

갈륨비소 기판위에 MBE기술로 자발 형성된 나노 크기의 갈륨 금속덩어리를 바닥판으로 이용한 InAs 양자점의 구조적 특성

임주영^{1,2}, 송진동¹, 최원준¹, 이정일¹, 양해석², 김종수³

¹한국과학기술연구원, ²중앙대학교 물리학과, ³고등광기술원

초고진공(1×10^{-9} torr)의 환경에서 갈륨비소 기판상에 갈륨 금속을 증착하여, 자발형성 나노 덩어리를 형성하고 그 위에 InAs 양자점을 형성하여 이의 구조적 특징을 분석한다. 모든 실험은 초고진공 MBE에서 진행되었다. 갈륨비소 기판상의 산화물을 약 600도에서 제거한 후, 580도에서 ~ 100 nm 두께의 갈륨비소 버퍼층을 형성하였다. 기판의 온도를 갈륨 덩어리 형성온도까지 내린 후, 챔버의 진공이 1×10^{-9} torr이하로 떨어지기를 기다려, 0.14 nm/s 의 갈륨비소 성장률의 flux에 해당되는 갈륨 금속을 10초간 주입하였다. 표면에 자발 형성된 나노 크기의 갈륨 금속의 구조적 특성을 측정하기 위해 Atomic force microscope를 사용하였다. 측정 결과에 의하면, 갈륨 형성의 온도(240 ~ 410도)가 올라감에 따라, 기판상의 나노 갈륨 금속 덩어리의 밀도는 낮아지는 단조감소의 경향이었으나 ($800 \sim 20 \times 10^8 / \text{cm}^2$), 높이 및 너비의 크기는 300도 까지는 단조증가의 경향을 보이고 300도 이상에는 단조 감소의 경향을 보였다. 더욱이 380, 410도의 경우에는 가운데가 빈 도너스 모양의 갈륨비소 금속 덩어리의 형태를 보였다. 이렇게 형성된 갈륨비소 도너스 형태 위에 InAs 양자점을 형성하였다. 갈륨비소 밀도의 단조 감소는 기판의 온도가 증가함에 따른 표면 갈륨 금속의 이동도가 커져 나타난 현상으로 보이고, 당연히 크기 및 너비도 단조 증가해야 한다. 크기 및 너비의 이상행동의 원인은 기판의 온도가 올라감에 따라 표면의 갈륨비소가 분해되어 비소가 나노 크기의 갈륨 덩어리와 결합되어, 도너스 형태의 모양을 띠게 되는 것으로 판단된다. 도너스 형태위에 제작된 InAs 양자점은 갈륨 메탈을 도너스 형태로 형성한후 인을 주입하여 형태를 고정시키고, 그 위에 InAs 양자점은 1.5, 2.7 mono layer (ML)를 형성시켰다. 1.5ML 에서는 도너스 중앙에만 InAs 양자점이 형성되었고, 2.7ML에서는 도너스 형태의 중앙과 외곽 원을 따라 InAs 양자점이 형성되었다. 본 금속 기판은 이후 5족의 주입을 조절하여 다양한 조성의 양자점을 제작하는 기판으로 이용이 가능하며, 바닥판의 형성 후 원하는 형태의 양자점을 만들 수 있고 양자점의 배열도 조절할 수 있다.