

InGaAs 완충층의 In 조성과 성장 정지 과정에 따른 InAs양자점 표면 형상 관찰

양창재, 김정섭, 심 욱, 윤의준*

서울대학교 재료공학부 반도체 에피 성장 연구실

격자 상수의 차이를 이용하여 성장시키는 자발형성 양자점은 광학적, 전기적 소자 응용에 대한 기대와 함께 그 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 특히, GaAs기판을 이용하여 성장시킨 InAs 자발형성 양자점은 1.3 μm 에서 발광하는 레이저 다이오드의 제작을 통해 광통신용 소자 응용을 목표로 하고 있다. 하지만 실제로 성장된 InAs 양자점의 경우 그 특성은 발광 파장과 광 효율 면에서 소자 응용을 위한 성능에 미치지 못하고 있는 것이 현실이다.

최근 많은 연구 그룹에서는 InAs 양자점을 GaAs에 바로 성장시키는 대신, InGaAs 완충층을 이용하여 발광 파장 조절과 광 효율의 증가를 보고하고 있다. GaAs 기판과 InAs 양자점 사이에 위치한 InGaAs 완충층은 일반적으로 Strain Buffer layer (SBL)라고 불리며 In과 Ga의 조성 변화를 통해 GaAs와 InAs간의 격자 불일치 정도를 달리하여 양자점의 발광 파장을 조절할 수 있다. 하지만 발광 파장의 조절을 위해 필수적이라 할 수 있는 SBL의 성장조건과 InAs 양자점의 밀도, 형태 변화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구 그룹에서는 SBL의 In조성의 변화와 그에 따른 InAs 양자점의 표면 형상 변화에 대한 연구를 수행하였다.

실험은 저압 유기 금속 기상화학 증착법 (Metalorganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)을 사용하였으며, GaAs 완충층 성장 후 SBL의 두께는 일정하게 유지한 상태로 In의 조성을 5~20%까지 변화 시켰다. 그리고 InAs 양자점을 성장시킨 후 실험을 두 그룹으로 나누어 한 그룹에서는 양자점 성장 후 AsH_3 분위기에서 온도를 낮추었고 다른 한 그룹에서는 약 15초 동안 모든 소스의 공급을 차단하는 Growth Interruption (G.I.) 과정 후 AsH_3 분위기에서 온도를 낮추었다.

Atomic Force Microscopy (AFM)을 이용하여 양자점을 성장시킨 샘플의 표면을 관찰한 결과 G.I. 없이 온도를 낮춘 그룹에서는 양자점의 밀도와 높이가 SBL의 In조성에 관계없이 일정한 반면, G.I. 후 온도를 낮춘 샘플들의 경우 SBL의 In조성이 증가할수록 양자점의 밀도가 증가하는 것이 관찰되었다. 이러한 현상은 G.I. 과정을 통해 속도론적 장벽이 제거되는 동안 각각의 조건에 알맞은 평형상태를 찾아가기 위해 양자점 양자점간 혹은 양자점과 SBL간 물질 이동의 차이로 인한 것이라 판단된다.