

모양이 제어된 1.55 μm InAs/InAlGaAs 양자점 및 소자응용

김진수¹, 양영신¹, 김재수¹, 박동우¹, 이광재¹, 최병석², 곽호상², 이철욱², 심은덕², 오대곤²

¹전북대학교 신소재공학부, ²한국전자통신연구원 광소자그룹

이상적인 0차원 양자구조를 고려하면, 나노 양자점은 모양 및 크기가 대칭적이어야 된다. 그러나 InP 기판에 형성한 InAs/InAlGaAs 나노 양자구조는 양자세션, 양자데쉬 및 비대칭적인 양자점과 같은 다양한 형태를 갖는다. 본 연구에서는 InP 기판에 격자정합한 InAlGaAs 물질을 형성하고 그 위에 성장방법과 조건을 변화시켜 InAs 나노 양자점의 모양과 크기를 제어하여 광 및 전기적 특성을 연구하였다. 기존 자발형성법을 통해 성장한 InAs/InAlGaAs 양자점의 크기를 단면 전자주사현미경을 이용하여 측정한 결과 폭이 26 nm이고 높이는 2.5 nm 이었다. 높이를 폭으로 나눈 비율인 Aspect ratio는 약 0.1 정도의 값을 가졌다. 상온 Photoluminescence (PL) 실험에서 얻은 광스펙트럼의 발광파장은 1.56 μm 였고, 반치폭은 105 meV 이었다. InAs/GaAs 계열 양자점의 PL 스펙트럼에서 쉽게 관측할 수 있는 여기준위에 대한 정보를 얻을 수 가 없었는데, 이는 InAs/InAlGaAs 나노 양자점의 균일도가 상대적으로 좋지 않아 여기준위와 기저준위가 PL 스펙트럼 상에 혼재되어 나타나기 때문이다. Aspect ratio가 작으면 높이 방향으로 파동함수 구속의 정도가 작아져 0차원 양자구조의 특성이 현저히 저하 될 수 있는 구조적 한계를 갖게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 모양이 제어된 InAs/InAlGaAs 양자점을 수정자발형성법을 이용하여 제작하고 특성을 분석하였다. 모양과 크기가 제어된 InAs/InAlGaAs 양자점의 Aspect ratio는 0.22로 기존 자발형성법을 이용한 경우에 비해 현저히 증가하였다. PL 스펙트럼에서 반치폭은 30 meV였고, 여기준위에 대한 신호를 관측할 수 있었다. 모양이 제어된 InAs/InAlGaAs 양자점을 활성층으로 하는 레이저 다이오드의 임계전류가 기존 자발형성법을 통해 형성한 양자점을 활성층으로 하는 레이저다이오드에 비해 4.5배 감소하였고 Slope efficiency가 50 % 이상 증가하였다. 이는 Aspect ratio가 증가하여 높이 방향으로 파동함수의 구속효과가 현저하게 증가하여 레이징에 필요한 임계이득을 쉽게 얻었기 때문이다. 양자점 모양과 크기에 따른 레이저다이오드의 동작특성을 공진기 길이 변화 등 다양한 변수를 통해 연구하였다.