

Droplet epitaxy 방법으로 형성된 저밀도 GaAs 양자점의 광발광 및 음극선발광 특성분석

하승규*, 임주영¹, 송진동², 김종수³, S. Bounouar⁴, F. Donatini⁴,
L.S. Dang⁴, J.P. Poizat⁴, 최원준*, 이정일*

*한국과학기술연구원 나노소자 연구센터, ¹중앙대학교 자연과학대학 물리학과,

²한국과학기술연구원 스핀트로닉스 연구단, ³영남대학교 이과대학 물리학과,

⁴프랑스 그르노블 Néel 연구소 나노물리·반도체 연구팀

*sha@kist.re.kr

양자점 성장을 위한 droplet epitaxy 방법은 기존의 S-K 방법 등과 비교할 때 성장시에 3족 물질과 5족 물질의 주입이 완전히 분리되어 있으며 3족 물질(Ga) 및 5족 물질의 주입량 조절로써 각각 양자점 밀도 및 밴드갭 에너지 조절이 용이하고, 기판의 종류에 상관없이 양자점을 성장할 수 있는 등 여러 이점을 지닌다. 나노포토닉스 소자로의 응용을 위하여 분자선 박막증착(MBE) 장비에서 droplet epitaxy 방법으로 GaAs 양자점을 저밀도로 성장하고 RTA 장비에서 750 °C로 4 분간 열처리하였다. 열처리 후에 TEM 장비로 측정된 양자점은 평균 너비 및 높이가 각각 57 nm 및 18 nm 였다. 성장된 시료에 전자빔 리소그래피 및 습식 식각으로 지름 수백 nm ~ 수 um 크기의 원형 mesa 패터ンを 다수 형성하여 특정 양자점을 분석할 수 있도록 하였다. 이와 같이 제작된 시료에 대하여 액체 헬륨을 이용한 10 K 이하의 저온환경에서 마이크로 광발광(micro photo-luminescence, μ -PL) 및 음극선발광(cathodo-luminescence, CL) 측정을 수행하였다. μ -PL 및 CL 측정으로부터 약 1.7 ~ 1.9 eV 영역에서 단일 양자점의 발광 스펙트럼을 확인하였으며, homogeneous broadening에 의한 반치폭은 약 1 meV, inhomogeneous broadening에 의한 반치폭은 약 150 meV를 나타내었다. μ -PL 측정에서 여기광의 강도 조절에 따른 단일 양자점 피크의 발광 세기 및 시간상수 변화로부터 exciton 및 biexciton 성분을 분리하였고, CL 측정에서는 가속전압 세기의 변화에 따른 발광 스펙트럼 형태의 변화로부터 시료의 구조를 분석하였다. 양자점 발광 피크가 분포하는 에너지 영역에서 동일한 CL 장비로 monochromatic scan image를 측정하여 양자점의 발광과장에 따른 밀도 분포를 조사하였으며, 그 결과 20 meV 에너지 영역 내에 $1 \mu\text{m}^2$ 넓이당 1 ~ 2 개의 양자점이 분포하였다.