에서 중심파장이 Rb D₁ 선($\lambda=795$ nm) 맞게 조절된 외부 공진형 반도체 레이저를 이용하여 ⁸⁷Rb원자의 F=2- \rightarrow F'=1 전이선에서 전자기 유도 투과 신호를 측정하였다. 외부 공진형 반도체 레이저의 빛은 아이솔레이터(isolator) 거쳐 선편광의 성분을 가지며 이를 다시 $\lambda/4$ 위상 지연판을 이용하여 원편광 성분을 가지도록 설치하였다. 그리고 각 증기 셀에 따른 전자기 유도 투과 신호의 명확한 차이를 얻기 위해 각각의 증기 셀에 뮤-메탈을 둘러 싸 외부 자기장에 의한 영향을 최대한 줄였으며, 완충 기체가 들어있는 증기 셀은 원자의 밀도를 높이기 위해 70°C까지 가열하였다. 그리고 셀 외부에 코일을 감아 전류에 의한 자기장이 만들어지도록 하였으며 전류의 전압과 주파수를 적절히 조절할 수 있도록 설치하였다. 또한 포화흡수분광법(Saturated absorption spectroscopy)을 이용하여 ⁸⁷Rb원자의 공진 전이선(F=2- \rightarrow F'=1 전이선)에 레이저의 주파수를 고정하고, 이를 동시에 확인해 가며 실험을 수행하였다.

순수한 Rb원자만이 담긴 셀에서의 ⁸⁷Rb원자의 공진 전이선(F=2- \rightarrow F'=1 전이선)의 Zeeman 부준위 사이의 전자기 유도 투과 신호는 그림3 과 같았으며 이 때 입력된 전압의 범위는 ± 200 mV이며 이를 자기장의 차원으로 환산하여 표시하였다. 또한 70°C로 가열된 Ne원자가 50 torr들어있는 셀에서의 신호는 그림4와 같다. 이 경우 입력된 전압의 범위는 ± 20 mV로 앞의 경우의 1/10에 해당하는 영역이다. 이 처럼

증기 셀의 상태에 따라 전자기 유도 투과 신호의 변화 모양과 원인, 즉 원자들 간의 완화 시간 (relaxation time)이 어떻게 변화하는지 살펴보는 방향으로 연구를 수행할 예정이다.

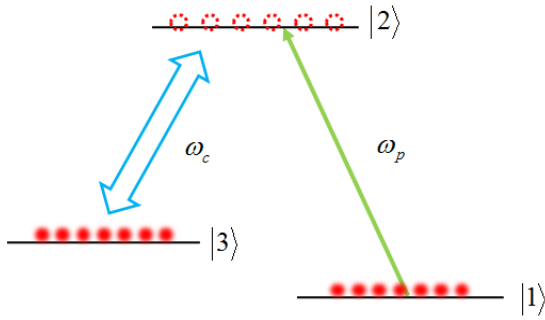


그림 1. 3준위 에너지 구도에서의 원자 결맞음

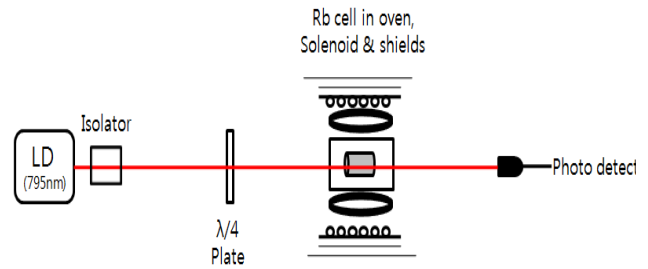


그림 2. 증기 셀의 종류에 따른 전자기 유도 투과 정도를 측정하기 위한 실험 장치도

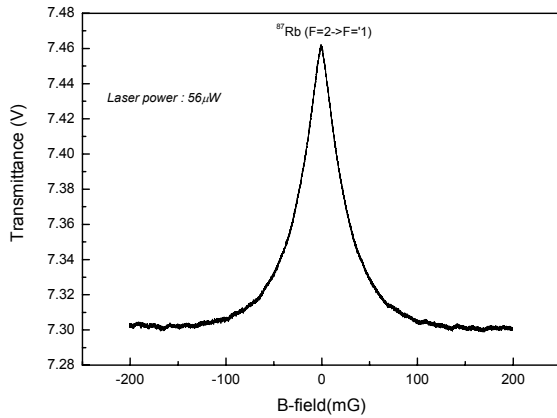


그림 3 순수한 Rb원자만이 담긴 셀에서의 전자기 유도 투과 신호

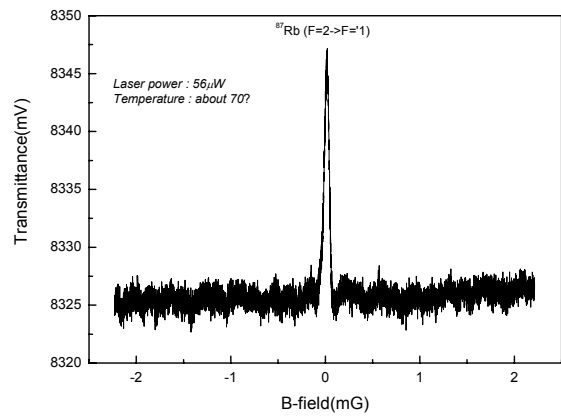


그림 4 Ne원자가 50 torr들어있는 셀에서의 전자기 유도 투과 신호

1. 김현아, 권기암, 김중복, “Rb원자에서의 전자기 유도 투과 현상에 대한 연구”, Sae Mulli, Volume 37, Number 2, 1997년 4월, pp. 139~146
2. M. KLEIN, I. NOVIKOVA, D. F. PHILLIPS and R. L. WALSWORTH, "Slow light in paraffine-coated Rb vapour cells“, Journal of Modern Optics, Vol. 53, Nos. 16–17, 10–20 November 2006, 2583–2591