

^{87}Rb 원자의 전이선 종류에 따른 Hanle 신호 분석Investigation of Hanle spectrum in transition line of the ^{87}Rb D₁-line

유예진, 이현준, 배인호, 문한섭*
 부산대학교, 물리학과
 hsmoon@pusan.ac.kr

결맞음 밀도 포획(coherent population trapping : CPT)이란 원자 에너지 준위 간의 대표적인 양자간섭 현상으로 원자와 빛이 상호작용 할 때, 빛의 주파수가 원자의 에너지 준위에 공명하는 것이라 하더라도 흡수되지 않고 투과되는 현상을 말한다. 이런 현상이 생기기 위해서는 적어도 서로 다른 세 개의 에너지 준위가 필요하다. 빛에 의해 하나의 여기준위에 두 개의 바닥준위가 동시에 공명한다면(이런 상황을 Λ -구조라 한다) 하나의 바닥준위에 원자의 밀도가 포획되어 더이상 밀도의 변화가 없게 되어 원자와 공명하는 빛이 투과한다. ⁽¹⁾

Hanle 신호란 결맞음 밀도 포획 현상을 원자에 가해주는 외부 자기장을 변화시켜 제만 부준위 간의 축퇴정도를 조절하면서 보는 것이다. 빛의 진행방향과 같은 방향으로 자기장을 가해주면 제만 부준위간의 전이되는 확률이 원자의 스핀각운동량 보존법칙을 따르므로 원자는 선편광의 빛을 우원편광과 좌원편광으로 받아 들인다. 그러면 선편광된 빛에 의해 바닥준위의 제만 부준위가 Λ -구조에서 두 개의 바닥준위가 되므로 자기장의 세기가 0 인 경우 결맞음 밀도 포획조건을 만족하여 투과신호를 얻을 수 있다. 이는 양자간섭 현상으로 원자의 자연선폭보다 좁은 선폭의 신호를 얻을 수 있어서 자기장의 정밀측정에 널리 응용되어 왔다.

본 연구에서는 ^{87}Rb 원자의 전이선 종류에 따른 Hanle 신호를 조사하였다. 빛과 원자간의 Λ -구조 상호작용을 만들기 위해 중심파장 795nm 인 외부공진형 반도체 레이저와 네온(Neon) 50 torr Rb 원자 버퍼 증기셀을 사용하였다. 광 되먹임에 의한 레이저 손상을 막고 출력의 안정화를 위해 출력된 광이 아이솔레이터를 통과하도록 하였다. 광 분할기(Beam splitter)로 선편광된 빛을 얻어 광량 감소 필터(ND-filter)와 $\lambda/2$ 파장판을 사용하여 적당한 출력 세기를 조절하고 렌즈(lens)로 빔 크기를 늘려 셀 내의 Rb 원자와의 상호작용 시간을 길게 하였다. $\lambda/4$ 파장판은 선편광인 빛의 편광을 바꿔가면서 신호를 볼 때 사용되었다.

실험에서 조사된 전이선은 ^{87}Rb 원자의 바닥준위 F=1 과 2 에서 여기준위 F'=1 과 2 로 전이하는 ^{87}Rb D₁ 4 가지 전이선이다. 각 전이선의 경우 레이저 광에 의해 공명하는 Λ -구조와 V-구조가 모두 생기는데 Λ -구조는 결맞음 밀도 포획 현상을 일으켜 빛을 투과시키고 V-구조는 빛의 흡수에 관여한다. 각각의 경우마다 Λ -구조와 V-구조가 생기는 개수가 다르므로 신호에 기여하는 바도 다르다. 특히 일반적으로 많이 쓰는 F=2- \rightarrow F'=1 전이선의 경우 4 가지 전이선 중에서 빛과의 상호작용에 의해 생기는 Λ -구조를 가장 많이 가지므로 결맞음 밀도 포획 현상인 투과 신호가 가장 큰 것을 알 수 있다. 또한 Hanle 신호의 크기와 선폭은 외부 자기장의 영향에 크게 의존한다는 것을 보정코일을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 신호와 비교하여 확인했고, 상호작용하는 빛의 편광에 따라 흡수, 투과신호가 바뀌는 경향을 조사하였다. ⁽²⁾⁽³⁾

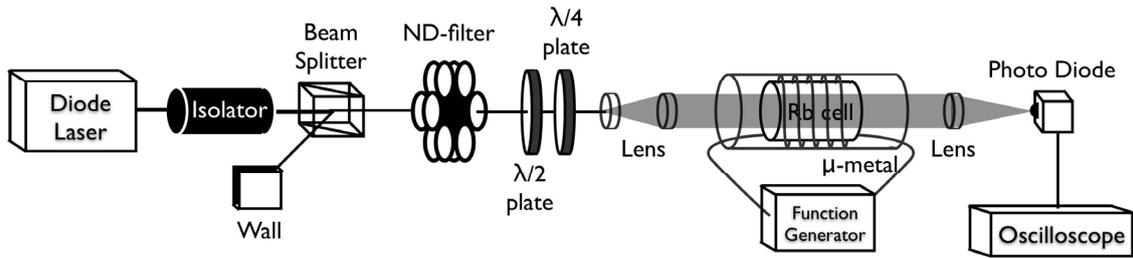
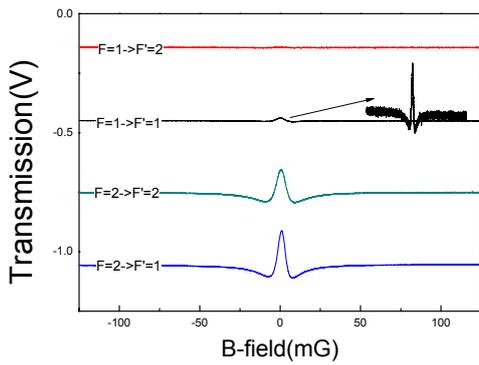
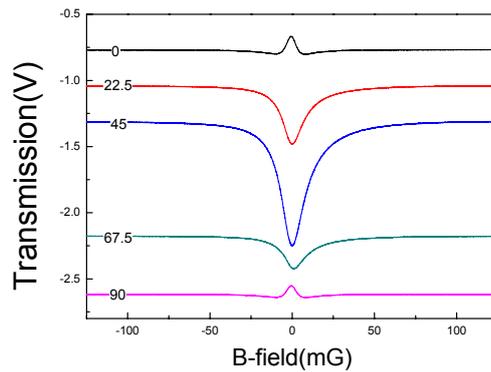


그림 1 실험 장치도



a. 전이선 종류에 따른 신호



b. 편광에 따른 신호

그림 2 Hanle 신호

- 1 문한섭, 김경대, 김중복, “전자기 유도 투과에서 결합광에 의한 Zeeman 부준위 사이의 결맞음 원자밀도 포획 효과”, 새물리, vol. 41, pp. 104-110 (2000)
- 2 M. stahler, R. Wynands, S. Knappe, J. Kitching, L. Holberg, A. Taichenachev, and V. Yudin, “Coherent population trapping resonances in Thermal ^{85}Rb vapor: D_1 versus D_2 line excitation”, Opt. Lett., vol. 28, no. 16, pp. 1472-1474 (2002)
- 3 K. Nasyrov, S. Cartaleva, N. Petrov, V. Biancalana, Y. Dancheva, E. Mariotti, and L. Moi, “Coherent population trapping resonances in Cs atoms excited by elliptically polarized light”, Phys. Rev. A 74, 013811 (2006)