

높은 인듐 조성의 극박 InGaN/GaN 다층 양자우물 발광다이오드의 광학적 특성 분석

박성현¹, 김희진¹, 권순용¹, 문필경¹, 최 석¹, 박승환², 정태훈³, 백종협³, 윤의준¹

¹서울대학교 재료공학부, ²대구가톨릭대학교 전자디스플레이공학과, ³한국광기술원

본 연구에서는 인듐의 조성이 70% 정도인 매우 얇은 InGaN/GaN 다층 양자우물구조를 이용하여 발광다이오드(LED)를 제작하였고 광학적 특성을 분석하였다. 높은 인듐 조성의 다층 양자우물구조는 (0001) 사파이어 기판위에 유기 금속 화학 증착법 (MOCVD)을 이용하여 성장하였다. 사파이어 기판위에 2 μ m 두께의 GaN buffer층을 성장하고 2 μ m 두께의 실리콘 도핑된 n-type GaN층과 4층의 In_{0.7}Ga_{0.3}N/GaN 다층 양자우물구조 활성층을 차례로 성장한 후에 100nm 두께의 마그네슘 도핑된 p-type GaN층을 성장하였다. 모든 층들의 성장 이후에 p-type GaN의 활성화를 위하여 880°C에서 10분간 열처리를 하였고 LED를 제작하기 위해 이온반응 식각과 contact metallization 과정들이 수행되었다.

높은 인듐 조성의 극박 InGaN/GaN 다층양자우물구조 내부의 전기장에 의한 영향을 확인하기 위해서 power-dependent photoluminescence (PL) 측정을 해보았다. 레이저 pumping power를 1mW 에서부터 다층 양자우물구조 내부의 전기장이 완전히 차폐되는 정도인 1kW 까지 증가시켜 PL을 측정하였고 pumping power의 증가에 따라 PL peak의 위치가 변하지 않는 것을 확인하였다. 이 결과로 볼 때 우리의 높은 인듐 조성의 극박 InGaN/GaN 다층 양자우물구조에는 내부 전기장의 영향이 거의 없음을 알 수 있다. 이러한 다층 양자우물구조를 이용하여 제작한 LED는 순방향 turn-on 전압이 2.4V 이고 20mA 작동전압은 3.4V이다. Electroluminescence (EL) 측정 시 20mA의 주입전류에 대해 peak은 파장이 393nm에서 나타나고 그 반가폭은 20nm 정도이며 EL peak의 위치는 주입 전류를 5mA에서 200mA까지 증가시켜도 큰 변화가 없었다. Power-dependent PL과 EL의 측정 결과로 보았을 때 일반적인 InGaN/GaN 다층 양자우물 LED에서 보이는 내부 전기장의 영향이 우리의 높은 인듐 조성의 극박 InGaN/GaN 다층 양자우물 LED에는 없는 것으로 생각할 수 있다. Eight-band k-p 방법으로 밴드구조를 계산해본 결과 인듐 함량이 많은 극박 InGaN층 내에 높은 잔류 캐리어 농도로 인하여 생긴 차폐현상 때문에 우리의 LED에서는 내부 전기장의 효과가 없는 것을 확인할 수 있다.