NT-P030

# GaAs로 덮인 InAs/InGaAs 양자고리의 비정상 응력 분포 및 이방 응력에 의한 light-hole 분율 증가

**문필경[1], 박광민[2], 윤의준[2], 최원준[1], Jean-Pierre Leburton[3]**

[1]한국과학기술연구원, [2]서울대학교 재료공학부,
[3]University of Illinois at Urbana-Champaign Department of Electrical and Computer Engineering

최근 우리는 InGaAs 위에 성장한 InAs 양자점에 GaAs를 얇게 덮음으로써 양자고리를 성장하고, 그 광학적 특성을 분석하였다. [1] 이번 연구에서는 이 양자고리 구조의 전자 구조 및 광학적 특성을 전산모사를 통해 계산하였고, GaAs가 구조의 응력, 압전 포텐셜 및 light-hole 분율에 미치는 영향을 분석하였다. 이론적인 분석을 위해, valence force field 방법을 이용하여 이종 물질간의 격자상수 차이에 의한 격자 변형 및 압전 포텐셜의 변화를 계산하였고, 양자고리 내 전자의 양자화 에너지 및 파동함수를 k·p 방법을 통해 얻을 수 있었다. 또한 광학적인 특성 등의 다체 효과를 예측하기 위해 configuration interaction 방법을 사용하였다.

이 연구에서 우리는, GaAs가 InAs에 강한 압축 응력을 가할 것이라는 일반적인 예측과 달리, InGaAs 매트릭스 안에서는 격자상수가 작은 GaAs가 InAs 양자고리에 효과적인 압축 응력을 가할 수 없음을 보였다. 특히 GaAs 층의 두께가 얇을 경우, InGaAs 매트릭스에 의해 인장 응력을 받는 GaAs가 InAs의 응력을 해소하기 충분한 공간을 제공하여, 오히려 InAs의 압축 응력을 약화시키는 것을 알 수 있었다. 이 연구 결과는 응력 분포가 단순한 양자우물 등의 2차원 구조와 달리, 응력 분포가 복잡한 3차원 나노 구조에서는 단순히 격자상수만으로 파장 변화 경향을 예측할 수 없음을 나타낸다.

또한 우리는, GaAs의 큰 negative 이방 응력과 InAs의 작은 positive 이방 응력에 의해 전자와 heavy-hole은 InAs에, light-hole은 GaAs에 구속됨을 보였다. 즉, InAs보다 밴드갭이 큰 GaAs가 전자와 heavy-hole에 대해서는 강한 포텐셜 배리어로 작용하지만 light-hole에 대해서는 포텐셜 우물로 작용하는, 반 우물-반 배리어 특성을 가짐을 알 수 있었다. 이로 인해 GaAs가 있는 양자고리의 light-hole 분율이 GaAs가 없을 경우에 비해 2배에서 8배가량 증가함을 보일 수 있었다. 비슷한 특성이 hole에 대해서는 InP나 InGaAsP 위에 성장한 GaAs 층에서 보고된 바가 있으나, 전자는 InAs로, hole은 GaAs로 분리할 수 있는 3차원 나노 구조에 대한 연구는 이 연구가 처음이다. [2]

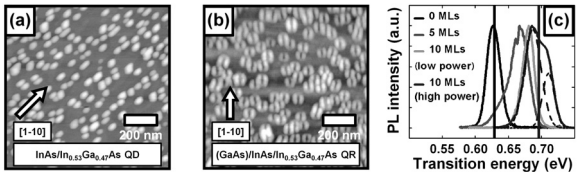


Fig. 1 (a) GaAs 덮기 전과 (b) 덮은 후의 morphology 변화 (AFM). (c) GaAs 층 두께에 따른 파장 변화 (수직선은 계산으로 확인한 값).

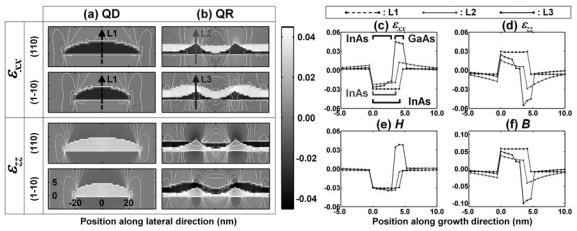


Fig. 3 양자점과 양자고리의 개별, 등방 및 이방 응력 분포

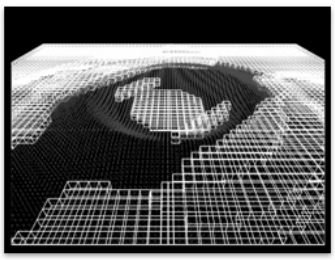

Fig. 2 GaAs가 덮인 InAs 양자고리의 모델 구조.

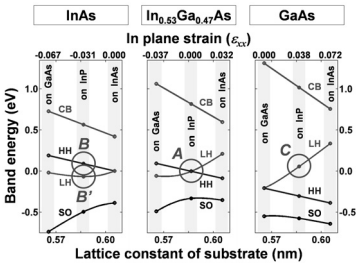


Fig. 4 응력에 의한 전자, hole 포텐셜 변화 및 GaAs의 반 우물-반 배리어 특성.

[1] Kwangmin Park, Pilkyung Moon, Eungjin Ahn, Sukwon Hong, Euijoon Yoon, Jeong Won Yoon, Hyeonsik Cheong, and Jean-Pierre Leburton, Appl. Phys. Lett. 86, 223110 (2005).

[2] Pilkyung Moon, Kwangmin Park, Euijoon Yoon, and Jean-Pierre Leburton, Phys. Status Solidi RRL 3, 76 (2009).