

GaAs 양자점의 광학적 특성연구

Optical Properties of GaAs quantum dots

김종수*, 차옥환, 변지수, 정문석, 고도경, 이종민, N. Koguchi¹⁾
 광주과학기술원 고등광기술연구소, ¹⁾National Institute for Materials Science
 *jongskim@gist.ac.kr

반도체 양자점의 제작과 그 광학적 특성은 양자점을 이용한 광전 소자에 응용하기위해 많은 연구가 이루어져 왔다.^[1,2] 특히 근적외선 영역에서 In(Ga)As와 가시광 및 자외선 영역에서 GaN 계 양자구조가 많이 연구되어 왔다. 뿐만 아니라 여러 가지의 반도체 양자구조를 이용한 적외선부터 자외선 영역까지의 발광에 관한 연구가 이루어지고 있는 실정이다.^[3] 이는 반도체가 가지는 전기적 특성과 광학적 특성을 이용하면 광전소자로의 응용이 용이하기 때문이다.

최근 적색 가시광영역의 발광을 가지는 반도체 양자구조로 GaAs 양자점이 대두되고 있으며 새로운 개념의 양자점 제작방법을 통하여 성공적으로 양자점을 형성하는 기술이 개발 되었다.^[4] 이 방법은 기존의 자발형성 양자점이 이종 물질간의 격자부정합을 이용하여 형성되는 반면 동종 또는 이종의 물질이 격자정합 뿐만 아니라 격자부정합을 이루고 있더라도 가능한 방법으로 droplet epitaxy (DE)로 명명되어 있다.^[5,6]

본 연구에서는 최근 연구되고 있는 DE 방법을 이용하여 형성된 적색 발광을 가지는 GaAs 양자점의 광학적 특성에 관하여 연구하였다. 연구를 위해 GaAs 양자점을 저밀도와 고밀도 양자점을 이용하였으며 시료는 각각 GaAs (001) 과 (111)A 기판위에 DE 방법으로 성장 되었다. 시료의 구조적 특성은 원자간력현미경 (AFM)으로 관측 하였으며 광학적 특성은 펄스 레이저를 여기광원으로 이용하여 photoluminescence (PL)와 시분해 PL을 이용하여 분석 하였다.

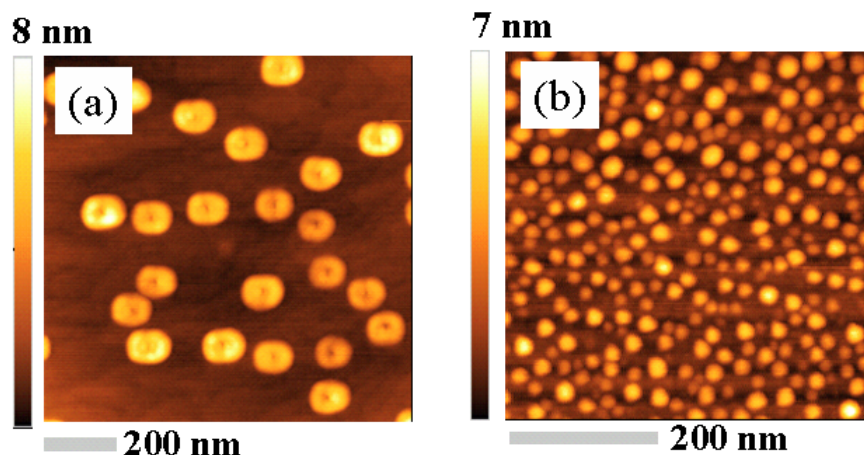


Fig. 1. DE 방법으로 성장된 (a) 저밀도와 (b) 고밀도 GaAs 양자점의 AFM image

Fig. 1은 DE 방법으로 성장된 (a) 저밀도와 (b) 고밀도 GaAs 양자점의 AFM image이다. 저밀도 양자점은 GaAs (001) 기판위에 성장 시켜 얻었으며, 고밀도 양자점은 동일한 성장 조건에서 GaAs

(111)A 기판을 이용하여 얻을 수 있었다. 각각의 밀도는 $2.4 \times 10^9/\text{cm}^2$ 과 $1.6 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 이다. 동일한 성장 조건에서 각각 얻은 양자점의 밀도의 차이는 Ga의 평균 표면 이동거리가 기판의 면 방향에 의존하기 때문이다.

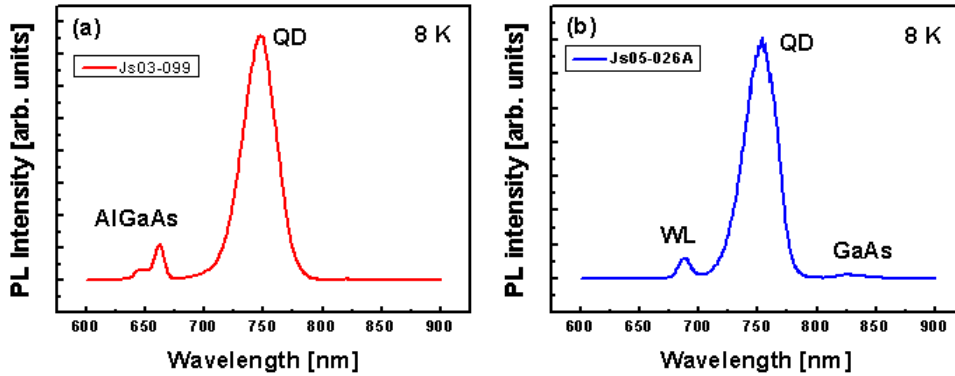


Fig. 2. 8 K에서 측정한 (a) 저밀도와 (b) 고밀도 GaAs 양자점의 PL 스펙트럼

Fig. 2는 8 K에서 측정한 (a) 저밀도와 (b) 고밀도 GaAs 양자점의 PL 스펙트럼들이다. 저밀도 양자점의 PL 스펙트럼은 746.7 nm 근처에서 반폭치가 28.6 nm인 GaAs 양자점에 관련된 발광과 644-661 nm 부근에서 AlGaAs 장벽층에 관련된 신호를 보여 주었다. 고밀도 양자점은 752.3 nm 근처에서 반폭치가 27.5 nm인 GaAs 양자점 관련 신호와 688.5 nm 근처에서 wetting layer (WL)에 관련된 신호를 보여 주었다. 특히 Fig. 1에서 보는바와 같이 양자점의 크기가 현저하게 다름에도 불구하고 두 양자점의 발광 신호의 위치는 약 6 nm 정도의 근소한 차이만 보여 주었다. 그 이유는 각각 기판의 면 방향이 다름으로 인한 piezoelectric 효과와 고밀도 양자점의 형성으로 인한 coupling 효과로 추정할 수 있다.^[7]

참고문헌

1. J. S. Kim, P. W. Yu, J. Y. Leem, J. I. Lee, S. K. Noh, J. S. Kim, S. M. Kim, J. S. Son, U. H. Lee, J. S. Yim and D. Lee, Appl. Phys. Lett. 78, 3247(2001).
2. J. S. Kim, M. Kawabe, N. Koguchi, D-Y. Lee, J. S. Kim and I-H. Bae, Appl. Phys. Lett. 87, 261914(2005).
3. V. Zwiller, T. Aichele and O. Benson, New J. Phys. 6, 96 (2004).
4. T. Mano, T. Noda, J. S. Kim, T. Tateno and N. Koguchi, Abstract of the 2004 Int. Conference on Molecular Beam Epitaxy, pp 395-396 (Scotland 2004).
5. J. S. Kim and N. Koguchi, Appl. Phys. Lett. 85, 5893(2004).
6. J. S. Kim, M. S. Jeong, C. C. Byeon, D-K Ko, J. Lee, J. S. Kim, I-S. Kim and N. Koguchi, Appl. Phys. Lett. 88 (24), to be published (2006).
7. B. K. Laurich, K. Elcess, C. G. Fonstad, J. G. Beery, C. Mailhot and D. L. Smith, Phys. Rev. Lett. 62, 649 (1989).