

반도체양자우물구조에서의 전자기유도투과현상

강훈수*, 김종수, 변지수, 정문석, 오명규, 고도경, 이종민

광주과학기술원, 고등광기술연구소

*hunskang@gist.ac.kr

전자기유도투과 현상은 1990년대 초부터 알칼리원자에서의 실험적인 증명을 시작으로 다양한 응용 효과가 제시되었다. 1999년에는 루비듐 원자의 보스-아인슈타인 응집계에서 전자기유도투과 현상으로 인한 광파의 진행 속도를 17m/sec 정도로 늦추어 보였다 [1]. 또한 전자기유도투과현상은 단일유도라만전이와 병행할 수 있어 광자의 상태를 원자의 밀도 상태로 전환 할 수 있어 광자 상태의 저장을 가능하게 하였다 [2]. 최근에는 단일 광자 양자상태의 저장, 생성을 원거리 통신에서 구현함으로써 전자기유도투과 현상이 양자정보통신에 응용될 수 있는 가능성을 보였다 [3]. 또한 전자기유도투과현상은 거대한 3차 비선형 효과를 유도 함으로 광자에 의한 광자 제어를 가능하게 할 수 있다 [4]. 지금까지의 전자기유도투과현상의 실험적인 입증은 주로 알칼리 기체 원자 상태에서 수행되었는데, 전자기유도투과현상의 다양한 응용을 위해서는 고체 광매질에서 구현되는 것이 필요하다 [5].

본 연구에서는 MBE 방식으로 증착한 GaAs/AlGaAs 양자 우물 구조에서 150 fs 펄스레이저를 이용하여 전자기유도투과현상을 실험적으로 관측하였다. GaAs/AlGaAs 양자우물구조는 10 nm 두께의 GaAs 와 15 nm 두께의 $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$ Barrier 의 20 주기를 가지고 있다. 전형적인 전자기유도투과 현상은 Λ 형의 전이선에서 구현 될 수 있는데 엑시톤의 전이선에서 조사광과 결합광의 스핀 상태를 서로 반대의 원편광을 이용함으로써 Λ 형의 전이선을 구성할 수 있다. 그림 1 와 같이 양자우물구조는 극저온 냉각장치를 이용하여 11 K 로 유지되었다. 150 fs 티타늄 사파이어 펄스레이저를 이용한 미약한 세기의 조사광은 그림 2 의 (a)와 같이 GaAs/AlGaAs 양자우물 구조의 light hole 과 heavy hole 의 흡수선을 분해할 수 있었다. 이제 강한 결합광을 양자우물구조에 입사하고, 조사광과 결합광의 편광상태를 서로 반대의 원편광으로 하여 전자기유도투과 현상을 관측할 수 있다 (그림 2 (b)). 이 때의 결합광은 pulse shaping 방법으로 펄스레이저의 선폴을 0.2 nm 정도로 축소 하였다. 동시에 결합광의 중심주파수를 조절할 수 있어 결합광의 주파수에 따른 전자기유도투과현상을 관측할 수 있다. 이 실험에서 결합광과 조사광 펄스의 매칭이 중요한데 이는 delay line 을 통하여 조절하여 전자기유도투과 신호의 변화를 관측할 수 있다. 이 실험은 원자상태에서 전자기유도투과현상의 응용으로 구현된 광저장이나 저

속광 실험을 반도체 양자구조에서 가능함을 보여주는 것이고 이들의 구현이 본 연구에서 계속 될 것이다.

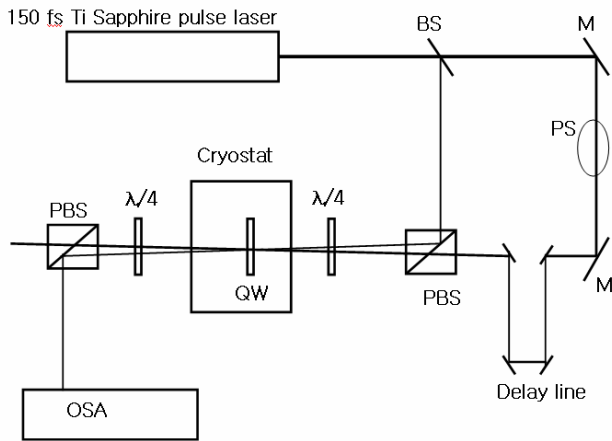


그림 1. 실험 장치도. BS; 광분할기, M; 거울, PBS; 편광광분할기, QW; 양자우물구조

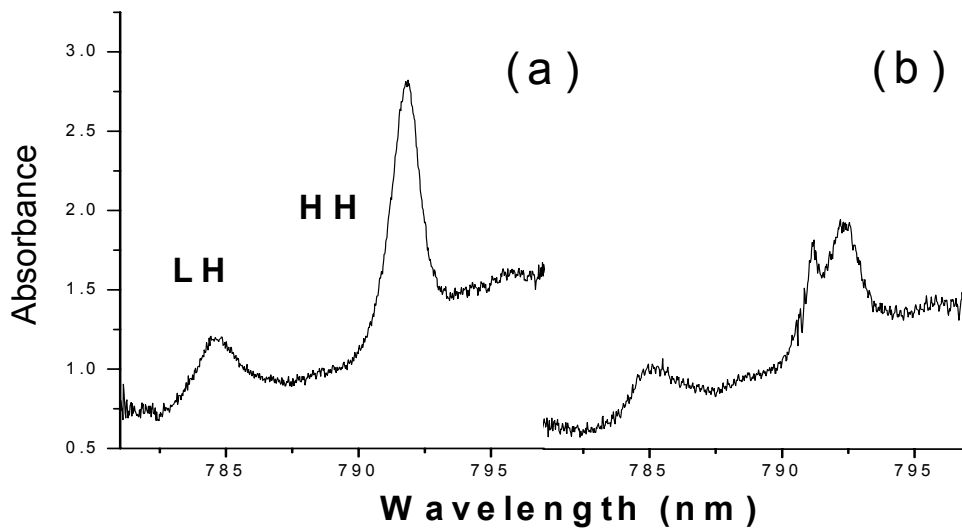


그림 2. (a) 엑시톤 전이선. LH;라이트홀, HH;헤비홀
(b) 헤비홀 전이선에 나타난 전자기유도투과현상.

참고문헌

1. Lene Hau, Nature, 397, 594 (1999).
2. MD Lukin, Review Of Modern Physics, 75, 457 (2003).
3. MD Eisaman et al, Nature, 438, 837 (2005).
4. Hoonsoo Kang et al, PRL, 91, 93601 (2003).
5. Mark Phillips et al, PRL, 91, 183602 (2003).