

(Al_{0.5}Ga_{0.5})As 짧은 주기 초격자 구조와 일반적인 반도체 구조의 전기적 특성 비교를 통한 에너지 띠구조 연구

이윤일¹, 김진석¹, 김은규¹, 송진동², 이정일²

¹한양대학교 물리학과, ²한국과학기술연구원

짧은주기초격자(short periods super-lattice)구조 혹은 디지털 합금(digital alloy)이라 불리는 이종 접합 화합물 반도체 구조는 기존의 화합물 반도체 성장 공정과는 달리 수 원자층(monolayer-ML) 수준의 박막을 교대로 쌓아올려 기존의 반도체와 비슷한 띠 간격을 가지는 구조이다. 보통 이와 같은 구조는 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy-MBE)기법과 같이 정밀한 켈썬기성장(epitaxial growth)이 가능한 기기에서 이루어지며 Al_xGa_{1-x}As와 같은 3원소(ternary) 화합물 반도체나 In_xAl_{1-x}Ga_yAs_{1-y}와 같은 4원소(quaternary) 화합물 반도체 성장을 위한 방법으로 이 방법을 사용할 경우 각 원소의 함유 비율은 각 박막 층의 두께로 조절이 가능하다. 즉 Al_{0.25}Ga_{0.75}As같은 물질을 성장한다고 했을 때 일반적인 방식은 As 분위기에서 Al과 Ga의 비율을 1:3으로 조절하여 분자선을 쏘는 방식을 써야 했다면 짧은주기초격자구조로 성장하는 방법은 AlAs 층과 GaAs 층을 교대로 성장하면서 각 층의 두께를 1:3으로 조절하는 방식이다. 이 방식을 통하면 분자선원천(source)의 교환이라던가 특별한 성장 조건의 변화없이 단순히 반도체 성장층을 조절하는 것만으로 각 물질의 함유비율조절이 가능하기에 MBE 성장 기법에 있어 새로운 기술로 평가받고 있다. 이와같은 구조는 그 특유의 에너지 특성 때문에 다양한 다중양자우물(multi quantum well), 레이저 다이오드, 양자 폭포 레이저(quantum cascade laser), 등의 광전자소자의 구성요소로 응용되고 있다.

물리학적으로 짧은주기초격자구조는 주기적으로 퍼텐셜우물(potential well)이 반복되는 구조로 단일 양자우물이 가지는 에너지 준위들이 서로 중첩되면서 반도체의 띠구조가 생기는 것과 비슷한 방식으로 부준위(sub-band)를 형성하게 되는데, 이전까지의 광측정 실험에서는 이들 부준위가 일반적인 화합물 반도체의 띠구조와 거의 같은 역할을 하는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 아직까지 운반자의 이동, 이종 접합 간의 밴드 차(band discontinuity) 등에 관해선 알려져 있지 않은데, 본 연구에서는 전류(I-V), 전기용량(C-V) 및 깊은준위접합과도용량분광법(DLTS) 기법을 활용하여 이들 성질을 확인하였다.

본 연구에 사용된 AlGaAs 짧은주기초격자 구조는 MBE를 사용하여 AlAs 층과 GaAs 층을 각각 2 ML 씩 반복적으로 성장하여 총 200 nm가 되도록 성장하였다. 때문에 Al_{0.5}Ga_{0.5}As 디지털 합금이라 할 수 있으며 마찬가지로 200 nm가 되도록 성장한 Al_{0.5}Ga_{0.5}As 화합물 반도체와 비슷한 광특성을 보였다. 이들 두 시료위에 전기적 측정을 원활히 하도록 하기 위해 500 nm 두께의 GaAs 층을 성장시킨 후 이 두 시료에 대해 운반자의 농도 및 수송특성과 같은 전기적 특성을 측정 비교분석 하였다.