

TiO₂ 나노 패터닝을 이용한 LED의 광추출 효율 향상

윤경민^a, 양기연^a, 변경재^a, 이현^{a*}

^a고려대학교 신소재공학과 (E-mail : heonlee@korea.ac.kr)

초 록: GaN 기반 LED 소자의 ITO 표면에 sol-imprinting 기술을 이용하여 잔여층 없이 TiO₂ 나노 패턴을 형성 하였다. 알콕사이드 계열의 TiO₂ sol과 Si 몰드로부터 복제된 PDMS 몰드를 사용하여 표면에 패턴을 형성하고, 이 후 annealing을 통해 내부에 남아있던 불순물을 제거하고 다결정 TiO₂을 형성하였다. 표면에 형성된 TiO₂ 나노 패턴이 LED 소자 내부에서 발생한 빛의 전반사를 억제하기 때문에 소자의 광추출 효율이 증가하였다.

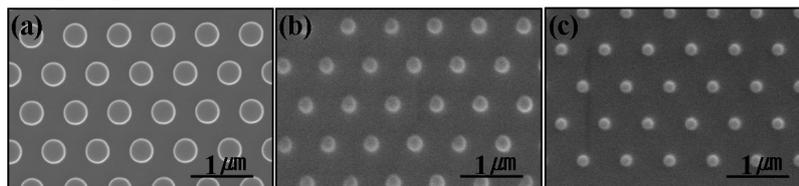
1. 서론

최근 환경 및 에너지 문제에 대한 관심이 커지면서 LED에 대한 관심이 커지고 있다. 따라서 고효율 LED에 대한 관심이 커지고 있다. LED 소자의 광추출 효율은 소자 내부에서 발생하는 전반사를 억제함으로써 해결할 수 있는데, 이를 위해 micro lens array, 표면 roughening, 광결정 구조 삽입 등과 같은 다양한 방법에 대한 연구가 진행 되고 있다. 하지만 이 같은 패터닝 공정을 위해서는 플라즈마 식각 공정이 수반되기 때문에 공정 중에 발생하는 플라즈마에 의한 소자의 손상이 필연적이다. 본 실험에서는 나노 임프린트 리소그래피와 알콕사이드 계열의 TiO₂ sol을 이용하여 플라즈마 식각 공정 없이 TiO₂ 나노 패턴을 형성 하였다.

2. 본론

tetrabutylorthotitanate와 diethanolamine, ethanol을 각각 전구체, 안정제, 용매로 사용하여 알콕사이드 계열의 TiO₂ sol을 제작 하였다. sol을 LED wafer에 도포한 후, 준비된 PDMS 몰드를 이용하여 임프린트 공정을 진행한다. 이 과정을 통해 sol은 gel 상태의 나노 패턴으로 변화한다. 이 후, annealing 공정을 진행하여 내부의 불순물을 제거하고 다결정 TiO₂ 나노 패턴을 형성한다. SEM과 AFM을 이용하여 TiO₂ 나노 패턴의 형상을 확인하고, XPS와 XRD 분석을 통해 TiO₂의 성분 및 구조를 확인하였다. 이 후, PL 분석을 통해 소자의 광추출 효율 변화를 관찰하였다.

TiO₂ 나노 패턴은 내부에 존재하던 각종 불순물과 용매의 제거에 따라 크기가 감소하지만, 그 주기는 일정하게 유지됨을 확인하였다. 또한 XPS 분석을 통해 TiO₂ 내부에 불순물은 존재하지 않으며, 순수한 TiO₂임을 확인할 수 있다. XRD 분석을 통해 annealing 온도에 따라 TiO₂의 구조가 anatase에서 rutile로 변화함을 확인하였다. PL 측정 결과 기존보다 약 7배로 광추출 효율이 증가함을 확인할 수 있다. 형성된 TiO₂ 나노 패턴에 의해 LED 소자와 공기 사이의 전반사를 억제하여 광추출 효율이 증가한다.



Si master mold Imprinted-gel pattern Crystal pattern

그림 1 실험에 사용된 (a) Si 몰드와 (b) 임프린팅 공정을 통해 LED 표면에 형성된 TiO₂ gel-pattern, (c) annealing 이후 형성된 결정질 TiO₂ 나노 패턴

3. 결론

알콕사이드 계열의 TiO₂ sol과 나노 임프린트 리소그래피 기술을 이용하여, 기존의 기술에 비해 플라즈마 손상을 최소화 하면서 LED 소자의 광추출 효율을 향상 시켰다. 액체 상태의 sol에서 결정질 TiO₂로 변화하면서 패턴의 크기는 줄어들지만 그 주기가 일정하게 유지되며, 형성된 결정질 TiO₂ 나노 패턴은 불순물이 존재하지 않는 순수한 TiO₂임을 확인하였다. LED 소자 표면에 형성된 TiO₂ 나노패턴에 의해 소자와 공기 사이의 전반사를 억제되어 소자의 광추출 효율이 증가함을 확인하였다.

참고문헌

1. A. Zukauskasm, M. S. Shur, and R. Gaska, Introduction to Solid-State Light, 133 - 167 (2002)
2. T. Fujii, Y. Gao, R. Sharma, E. L. Hu, S. P. DenBaars, S. Nakamura, Appl. Phys. Lett., 84, 855 (2004)
3. J. J. Wierer, M. M. Megens, A. David, Nat. Photonics, 3, 163 (2009)