

운반자 구속 현상이 개선된 InAs/GaAs 양자점 성장 및 특성평가

조병구¹, 이광재¹, 박동우¹, 김현준¹, 황정우¹, 오혜민¹, 이관재¹,
김진수¹, 김종수², 노삼규³, 임재영⁴

¹전북대학교, ²영남대학교, ³표준과학연구원, ⁴인제대학교

자발형성법(Self-assembled)을 이용한 InAs 양자점(Quantum dots)은 성장법의 고유한 물리적 한계로 길이방향에 대한 수직방향 비율(Asspect ratio, AR)이 상대적으로 작은 값을 갖는다. 기존에 보고된 바에 따르면 GaAs 기판에 형성한 InAs 양자점은 일반적으로 AR이 0.3 정도를 보인다. 이러한 높이가 상대적으로 낮은 InAs 양자점은 수직방향으로 운반자(Carrier)의 파동함수(Wave-function) 구속이 작게 되어 나노 양자점 구조의 0차원적 특성이 저하되게 된다.

본 논문에서는 Arsenic 차단법(Interruption technique)을 이용한 수정자발형성법(Modified self-assembled method, MSAM)으로 InAs 양자점(MSAM-InAs 양자점)을 형성하고 성장 변수에 따라 광 및 구조적 특성을 평가하여 0차원 순도를 분석하였다. MSAM InAs 양자점을 성장하고 12 nm 두께의 GaAs spacer 층을 증착한 후 600°C에서 30초 동안 Arsenic 분위기에서 열처리(Annealing)를 수행한 후 다시 InAs를 증착하였다. 이러한 과정을 5번 반복하여 높이 방향으로 형상을 개선시킨 InAs 양자점(Vertically-controlled MSAM, VCMSAM) 성장하였다. 기존 자발형성법을 이용한 InAs 양자점과 MSAM-InAs 양자점 단일층 구조를 기준시료로 성장하였다. 상온 포토루미네스스(Photoluminescence, PL) 실험에서 단일 MSAM InAs 양자점 및 VCMSAM 양자점 시료의 발광에너지는 각각 1.10 eV와 1.13 eV를 나타내었다. VCMSAM InAs 양자점 시료의 PL세기는 단일 MSAM 양자점보다 3.4배 증가되어, 확연히 높게 나타나는 결과를 보였다. 이러한 결과는 높이 방향으로 운반자의 파동함수 구속력이 증가하여 구속준위 (Localized states)의 전자-정공의 파동함수중첩(Overlap integral)이 개선된 것으로 설명할 수 있다. 투과전자현미경(Transmission electron microscopy) 및 원자력간 현미경(Atomic force microscopy)을 이용하여 구조적 특성을 평가하고 이를 비교 분석한 결과를 보고한다.

Keywords: InAs quantum dot, self-assembled method, Photoluminescence, Atomic force microscopy