

Cs D₂ F=4→F'=5 에서 AOM을 이용한

전자기 유도 흡수 및 투과 신호 관찰

Electromagnetic Induced Absorption and Transparency
using AOM in Cs D₂ F=4→F'=5

권미량, 김경대, 박현덕, 문한섭*, 김중복
한국교원대학교 물리교육과, *한국표준과학연구원
kmr0811@edunet4u.net

F'=F+1의 축퇴된 2 준위 원자와 레이저가 상호작용할 때, 공명주파수에서 조사광의 흡수신호가 급격히 증가하는 전자기 유도 흡수 신호가 나타난다. 한 대의 레이저에서 조사광과 결합광을 얻고 그에 수직하게 진행하는 Rb 원자빔과 상호작용시켜 선평이 수십 KHz인 전자기 유도 흡수가 처음으로 보고되었다⁽¹⁾. 두 대의 레이저와 증기 상태의 Cs 원자를 이용하여 관찰한 전자기 유도 흡수 신호는 본 연구실에서 관찰되었으며 선평(FWHM)은 약 3 MHz로 보고되었다⁽²⁾. 도플러 선평 확대 요인이 있음에도 불구하고 선평이 Cs D₂의 자연선평 5.3 MHz보다 작았다.

본 연구에서는 결합광과 조사광의 결맞음 효과를 높여서 원자 결맞음을 증가시켰을 때, Cs 증기 셀에서의 전자기 유도 흡수 신호 관찰하였다. 실험 장치는 그림 1과 같다. 최종 최대 출력이 약 20 mW인 1 대의 레이저(TUI)에서 나오는 광을 먼저 λ/2 판과 PBS를 이용하여 결합광을 분리해 내고, 조사광으로는 광의 일부를 이중 경로로 정렬된 2 대의 AOM을 통과시켜 주파수 편이를 시킬 수 있도록 했다. 결합광과 조사광은 다시 PBS로 합쳐 일치하게 진행하는 수직한 선평광이 되어, μ-metal로 둘러싸인 Cs 증기 셀을 통과한 뒤 편광기를 통과하여 결합광은 제거되고 조사광만을 광다이오드로 검출한다.

그림 2는 조사광의 세기가 약 0.45 μW일 때 결합광의 세기에 따른 조사광의 흡수 신호이다. 그림 3에서와 같이 결합광의 세기가 약 0.1 mW일 때 공명주파수에서 선평이 약 0.66 MHz인 흡수 신호가 나타난다. 속도 성분이 있는 원자들에 의한 도플러 선평 확대 효과를 고려한 이론 결과에 매우 근접한 결과이다. 이것은 두 대의 레이저를 이용한 전자기 유도 흡수 신호의 선평이 이론의 결과보다 매우 크게 나타났던 이유를 설명해 준다. 결합광의 세기를 점점 증가시키면 선평이 점점 커지다가 약 2 mW 정도가 되면 신호가 나누어지고 공명주파수에서의 흡수는 줄어들게 된다. 결합광의 세기가 18 mW일 때 공명주파수에서의 흡수는 매우 줄어든다. 이 투과 신호의 폭은 2 MHz 미만으로 Cs의 자연선평 5.3 MHz보다 매우 좁다.

결합광이 17 mW일 때, 결합광의 주파수 편이에 따른 흡수 신호를 관찰하였다(그림 4). 결합광을 F=4→F'=5를 기준으로 주파수를 약 ±230 MHz 이동했을 때, 조사광의 흡수 신호는 유사분산신호(dispersionlike)로서 강한 결합광에 의해 Zeeman 부준위들의 영향으로 해석되고 있으며, 결합광이 편이 되는 방향에 따라 흡수와 증폭의 방향이 반대가 되는 것도 Zeeman 부준위들의 효과로 해석되고 있다⁽³⁾.

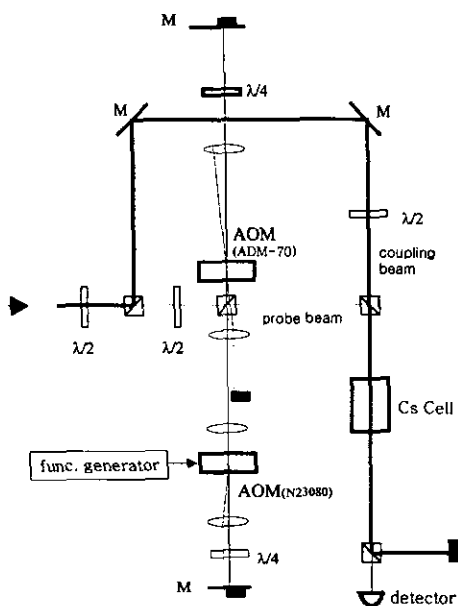


그림 1. 실험장치도. 굵은 실선은 결합광의 경로를, 가는 실선은 조사광의 경로이다.

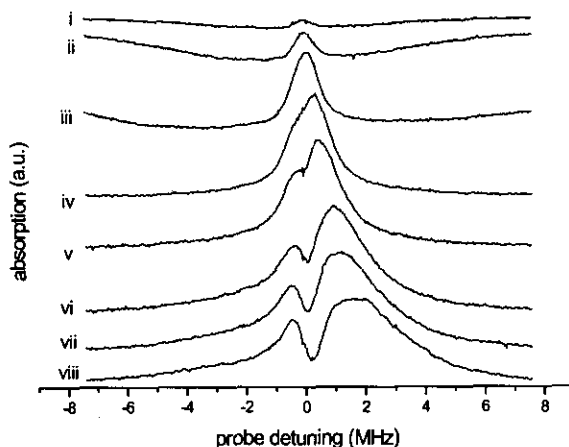


그림 2. 결합광의 세기에 따른 조사광의 흡수 신호. 결합광의 세기는 각각 (i) 0.22 mW, (ii) 0.1 mW, (iii) 0.57 mW, (iv) 1.98 mW, (v) 3.60 mW, (vi) 9.07 mW, (vii) 12.56 mW, (viii) 18.07 mW이고 조사광은 $0.45 \mu\text{W}$ 이다.

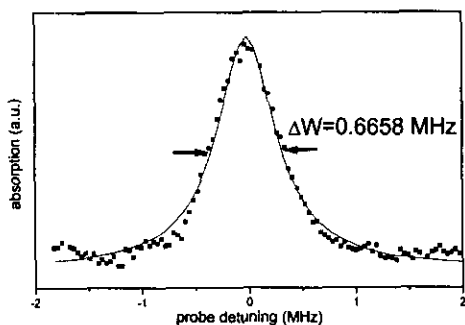


그림 3. 그림2의 (ii)의 전자기 유도흡수 신호의 선폭. 결합광의 세기가 0.1 mW이고 조사광의 세기가 $0.45 \mu\text{W}$ 이다.

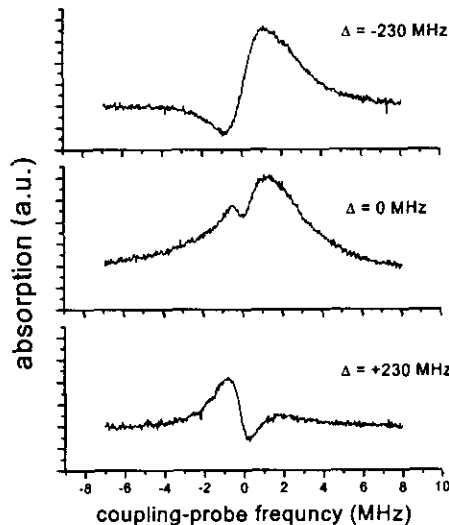


그림 4. 결합광의 주파수 편이에 따른 조사광의 흡수신호.

참고문헌

1. A. M. Akulshin, S. Barreiro, and A. Lezama, Phys. Rev. A 57, 2996(1998).
2. 김경대, 권미량, 문한섭, 박현덕, 김중복, 한국광학회지, 11, 301(2000).
3. Y. Chen, Y.Chen, J. Su, J. Huang, and I. Yu, Phys. Rev. A. 63. 043808(2001).