

HR-TEM을 이용한 자발형성 InAs/GaAs 양자점의 응력분포 분석

Local strain distribution in self-assembled InAs/GaAs quantum dots by HR-TEM

김형석¹, 서주형¹, 박찬경¹, 이상준², 노삼규², 송진동³, 박용주³, 최원준³, 이정일³
¹포항공대 신소재공학과 미세구조분석 연구실, ²한국표준과학연구원
 양자점기술 연구실, ³한국과학기술연구원 나노소자 연구센터

양자점 및 양자점 주위에서 부정합 응력은 양자점 형성 시 양자점 구조를 결정하며, 양자점 형성 후 잔류응력은 양자점의 에너지밴드 구조에 큰 영향을 미치므로 양자점/기지물질 이중접합 구조에서 부정합 응력 크기 및 분포 등의 응력특성 분석은 양자점의 성공적 제조를 위해서 매우 중요하다 [1]. 많은 연구그룹에서 양자점/기지물질 이중접합구조의 응력특성 분석을 위해서 유한요소법, 연속체 탄성이론 등을 이용한 이론적 계산이 이루어지고 있다 [2, 3]. 그런데 이러한 이론적 접근은 양자점의 구조를 가정하여 응력계산이 이루어지므로 정확한 응력특성 분석을 위해서는 양자점 구조에 대한 정확한 규명이 함께 이루어져야 한다. 그러나 양자점의 크기가 작고 기지물질에 묻혀있는 구조로 인해 정확한 구조 및 응력특성 규명이 매우 어려운 실정이다. 투과전자현미경을 이용한 분석은 투과된 전자에 의한 영상 및 전자빔 회절 등을 이용한 분석이 가능하므로 이중 재료에 묻혀있는 양자점의 구조 및 응력특성 분석에 매우 유용한 분석기법이다. 특히, HREM 기법을 이용하면 원자단위 분해능의 양자점 구조분석이 가능하며, HREM 이미지에서 격자들의 간격을 측정함으로써 양자점과 양자점 주위의 응력 분포를 실험적으로 직접 측정할 수 있는 장점이 있다. 본 실험에서는 적외선 수광소자에 적용이 기대되는 InAs 양자점을 분자선 에피택시 (MBE) 방법을 이용하여 GaAs 기판에서 성장시킨 후 양자점의 구조 및 응력특성을 TEM을 사용하여 분석하였다. 기초과학지원연구원의 가속전압 1.25 MV 초고전압 투과전자현미경 (HVEM: high voltage electron microscope, JEM ARM1300S)을 사용하여 0.12 nm 이하의 원자단위 분해능으로 양자점의 구조를 관찰하였다. HREM 이미지의 격자 간격을 측정함으로써 양자점과 기지물질 사이의 격자상수 변화를 측정하여 양자점과 그 주위의 응력상태를 분석하였다. 또한, 막스플랑크 연구소 (Max-Planck Institute Metallforschung, Stuttgart)에서 개발한 격자변형분석 (Lattice Distortion Analysis, LADIA) 프로그램을 사용하여 HREM 이미지에서 양자점과 양자점 주위의 응력분포를 135 (2002).

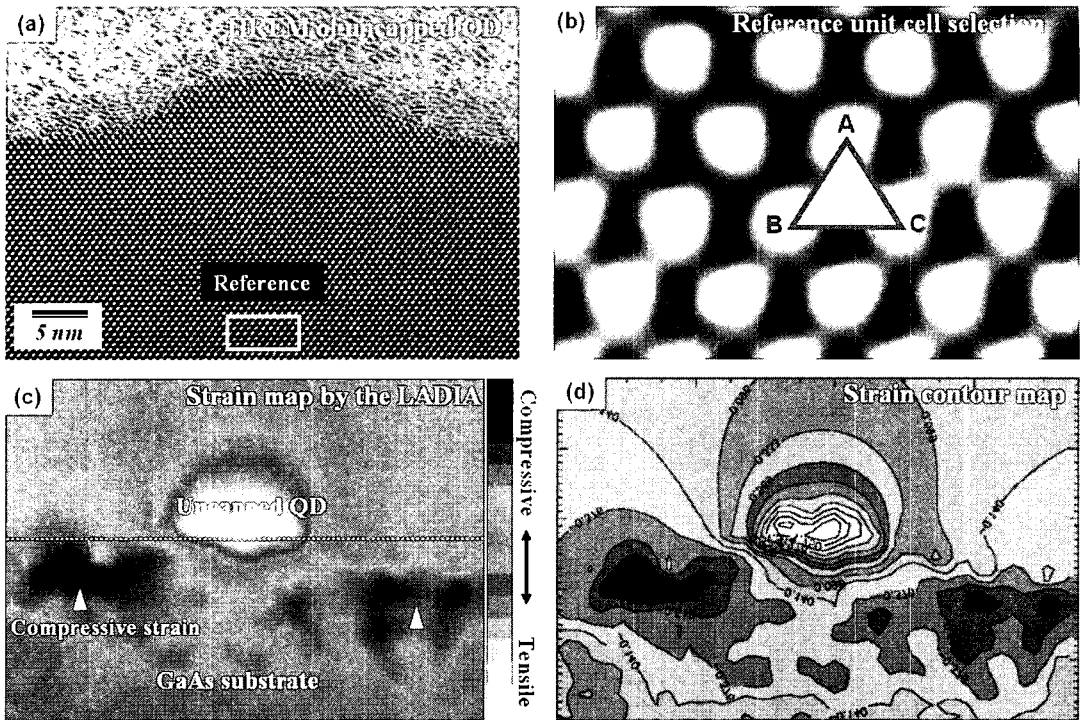


Fig. 1. [110] zone HREM of uncapped QD (a) and magnified lattice image of the reference region (b) selected in the inner substrate as indicated in the Fig. 1 (a), 16-color graded strain map of the uncapped QD by the LADIA (c) and quantitative strain contour map (d), respectively.