

TW-P013

수직형 발광다이오드의 표면패턴 밀도 증가에 따른 광추출 효율 향상에 관한 연구

정호영, 김수진, 김경현, 안호명, 김태근*

고려대학교 전기전자전파공학부

최근 질화물계 발광다이오드(light emitting diode, LED) 소자는 핸드폰, 스마트 TV 등의 디스플레이 분야와 실내외조명, 감성조명, 특수조명 등의 조명분야에 그 응용분야가 급속히 확대되고 있다. 이러한 LED 소자는 에너지 절감과 친환경에 장점을 가지고, 가까운 미래에 조명시장을 대체할 것으로 예상된다. 이를 만족하기 위해서는 현재보다 더 높은 효율을 갖는 LED 개발이 요구되어지고 있는 상황이다. 일반적으로 질화물계 LED 소자의 효율은 내부양자 효율, 광추출 효율 등으로 나타낼 수 있다. 내부 양자효율은 성장된 결정의 질의 개선 및 다층의 이중접합 또는 다중양자우물 구조와 같이 활성층의 캐리어 농도를 높이는 접합구조로 설계되어 80% 이상의 효율을 나타낸다. 그러나 광추출 효율은 이에 미치지 못하고 있다. 이는 반도체 재료의 높은 굴절률로 인하여 빛이 외부로 탈출하지 못하고 내부로 반사되거나 물질 안에서 흡수가 일어나기 때문이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 연구 그룹들은, 표면에 패턴 형성하여 빛의 전반사를 줄여 그 효율을 올리는 연구결과를 보고하고 있다. 대표적인 방법으로는 wet etching, 전자빔 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피, 레이저 홀로 리소그래피, 나노스피어 리소그래피 등이 사용되고 있다. 이 중, 나노스피어 리소그래피는 폴리스티렌 혹은 실리카 등과 같은 나노 크기의 bead를 사용하여 반도체 기판 표면에 단일층으로 고르게 코팅한 마스크로 사용하여 패턴을 주는 방법이다. 이 방법의 장점으로서는 대면적에 균일한 패턴을 형성할 수 있고, 공정비용이 저렴하여 양산하기에 적합하다는 특징이 있다. 나노스피어 리소그래피를 통해서 표면에 생성된 패턴 모양의 각도에 따라서, 식각되는 깊이에 변화에 따라 실험한 결과들은 있지만, 아직까지 크기가 다른 나노입자들의 마스크 이용하여 형성된 패턴 밀도에 따른 광추출 효과에 대한 연구가 많이 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 크기의 실리카로 패턴을 형성시켜 패턴 밀도에 대한 광추출 효율의 효과에 대해서 조사하였다. 실험 방법으로는, DI, 에탄올, TEOS, 암모니아의 순서대로 그 혼합 비율을 조정하여 100, 250, 500 nm 크기의 나노입자를 합성하였고 이것을 질화물계 LED의 표면 위에 단일층으로 스핀코팅 방법을 통해 코팅을 하였다. 그 후 ICP-RIE 방법으로 필라 패턴을 형성하였는데, 그 결과 100 nm SiO₂ 입자를 이용한 경우 $4.5 \times 10^9 / \text{cm}^2$, 250 nm의 경우 $1.4 \times 10^9 / \text{cm}^2$, 500 nm의 경우 $0.4 \times 10^9 / \text{cm}^2$ 의 패턴의 밀도를 보여주었다(Fig. 1). 패턴의 밀도에 따라 전계광학적 특성을 확인하여 보았는데, 그 결과는 평평한 표면과 비교하였을 때 100 nm에서 383%, 250 nm에서는 320%, 500 nm에서는 244% 상승하는 결과를 보여주었다(Fig. 2). 이번 실험을 통해서 LED의 광추출 효율은 표면 모양과 깊이

뿐만 아니라 밀도가 커질수록 그 효율이 올라간다는 사실을 알 수 있었다.

Keywords: 발광다이오드, 광추출 효율, 표면 패터닝, 나노스피어 리소그래피

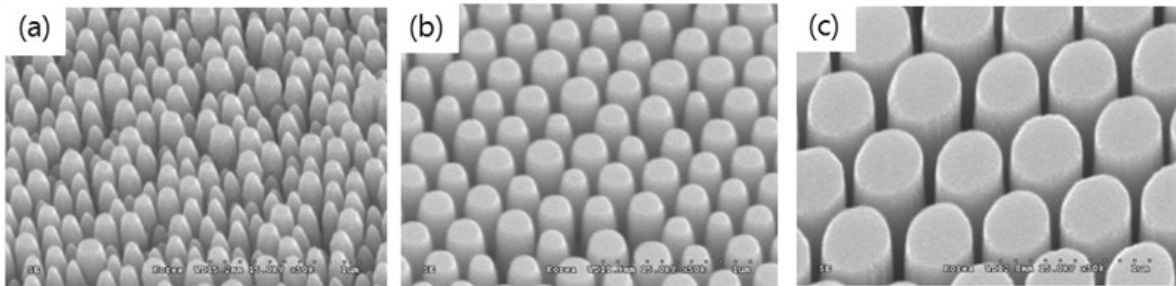


Fig. 1. SEM 사진으로 촬영한 (a) 100 nm, (b) 250 nm, (c) 500 nm 패턴의 모습.

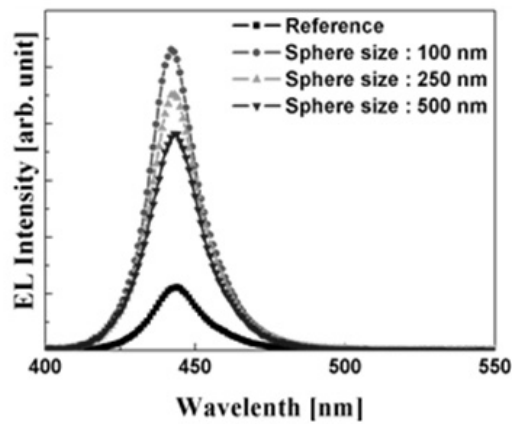


Fig. 2. 다양한 크기의 나노입자를 사용한 패턴에서의 전계발광 크기 차이.