

TM-P038

극성 (0001) 및 반극성 (11-22) n-ZnO/p-GaN 이중접합 발광 다이오드의 광전 특성 분석에 대한 연구

최낙정, 이재환, 한상현, 손효수, 이성남*

한국산업기술대학교 나노-광공학과, 경기 시흥시 정왕동 429-793

ZnO박막은 넓은 밴드갭 (3.37 eV), 높은 여기 결합 에너지 (60 meV)를 가지는 육방정계 우르자이트 (hexagonal wurtzite) 결정구조를 가지는 II-VI족 화합물 반도체로, 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과도 특성과 자외선 파장에서 발광이 가능한 장점을 가진다. 최근, ZnO박막 성장 기술이 상당히 발전하였지만, 아직까지도 p-형 ZnO박막 성장 기술은 충분히 발전하지 못하여 ZnO의 동종접합 LED는 아직 상용화되지 않고 있는 실정이다. 따라서, 많은 연구 그룹에서 p-GaN, p-SiC, p-diamond, p-Si 등과 같은 p-type 물질 위에 n-type ZnO를 성장시킨 이중접합 다이오드가 연구되고 있다. 특히, p-GaN의 경우 ZnO와의 격자 불일치 정도가 1.8 % 정도로 작다는 장점이 있어 많은 연구가 이루어 지고 있다. 일반적으로 c-축을 기반으로 한 극성ZnO 발광다이오드에서는 자발 분극과 압전 분극 현상에 의해 밴드 휨 현상이 발생하고, 이로 인해 전자와 정공의 공간적 분리가 발생하게 되어 발광 재결합 효율이 제한되고 있다는 문제가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 극성 (0001) 및 비극성 (10-10) n-ZnO/p-GaN 발광다이오드의 성장 및 발광 소자의 전기 및 광학적 특성에 대한 비교 연구를 진행하였다. 금속유기 화학증착법을 이용하여 c-면과 m-면 위에 각각 극성 (0001) 및 반극성 (11-22) GaN박막을 2.0 μm 성장시킨 후 Mg 도핑을 한 p-GaN을 0.4 μm 성장시켜 각각 극성 (0001) 및 반극성 (11-22) p-GaN템플릿을 준비하였다. 이후, N2분위기 700°C에서 3분동안 열처리를 통하여 Mg 도펀트를 활성화시킨 후 원자층 증착법을 이용하여 동시에 극성 및 반극성 p-GaN의 위에 n-ZnO를 0.11 μm 성장시켜 이중접합 구조의 발광소자를 형성하였다. 이때, 극성 (0001) p-GaN 위에는 극성의 n-ZnO 박막이 성장되는 반면, 반극성 (11-22) p-GaN 위에는 비극성 (10-10) n-ZnO 박막이 성장됨을 HR-XRD로 확인하였다. 극성 (0001) n-ZnO/p-GaN이중접합 발광다이오드의 전계 발광 스펙트럼에서는 430 nm 와 550 nm의 두 피크가 동시에 관찰되었다. 430 nm 대역의 파장은 p-GaN의 깊은 준위에서 발광하는 것으로 판단되며, 550 nm 피크 영역은 ZnO의 깊은 준위에서 발광되는 것으로 판단된다. 특히, 10 mA 이하의 저전류 주입시 550 nm의 피크는 430 nm 영역보다 더 큰 발광세기를 나타내고 있다. 하지만, 10 mA 이상의 전류주입 하에서는 550 nm의 영역보다 430 nm의 발광세기가 더욱 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 ZnO의 밴드갭이 3.37 eV로 GaN의 밴드갭인 3.4 eV다 작기 때문에 우선적으로 ZnO의 깊은 준위에서 발광하는 550 nm가 더욱 우세하지만, 지속적으로 전류주입 증가에 따른 캐리어 증가시 n-ZnO에서 p-GaN로 전자가 넘어가며 p-GaN의 깊은 준위인 430 nm에서의 피크가 우세해지는 것으로 판단된다. 반면에, 비극성 (10-10) n-ZnO/ 반극성 (11-22) p-GaN 구조의 이중접합 발광다이오드로 전계 발광 스펙트럼에서는 극성 (0001) n-ZnO/p-GaN에 비하여 매우 낮은 전계 발광 세기를 나타내고 있다. 이는, 극성 n-ZnO/p-GaN에 비하여 비극성 n-ZnO/반극성 p-GaN의 결정성이 상대적으로 낮기 때문으로 판단된다. 또한, 20 mA 영역에서도 510 nm의 깊은 준위와 430 nm의 발광이 관찰되었다. 동일한 20 mA하에서 두 피크의 발광세기를 비교하면 430 nm의 영역은 극성 n-ZnO/p-GaN에 비하여 매우 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 반극성 (11-22) p-GaN의 경우 극성 (0001) p-GaN에 비하여 우수한 p-형 특성에 기인한 것으로 판단된다.

Keywords: ZnO, 발광 다이오드, 원자층 증착법