

Modulating ZnO Nanostructure Arrays on Any Substrates by Nano-Level Structure Control: enhanced light out-coupling in GaN based LEDs

예병욱, 유학기¹, 손준호¹, 이종람¹, 백정민*
울산과학기술대학교; ¹포항공과대학교
(jbaik@unist.ac.kr*)

GaN 기반 LED는 긴 수명과 작은 소자 크기, 높은 광 출력 등의 장점을 가지고 있어 차세대 조명용 광원으로 기대되고 있다. 하지만, GaN ($n \sim 2.5$)와 대기 ($n=1$)의 큰 굴절률 차이에 의한 작은 임계각 (23.5°)은 고효율 LED 구현에 가장 큰 걸림돌 중 하나이다. 이를 해결하기 위해 LED 표면에 다양한 나노 구조를 형성하여 광 추출효율을 증가 시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 ZnO 나노선은 넓은 밴드갭과 높은 엑시톤 결합에너지를 가지고 있어 단파장 영역에서의 광전자 소자로서의 응용연구가 진행되고 있다. 최근 90°C 이하의 저온에서 LED 전극의 열적 손상 없는 수열합성법으로 ZnO 나노선을 성장 시키는 연구가 활발히 연구 되고 있으나 GaN 표면 위에서 균일하고 높은 밀도의 성장의 어려움 있다. 본 연구에서는 ZnO 나노선의 성장을 위해 시행되던 ZnO 씨드층 형성을 대신하여 표면처리 (UV/Ozone, Plasma)를 통해 균일하고 높은 밀도의 ZnO 나노선을 형성 하였다. 특히 UV/Ozone 처리를 통해 표면에 많은 전하를 띄도록 결함을 생성하여 ZnO 나노팁 성장 시 Zn 이온과 OH 이온을 잘 흡착시켜 ZnO 성장핵 생성 위치를 증가 시켰다. ZnO 씨드층 없이 n-GaN(수직형 LED 표면)에 높은 밀도의 ZnO 나노팁을 수직 방향으로 에피택셜하게 성장시켜 수직구조 LED에 적용하였다. 굴절률 향상 및 광도파로(waveguide) 효과로 다중 산란이 일어나 186%의 광량 증가를 보였다.