

Time-resolved Photoluminescence Study of Seven-stacked InAs/InAlGaAs Quantum Dots

오재원¹, 권세라¹, 류미이¹, 조병구², 김진수²

¹강원대학교 물리학과, ²전북대학교 신소재공학부

자발형성법으로 InP (001) 기판에 성장한 InAs/InAlGaAs 양자점(QDs: quantum dots)의 광학적 특성을 PL (photoluminescence)와 TRPL (time-resolved PL)을 이용하여 분석하였다. InAs QDs 시료는 single layer InAs QDs (QD1)과 7-stacked InAs QDs (QD2)를 사용하였다. 두 시료 모두 저온 (10 K)에서 1,320 nm에서 PL 피크가 나타나고, 온도가 증가함에 따라 PL 피크는 적색편이(red-shift)를 보였다. 양자점의 온도를 10 K에서 300 K까지 증가하였을 때 QD1은 178 nm 적색편이가 하였으며, PL 스펙트럼 폭은 온도가 증가함에 따라 증가하였다. 그러나 QD2는 264 nm 적색편이를 보였으며 PL 스펙트럼의 폭은 QD1 시료와 반대로 온도가 증가함에 따라 감소하였다. QD2의 아주 넓은 PL 스펙트럼 폭과 매우 큰 적색편이는 InAs 양자점 크기의 변화가 QD1에 비해 훨씬 크기 때문이다. QD2의 경우 InAs 층수(layer number)가 증가함에 따라 InAs QD의 크기가 점차 증가하므로 QD 크기의 변화가 single layer인 QD1 시료보다 훨씬 크다. QD1의 PL 소멸은 파장이 증가함에 따라 점차 느려지다가 PL 피크 근처에서 가장 느린 소멸 곡선을 보이고, 파장이 더 증가하였을 때 PL 소멸은 점차 빠르게 소멸하였다. 그러나 QD2의 PL 소멸곡선은 파장이 증가함에 따라 점차 빠르게 소멸하였다. 이것은 QD2는 양자점 크기의 변화가 매우 크기 때문에 (lateral size=18~29 nm, height=2.8~5.9 nm) 방출파장이 증가함에 따라 양자점 사이의 파동함수의 겹침이 증가하여 캐리어의 이완이 증가하기 때문으로 설명된다. 온도에 따른 TRPL 결과는 두 시료 모두 10 K에서 150 K까지는 소멸시간이 증가하였고, 150 K 이후부터는 소멸시간이 감소하였다. 온도가 증가함에 따라 소멸시간이 증가하는 것은 양자점에서 장벽과 WL (wetting layer)로 운반자(carrier)의 이동, 양자점들 사이에 열에 의해 유도된 운반자의 재분배 등으로 인한 발광 재결합으로 설명할 수 있다. 150 K 이상에서 소멸시간이 감소하는 것은 열적효과에 의한 비발광 재결합 과정에 의한 운반자의 소멸이 증가하기 때문이다. 온도에 따른 TRPL 결과는 두 시료 모두 150 K까지는 발광재결합이 우세하고, 150 K 이상에서 비발광재결합이 우세하게 나타났다.

Keywords: InAs, quantum dots, photoluminescence (PL), time-resolved photoluminescence (TRPL)