

5족 소스 공급의 주기적인 차단을 이용한 InAs/GaAs 양자점의 성장 메커니즘 분석

심 욱, 김정섭, 양창재, 윤의준*

서울대학교 재료공학부 반도체 에피 성장 연구실

기판과의 격자 상수 차이를 이용한 자발 형성 양자점은 그것이 가지는 높은 내부광학효율과 온도 안정성 등의 장점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 GaAs 기판 위에 InAs 양자점을 성장시켜 1.3 μm 의 발광 파장을 가지는 레이저 다이오드 제작에 대한 시도가 지속적으로 이루어지고 있다. 그 중 양자점 성장 시 생기는 large island는 광학적 특성을 저해하고, 파장 조절을 위한 성장 조건에 제약을 주기 때문에 큰 어려움으로 여겨지고 있다.

이에 본 연구팀은 저압 유기 금속 기상화학 증착법(Metalorganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)을 사용한 InAs/GaAs 양자점 성장에 있어서 기존의 방법과는 달리, 3족 In 소스 기체는 계속 공급하되, 5족인 As 소스 기체 공급을 주기적으로 차단하는 방법(Periodic AsH₃ Interruption, PAI)을 도입하였다. 그 결과 기존 성장 방법에서 발견되는 large island의 생성을 억제하여 우수한 품질을 가진 균일한 양자점을 성장하였고, AFM 관찰을 통해 확인 할 수 있었다. 이어서 덮개층을 형성 후 광학적 특성을 평가한 결과 Peak intensity의 증가와 반가폭 감소를 확인 할 수 있었다.

기존의 성장 방법은 AsH₃의 높은 평형 증기압을 보상하기 위해서 AsH₃의 양을 상대적으로 많이 넣어 주므로, 주로 As 안정화 표면에서 양자점 성장이 이루어진다. 이에 반하여, PAI 방법을 통하여 양자점을 성장하면, 성장 표면 조건을 As 안정화 표면에서 In 안정화 표면으로 주기적인 변화를 줄 수 있다. In 안정화 표면은 상대적으로 표면에너지가 높고 In migration length가 긴 특성을 가진다. 따라서 PAI 방법을 통하여 이러한 In 안정화 표면의 특성을 적절히 이용할 수 있다. 이러한 표면 조건 변화의 영향을 확인하기 위해서 AsH₃ 공급과 차단 시간을 다양하게 변화시켜서 실험하였다.

다음으로, 기존 방법과 PAI 방법의 성장단계에 따른 AFM 표면 형상을 비교한 결과, PAI 방법에서는 균일한 Wetting layer 성장에 의한 핵생성이 진행되어, 이후의 양자점 성장 과정에서 large island의 생성을 효과적으로 억제하게 되는 결과를 도출할 수 있었다. 또한 양자점 성장 이후 추가적인 증착에도 불구하고 large island 생성이 일어나지 않는 것을 통하여 상대적으로 긴 In migration length에 의해 양자점의 균일한 성장이 촉진 되는 것을 알 수 있었다.