

정상파에서 루비듐 원자의 전자기 유도 흡수

Electromagnetically induced absorption of Rb atoms with standing-wave

배인호, 문한섭*

부산대학교, 물리학과

hsmoon@pusan.ac.kr

빛과 원자의 상호작용은 많은 연구자들이 관심을 가지는 주제였으며 그 중에서도 원자결맞음에 의한 전자기 유도 투과(electromagnetically induced transparency)현상에 대한 많은 결과들이 보고되었다⁽¹⁾. λ -형 에너지 구도에서 원자들의 에너지 준위는 강한 결합광에 의한 스타르크 효과(stark effect)에 의해 분리되고 이때 조사광이 투과하게 되지만 결합광이 정상파(standing wave)가 되면 조사광의 전자기 유도 투과 신호가 공명전이선에서 흡수신호로 바뀌었다. 본 연구에서는 전자기 유도 투과로 부터 결합광에 의해서 조사광의 흡수율이 주기적으로 제어 될 때 투과신호가 흡수신호로 바뀌면서 흡수가 더 강해지는 현상에 대해 보고하고자한다.

그림 1과 같은 λ -형 에너지 구도에서 전자기 유도 투과 현상은 결합광과 조사광의 진행방향이 일치하지만 반대방향으로 진행되는 결합광이 추가될 때 두 결합광의 합성이 발생하면서 마디와 배가 고정되는 정상파(standing wave)로 나타내지며 마디에서 결합광의 전기장 진폭이 항상 0 이 되는데 이때 전자기 유도 투과가 아닌 조사광의 흡수가 일어나게 된다. 마디가 주기적으로 반복되기 때문에 조사광의 흡수도 주기적으로 제어되어 브래그 회절에 의한 반사가 일어난다⁽²⁻³⁾. 그러나 반사된 조사광의 양이 투과되어야할 조사광의 양보다 적기 때문에 조사광의 에너지는 보존되지 않는데 반사되지 않은 나머지 빛의 에너지는 흡수로 이어지게 된다. 때문에 전자기 유도 투과 신호가 주기적인 흡수율의 변조에 의해서 일부 반사광과 흡수로 이어져 선형흡수선보다 더 흡수가 강해지는 전자기 유도 흡수(Electromagnetically induced absorption) 신호로 나타나는 것을 실험으로 관측할 수 있었다.

그림2에서 정상파인 결합광에 의한 주기적인 흡수율의 변조를 만들기 위해 반사광과 투과광의 비가 동일한 빔분할기(beam splitter)를 이용하여 두 개의 결합광을 만들고 이 두 결합광을 진행방향이 반대가 되도록 거울과 편광빔분할기(polarized beam splitter)를 설치하였다. 또 편광빔분할기로 조사광을 결합광으로 부터 분리하였으며 이때 조사광의 투과신호가 어떻게 변하는지 알아보기 위해서 빛검출기인 PD1으로 측정하였고 브래그 회절격자에 의해서 반사된 신호를 PD2로 얻을 수 있도록 설치하였다. 흡수되는 빛의 양을 알아보기 위해서 형광측정장치 FD(fluorescence detector)를 이용하고 반사되는 양과 비교분석하였다. 전자기 유도 흡수 신호를 얻기 위해서 그림1과 같이 결합광인 레이저는 중심파장이 795nm이며 $5S_{1/2}$ ($F=1$) \rightarrow $5P_{1/2}$ ($F'=2$) 전이선에 고정하였으며, 조사광으로 사용한 레이저도 결합광과 중심파장이 동일하며 $5S_{1/2}$ ($F=2$) \rightarrow $5P_{1/2}$ ($F'=2$) 전이선 근처를 조사하는데 사용하였다.

본 연구에서는 λ -형 에너지 구도에서 일반적인 전자기 유도 투과 신호일 때와 주기적으로 흡수율이 제어된 전자기 유도 흡수 신호가 나타날 때 형광을 측정하여 비교하였다. 그림3의 경우 일반적으로 잘 알려진 전자기 유도 투과 신호이지만 그림 4와 같이 공명주파수에서 흡수율이 주기적으로 제어될 때 브래그 회절에 의한 반사로 인해 일부 조사광은 반사신호(Backward signal)로 나오고 나머지 조사광은 더 강화된 흡수가 일어나 전자기

유도 흡수 신호(Forward signal)의 형태로 나타났다. 앞으로 전자기 유도 흡수 신호가 셀의 온도나 결합광의 마디의 변화 등과 같이 여러 가지 조건에 대해서 어떻게 달라지는지 알아보고 측정된 형광과 반사된 조사광의 양을 비교하며 연구할 생각이다.

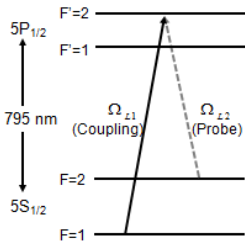


그림 1. ⁸⁷Rb원자의 λ-형 에너지 구조도

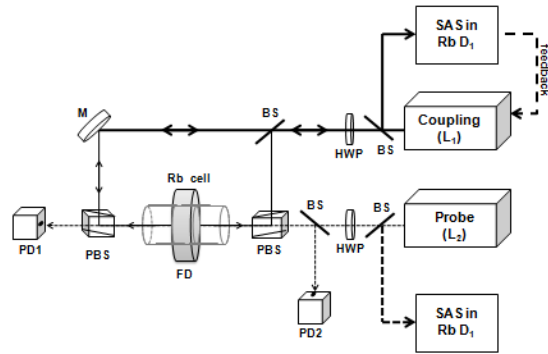


그림 2. 전자기 유도 흡수 신호의 장치도

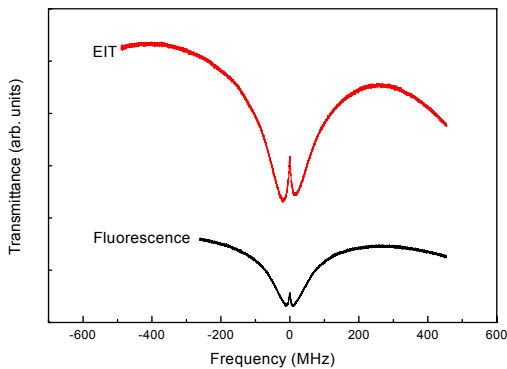


그림 3. λ-형 에너지 구조에서 전자기 유도 투과 신호와 형광측정(Fluorescence).

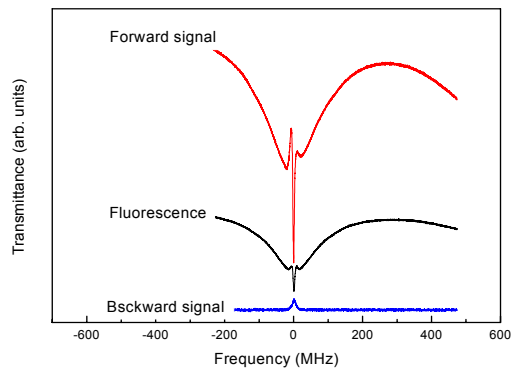


그림 4. 전자기 유도 흡수 신호(Forward signal)와 반사신호(Backward signal).

1. K. J. Boller, A. Imamoglu, and S. E. Harris, "Observation of electromagnetically induced transparency," Phys. Rev. Lett., vol. 66, no.20, pp.2593-2596 (1991).
2. M. Bajcsy, A. S. Zibrov, M. D. Lukin, "Stationary pulses of light in an atomic medium," Nature vol. 426, pp. 273-276 (2001).
3. X. M. Su and B. S. Ham, "Dynamic control of the photonic band gap using quantum coherence," Phys. Rev. A, vol. 71, pp. 013821 (2005)