

집속이온빔을 이용하여 GaAs 기판에 만든 패턴과 MBE로 성장한 InGaAs 양자점의 특징

김선희^{1,2}, 이정일¹, 한일기¹, 송진동¹, 김수연¹, 이은혜¹, 오선근²

¹한국과학기술연구원, ²건국대학교 물리학과

분자선 박막증착(MBE) 장비에서 n타입 GaAs 기판에 InGaAs 양자점을 성장하였다. 성장된 양자점의 위치를 쉽게 파악하기 위해서 기판에 집속이온빔(FIB)를 이용하여 패턴을 그린 후 패턴이 그려진 곳에 양자점이 성장하는지를 관찰하였다. 구멍의 지름과 깊이, 구멍 간 간격을 서로 달리하여 16종류의 별집구조 모양의 패턴을 제작하였다. 기판에 패턴을 만든 후 MBE를 이용하여 GaAs와 AlGaAs로 완충층을 쌓았고 ALE 방법으로 InGaAs 양자점을 성장하였다. 양자점 성장조건을 동일하게 한 상태에서 구멍의 지름에 대한 의존성을 알아보기 위해서 100~150nm 인 경우와 40~65nm 인 두 가지 경우로 나누어 테스트하였으며, 구멍의 깊이에 대한 의존성을 알아보기 위해서 구멍의 지름이 100~150nm 인 경우에는 구멍의 깊이가 70nm 인 경우와 25nm 인 두 가지 경우로 나누어 살펴보았다. 또한 구멍 간 간격에 대한 의존성을 알아보기 위해서 간격을 0.5 μ m, 1.0 μ m, 1.5 μ m, 2.0 μ m 4가지로 변화를 주어 총 16가지 패턴에 양자점이 어떻게 성장되는지를 살펴보았다. 성장 결과 구멍의 지름이 100~150nm인 경우, 깊이가 70nm 일 때에는 완충층이 구멍의 옆면에 두껍게 쌓여서 도넛 모양이 되었고, 깊이가 25nm 일 때에는 점 모양의 덩어리를 형성하였다. 이 때 양자점은 완충층이 묻혀있는 곳 주변에 지름 70nm 정도의 크기로 퍼져 있었고 심지어 집속이온빔으로 패턴을 그리는 과정에서 Ga+빔이 지나가서 흠이 난 자리에도 형성되어 있었다. 구멍 지름이 40~65nm 인 경우에는 양자점은 구멍에 100% 생성되어 있었고 양자점의 지름은 70nm, 높이는 20nm 정도였다. 구멍 뿐만 아니라 구멍 외의 평평한 부분에도 비슷한 크기의 양자점들이 고르게 분포되어 있었다. 또한 구멍 간 간격이 0.5 μ m 일 때에는 물질들이 묻치는 경향이 있었는데, 구멍 간 간격이 1.0 μ m 이상일 때에는 패턴이 그려진 곳에만 물질이 채워진 것을 볼 수 있었다. 결론적으로 구멍의 지름은 작을수록, 깊이는 얇을수록, 구멍 간 간격은 넓을수록 패턴을 그린 곳에만 정확하게 양자점이 만들어졌다. 즉, 더 작은 사이즈의 양자점을 얻으려면 집속이온빔으로 패턴을 그릴 때 지름이 작고, 깊이가 얇고, 구멍간 간격은 넓게 만들어야 한다는 것을 알아낼 수 있었다.