

정공 수송 재료인 TPD의 전기 전도 특성

김원중, 최현민, 이종용, 최광진*, 홍진웅
 광운대학교, *(주)버터플라이랜드 아시아

Abstract : From the analysis of current density-luminance-voltage characteristics of the double layered device in ITO/N,N'-diphenyl-N-N'bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(TPD)/tris(8-hydroxyquinoline)aluminum(Alq₃)/Al, we divided the conductive mechanism by four region according to applied voltage. We have obtained a coefficient of β_{ST} in schottky region (I) is 4.14×10^{-24} at the electric field of 3.2×10^5 V/cm, a slope in negative resistance region (II) appears negative properties decreasing the current density J for proportional in -1.58 square at a electric field of 7.3×10^5 V/cm. A coefficient of β_{PF} in Poole-Frenkel region (III) is 8.28×10^{-24} at the electric field of 8.4×10^5 V/cm, it was confirmed that β_{PF} is agrees with a value that relates with β_{ST} such as $\beta_{PF} = 2\beta_{ST}$ as the β_{PF} and $2\beta_{ST}$ satisfied a theoretical prediction. And it was obtained a potential barrier of ϕ_{FN} in Fower-Nordheim region(IV) is 0.3 eV at the electric field of 11.2×10^5 V/cm.

Key Words : Conductive mechanism, Schottky region, Poole-Frenkel region, Fower-Nordheim region, Negative resistance

1. 서론

본 논문에서는 정공 주입층 물질로 사용한 TPD를 사용하여 각각의 최적에 crucible boat의 hole 크기를 이용해서 TPD의 증착 속도를 최적 조건을 찾은 후에 표면 거칠기에 따른 유기 발광 다이오드의 소자가 효율에 어떠한 영향을 주는지 그에 따른 전기 전도 전류 메커니즘을 소개한다.

2. 실험

측정 장비는 소자의 전기적 특성을 연구하기 위하여 Keithley 2000 multimeter, 6517 electrometer, Si-photodiode를 이용하여 측정하였다. 모든 기기의 제어 프로그램은 Lab-view 소프트웨어를 이용하여 측정 데이터를 얻었다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 ITO/TPD/Alq₃/Al 2층 구조의 최적의 조건에서 인가전압의 크기에 따라 4개의 전류 영역으로 나누어지며, 각각의 영역에서 전도전류밀도(J)를 휘도특성(L)과 관련하여 각각이 식을 이용하여 메커니즘을 설명한다.

$$J_{ST} = AT^2 \exp\left(\frac{\beta_{ST} E^{1/2} - \phi_D}{kT}\right) \quad (1)$$

$$\sigma = J_{PF}/E = \sigma_0 \exp(\beta_{PF} \sqrt{E}/2kT) \quad (2)$$

$$J_{FN} = AE^2 \exp\left(-\frac{B}{E}\right) \quad (3)$$

전도 전류밀도 J 는 전압 초기 영역 전계 3.2×10^5 [V/cm] 제 I 영역을 식 (1)을 사용한 쇼트키 주입 전도 이론에 적용하여 각각의 식을 이용하여 분석하였다. 쇼트키 효과에 의한 전기 전도 특성을 $E^{1/2}$ 에 대한 $\ln J_{ST}$ 로 분석한 직선의 기울기로부터 쇼트키 계수 $\beta_{ST} = 4.14 \times 10^{-24}$ 를 얻었으며 그리고 직선의 기울기는 인가전압의 3.81승에 비례하여 증가함을 확인하였다. 제 II 영역은 전계 7.3×10^5 [V/cm]에서 부정 특성 영역으로 부정 저항 기울기는 -1.58

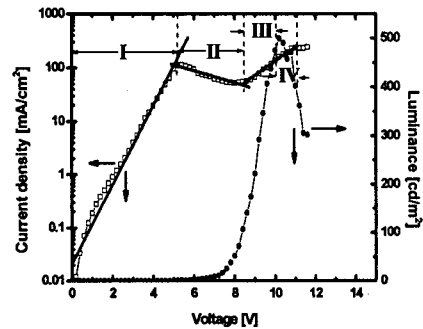


그림 1. TPD의 최적 조건에 따른 $J-V-L$ 특성

승에 비례하여 전류 밀도 J 가 감소하는 부정 특성이 나타남을 확인하였다. 제 III 영역은 전계 8.4×10^5 [V/cm]에서 풀-프렌켈에 의한 전도 영역으로서 전기 전도 특성을 $E^{1/2}$ 에 대한 $\ln \sigma$ 를 직선의 기울기로부터 이 영역을 풀-프렌켈 효과에 의한 전도 전류 영역으로 식(2)를 이용하여 $\beta_{PF} = 8.28 \times 10^{-24}$ 값을 얻었다. β_{PF} 는 쇼트키 영역의 기울기에서 구한 β_{ST} 와의 관계에서 $\beta_{PF} = 2\beta_{ST}$ 으로 이론인 값과 잘 일치되는 것을 확인하였다. 제 IV 영역은 전계 11.2×10^5 [V/cm]에서, 파울러-노드 하임의 터널링 전류 J_{FN} 는 식 (3)를 이용하여 전위 장벽 $\phi_{FN} = 0.39$ [eV] 값을 얻었으며 또한 기울기는 인가전압의 0.97승에 비례함을 확인하였다.

4. 결론

4개의 다른 전도 메커니즘을 분석한 결과 저전계 영역인 쇼트키 영역에서 쇼트키 계수 $\beta_{ST} = 4.14 \times 10^{-24}$ 풀-프렌켈 영역에서 계수 $\beta_{PF} = 8.28 \times 10^{-24}$. 그리고 고전계 영역인 파울러-노드하임 영역에서 전위 장벽 $\phi_{FN} = 0.3$ [eV] 각각 얻었다. 부정특성영역에서는 부정저항 기울기는 -1.58 승에 비례하여 전류밀도가 감소하는 부정특성을 나타내었고 그리고 β_{PF} 는 쇼트키 영역의 구한 β_{ST} 와의 관계에서 $\beta_{PF} = 2\beta_{ST}$ 으로 이론과 잘 일치되는 것을 확인하였다.