

InGaAs/InGaAsP 양자점 시스템의 선택적인 영역에서 의 DLTS 측정을 이용한 전기적인 특성 연구

이윤일¹, 김진석¹, 김은규¹, 편수현², 정원국²

한양대학교 물리학과¹, 성균관대학교 재료공학과²

양자점(QD)은 수소원자나 상자속의 입자와 같이 매우 작게 제한된 영역에 불연속적인 에너지 준위가 분포되어있는 상태함수 구조를 가지고 있다. 양자점 시스템 안에서 전자나 홀은 불연속적인 에너지 분포를 가지면서 존재하게 되고 이런 성질은 레이저 다이오드나 양자논리 소자와 같은 다양한 구조에 응용 가능하다. 때문에 양자점 시스템에 대한 이론적인 연구나 응용을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, GaAs나 InP를 기반으로 하는 자기조립 InGaAs 양자점 시스템은 그 에너지 구조 상 1.3 ~ 1.55 μm 영역에서 동작할 수 있기 때문에 광통신에 사용되는 레이저 다이오드 및 광다이오드에 광범위하게 사용되고 있다. 이렇게 정밀하게 양자점 구조의 동작 파장을 제어하기 위해선 정밀한 성장기술에 못지않게 이의 정밀한 측정 역시 중요하다. 대부분의 경우 양자점 구조의 측정은 photoluminescence와 같은 광학적인 방법으로 하는데, 전자소자로의 응용 및 소자 효율 증대를 위해선 전기적인 물성측정과 병행되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 서로 크기가 다른 두 양자점 층을 수직으로 100 nm 간격으로 적층하였다. 양자점은 InGaAs 물질로 성장되었고 이의 장벽층은 InGaAsP 물질이 상용되었다. 최종적으로 성장된 양자점구조를 전극-절연체-반도체 (metal-insulator-semiconductor) 소자로 만들어 전기용량 (C-V) 측정과 접합과도용량분광법 (DLTS) 을 통하여 전기적인 특성을 연구하였다. 특히 본 연구에서는 세밀한 측정 전압 변화를 통한 결과를 비교 분석하였는데, DLTS 측정을 할 때 인가되는 전압을 변화시켜주면 시료에서 측정되는 영역을 깊이를 제어할 수 있다. 이를 이용하면 양자점으로 인해 생성된 퍼텐셜안의 에너지 준위를 선택적으로 충전 (charge-selective) 시킴으로 양자점 시스템의 정확한 양자구조를 조사할 수 있다. 연구에 사용된 양자점구조에서 양자점의 모양은 렌즈형태였고, 위층 양자점의 크기는 높이와 지름이 각 $\sim 3.6 \text{ nm}$, $\sim 34 \text{ nm}$, 아래층 양자점은 각 $\sim 5.8 \text{ nm}$, $\sim 47 \text{ nm}$ 이었다.