

TM-P034

양자우물 안에 양자점을 형성한 나노복합체 구조에 삽입된 InAs 양자점의 변형효과와 전자적 성질

유찬호, 김태환

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

반도체에서 양자점이 포함된 나노복합체의 전자적 구조와 성질에 대한 연구는 기본적인 양자 물리적 현상을 이해하고 전자소자 및 광소자의 다양한 응용 분야를 파생할 수 있기 때문에 많은 관심을 갖고 있다. 나노복합체를 구성하는 각각의 양자우물과 양자점에 대한 실험과 이론에 대한 연구는 많이 진행되고 있으며, 양자우물 안에 양자점이 삽입된 나노복합체에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 상태이다. 또한 양자우물 안에 자발 형성된 양자점이 삽입된 나노복합체에 대한 전기적 특성 및 광학적 특성에 대한 연구는 많으나, 양자우물 안에 삽입된 양자점에 대한 전자적 구조에 대한 연구는 거의 없다. 양자우물 안에 양자점을 형성한 나노복합체 구조를 사용하여 제작한 전자소자와 광소자의 효율을 향상시키기 위해서는 이 복합 구조의 전자적 성질에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 단일 양자우물 안에 자발 형성된 InAs 양자점을 포함한 나노복합체의 전자적 특성을 분석하기 위하여 변형 효과와 비포물선효과를 포함한 전자적 부피 에너지에 대하여 비교 분석하였다. InAs 양자점은 20 nm의 직경을 갖고 있으며, GaAs 기판위에 버퍼층과 AlAs 층을 사용한 양자우물 구조에 삽입되었다. 단일 양자우물 안에 삽입된 양자점의 전자적 구조는 형상 의존 변형효과와 비포물선 효과를 고려한 쉬뢰딩거 방정식을 삼차원 가변 메시 유한차분법을 사용하여 수치해석 방법으로 분석하였다. 수치해석 방법으로 양자우물의 우물 폭의 영향을 받는 양자점의 크기변화에 따라 삼차원적인 전자 및 정공의 부피 에너지와 기저상태 및 여기 상태의 파동 함수를 계산하였다. 이러한 결과는 나노복합체 안에 형성된 InAs 양자점의 전자적 특성을 이해하는데 도움을 주며, InAs가 포함된 나노복합체를 사용한 전자 소자와 광소자 연구에 기초 자료로 사용될 수 있다.

Keywords: 양자우물, 양자점, 나노복합체, 광소자

TM-P035

반극성 (11-22)n형 GaN의 실리콘 도핑농도 증가에 따른 결함감소와 이에 따른 반극성(11-22) GaN계 LED소자의 특성향상에 대한 연구

이재환, 한상현, 송기룡, 이성남*

한국산업기술대학교 나노광공학과, 경기 시흥시 정왕동 2121

최근 III-N계 물질 기반의 광 반도체 중 m-면 사파이어 기판을 사용하여 반극성 (11-22) GaN박막을 성장하는 광 반도체의 발광효율을 높이려는 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만, 반극성 (11-22) GaN와 m-면 사파이어 기판과의 큰 격자상수 차이와 결정학적 이방성의 차이에 의해 많은 결정 결함이 발생하게 된다. 이러한 결정결함들은 반극성 LED소자내에서 누설전류 및 비발광 재결합, 순방향전압 등의 소자특성을 저하시키는 큰 요인이 되기 때문에 고효율 발광소자를 제작함에 있어 어려움을 야기시킨다. 이러한, 반극성 LED 소자의 효율 향상을 위해 결함 분석에 대한 연구를 주를 이루고 있는 상황으로, n-GaN층에 Si도핑에 관한 연구가 진행되고 있다. 이미 극성과 비극성에서는 n-GaN층에 Si이 도핑이 증가될수록 결정질이 향상되고, 양자우물의 계면의 질도 향상 되었다는 보고가 있다. 본 연구에서는 반극성 (11-22) GaN 기반의 발광소자를 제작함에 있어 n-GaN 층의 도핑 농도 변화를 통한 반극성 GaN 박막의 결정성 및 전기적 특성 변화에 따른 LED소자의 전계 발광 특성에 대한 연구를 진행하였다. 급속유기화학증착법을 이용하여 m-면 사파이어 기판에 2.0 μm 두께의 반극성 (11-22) GaN 박막을 저온 GaN완충층이 존재하지 않는 고온 1단계 성장법을 기반으로 성장하였다.[3] 이후, 2.0 μm 반극성 (11-22) GaN 박막 위에 3.5 μm 두께의 n-GaN 층을 성장시켰다. 이때, n-형 도펀트로 SiH₄ 가스를 4.9, 9.8, 19.6, 39.2 sccm으로 변화하여 성장하였다. 이 4가지 반극성 (11-22) n-GaN 템플릿을 이용하여 동일 구조의 InGaN/GaN 다중양자우물구조와 p-GaN을 성장하여 LED 구조를 제작하였다. X-선 ω -rocking curve를 분석한 결과, 이러한 특성은 반극성 (11-22) n-GaN층의 Si 도핑농도 증가에 따라서 각 (0002), (11-20), (10-10) 면에서 결정 결함이 감소하고, 반극성 (11-22) n형 GaN템플릿을 이용하여 성장된 반극성 GaN계 LED소자는 20mA인가 시 도핑 농도 증가에 따라 9.2 V에서 5.8 V로 전압이 감소하였으며 역방향 전류에서도 누설전류가 감소함이 확인되었다. 또한, 전계 발광세기도 증가하였는데, 이는 반극성 n형 GaN박막의 실리콘 도핑농도 증가에 따라 하부 GaN층의 결정성이 향상과 더불어 광학적 특성이 향상되고, n형 GaN층의 전자 농도 및 이동도의 동시 증가에 따라 전기적 특성이 향상 됨에 따라 LED소자의 전계 발광 특성이 향상된 것으로 판단된다.

Keywords: GaN, 반극성, Si, n-GaN