

산화아연 투명전극의 패터닝 및 나노막대 구조를 이용한 질화갈륨계 LED의 광추출효율 향상에 대한 연구

박지연, 손효수, 최낙정, 이재환, 한상현, 이성남

한국산업기술대학교 나노-광공학과

GaN계 물질 기반의 광 반도체는 조명 및 디스플레이 관련 차세대 광원으로 많은 관심을 받고 있고, 효율 증대를 위한 에피, 소자 구조 및 패키지 등의 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 투명 전극을 이용한 광 추출 효율의 증가에 대한 연구는 전체 외부양자효율을 증가시키는 중요한 기술로 각광을 받고 있다. 이러한 투명전극은 가시광 영역의 빛을 투과하면서도 전기 전도성을 갖는 기능성 박막 전극으로 산화인듐주석이 널리 사용되고 있으나 인듐 가격의 상승과 산화인듐주석 전극 자체의 크랙 특성으로 인하여 많은 문제점이 지적되고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 GaN계 발광 다이오드에 있어서 산화인듐주석 투명 전극의 대체 물질들에 대한 많은 연구들이 활발하게 이루어 지고 있다. 특히, 투명전극 층으로 사용되는 산화인듐주석 대체 박막으로 산화아연에 대한 연구가 각광을 받고 있는 실정이다. 또한, 발광 다이오드의 효율 증가를 위해 발광소자에 표면 요철 구조 형성과 나노구조체 형성 등 박막 표면의 구조 변화를 통한 광추출효율 향상에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 산화아연 박막을 투명전극으로 사용하였으며 광추출효율 향상을 위해 산화아연 투명전극에 패터닝을 형성하고, 그 위에 산화아연 나노막대를 형성하여 기존에 사용하던 산화아연 투명전극보다 우수한 추출효율 및 전류 퍼짐 향상 구조를 제안하고 이에 따른 LED 소자의 광추출효율 향상을 연구하였다. 금속유기화학증착법을 이용하여 c-면 사파이어 기판에 n-GaN, 5주기의 InGaN/GaN 다중양자우물 구조 및 p-GaN의 간단한 LED구조를 성장한 후, p-GaN층 상부에 원자층 증착법을 이용하여 투명전극인 산화아연 박막을 60 nm 두께로 증착하였다. 산화아연 투명전극만 증착한 LED-A와 이후 0.1% HCl을 이용한 습식식각을 통하여 산화아연 투명전극에 육각형 모양의 패턴을 형성한 LED-B, 그리고 LED-B위에 전기화학증착법을 이용하여 1.0 μm 의 산화아연 나노 막대를 증착한 LED-C를 제작하였다. LED-A, -B 및 -C에 대한 표면 구조는 SEM이미지를 통하여 확인한 바 산화아연의 육각 패턴과 그 상부에 산화아연의 나노막대가 잘 형성된 것을 확인하였다. I-L 분석으로부터 패턴이 형성되지 않은 산화아연 투명전극으로만 구성된 LED-A에 비하여 산화아연 투명 전극에 육각 패턴을 형성한 LED-B의 전계 발광 세기가 더욱 큰 것을 확인하였다. 또한, 육각 패턴에 산화아연 나노막대를 성장시켜 융합구조를 형성한 LED-C에서는 LED-B와 -A보다 더 큰 전계 발광세기를 확인할 수 있었다. 특히, 인가 전류가 고전류로 갈수록 LED-C의 발광세기가 더욱 강해지는 것으로 효율저하현상 또한 나노융합구조의 LED-C에서 확인할 수 있었다. 이는 기존 산화아연 투명전극에 육각형의 패턴 및 나노막대 융합구조를 형성할 경우 전류퍼짐현상을 극대화 할 뿐 아니라, 추가적인 광추출효율 향상 효과에 의해 질화갈륨 기반LED 소자의 광효율이 증가된 것으로 판단된다.

Keywords: ZnO, Nanorods, Patterning, Optical Extraction Efficiency