

결합광과 조사광의 스펙트럼을 통한 전자기 유도 고찰

Consideration of Electromagnetic Induction through the coupling spectrum and the probe spectrum

김수경, 문한섭*, 이충희, 김경대, 김행화, 이림, 김중복
 한국교원대학교 물리교육과, *한국표준과학연구원
 tomksk@hanmir.com

결맞음 광원과 원자의 상호작용으로 원자의 에너지 준위간에 원자결맞음(atomic coherence)이 발생하고, 이러한 원자결맞음으로 많은 새로운 현상들이 나타난다⁽¹⁾. 흥미로운 원자결맞음 현상의 대표적인 예가 전자기 유도 투과(EIT)와 전자기 유도 흡수(EIA) 현상이다. 특히, $F'=F+1$ 의 축퇴된 2준위 원자와 레이저가 상호작용할 때 공명주파수에서 조사광의 흡수신호가 급격히 증가하는 전자기 유도 흡수 현상을 관측할 수 있다. 일반적으로 EIA에 대한 연구는 조사광의 세기를 결합광의 세기에 비해서 아주 약하게 줄임으로써 결합광에 의해서 원자결맞음에 대한 영향을 조사광의 변화로 조사하고 있다. 그러나 본 연구에서는 조사광과 결합광의 세기 비에 따라서 원자결맞음에 의한 조사광과 결합광의 스펙트럼을 동시에 관측함으로써 원자결맞음이 조사광과 결합광에 주는 결맞음 효과 분석에 대한 연구를 하였다.

그림 1은 전형적인 전자기 유도 흡수 현상을 관측하기 위한 실험설계도이다. 결합광과 조사광은 수직인 선편광으로 편광빔분리기(PBS)에 의해서 완전히 합해진 후 같은 방향으로 진행하면서 Cs원자 증기 셀을 통과한 후 다시 편광빔분리기에 의해 조사광과 결합광을 분리시켜 각각 광검출기에 도달하도록 만든다. 그림 1에서 굵은 실선은 결합광의 경로이고, 가는 실선은 조사광의 경로이며, PD1에서는 결합광을 PD2에서는 조사광을 관측하기 위한 것이다.

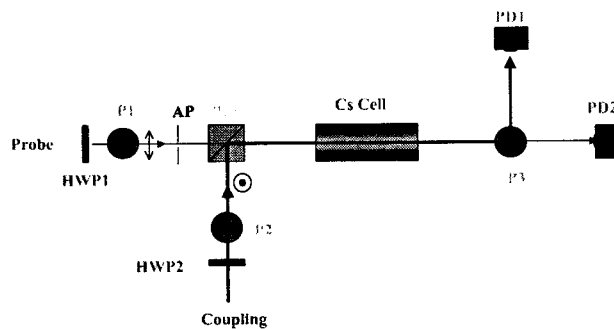


그림 1. 실험장치도.

그림 2의 (a)는 결합광의 세기를 달리 했을 때 조사광을 관측한 결과이며, $F'=5 \rightarrow F=4$ 로의 전이선을 보면 전형적인 닫힌 계에서의 전자기 유도 흡수 현상을 보여주고 있다. 결합광의 세기가 커질 수록 전자기 유도 흡수 신호는 점차 증가함을 알 수 있다. (b)는 결합광을 관측한 결과이다. 역시 $F'=5 \rightarrow F=4$ 로의 전이선을 보면 전자기 유도 투과와 같은 신호를 관측할 수 있으며 결합광의 세기가 커질 수록 점차 신호도 증가함을 알 수 있다. 특히 결합광의 세기가 조사광이 신호보다 더 작아질 때는 오히려 전자

기 유도 흡수현상이 관측된다. 이것은 결국 세기가 더 센 조사광이 결합광이 역할을 하는 것으로 이해할 수 있다. 그림 3의 (a)는 조사광의 세기를 달리 했을 때 조사광을 관측한 결과이며, 조사광이 결합광에 비해 더 세기 때문에 결국은 조사광이 결합광의 기능을 하는 것이 된다. (b)는 결합광을 관측한 결과인데 이것 역시 조사광이 결합광의 역할을 한다고 설명할 수 있다.

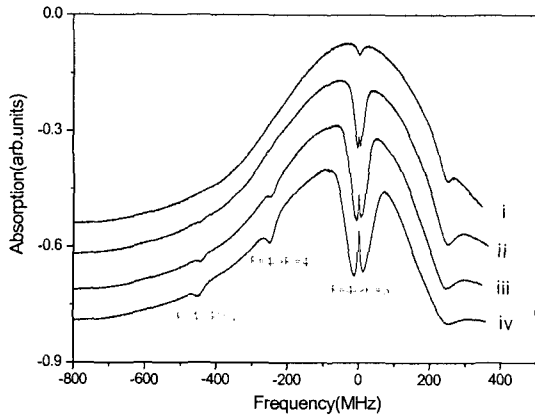


그림 2 (a)

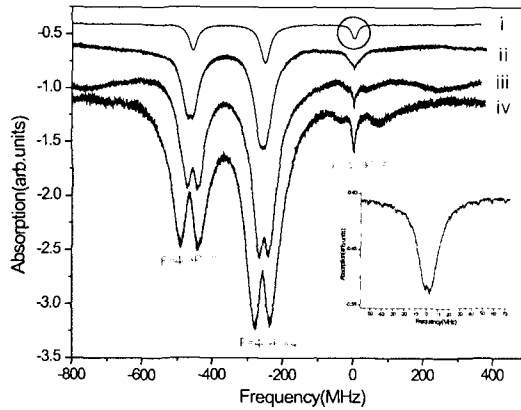


그림 2 (b)

그림 2. 결합광의 세기에 따른 (a) 는 조사광의 관측신호, (b)는 결합광의 관측신호. 결합광의 세기는 각각 (i) $30 \mu\text{W}$, (ii) $373 \mu\text{W}$, (iii) 1.32 mW , (iv) 3.36 mW 이고 조사광은 $75 \mu\text{W}$ 이다.

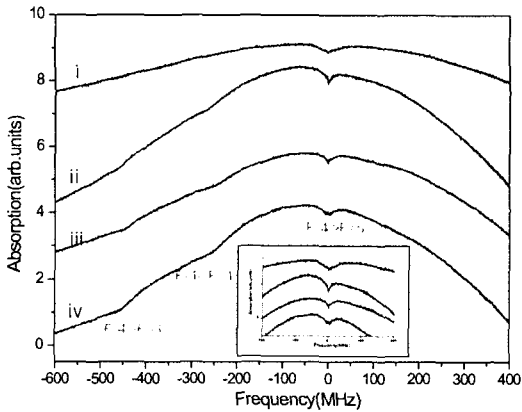


그림 3 (a)

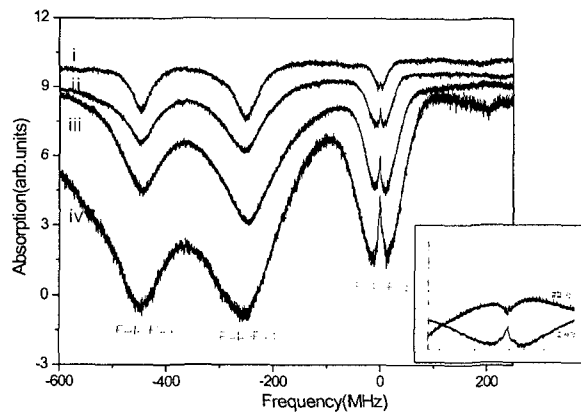


그림 3 (b)

그림 3. 조사광의 세기에 따른 (a) 는 조사광의 관측신호, (b)는 결합광의 관측신호. 조사광의 세기는 각각 (i) $92 \mu\text{W}$, (ii) 1.2 mW , (iii) 2.4 mW , (iv) 4.85 mW 이고 결합광은 $92 \mu\text{W}$ 이다.

[참고문헌]

1. K Kim, M Kwon, H D Park, H S Moon, H S Rawat, K An and J B Kim, "Electromagnetically induced absorption spectra depending on intensities and detunings of the coupling field in Cs vapour" *J. Phys. B:At.Mol. Opt. phys.* 34(2001) 4801-4808.

T
A