

O₂ 플라즈마 ITO 표면 처리를 통한 OLED의 홀 주입 특성 향상에 관한 연구

Hole-injection improvement in OLED device by the ITO surface treatment using O₂ plasma

김진현, 신원주, 윤태훈, 김재창, 오민철

부산대학교 전자공학과

zinhun@pusan.ac.kr

OLED (Organic Light Emitting Diode)가 화면 표시 장치에 적용되기 시작하면서 OLED의 효율 향상에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 장시간 안정적인 동작을 필요로 하는 제품을 생산하기에는 OLED의 수명이 충분치 못한 상태이다. OLED의 수명은 전류를 주입하여 발광을 하게 되는 광 효율과 연관이 있으며 발광효율을 향상시켜서 작은 전류로 동일한 세기의 빛을 출력시킬 수 있게 되면 수명을 연장시킬 수 있다. 전력소비 효율에 가장 큰 영향을 끼치는 요소는 홀과 전자의 주입인데, ITO(Indium Tin Oxide) 표면을 적절한 방법으로 처리하여 홀 주입 에너지 장벽을 낮추어 주면 홀 주입 효율이 향상되고 발광 효율이 증대된다. ITO 표면처리 방법으로는 wet treatment⁽¹⁾, UV (ultra-violet) 처리⁽²⁾, self-assembly monolayer treatment⁽³⁾, 플라즈마 처리⁽⁴⁾ 등이 최근까지 연구되어져왔다.

본 논문에서는 O₂ 플라즈마 처리를 적용하여 ITO 계면에서의 홀 주입 효율과 OLED 소자의 특성 향상에 대해 연구하였다. 본 실험에서 제작한 OLED 소자의 구조와 이에 해당하는 에너지 레벨 다이어그램을 그림 1에서 보이고 있다. 이 구조에서는 홀 운송층으로는 안전성이 좋고 전자의 blocking이 용이한 물질인 N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine(NPB)를 사용하였고, 발광층 물질로는 녹색 발광 물질로 널리 쓰이고 있는 tri-(8-hydroxyquinoline)aluminium(Alq₃)를 각각 사용하였다. 제작과정으로 먼저 ITO가 코팅된 유리 기판에 O₂ 플라즈마 처리를 하고 각층은 진공 증착 시킨다. 각 소자의 O₂ 플라즈마 처리 조건은 첫 번째 시료의 경우 RF Power와 ICP Power는 각각 3 W, 0 W이며, 두 번째 시료는 각각 3 W, 10 W이다. 이렇게 제작된 OLED 소자의 V-J 특성과 전력효율을 측정하여 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 그 결과를 보면 O₂ 플라즈마 처리를 한 소자가 UV 처리를 한 소자에 비해 구동전압도 낮고 전력효율도 좋은 특성을 보였다. 이는 홀 주입 시 ITO와 홀의 운송층 간의 계면에 O₂ 플라즈마 처리를 하여 에너지 장벽을 낮추어서 홀의 주입 효율이 향상되고 주입된 홀과 전자의 재결합이 증가하기 때문에 특성이 좋아지는 것이다.

이를 정량적으로 알아보기 위해서 ITO(1500nm)/NPB(100nm)/Al(80nm) 구조를 가진 Hole only device를 제작하였다. 이 구조는 그림 1에서 Alq₃층과 LiF층을 제외한 구조로 Al로 주입되는 전자는 NPB와 Al 사이의 에너지 장벽을 넘어야 하고, 이 장벽은 홀이 넘어야 할 ITO와 NPB 간의 에너지 장벽보다 크기 때문에 전자의 이동이 홀의 이동에 비해 어렵다. 따라서 이 구조는 홀의 이동이 주도적인 구조라고 할 수 있기 때문에 이 소자를 통해서 홀의 주입 효율을 측정할 수 있다. 그림 4는

한국광학회 하계학술발표회

Hole only device 의 V-J 특성이다. ITO 계면에 O₂ 플라즈마 처리를 하면 정공의 주입이 UV 를 처리한 경우에 비해 크게 향상된다. 즉, 이 결과를 미루어 보아 ITO 와 NBP 간의 에너지 장벽 Φ (그림 1)가 UV 처리시보다 O₂ 플라즈마 처리시 더 낮아짐을 정성적으로 확인할 수 있다.⁽⁵⁾

따라서, O₂ 플라즈마를 이용한 표면처리는 ITO 와 홀 운송층 간의 에너지 장벽을 감소시켜서 홀의 주입 효율을 증가시키고 이는 OLED 소자의 전력소비 효율 향상에 기여함을 정성적으로 확인하였다. 앞으로 본 연구는 정성적으로 확인된 결과를 바탕으로 정량적인 값을 찾는 연구를 진행할 예정이다. (본 연구는 삼성전자로부터 연구비를 지원받아 수행하였음.)

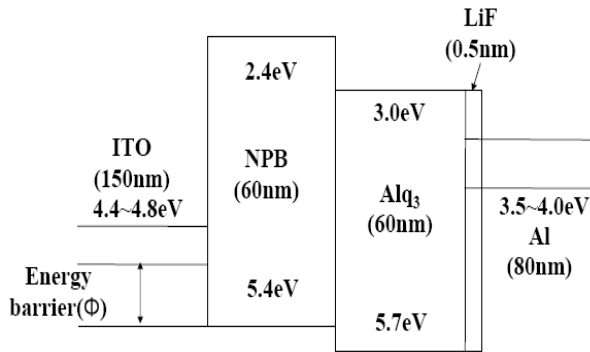


그림 1. OLED 의 Energy Band diagram

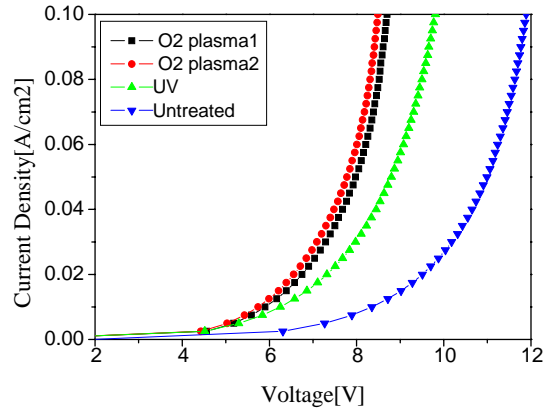


그림 2. OLED 의 V-J 특성 그래프

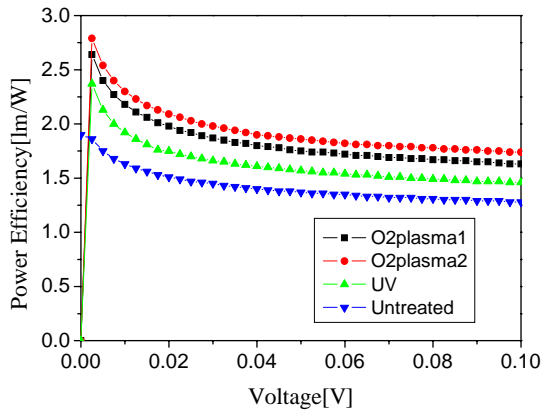


그림 3. . OLDE 소자의 전력효율 그래프

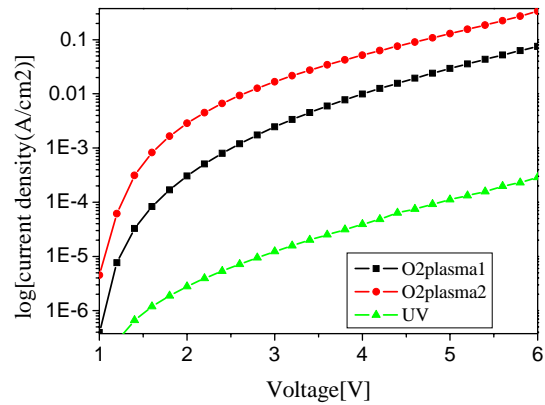


그림 4. Hole only device 의 V-J 특성

References

1. F. Li, H. Tang, J. Shinar, O. Resto, and S. Z. Weisz, Appl. Phys. Lett. 70, 2741(1997)
2. S. K. So, W. K. Choi, C. H. Cheng, L. M. Leung, and C. F. Wong, Appl. Phys. A 68, 447(1999)
3. S. F. J. Appleyard and M. R. Willis, Opt. Mater. 9, 120(1998)
4. C. C. Wu, C. I. Wu, J. C. Strum, and A. Kahn, Appl. Phys. Lett. 70, 1348(1997)
5. Z. Z. You, J. Y. Dong, Appl. Surface Science 249, 271-276(2005)