

광펌핑 세슘원자시계에서 마이크로파 전이신호들간의 비대칭성

Microwave spectrum asymmetry  
in optically pumped Cesium atom clock

강훈수, 정혜연, 김영기, 오차환, 송석호, 김필수, 이호성\*, 박영호\*

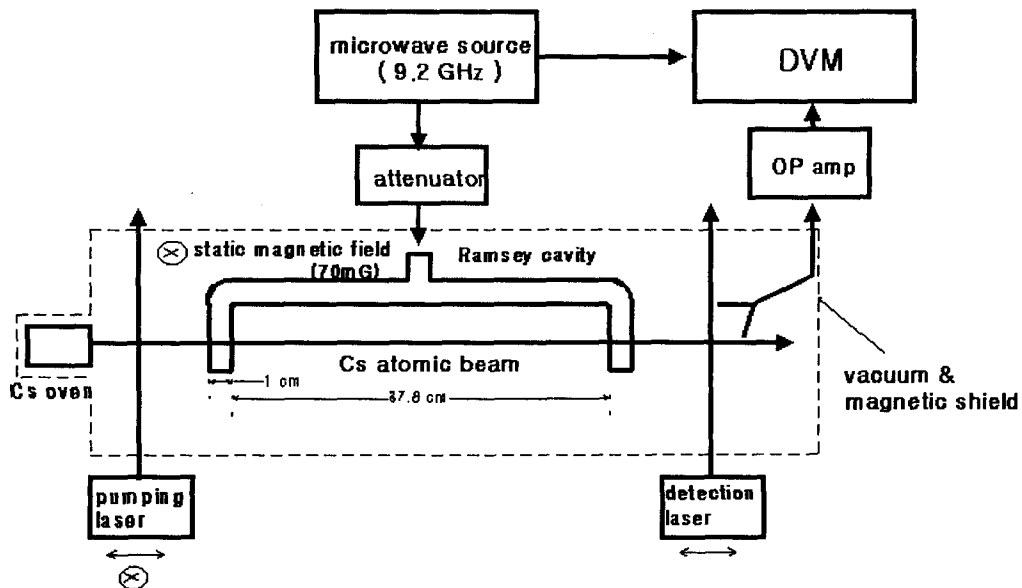
한양대학교 물리학과

\*한국표준과학연구원 시간주파수 연구실

khs@phy.hanyang.ac.kr

광펌핑 세슘원자시계에서 펌프광의 편광방향과 세기에 따른 마이크로파 전이신호들을 관측 하여 다 준위 밀도 방정식을 이용하여 분석하였다. 펌프광의 편광 방향이 외부 정자장과 나란한  $\pi$  편광인 경우 실험 결과와 이론적 계산 값이 잘 일치함을 알았다. 그러나 편광방향이 외부 정자장과 수직인  $\sigma$  편광인 경우에는 마이크로파 전이신호들의 실험치들이 제만 부준위  $m_F=0$  신호를 중심으로 비대칭적인 값을 가지는 것으로 확인되었다. 이 마이크로파 전이신호들이 대칭성을 가지도록 펌프광의 주파수를 포화흡수 신호의 공진 주파수에서 detuning 시켜 가면서 비대칭성의 정도를 실험해 보았다. 이 실험에서 펌프광의 주파수가 약 2 MHz 정도 detuning 되면 마이크로파 전이신호들이 대칭적으로 되는 것을 확인하였다. 이것의 해석으로 원래의 세슘 원자시계에서 펌프광이 초미세 준위들 간의 공진주파수에서 약 2 MHz 정도 detuning 되었음을 예상하고 이를 고려하여 다준위 밀도 방정식으로 계산하였다. 비대칭적인 마이크로파 전이신호의 이유로는 펌프광이 detuning 되었으므로 외부 정자장에 의한 초미세준위의 제만분리에 의하여  $m_F=0$  제만부준위를 중심으로  $\pm m_F$  제만부준위들 간의 전이확률이 달라지는 것으로 판단하였다. 편광방향이  $\pi$  편광인 경우에는 detuning이 있더라도 제만분리에 의한 마이크로파 전이신호들간의 비대칭은 이 해석 방법에서는 나타나지 않는다. 이 비대칭성이 Rabi frequency shift를 가져 올 것이고 이것이 세슘원자시계의 정확도를 낮출 것이다. 세슘원자시계의 정확도 향상을 위해 펌프광을  $\pi$  편광으로 이용하거나  $\sigma$  편광일 경우 포화흡수신호 공진 주파수에서 약 2 MHz의 detuning을 주어야 함으로 판단된다.

그림 1. 세슘원자시계 장치도



펌프광의 세기에 따른 마이크로파 전이신호 변화

그림 2. 실험치

펌프광:  $\pi$  편광  
 펌프전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=5$   
 검출광:  $\pi$  편광  
 검출전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=5$

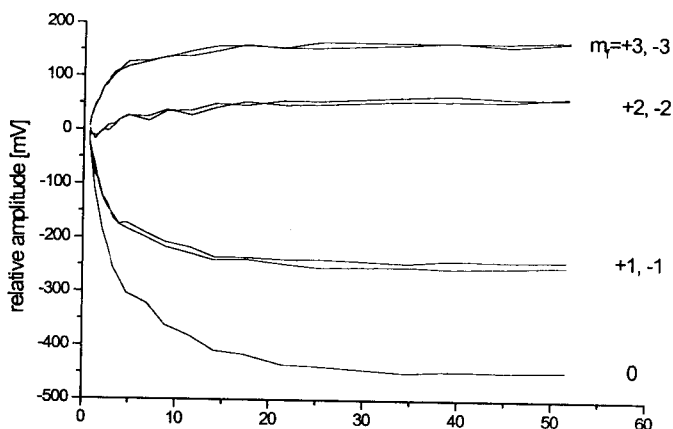


그림 3. 이론계산

펌프광:  $\pi$  편광  
 펌프전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=5$   
 검출광:  $\pi$  편광  
 검출전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=5$

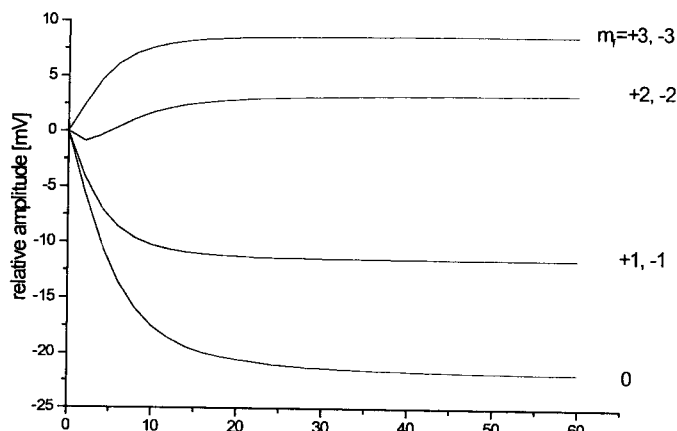
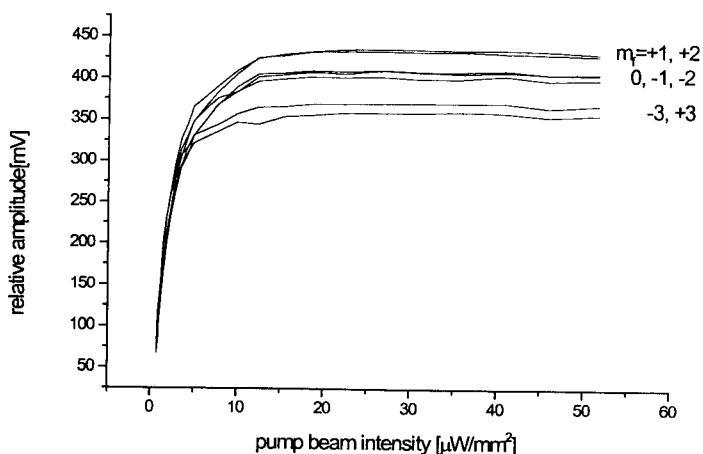


그림 4. 실험치

펌프광:  $\sigma$  편광  
 펌프전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=3$   
 검출광:  $\pi$  편광  
 검출전이선:  $6S_{1/2} F=4 \rightarrow 6P_{3/2} F'=5$



[참고문헌]

1. J. Vanier, C. Audoin, The Quantum Physics of Atomic Frequency Standards, vol.2(1989).
2. V. Giordano, B. Boussert, P. Cerez, G. Theobald and N. Dimarq, IEEE Trans. Instrumentation & Measurement, 44(2), 124(1995).

