

## 세슘원자에서의 전자기-유도-흡수

### Electromagnetically Induced Absorption in Cs Vapor

김경대, 권미량, 문한섭, 박현덕, 김중복  
 한국교원대학교 물리교육과, 충북 청원 363-791  
 narin@blue.knue.ac.kr

EIT에 의한 흡수의 감소현상은 관측되고 이해되었으나 반대효과라 할 수 있는 원자결맞음으로 인한 흡수의 증가현상에 대한 연구는 최근에 Akulshin 등이  $^{85}\text{Rb}$  D2 전이선에서 전자기장에 의한 유도 흡수 현상을 관측하고, 이론적인 결과를 보고했을 뿐이다<sup>(1-3)</sup>. 이들은 조사광과 결합광이 같은 주파수로 공진할 때, 특별한 조건에서 EIT 신호와는 반대부호의 공명신호 즉, 전자기-유도-흡수(Electromagnetically Induced Absorption; EIA)<sup>(1)</sup>를 처음으로 관측하였다.

본 연구에서는 상온의 세슘 증기 셀에서 레이저의 선폭 차이에 따른 EIA 신호를 비교 분석하였고, 전자기-유도-흡수 신호의 발생조건을 이해하기 위하여 선폭 축소된 레이저들을 사용하여 결합광의 세기에 따른 조사광의 흡수 신호의 차이를 분석하였다. 그리고 또 다른 레이저를 사용하여 광펌핑효과에 의한 EIA 신호의 변화를 관측하였다.

그림 1은 Cs원자 D<sub>2</sub> 전이선에서 결합광이  $F=4 \rightarrow F'=5$ 로 작용할 때, 조사광의 주파수를  $F=4 \rightarrow F'=3$  전이선 근처에서  $F=4 \rightarrow F'=5$  전이선 근처까지 변화시키면서 얻은 신호이다. 결합광의 세기가 각각 0.41mW, 0.86mW, 11.5mW, 30.0mW일 때 나타나는 신호를 비교해 놓은 것이다. 조사광의 detuning이 0인 위치, 즉 조사광이  $F=4 \rightarrow F'=5$ 인 경우, 즉 결합광과 조사광이 모두 같은 전이에 공명된 경우에는 결합광의 세기에 따라서 조사광의 흡수신호가 매우 특이하게 변화하는 것을 관측하였다. 여기에는 몇 가지의 모양이 함께 나타나고 있는데, 결합광이 약한 경우는 펌핑에 의해 흡수가 감소하여 dip이 나타난다. 결합광의 세기를 조금 더 크게 하면 그 dip의 크기가 증가한다. 그런데 흥미로운 점은 그림 1의 (ii) 스펙트럼에서 보이는 것처럼 결합광의 세기가 충분히 커지면 dip이 증가하다가 그 dip 속에 흡수 peak이 조그맣게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그림 1의 (iii)과 (iv)에서 흡수 peak이 나타난 경우에 결합광의 세기를 더 증가시키면 흡수 peak의 크기가 더욱 증가하는데 이것이 EIA 신호이다. 이 결과는 외부공진기를 장치한 선폭축소된 조사광 레이저와 선폭축소되지 않은 결합광 레이저로부터 얻은 결과이다.

그림 2는 결합광 레이저로 선폭을 축소한 결과로 EIA 신호의 선폭이 매우 축소됨을 볼 수 있다. 조사광과 결합광 모두 선폭이 축소된 경우에 선폭이 넓은 결합광의 경우 보다 더 약한 세기에서 EIA 신호가 나타나고 EIA 신호의 크기도 증가하는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 전자기-유도-흡수 신호에서 결합맞는 레이저에 의한 펌핑효과를 나타내고 있으며, 결합광을 세기가 10.6mW이며  $F=4 \rightarrow F'=5$ 으로 전이하는 공명주파수에 맞춰서 발진시키고, 조사광은 그 세기가  $32\mu\text{W}$ 이며 역시  $F=4 \rightarrow F'=5$ 인 공명전이선에서 발진할 때 얻은 결과이다. 이 때 광의 세기가 55.3mW인 펌핑광을  $F=3 \rightarrow F'=3$  부근으로 맞추어 펌핑한다. 펌핑광이 있는 경우의 EIA 신호는 밀도 반전된 상태에서 AWI의 반대과정이라 할 수 있는 반-광증폭(anti-AWI)의 가능성을 보여준다.

원자매질에서 흡수의 급격한 변화를 이용한 여러 가지 흥미로운 응용가능성들이 제시되고 있는 현재에 원자매질에서 양자 간섭현상에 기인한 흡수의 급격한 변화인 EIA 현상과 EIT 현상의 상호관련

성을 명확하게 규명하는 것이 앞으로의 연구과제라 하겠다. 본 연구는 한국 원자력연구소 중장기 위탁 과제와 한국교원대학교 기성회계의 일부 지원에 의해 수행되었음을 밝힌다.

- 1 A. M. Akulshin, S. Barreiro, and A. Lezama, Phys. Rev. A **57**, 2996 (1998)
- 2 A. Lezama, S. Barreiro, and A. M. Akulshin, Phys. Rev. A **59**, 4732 (1999)
- 3 A. Lezama, S. Barreiro, A. Lipsich, and A. M. Akulshin, Phys. Rev. A **61**, 013801(1999)

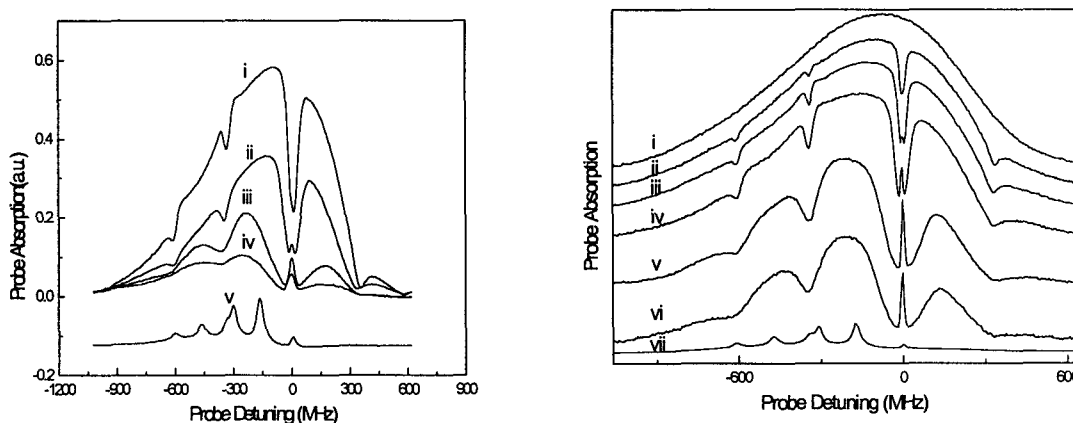


그림 1. 선폭이 넓은 레이저에 의한 그림 2. 선폭이 축소된 레이저들에 의한 EIA EIA 스펙트럼. Cs D<sub>2</sub>의 F=4→F'=5,4,3 스펙트럼. (i)은 선형흡수신호이고, 결합광의 세 전이에서 결합광의 세기가 (i) 0.41mW (ii) 0.33 mW (iii) 1.04 mW (iv) (ii) 0.86mW (iii) 11.5mW (iv) 30.0mW 1.92 mW (v) 6.71 mW (vi) 25.3mW

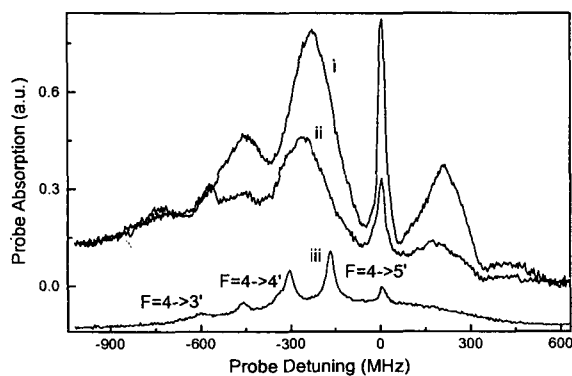


그림 3. 펌핑광의 유무에 따른 EIA 신호. (i)은 펌프광이 있는 경우 (ii)는 펌프광이 없는 경우.