

세슘원자셀에서의 비정상 분산

Anomalous Dispersion in Cs Atomic Vapor Cell

강훈수, 김재필, 오차환, 송석호, 김필수

한양대학교 물리학과

hunskang@hymail.hanyang.ac.kr

매질의 공진주파수 근처에서는 주파수가 커짐에 따라 매질의 굴절률이 감소하는 비정상 분산 특성을 나타낸다. 본 실험에서는 세슘원자의 비정상 분산 특성을 실험적으로 관측할 수 있는 방법을 연구하였다. 가열된 세슘원자셀(160°C)에 Cs D₂ 전이선에 공진되는 레이저빔을 입사하여 레이저의 주파수에 따른 레이저빔의 굴절각도를 측정하였다(그림1). 레이저빔의 굴절각도의 변화를 용이하게 측정하기 위해 원자셀 벽에 굴절률이 1.5 인 프리즘을 장착하고 원자빔을 전반사의 임계각보다 조금 작은 각도로 입사하여 투과광의 굴절각을 측정하였다. 그림 1에서 스크린에 비친 레이저빔은 세슘원자의 주파수에 따른 굴절률의 변화에 의해 좌우로 이동하게 된다. 상온의 세슘원자셀은 원자밀도가 낮아 굴절률이 1 이라 할 수 있으므로, 상온에서의 레이저빔의 굴절각을 기준으로 가열된 세슘원자셀에서의 굴절각을 측정하여 세슘원자의 레이저 주파수에 따른 굴절률을 계산할 수 있다. 레이저 주파수가 공진 주파수에서 더 높은 주파수로 변화함에 따라 레이저빔의 굴절각도가 커지게 되어 세슘원자의 굴절률이 1 보다 작아지는 것을 관측할 수 있다. 이를 통해 계산한 절대 굴절률은 1.0033에서 0.9967 까지의 변화를 보였다. 이와 함께 반사된 레이저 빔의 세기를 측정하면 주파수에 따른 분산 신호를 얻을 수 있는데, 이는 레이저 주파수가 세슘원자의 공진 주파수에서 커지면 반사광의 세기가 커지는 것을 이용한다(그림 2). 이 이유는 세슘원자의 굴절률이 1보다 작아져 레이저광이 전반사 할 수 있기 때문이다. 이때의 분산곡선은 도플러 선포 확대에 의해 Cs D₂ 전이선을 이준위 구조의 원자로 이해 할 수 있다. 그림 3의 장치도는 두 대의 레이저중 한 대의 레이저는 Cs D₂ 전이선의 초미세 준위에 레이저의 주파수를 잠금시키고 다른 한 대의 레이저는 검출광으로 이용하여 주파수를 변조하면서 초미세 준위의 분산을 관측할 수 있는 장치이다. 앞에서(그림 2) 주파수에 따른 반사광의 세기 변화를 굴절률의 변화로 이해 할 수 있으므로, 이 실험에서는 반사광의 세기를 측정함으로써 초미세 준위의 분산 신호를 얻을 수 있다. 도플러 배경신호를 제거하기 위하여 검출광은 광분할기를 이용하여 각각의 프리즘을 통하여 광다이오드로 측정되어 감산회로를 통해 검출된다. 펄핑광의 주파수잠금된 초미세 전이선에 따라 다양한 분산 신호를 관측할 수 있는데, 특히 펄핑광과 검출광의 전이구조가 Λ 형의 경우에는 원자 결맞음에 의한 분산 신호를 관측할 수 있다. 이 실험은 선택 반사 분광법^{1,3}에 의한 분산 신호와 비교할 수 있고 원자 결맞음에 의한 분산 신호 연구에 탁월한 방법으로 이용될 수 있다.

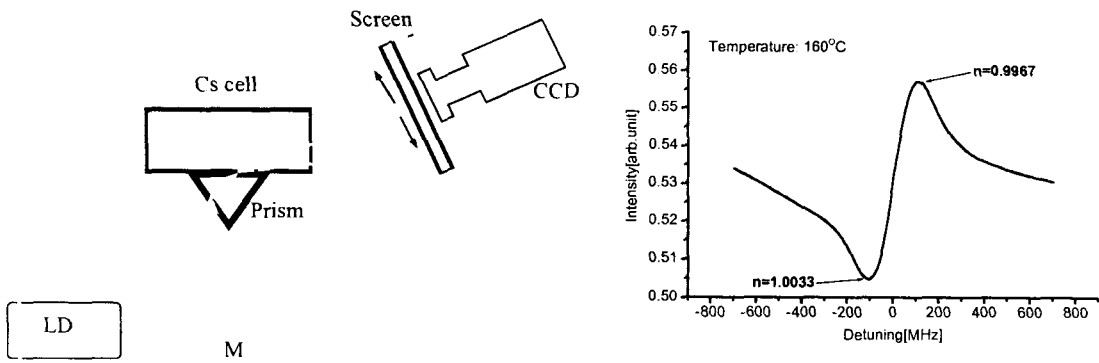


그림 1 레이저광의 주파수에 따른 굴절각 측 그림 2 레이저 주파수에 따른 반사광의 세기 장치도

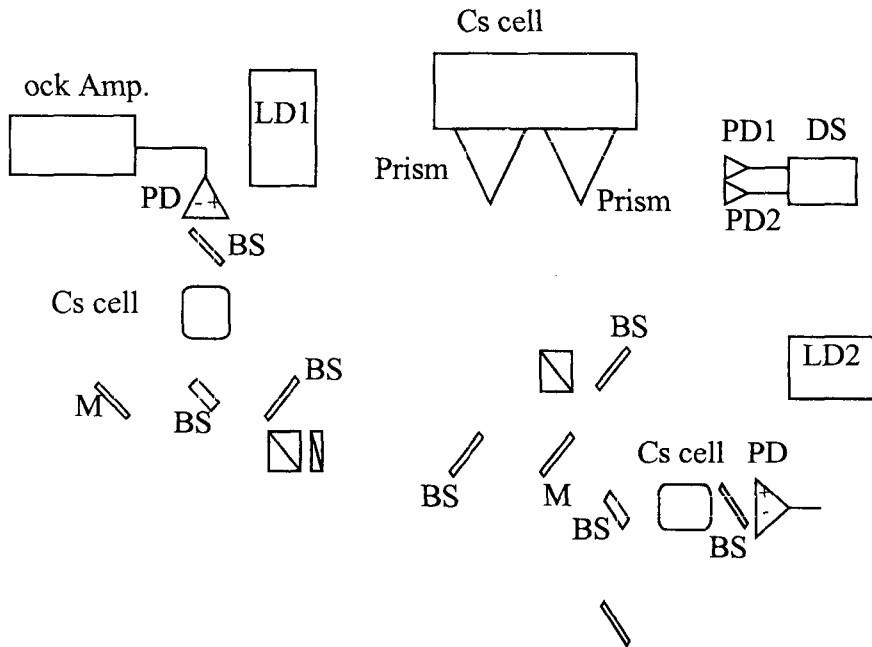


그림 3 두 대의 레이저를 이용한 초미세준위의 분산측정 장치도

1. J. Guo, J. Cooper, and A. Gallagher, Phys. Rev. A, v 53, n 2, 1130 (1996)
2. M. Gorriz-Neveux, P. Monnot, M. Ducloy, R. Barbe, J. C. Keller, Opt. Com. v 134, 85 (1997)
3. R. N. Li, S. T. Jia, D. Bloch, M. Ducloy, Opt. Com. v 146, 186 (1998)