

AFM을 이용한 Ge 나노구조의 형성과 성장과정에 관한 연구

박정식¹, 이상현¹, 박정환¹, 최명섭¹, 이성수², 강보연², 곽동욱², 김도형², 양우철^{2*}

¹서울과학기술대학교, ²동국대학교 물리학과

화학기상증착(Cheical Vapor Deposition)법으로 Si(100) 표면위에 Ge 나노점을 성장하여 원자간력현미경(AFM)을 이용하여 나노점의 형태와 성장과정에 대해 조사하였다. 성장온도, Ge 증착량의 성장조건 변화에 따른 나노점의 모양, 크기, 표면 밀도의 변화를 분석하였다. 600°C의 성장온도에서 ~0.1ML/sec의 증착율로 Ge을 증착시 ~4ML까지는 pseudomorphic한 Ge wetting 층이 형성되었으며, 증착시간을 증가하여 5ML 이상에서 Ge 나노점이 형성되기 시작하였다. 초기 나노점은 긴 지붕모양(elongated hut)구조로 형성되었고, 점차 크기가 증가함에 따라, 피라미드, 돔, 그리고, 더 큰 Superdome 구조로 변형되었다. 초기 피라미드 구조의 나노점의 평균크기는 ~20nm이었으며, 가장 큰 superdome의 평균크기는 ~310nm 이상이었으며, 크기가 증가함에 따라 표면 밀도는 $4 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ 에서 $5 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 로 감소하였다. 상대적으로 고온인 650°C에서 Ge을 증착했을 경우, 피라미드 구조는 발견되지 않았으며, 대부분의 나노점은 돔 형태로 형성되었으며, 점차 superdome 구조를 이루었다. 이와 같은 나노점의 형태, 크기의 변화는 나노점이 갖는 에너지의 최소화와 표면에서 원자들의 이동(diffusion)으로 설명할 수 있다. 형태의 변화는 나노점이 갖는 에너지를 최소화하기 위해 면구조가 다른 형태로 변형되었으며, 고온 성장시 저밀도의 큰 나노점이 성장된 것은 고온에서 나노점을 형성하고 있는 Ge 원자들의 표면이동이 활발하여 ripening과 Coalescence 과정에 의해 크게 성장된 것으로 해석된다. 특히, AFM 이미지의 표면에 분포한 나노점들의 상대적인 위치를 분석한 결과, 유사한 크기의 근접한 나노점들은 점차 크기가 증가함에 따라, 합쳐지는 Coalescence과정에 의해 성장하고, 크기가 다른 근접한 나노점들 사이에는 화학적포텐셜에너지 차에 의한 작은 나노점은 사라지고, 큰 나노점은 점차 커지는 ripening 과정을 관찰하였다. 즉, 형성된 나노점의 표면분포에 따라 국부적인 크기 성장과정에 의해 나노점들이 성장함을 확인하였다.

*Corresponding Author: wyang@dongguk.edu