

Fabrication of Moth-eye pattern on GaN based light-emitting diodes using UV-imprinting process

홍은주, 변경재, 이현†

고려대학교 신소재공학과
(heonlee@korea.ac.kr†)

LED는 기존 조명장치에 비해서 에너지 변환 효율이 높고 수명이 긴 장점으로 인해서 디스플레이, LCD 용backlight, 교통 및 차량 용 신호등 등 다양한 응용 분야로 적용되고 있으며 에너지 절감의 일환으로 차세대 조명 용 광원으로 주목되고 있다. 하지만 현재 LED는 낮은 광추출 효율로 인하여 미래의 수요를 충족시킬 수 있을 만큼 충분한 성능의 향상을 이루지 못하고 있다. LED의 낮은 광추출 효율은 주로 반도체 소재와 외부 공기와 큰 굴절률 차이로 인하여 발생하는 전반사현상에 기인한 것으로 이를 해결하기 위하여 photonic crystal, roughening method, grown on patterned substrate 등 다양한 방법이 시도되고 있다.

본 연구에서는 LED의 광추출 효율을 증가시키기 위해서 UV 임프린팅 및 건식식각공정을 이용하여 광투과성을 향상시키는 데 효과적인 모스아이 패턴을 LED의 p-GaN 층에 형성시켰다. 먼저 모스아이 패턴이 형성되어 있는 니켈 마스터 몰드를 열가소성 고분자 시트에 핫엠보싱하여 고분자 재질의 모스아이 몰드를 복제하였다. 임프린팅 시 레진과 고분자 몰드의 이형처리를 위해서 고분자 몰드의 표면에 10~20nm의 SiO₂를 증착한 후 소수성 자기조립단분자막(SAM)을 코팅하였다. 이 후, UV 임프린팅 공정을 통해서 LED의 p-GaN 층 표면에 고분자 패턴을 형성시키고 이를 마스크로하부 p-GaN층을 SiCl₄ plasma로 건식식각하여 약 100nm 깊이의 모스아이 패턴을 형성하였다. 또한 photoluminescence 분석을 통해서 모스아이 패턴으로 인한 LED의 광추출증가 효과를 확인하였다.

Keywords: LED, Moth-eye, imprint, GaN

기계적 펌프 기반의 축전 결합형 BCl₃/N₂ 플라즈마를 이용한 GaAs의 건식 식각

김재권, 주영우, 박연현, 조관식*, 이제원*†

인제대학교 나노 시스템 공학과; *인제대학교 나노 공학부
(jwlee@inje.ac.kr†)

GaAs는 MOSFET이나 HBT, HEMT소자와 LED 같은 발광소자 분야에서 널리 각광 받고 있는 물질로서 이에 대해 간편하고 안전한 식각공정의 개발은 중요하다. 본 논문에서는 기계적 펌프만을 사용한 축전 결합형 BCl₃/N₂ 플라즈마로 GaAs의 건식 식각을 진행한 후 그 결과에 대하여 연구 분석 하였다. 이때 사용한 식각 공정 변수는 BCl₃/N₂ 플라즈마에서의 %BCl₃ (0-100%), RF 척파워 (10-200W), 공정 압력 (100-300 mTorr)이었다. 식각이 끝난 후 주요 특성 평가로는 식각율, 식각표면 거칠기, 식각률 선택비, 식각벽(sidewall)의 수직 특성 등이었다. 각각의 특성 평가를 위해표면단차 측정기와 FE-SEM을 사용하였다. 또한 BCl₃/N₂의 플라즈마 가스를 광학발광 분석기 (Optical Emission Spectroscopy, OES)를 이용하여 실시간으로 분석하였다. 이 실험 결과에서 중요한 것은 첫째, BCl₃/N₂ 플라즈마 식각에서 N₂의 첨가는 GaAs의 식각율을 급격히 증가시켰다. 즉, 비 반응성의 N₂를 BCl₃/N₂ 플라즈마 식각률 향상을 위한 촉매로 사용할 수 있다는 것이다. 그러나 BCl₃/N₂의 비율 중에서 N₂의 비율이 20% 이내인 경우에만 식각 표면 거칠기가 3nm 이내의 평평한 식각 표면을 제공하였다. N₂의 양이 이 범위를 초과하면 GaAs의 식각률은 높지만 표면이 상당히 거칠어졌다. 둘째, RF 파워의 증가는 식각률을 증가시켰다. 그러나 압력의 증가는 식각률을 급격히 떨어뜨려 300 mTorr 공정압력에서는 GaAs가 12BCl₃/8N₂와 150W의 RF 파워 조건에서도 거의 식각되지 않았다. 이번 연구를 통하여 우리는 비교적 간단한 축전 결합형 플라즈마로도 N₂의 촉매 현상을 이용하여 GaAs를 0.3 μm/min 이상의 속도로 식각하였다. 또 거의 수직에 가까운 식각면과 상당히 매끄러운 식각 표면을 유지하며 식각할 수 있는 우수한 조건을 개발하였다는 결론을 얻을 수 있었다. 이결과는 GaAs 기반의 다양한 화합물 반도체 소자 개발에 널리 응용될 수 있다.

Keywords: GaAs, Plasma Etching, Capacitively Coupled Plasma, catalytic effect