

MEE 기법으로 성장한 InGaAs 양자점의 크기 변화에 따른 광발광 특성분석

하승균^{1,*}, 조남기¹, 송진동¹, 박재규², 이동한², 최원준¹, 이정일¹

¹한국과학기술연구원 나노융합소자센터, ²충남대학교 물리학과

*(sha@kist.re.kr)

단일 양자점의 특성 분석 및 이를 활용한 단광자 광원 등으로의 응용에 있어서 표면밀도 및 크기 등이 의도대로 조절된 양자점 성장이 필수적이며, 이와 관련하여 근적외선 파장 영역에서 발광 성분을 갖는 InGaAs/GaAs 양자점 시료를 MEE (Migration Enhanced Epitaxy) 기법으로 성장하였다. 이 때, 30 초 ~ 120 초 사이의 migration enhancing time 변화에 의하여 약 350 QDs/ μm^2 에서 3 QDs/ μm^2 사이의 범위로 양자점 표면 밀도가 조절되었으며 양자점의 크기도 변화하는 것을 확인하였다. 별도로 capping layer를 성장하지 않은 양자점 층에 대한 AFM 측정을 통하여 양자점의 크기를 예측하였으나, 실제 시료의 양자점 크기는 capping layer 성장시의 온도 및 압력에 따른 영향이나 물질 조성의 불균일성 등으로 인해 달라질 수 있으므로 비파괴 검사방법인 광발광 측정으로써 실제 양자점의 특성을 검증할 필요성이 존재한다.

먼저 양자점의 크기가 커짐에 따라 기저상태의 에너지 밴드갭 크기가 감소하는 경향이 있음을 확인하였다. 이는 양자점이 클수록 양자구속 효과가 작아지는 일반적인 경향과 일치한다. 또한, 양자점의 크기 차이에 따른 기저상태 및 고차 여기 상태의 에너지 밴드갭 차이의 변화 경향을 분석하였다. 일반적으로 양자점의 크기가 줄어들면 양자구속효과 또한 빠르게 증가하다가 결국에는 에너지 장벽(barrier)의 에너지 준위에서 포화상태에 도달하게 된다. 이러한 양자점 크기에 따른 양자구속효과 크기의 변화는 고차 여기 상태일수록 더욱 빠르며, 결국에는 양자 구속효과가 없어지는 상태(unbound exciton)에 이르기도 한다. 따라서 기저상태의 에너지 밴드갭은 양자점이 커짐에 따라 단조감소 경향을 보이거나, 변화율의 차이 때문에 기저상태와 1차 여기상태의 에너지 차이인 level spacing 값은 단조감소 경향이 아닌 종 모양의 경향성을 보이며 측정 결과 또한 이와 일치하였다. 이와 같이 migration enhancing time의 조절로 광자와 상호작용하는 실질적인 양자점의 크기가 의도대로 조절되었음을 비파괴 광측정법으로 확인하였다.