

D₂ 전이에 의한 세슘원자 바닥상태의 원자밀도 변화

Change of Atomic Population in the Ground State of the Cesium Atom by the D₂-Transition

정혜연, 오차환, 송석호, 김필수, 백광재,* 이호성*

한양대학교 물리학과 *한국표준과학연구원

choh@email.hanyang.ac.kr

세슘원자빔을 이용하여 세슘원자 D₂ 전이에 의한 바닥상태, 6²S_{1/2} 준위내 초미세준위 F=3,4에 대한 원자밀도변화를 측정하였다.

원자를 펌핑시키고 검출하기 위해 852 nm 파장을 갖는 2대의 DBR 레이저다이오드를 사용하였다. 초미세준위내의 지만부준위들에 대한 원자밀도를 측정하기 위해서 U자형의 TE 모드 램지 공진기(길이 378 mm)를 이용하였다. 램지공진은 원자를 공간적으로 분리된 두 진동자장과 상호작용하도록 함으로써 효과적으로 각각의 지만부준위에 대한 원자밀도 측정이 가능한 장치이다.^{[1],[2]} 램지 공진기내의 마이크로파에 의한 진동자장의 방향을 공진기 외부에 형성된 정자장의 방향과 평행하게 하여 $\sigma(\Delta m_F=0)$ 전이를 일으키게 하였다. 또한 $\lambda/2$ plate와 attenuator를 사용하여 펌핑 레이저의 편광상태와 세기를 변화시켰다.

먼저 램지 공진기를 사용하지 않고, 세슘원자 각 초미세 준위에서의 원자밀도 변화를 측정하였다. 세슘원자 D₂ 전이선인 4->3',4',5' 또는 3->2',3',4'를 이용하여 원자를 펌핑시키고, 순환전이선인 4->5' 또는 3->2' 전이선에 의해 검출되는 형광신호를 관측하였다. 펌프광의 세기와 편광상태를 변화시키면서 이때 검출되는 형광신호의 크기를 측정하였다.

다음으로 램지 공진기를 이용하여, 일정한 정자장이 걸렸을 때의 각 지만부준위의 원자밀도 변화를 관측하였다. 특히 순환전이선인 4->5' 또는 3->2'전이선으로 펌핑하고, 4->5' 또는 3->2'전이선을 이용하여, 램지신호를 관측함으로써, 바닥상태인 F=3, F=4의 원자밀도의 변화를 확인할 수 있었다. 순환전이선인 4->5' 또는 3->2'전이선으로 펌핑하였을 경우, 이론적으로는 다른 에너지 준위로의 원자의 전이가 불가능하므로, 램지신호는 나타나지 않아야 하지만, 본 실험에서는 램지신호를 관측할 수 있었고, 펌프광의 세기에 따라 램지신호가 변화하는것도 관측할 수 있었다. 따라서 이러한 실험의 결과로부터 순환전이선에 의해서도 초미세준위간 광펌핑(optical pumping)효과가 발생함을 알 수 있었으며, 순환전이인 4->5' 및 3->2'는 실제 실험에서 단순한 두준위 모델로 취급할 수 없음을 명확히 하였다. 또한 일정한 펌프광 세기에 대해 정자장의 세기를 변화시키면서 램지신호의 변화를 관측하고 자장의 변화와 원자밀도 변화의 관계를 분석하였다.^[3]

본 실험결과는 최근 활발히 연구되고 있는 레이저 쿨링 또는 포화강도 측정 연구에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.^{[4],[5]}

[참고 문헌]

- [1] J. Vanier, C. Audoin, "The Quantum Physics of Atomic Frequency Standards", Adam Hilger Press, 1984
- [2] H. Rinneberg, T. Huhle, E. Matthias, A. Timmerman, "Influence of Atomic Alignment on Crossover Signals in Saturation Spectroscopy" Z. Phys. A295, 17(1980)
- [3] H. S. Lee, S. H. Yang, Y. B. Kim, J. O. Kim, C. H. Oh, "Improvement of the Pumping Efficiency in an Optically Pumped Cesium Beam Tube with a $(\sigma+\pi)$ -Polarized Laser", Jpn. J. Appl. Phys. 35(1996)
- [4] H. Y. Jung, K. B. Im, C. H. Oh, S. H. Song, P. S. Kim, H. S. Lee, "Dependence of Saturated Absorption Signals of the Cs D₂ Line on External Magnetic Field", JKPS(to be published)
- [5] 박성중, 조혁, 이호성, 권택용, 양성훈, 박종대, 황성태 "포획된 루비듐 원자에 대한 고분해 분광학", 제5회 레이저분광학 학술발표회 논문집(1997)

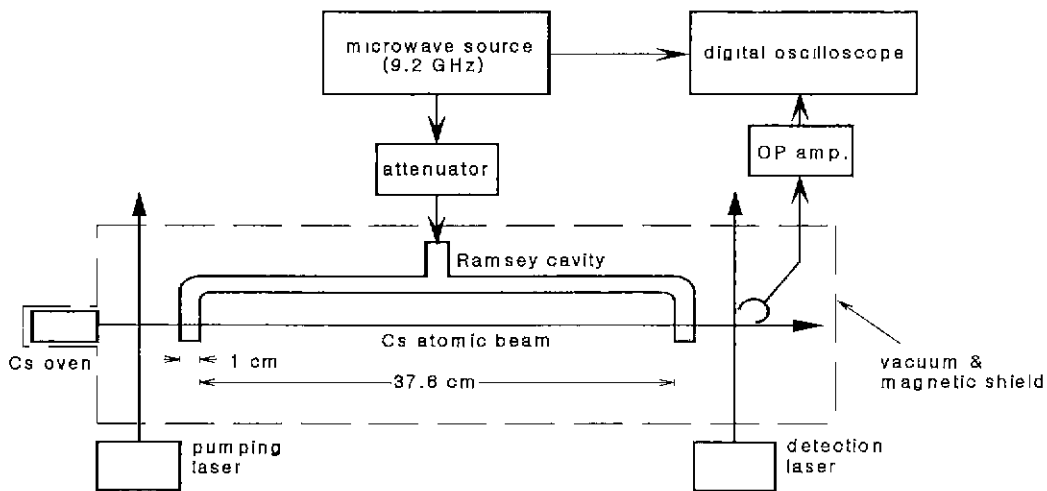


그림1. 실험장치도

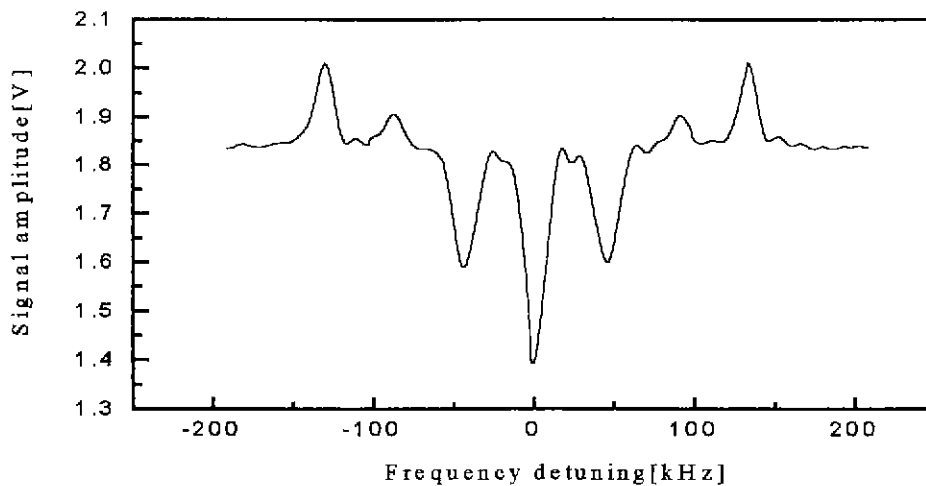


그림2. σ 전이에 대한 램지 신호 : 펌핑과 검출 모두 F=4 \rightarrow F'=5 전이선을 이용하고, 펌프광과 검출광의 편광이 서로 수직인 경우.