

ZnTe 완충층 두께에 따른 CdTe/ZnTe 양자점의 운반자 동역학

김수환¹, 이주형¹, 최진철¹, 이홍석²¹연세대학교, ²제주대학교

양자점(Quantum dots)은 3차원적 운반자 구속과 낮은 전류와 높은 온도에서 작동하는 나노 크기의 전기적, 광학적 소자로 응용이 적합하기 때문에 그 특성을 이용한 단전자 트랜지스터, 적외선 검출기, 레이저, LED, 태양전지 등 반도체 소자로의 응용연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 양자점의 낮은 임계전류밀도와 높은 차동 이득(differential gain), 그리고 고온에서 작동이 용이하여 양자점 레이저로 활용되고 있다. 이러한 분야에 양자점을 응용하기 위해서는 양자점의 운반자 동역학을 이해하고 양자점의 모양, 크기, 크기 분포와 같은 특성 조절이 필요하다. 또한 기존의 연구들은 III-V족 화합물 반도체 양자점에 대한 연구가 대부분이며, II-VI족으로 구성된 연구가 미흡한 상황이기 때문에 II-VI족 화합물 반도체 양자점에 대한 많은 연구가 필요한 상황이다. II-VI족 화합물 반도체 양자점은 기존의 III-V족 양자점보다 더 큰 엑시톤 결합에너지(exciton binding energy)를 가지고 있으며, 이러한 특성을 가지는 II-VI족 화합물 반도체 양자점 중에서도 CdTe 양자점은 높은 엑시톤 결합에너지와 녹색 스펙트럼 영역을 필요로 하는 광학적 장치들에 응용 가능성이 높기 때문에 더욱 주목받고 있다. 본 연구에서는 분자 선속 에피 성장법(Molecular Beam Epitaxy; MBE)과 원자 층 교대 성장법(Atomic Layer Epitaxy; ALE)으로 CdTe/ZnTe 나노구조에서 ZnTe 완충층의 두께에 따른 운반자 동역학 및 광학적 특성을 연구 하였다. 저온 광루미네선스 측정(Photoluminescence; PL) 을 통하여 ZnTe 완충층 두께가 증가할수록 양자점의 광루미네선스 피크가 낮은 에너지로 이동함을 알 수 있었는데, 이는 ZnTe 완충층의 두께가 증가할수록 ZnTe 완충층과 CdTe 양자점의 격자 불일치(lattice mismatch)로 인한 구조 변형력이 감소하고 이에 따라 CdTe 양자점으로 가해지는 변형(Strain)이 감소하여 CdTe 양자점의 크기가 증가했기 때문이다. 그리고 ZnTe 완충층의 두께가 증가할수록 PL 세기가 증가함을 알 수 있었는데, 이는 ZnTe 완충층의 두께가 증가할수록 양자 구속 효과로부터 electronic state와 conduction band edge 사이의 에너지 차이의 증가 때문이다. 또한 시분해 광루미네선스 측정 결과 ZnTe의 두께가 증가할수록 양자점의 소멸 시간이 더 길게 측정되었는데, 이는 더 큰 양자점 일수록 엑시톤 오실레이터 강도가 감소하기 때문에 더 긴 소멸 시간을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 본 연구는 ZnTe 두께 변화를 통해 양자점의 에너지 밴드를 제어할 수 있으며, 양자점의 효율 향상을 할 수 있는 좋은 방법임을 제시하고 있다.

Keywords: 양자점, CdTe, 운반자 동

