

무금속 프탈로시아닌(metal free phthalocyanine: H₂Pc) 층이 삽입된 OLED의 전기적 특성 분석

안태준^{1,2} · 이종호² · 최범호² · 유운섭¹

¹한경대학교 전기전자제어공학과 · ²한국생산기술연구원

Electrical characterization of OLED using metal free phthalocyanine (H₂Pc) layer

Tae-Jun Ahn^{1,2} · Jong Ho Lee² · Bum Ho Choi² · Yun Seop Yu¹

¹Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University ·

²Group for Nano-Photonics Convergence Technology, Korea Institute of Industrial Technology

E-mail : jigo1235@kitech.re.kr

요 약

본 연구에서는 H₂Pc 층이 삽입된 OLED의 전기적 특성 및 발광 특성을 분석하고, 이를 TCAD program을 이용한 전산 모사를 통해 확인하였다. H₂Pc 층은 tunnel barrier로서 동작함을 실험 결과로부터 얻을 수 있었고, 전산 모사에서 에너지밴드가 가해진 전기장에 따라 레조넌트 터널링이 가능한 구조임을 확인하였다.

ABSTRACT

We have investigated electrical and optical characteristics of H₂Pc introduced OLED devices. H₂Pc layer acted on tunnel barrier for incident electrons. we have also observed that energy band of the proposed structure was varied as applied electric field by simulation using TCAD program.

키워드

유기 발광 다이오드, OLED, 프탈로시아닌, H₂Pc, TCAD, 에너지밴드

I. 서 론

최근 디스플레이 산업에서 유기 발광 다이오드(Organic Light-Emitting Diode, OLED)는 기존의 액정 디스플레이(Liquid crystal Display, LCD)를 빠르게 대체하고 있다. OLED는 자체 발광을 하기 때문에 광원이 필요하지 않으며, 유기물의 특성상 휘어짐에 매우 좋고, 명암비가 매우 좋아 LCD의 기술적 난제를 해결할 수 있는 대안이 되었다. 또한 OLED는 스스로 빛을 낼 수 있기 때문에 조명 산업에서도 기존 전구 방식을 넘어선 선(線), 면(面) 광원으로 두각을 나타내고 있다. 하지만 OLED가 차세대 디스플레이 및 조명으로 자리 잡기 위해서는 수명, 발광 효율 및 가격이라는 문제점을 해결해야 한다. LCD에 비해 수명이 짧고 특히 청색의 수명이 더 짧아 나타나는 번인(Burn-in) 현상은 OLED 디스플레이의 큰 단점으로 지적되고 있다. 발광 효율과 가격은 밀접한 관련이 있다. OLED의 발광 방식에는 형광과 인광이 있는데 형광의 발광 효율은 25%이고 인광의 발광 효율은 이론상 100%

가 가능하다. 하지만 인광을 사용하려면 중원자 효과를 이용하기 위해 원자번호가 큰 금속 화합물을 사용하기 때문에 이는 곧 OLED의 가격 상승을 의미한다. 이를 해결하기 위해서 형광 방식을 사용하면서 발광 효율을 높이는 연구의 필요성이 제기되어져왔고, TADF(thermal Activated Delayed Fluorescence)[1]와 Hyper Fluorescence[2] 같은 연구들이 진행되어 왔다.

본 논문에서는 형광 발광 효율을 높이기 위해 발광(Emitting Layer, EML) 층과 전자 운송(Electron Transfer Layer, ETL) 층 사이에 무금속 프탈로시아닌(metal free phthalocyanine: H₂Pc)을 사용한 OLED의 에너지 밴드 시뮬레이션을 통해 전기적 특성을 분석하였다.

II. 본 론

2.1 H₂Pc 층이 추가된 OLED 구조

그림 1은 유리기판 / ITO / 정공 주입(HIL) 층 /

정공 운송(HTL) 층 / 발광(EML) 층 / H₂Pc 층 / 전자 운송(ETL) 층 / 전자 주입(EIL) 층 / 알루미늄으로 구성된 OLED의 구조를 나타낸 그림이다. 정공 주입 층에는 KHI-001을 사용하였고, 정공 운송 층에는 KHT-001를, 발광 층에는 Alq₃를, 전자 운송 층에는 BCP를, 전자 주입 층에는 LG-201를 사용하였다.



그림 1. H₂Pc 층이 추가된 OLED 구조

2.2 전기적 특성 및 분석

그림 2는 OLED의 실제 측정된 전압에 따른 전류 밀도(Current density) 및 휘도(Luminance)를 나타낸 그래프이다. 전류 밀도는 검정색의 사각형 기호로 나타냈고, 휘도는 파란색의 동그라미 기호로 나타냈다. 휘도는 전류에 비례하기 때문에 전압이 증가함에 따라 전류 밀도와 휘도 모두 증가하다가 높은 전압에서 전류 밀도와 휘도가 급격히 감소했다가 다시 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 일반적인 레조넌트 터널링(resonant tunneling)과 유사한 모습을 보이고 있다. 다음으로 TCAD 시뮬레이션을 사용하여 전압에 따른 에너지밴드 다이어그램을 확인하여 레조넌트 터널링이 일어날 수 있는 구조인지 확인하였다.

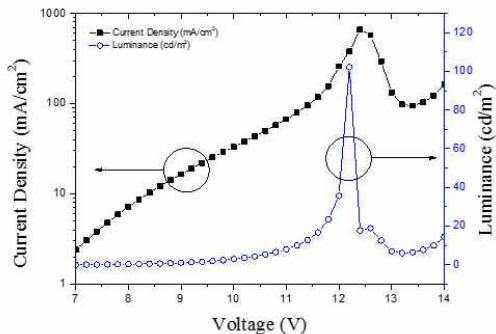


그림 2. 전압에 따른 OLED의 전류 밀도(Current density) 및 휘도(Luminance)

그림 3은 전압에 따른 TCAD 에너지밴드 시뮬레이션을 통해 얻은 레조넌트 터널링이 발생하는 에너지밴드 모델을 나타낸다. 주입된 전자는 그림 3의 (a)와 같이 전자 운송 층에 축적 되다가 (b)와 같이 발광 층의 에너지 레벨과 일치하게 되면 많은 전류가 흐르게 되고 (c)와 같이 에너지 레벨이 불일치되면서 급격하게 전류가 감소하는 레조넌트 터널링이 일어난다.

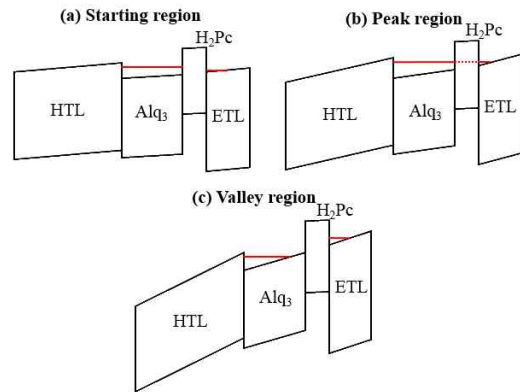


그림 3. 레조넌트 터널링(Resonant tunneling) 효과의 에너지 다이어그램. (a) Starting region, (b) Peak region, (c) valley region

III. 결 론

본 연구에서는 형광 발광의 효율을 높이기 위해 발광 층과 전자 운송 층 사이에 H₂Pc를 사용한 OLED의 실제 측정된 전기적인 특성을 분석하고 TCAD 에너지밴드 시뮬레이션을 진행하였다. 전압에 따른 전류 밀도와 휘도 특성에서 레조넌트 터널링과 유사한 특성을 확인하였고 에너지밴드 분석을 통해 레조넌트 터널링이 발생할 수 있는 조건을 확인하였다.

References

- [1] V. Jankus, P. Data, D. Graves, C. McGuinness, J. Santos, M. R. Bryce, F. B. Dias and A. P. Monkman, *Advanced Functional Materials*. Vol. 24, Issue. 39, pp.6178-6186 (2014).
- [2] C. Adachi, in *Proc. SID Symposium Digest of Technical Papers*, Vol. 44 Issue. 1 pp.513-514 (2013).