

Optical properties of InAs/InGaAs dot-in-a-well structure grown by periodic arsine interruption method

김정섭, 양창재, 심 욱, 윤의준*

서울대학교 재료공학부 반도체 에피 성장 연구실

자발형성 방법을 이용한 InAs/GaAs 양자점은 높은 내부 양자효율과 온도 안정성, 그리고 1300 nm 발광 파장의 가능성 때문에 광통신에 사용되는 레이저 다이오드 소자로의 응용에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만 자발형성 성장 과정에서 형성되는 양자점의 비정상적인 성장은 광학적 특성을 매우 열화시키는 것으로 문제시 되고 있었다. 본 연구에서는 이를 해결하고자 PAI (periodic AsH₃ interruption)를 양자점 성장 과정에 도입하였다. 그 결과 PAI 방법을 사용하였을 경우 기존 양자점 구조에서 보이던 large island 형성을 억제할 수 있었고, 이를 통한 균일한 덮개층의 성장을 AFM (Atomic force microscopy) 측정으로 확인할 수 있었다. 이렇게 성장된 균일한 양자점 구조의 발광 파장을 조절하기 위하여 GaAs 대신에 InGaAs를 완충층과 덮개층으로 사용한 DWELL (dot-in-a-well) 구조를 성장하였다. 특히 InGaAs 완충층과 덮개층의 조성과 두께를 각각 변화시킴으로써 그것들이 양자점 성장과 발광 파장에 미치는 영향과 상호관계를 연구하였다. InGaAs 완충층의 조성을 증가할수록 양자점의 밀도와 크기가 증가하는 것을 확인하였다. 덮개층의 In 조성이 증가함에 따라 발광파장이 1100 nm에서 1290 nm로 증가하는 것을 확인하였고, 이는 InGaAs 덮개층이 격자상수 차이에 의해 양자점에 작용되는 strain을 해소하고, 양자점과 덮개층 간의 In-Ga 의 intermixing을 줄여 주기 때문이다. 또한 완충층의 두께 감소와 덮개층의 두께 증가에 의하여 발광파장이 증가하였으며, 특히 얇은 완충층에서 덮개층의 두께 증가에 의한 파장 변화 정도가 더 크게 나타났다. 이것은 덮개층의 두께가 양자점의 크기에 비해 일정 높이 이상이 되면 그것에 의한 strain 해소 효과는 수렴되는 반면에, 완충층은 두꺼워질수록 In-Ga intermixing이 보다 크게 작용하기 때문인 것으로 해석된다. 이러한 DWELL 구조의 성장 조건을 확립한 결과, 상온에서 1320 nm의 발광 파장을 갖고, 32 meV의 반가폭을 가지는 양자점 구조를 성장할 수 있었고, 기존의 양자점 구조에 비해 안정된 온도 특성을 확인할 수 있었다.