

자발성장 InGaAs/InGaAsP 양자점 시스템의 장벽층 두께에 따른 전기적 특성변화

이윤일¹, 김진석¹, 김은규¹, 편수현², 정원국²

한양대학교 물리학과¹, 성균관대학교 재료공학과²

양자점은 수소원자나 상자속의 입자와 같은 불연속적인 에너지 준위가 분포되어있는 상태함수를 구조를 가지고 있기 때문에 그 이론적인 해석이나 응용 분야에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 양자점을 양자점 레이저 다이오드나 적외선 광검출기와 같은 광전자공학 소자뿐만 아니라 고집적 메모리와 같은 전기적인 장치에 사용하기 위해서, 양자점의 광학적인 특성이나 전기적인 특성에 대한 기본적인 연구가 선결되어야 한다. 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 층 사이에 장벽층으로 두고 수직으로 적층시킨 InGaAs/InGaAsP 양자점 시스템의 전기적 특성을 연구하였다. 양자점은 InGaAs 물질로 장벽층은 InGaAsP 물질을 사용하였고, Au 를 사용한 전극과 Si₃N₄물질을 사용한 절연층으로 이루어진 전극-절연체-반도체 (metal-insulator-semiconductor) 소자를 사용하였다. 이 때 장벽층의 두께를 20 nm 와 100 nm 의 두 종류의 시스템을 사용하여 장벽층 두께에 따른 전기적인 특성을 살펴보았다. 전기적인 특성을 연구하는 방법으로 전기용량 (C-V) 측정과 접합과도용량분광법 (DLTS) 을 사용하였다. 전기용량 측정법을 통하여 시스템 내부의 운반자 분포 모양을 확인할 수 있고, 접합과도용량분광법을 이용하여 InGaAs 양자점으로 인해 생성된 퍼텐셜안의 불연속적인 에너지 준위에서 InGaAsP 장벽층의 띠끝머리 (bend edge) 까지의 에너지 차이인 활성화 에너지를 측정할 수 있다. 이 때 측정을 위해 인가되는 전압을 변화시켜줌으로 시스템의 결핍영역 (depletion region) 을 조절할 수 있고, 이를 이용하면 양자점의 불연속적인 에너지 준위를 선택적으로 충전 (charge-selective) 시킴으로 양자점 시스템의 정확한 양자구조를 조사할 수 있다. 연구에 사용된 양자점구조에서 양자점의 모양은 렌즈형태였고, 위층 양자점의 크기는 높이가 3.6 nm , 지름이 34 nm , 아래층 양자점은 각 5.8nm , 47nm 이었다.