

질화물 계 발광다이오드의 광추출 향상을 위한 투명전극 패터닝 공정

변경재, 홍은주, 황재연, 이 현*
고려대학교, 신소재공학과

초 록: 최근 질화물 계 발광다이오드의 광추출효율을 향상시키기 위하여 발광다이오드의 발광면을 texturing하는 연구가 진행되고 있다 본 연구에서는 직접 패터닝 방식인 나노 임프린팅 공정을 이용하여 blue 발광다이오드의 indium tin oxide (ITO) 투명전극 층에 sub-micron 크기의 hole이 주기적으로 정렬된 구조의 폴리머 패턴을 형성하였으며 임프린팅 공정 후 건식 식각 공정을 통해서 ITO 층을 식각하였다. 그 결과 ITO 투명전극 층에 발광다이오드의 광추출효율을 향상시키기 위한 sub-micron 급의 주기적인 hole 패턴이 형성되었다.

1. 서 론

최근 질화물 계 발광다이오드는 저전력, 장수명, 친환경 등의 장점으로 인하여 교통신호등 LCD 용 backlight, 자동차용 전조등 등 다양한 분야로 적용되고 있다. 하지만 아직까지 질화물 계 (GaN-based) 발광다이오드는 외부 광추출효율이 낮은 문제점이 있어 미래의 수요를 충족시킬 만한 충분한 성능의 향상을 이루지 못하고 있는 상황이다.

질화물 계 발광다이오드의 주소재인 GaN 또는 ITO 투명전극 등은 외부 공기에 비하여 큰굴절률을 가지고 있어 소자 내부의 multi quantum well 활성층(active layer)에서 생성된 빛의 대부분은 소자외부 계면에서 전반사되어 광추출효율은 불과 수퍼스트에 머물고 있다.

이를 해결하기 위해서 다양한 연구가 진행되고 있는 가운데 발광다이오드의 발광면에 광결정 패턴과 같은 주기적으로 정렬된 sub-micron 크기의 패턴을 형성시킬 경우 난반사로 인하여 광추출 증가 효과가 매우 큰 것으로 알려져 있다 [1, 2] 현재까지는 photolithography, e-beam lithography 등의 노광 기반의 기술이 발광다이오드를 패터닝하기 위하여 사용되어 왔지만 고가의 공정 비용과 낮은 생산수율로 인하여 실제 발광다이오드의 제작공정에 적용하기에는 많은 한계가 있었다.

본 연구에서는 질화물 계 발광다이오드의 indium tin oxide (ITO) 투명전극 층에 나노 임프린팅 공정을 이용하여 경제적으로 sub-micron 급 크기의 주기적인 hole 패턴을 형성하고 이를 통해서 질화물 계 발광다이오드의 패터닝 기술로써 임프린트 기술의 효용성을 증명하려 한다.

2. 본 론

2.1 blue 발광다이오드 시편 제작

본 연구에 사용된 발광다이오드 시편은 5 pair의 InGaN/GaN의 quantum well을 활성층으로 하고 약 460 nm대의 발광영역대를 가지는 질화물 계 blue 발광다이오드로써 (0001) sapphire 기판에 metal organic chemical vapor deposition (MOCVD)를 통하여 성장되었다 성장된 발광다이오드의 p-GaN top cladding 층에는 투명전극으로써 ITO가 2000 Å 증착되었다.

2.2 UV-임프린팅 공정

질화물 계 발광다이오드의 ITO 투명전극 층 표면에 30 atm에서 10분간 UV 조사를 하는 UV 임프린팅 공정 [3]을 통해서 300 nm ~ 400 nm에 이르는 hole이 sub-micron 급으로 정렬된 구조의 고분자 패턴을 형성하였다. 형성된 고분자 패턴은 하부 ITO 투명전극 층을 식각하기 위한 식각 마스크로 사용되었다.

2.3 건식식각 공정을 통한 ITO 패터닝 공정

ITO 투명전극 층 표면에 형성된 고분자 패턴을 식각 마스크로 ITO 층을 건식식각하였다 식각 공정은 Cl₂ plasma를 이용한 inductively coupled plasma (ICP) 식각으로 진행되었다 또한 ITO 식각 시 Cl₂ plasma에 대한 식각률이 높은 고분자 패턴을 식각 마스크로 사용하여 그림 1과 같이 식각된 ITO 표면에는 tapered etch profile을 가지는 hole 패턴이 형성되었다. 이러한 구조의 패턴은 광의 난반사를 보다더 효과적으로 발생시킬 수 있고 광의 전반사 현상을 억제하는데 탁월한 효과가 있다.

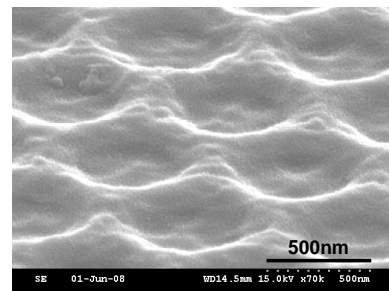


그림 1. UV-임프린팅 및 ICP 건식식각 공정을 통해서 texturing된 ITO 투명전극

3. 결 론

질화물 계 발광다이오드의 낮은 광추출효율을 향상시키기 위한 방법으로 발광다이오드의 최상단 층인 ITO 투명전극을 texturing하는 연구를 진행하였다. UV-임프린팅 및 ICP 건식식각 공정을 통해서 질화물 계 발광다이오드의 ITO 투명전극 층에 tapered profile 구조를 가지는 sub-micron 급의 주기적인 hole 패턴을 형성하였다.

감 사 의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] K.-J. Byeon, S.-Y. Hwang and H. Lee, "Fabrication of two-dimensional photonic crystal patterns on GaN-based light-emitting diodes using thermally curable monomer-based nanoimprint lithography", Appl. Phys. Lett. 91, 091106, 2007.
- [2] Z. S. Zhang, B. Zhang, J. Xu, K. Xu, Z. J. Yang, Z. X. Qin, T. J. Yu and D. P. Yu, "Effects of symmetry of GaN-based two-dimensional photonic crystal with quasicrystal lattices on enhancement of surface light extraction", Appl. Phys. Lett. 88, 171103, 2006.
- [3] H. Lee, G.-Y. Jung, "Full wafer scale near zero residual nano-imprinting lithography using UV curable monomer solution", Microelectron. Eng. 77, 42, 2005.