

## GaAs 양자점의 펨토초 레이저 여기 photoluminescence 연구

김종수\*, 변지수, 정문석, 강 철, 고도경, 이종민  
조남기<sup>1)</sup>, 박성준<sup>1)</sup>, 송진동<sup>1)</sup>, 최원준<sup>1)</sup>, 이정일<sup>1)</sup>

광주과학기술원 고등광기술연구소 나노광학 연구실, <sup>1)</sup>한국과학기술연구원 나노소자 연구센터

\*jongskim@gist.ac.kr

반도체 양자점의 발광 특성은 양자점의 기초적 물리현상 탐구와 광전 소자에 응용을 위해 많은 연구가 이루어져 왔다.[1] 특히 CW 레이저를 이용한 photoluminescence(PL) 연구는 양자점의 에너지준위 등을 연구하기 위해 이용되어왔다.[2] 최근 극초단 펄스폭을 가지는 펨토초 레이저를 이용한 광학적 특성 분석이 많이 연구되고 있다. 특히 펨토초 레이저는 펄스폭이 좁아 고강도의 레이저가 짧은 시간에 물질에 조사됨으로써 비선형효과를 유발할 수 있어 THz 발생이나 순간적으로 고농도의 광캐리어 생성이 가능하다. [3]

본 연구에서는 펨토초 레이저 펄스를 이용하여 GaAs 양자점의 PL 특성을 분석하였다. 여기광원으로는 10 W 펌핑 레이저를 이용하여 700 nm 파장의 펄스폭이 160 fs이고 반복률 76 MHz인 레이저 펄스를 BBO를 이용하여 second harmonic generation한 350 nm 파장을 이용하였다. PL 측정을 위해 200–900 nm 영역을 검출할 수 있는 광증배관 (PMT)을 사용하였다. 저온의 물성을 연구하기 위하여 8 – 300 K 까지 온도 조절이 가능한 진공 챔버와 He 순환식 냉각장치를 사용하였다.

양자점에 고농도의 광캐리어가 주입될 때 일어나는 물리적 현상을 규명하기 위하여 펨토초 레이저의 강도를  $I_0$  에서  $420I_0$  까지 증가 시키면서 PL을 측정하였다.

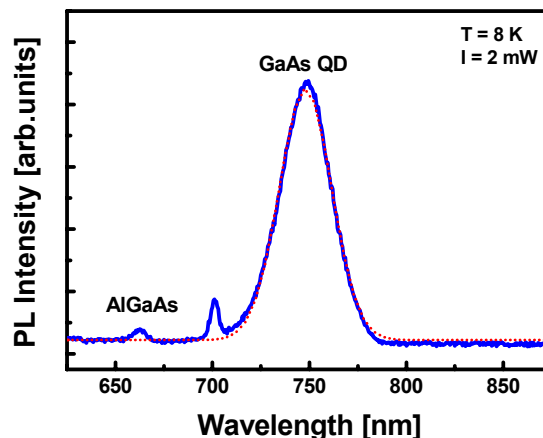


Fig. 1. GaAs 양자점의 펨토초 레이저 여기 발광 스펙트럼

그림 1은 8 K에서 측정한 GaAs 양자점의 펨토초 레이저 여기 PL 스펙트럼이다. 사용된 레이저 강도는 2 mW 이다. 748 nm에서 반치폭이 27 nm인 강한 PL 신호가 관측되었으며 이것은 GaAs 양자점의 기저준위에서 나온 발광이다. 펨토초 레이저에 의해 형성된 광캐리어가 양자점에 주입된 후 전자-정공

재결합을 통하여 광으로 방출된 것이다. 662 nm에서 나온 약한 PL 신호는 AlGaAs 장벽층 띠간격 부근에서의 전자-정공의 재결합에 의해 방출되는 PL 신호이다. 그리고 700 nm에서의 라인은 레이저에 기인한 것이다.

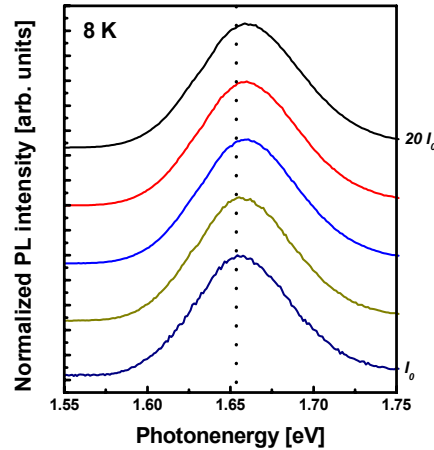


Fig. 2. GaAs 양자점의 여기 레이저 강도 의존 발광 스펙트라

그림 2는 고농도의 광캐리어가 양자점에 주입될 때 양자점에서 일어나는 광학적 특성변화를 조사하기 위하여 여기광의 강도를 변화시키면서 측정한 PL 스펙트라이다. 여기광의 강도가 증가할수록 PL 피크의 위치는 약 5 meV 정도의 청색 전이를 나타내고 있다. 일반적으로 InAs/GaAs 계열 양자점에서는 스트레인 (strain)에 기인한 양자점에 걸려있는 내부 전기장 때문에 양자구속 Stark 효과(QCS)가 존재하여 양자점에 주입되는 캐리어의 양이 작을 경우 전기장이 걸리지 않았을 때 보다 낮은 에너지에서 PL이 관측되어왔다. 그리고 InAs 양자점에 고농도의 캐리어를 주입하면 고농도 캐리어에 의한 둘러싸임 현상 (screening effect)에 의하여 스트레인에 의한 내부전기장이 상쇄되어 구속준위는 QCS를 고려하지 않았을 때와 같은 위치로 되돌아 올수 있다. 그러나 본 연구에 사용된 GaAs/AlGaAs 계열 양자점은 InAs/GaAs 양자점과 달리 스트레인이 무시될 수 있는 시스템이지만 고농도 캐리어 주입에 의한 PL의 청색전이를 보여 주고 있다. 이것은 지금까지 고려되어온 InAs/GaAs 양자점에서 스트레인에 의한 QCS로 이해되지 않는 것이다. 따라서 본 연구에서는 양자구속에 의해 유도되는 스트레인의 가능성에 대하여 논의 하고자 하다.

### 참고문헌

1. J. S. Kim, M. Kawabe, N. Koguchi, D-Y. Lee I-H. Bae, Appl. Phys. Lett. 87 , 261914 (2005).
2. S. Sanguinetti, M. Gurioli, E. Grilli, M. Guzzi, and M. Henini, Appl. Phys. Lett. 77, 1982 (2000).
3. N. Sarukura, H. Ohtake, S. Izumida, and Z. Liu, J. Appl. Phys. 84 , 654 (1998).