

유기발광 소자의 발광효율 연구

The study of Luminescence Efficiency of OLED

이정호

홍익대학교 전자공학과

phile71@passmail.to

Abstract

Recently, there has been many understood the basis device physics of OLEDs and their basic operating principle. We demonstrate that there have many relation in order to improve luminescence efficiency both emitting light material physics characteristics and luminary. Efficient ElectroLuminescence from organic materials was first reported in 1987 at Kodak. OLEDs emitting light material use tris-(8-hydroxyquinoline)(Alq3). Studied maximum luminescence efficiency about structure of optimized emitting light layer of OLED which do observing change of luminescence efficiency by structure change of organic material in this paper.

유기발광소자(OLED : Organic Light Emitting Diode)의 기본적인 동작 메카니즘은 일함수(Work function)가 낮은 캐소드(Cathode) 전극으로부터 주입된 전자(electron)와 애노드(Anode)로 주입된 정공(hole)이 수송층을 지나 발광층으로 들어와 여기상태(Exciton)를 거쳐 다시 재결합함으로써 발광되는 것으로 알려져 있다. 따라서 캐소드와 애노드를 통해 들어오는 수송자(Carrier)들이 원활한 전자-정공 쌍(Electron-Hole pair)을 이루도록 다층 박막 구조로 제작하게 되는데 이는 정공과 전자의 이동도를 맞추어 전자와 정공의 수송층(CTL : Carrier Transport Layer)을 통해 발광층(EML : Emitting Material Layer)으로 주입을 용이하게 하기 위해서이다.

유기발광소자를 다층 박막 구조로 제작하는데 있어 발광층의 두께를 넓혀주면 높은 발광효율(luminescence efficiency)을 가지는 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 이러한 발광층의 두께가 발광효율에 어떠한 영향을 주는지를 살펴보기 위해 발광층의 두께에 변화를 주며 유기발광 소자를 제작하였고 제작된 소자들의 발광효율을 측정 해 보았다. 동일한 발광 물질, 동일한 소자의 제작 조건에서 발광층 두께 변화에 따라 발광층의 박막이 두꺼워도 발광 효율이 떨어진다는 것을 알 수 있었다. 이는 발광층을 중심으로 주입된 전자와 정공이 수송층을 거쳐 발광층에 유입되어 쌍을 형성하게 될 때 정공이 들어오는 애노드 쪽으로 치우쳐 전자-정공 쌍을 이루어 발광된다는 사실을 알게 되었다.

발광효율을 높이기 위해 요구되는 유기발광소자의 제작 환경 및 소자 제작에 사용되는 각 물질의 고유 파라미터값과 발광효율이 깊은 연관성이 있음을 실험을 통해 알 수 있었다. 여러 특성값들 중 전자와 정공의 쌍을 발광층 중심으로부터 가장자리로 이동시키는데 큰 역할을 하게 되는 원인을 수학적으로 증명하기 위해 수치해석 기법으로 제작된 소자를 바탕으로 시뮬레이션을 시도하였다.

본 논문에서는 높은 발광 효율을 얻기 위한 적절한 유기발광 소자의 발광층 박막 제작에 있어 박막의 두께를 최적화 시켜야 하며 수송층과 주입층의 두께가 일정할 경우 발광층 두께를 조절해 줌으로써 주입된 전자가 정공 수송층과 발광층 계면에 존재하는 에너지 장벽을 넘어 유기 발광층으로 주입되어 발광효율을 높일 수 있다는 사실을 수치해석적으로 증명하고 실험을 통해 얻어

진 유기발광소자의 특성들과 비교분석 하였다.

실험에 사용된 기본적인 유기 전기 발광소자의 구조는 ITO(Indium Thin Oxide)와 같은 투명 전극을 에노드로 사용하고 그 위에 정공 수송층(Hole Transport Layer ; HTL)으로 NPB를 40[nm]를 유기물 챔버(Chamber)를 이용해 증착 시켰다. 발광재료로는 Alq3를 사용했으며 이 박막의 두께를 변화시키면서 소자를 제작하고 제작된 소자를 대략 1시간정도 베이킹(backing) 시킨 후 전기적인 특성값들을 측정 하였다. 챔버의 진공은 유기물과 무기물 진공 챔버에서 모두 5×10^{-8} [Torr] 맞추어 웨이퍼의 이동에 있어서 서로간의 진공 압력에 의해 발생하는 오차를 줄여 실험하였다. 또한 증착 속도는 0.1 ~ 0.2 [nm/s]로 균일하게 박막이 증착 되도록 실험하였다. 그림 1은 표 1에 나타난 것과 같이 발광층의 두께변화에 따른 전류밀도를 측정 한 값이다. 이 측정 결과에서도 확인된 바와 같이 박막의 두께가 5번일 경우 가장 전류밀도가 높음을 알 수 있었다. 이는 유기 발광 소자를 제작할 때 최적의 발광효율을 얻을 수 있는 구조가 있음을 의미한다.

그림 2는 발광층 두께변화에 따라 측정된 발광 효율이다. 발광층의 두께 변화에 있어 발광 효율도 변하고 있음을 알 수 있었다. 발광층에서 발광이 일어날 때 정공 수송층으로 치우쳐 전자와 정공이 재결합되어 발광을 하게 된다. 이러한 원리에 의해 발광된 빛을 효율로 계산하게 되면 박막이 오히려 얇을수록 높은 효율을 나타나는 것으로 파악되지만 전류밀도를 고려하여야 발광하는 값이 높아지게 된다.

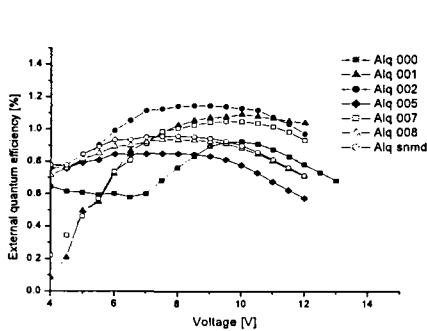


그림 1. 발광층 두께 변화에 따른 양자 효율 특성

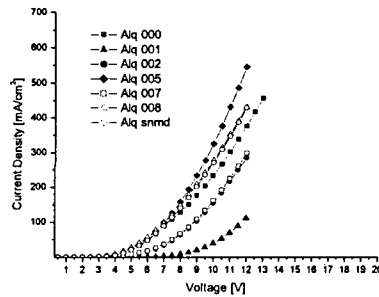


그림 2. 발광층 두께 변화에 따른 전류밀도 특성들

측정 결과의 값들과 시뮬레이션 결과가 거의 일치하였다. 구조에 따른 시뮬레이션 결과를 도출하기 위해서는 포아송 방정식(Poisson's Eq)과 전류 연속 방정식을 이용해 전계를 구하게 되고 구해진 전계로 이동도를 도출하여 전류밀도를 구하게 된다. 캐소드와 에노드 전극으로 들어오는 수송자들의 원활한 주입을 위해 발광층의 두께는 적절히 조절이 되어야 하며 이렇게 조절된 발광층의 두께에 따른 변화는 발광효율에 영향을 주게된다.

표 1. 발광층 두께

000	001	002	005	007	008	snmd
25	30	35	40	45	50	80

[참고문헌]

[1] C. D. J. Blades and Alison B Walker, Synthetic Metals 111-112(2002) 335 - 340.
 [2] C. W. Tang, S. A. Vanslyke, Appl. phys, Lett. 51, 913 (1987)
 [3] P. S. Davids, Sh. M. Kogan. I. D. Parker, & D. L. Smith, Appl. phys. Lett. 69, 2270 (1996)

