

정공 버퍼층(PTFE) 두께에 변화에 따른 유기발광소자의 전압-전류-휘도효율 특성

김원종, 양재훈, 김태완\*, 홍진웅  
광운대학교, 홍익대학교\*

Voltage-Current-Luminance Efficiency Characteristics of Organic Lighting-Emitting Diodes with the Variation of Hole-Injection Buffer Layer(PTFE) Thickness

Weon-Jong Kim, Jae-Hoon Yang, Tae-Wan Kim\*, Jin-Woong Hong  
Kwangwoon University, Hongik University\*

**Abstract** - 정공주입 버퍼층(PTFE) 두께에 변화에 따른 유기발광소자 전압-전류-휘도 효율을 측정된 결과 ITO/PTFE/Al 구조에서 두께가 증가하면 전류 밀도 및 전압이 증가하며, 두께가 0.7 [nm]일 때 부성 저항 영역이 나타났었고, ITO/PTFE/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al 구조에서 두께가 1.0 [nm]에서는 가장 좋은 휘도와 효율을 나타났었다. 두께가 증가하면 이것은 PTFE 내의 정공의 이동을 어렵게 하기 때문에 효율이 감소하는 것으로 판단된다. 그래서 적당한 PTFE 두께만이 가장 좋은 휘도와 효율을 얻을 수가 있다.

2. 본 론

양(+) 전극으로는 삼성 코닝사의 ~15 [Ω]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 인듐-주석-산화물(Indium-Tin-Oxide:ITO) 기판을 다음과 같이 patterning하여 사용하였다. 폭이 5mm인 ITO 전극은 실온에서 염산(HCl)과 질산(HNO<sub>3</sub>)을 3:1의 부피비로 섞은 용액의 증기에 약 10~20분 정도 노출시켜 삭한다. 이때, ITO와 용액과의 거리는 약 2 [cm]이며, patterning된 ITO를 흐르는 물에 세척한다. 그 후 ITO 기판의 세척 과정은 다음과 같다. 먼저 아세톤이나 클로로포름으로 50 [°C]에서 약 20분 정도 초음파 세척한다. 그런 후에 과산화수소수:암모니아수:2차 증류수를 부피비로 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 기판을 넣고 약 80 [°C]의 온도에서 1시간 정도 가열하고, 다시 아세톤이나 클로로포름에 기판을 넣고 50 [°C]에서 약 20분간 초음파 세척을 한다. 그리고 마지막으로 1차 증류수에서 약 20분 정도 초음파 세척을 한 후, 질소 가스로 건조시킨다.

1. 서 론

21세기에 들어오면서 기술이 첨단 디지털 정보통신 시대로서 경량, 박형, 고 신뢰성, 저 소비 전력 및 일체화된 전자시스템을 구현하기 위한 새로운 기술이 요구되고 있다. 이에 따라 유기EL(OLED)은 기존의 기술을 대체할 차세대 디스플레이 기술에 부합하는 미래형 디스플레이 기술의 하나로 여겨지고 있다. 유기 발광 소자는 1963년 Pope 등에 의해 안트라센의 단결정으로부터 처음 발견했고, 그 후 1987년 Tang과 Vanslyke가 Alq<sub>3</sub>와 TPD를 이용하여 낮은 전압에서 녹색발광을 처음으로 구현한 이래, 높은 효율과 견고한 내구성을 지닌 발광 소자를 얻고자 많은 분야에서 연구가 진행되어 왔으며<sup>[1]</sup>, 1990년대는 캠브리지 대학교 Friend가 Poly(phenylene)-ylene (PPV) 를 이용하여 고분자 녹색발광을 처음으로 얻었다.<sup>[2]</sup>

그림 1은 실험에 사용한 정공 수송물질 NPB와 정공 주입 버퍼층으로 사용된 PTFE의 분자구조이고, 그림 2는 정공주입 버퍼층의 영향을 조사하기 위하여 ITO/Buffer(PTFE)/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al 구조를 본 실험에서 사용한 발광소자의 기본구조이다. 정공 주입층(Buffer Layer)의 두께변화에 따른 전기적 물성특성을 조사하기 위하여 정공주입층 두께를 0.5, 0.7, 1, 5 및 10 [nm]로 변화시켜 전압에 변화에 따른 특성변화를 조사하였다.

가장 적합한 디스플레이 소자는 천연색 구현, 낮은 동작전압, 긴 수명, 그리고 낮은 가격 등이 요구된다.<sup>[3]</sup> 유기 발광 소자에서 빛이 나오는 기본 원리는 양(+)극으로부터 정공(hole)이 그리고 음(-)극으로부터 전자(electron)가 각각 주입되어 주입된 정공과 전자가 발광층에 재결합하여 발광을 하게 된다. 이들 운반자의 재결합은 분자나 엑시톤(exciton)을 형성하여 발광되거나 열적으로 비활성화 된다. 이와 같이 소자 효율은 발광 물질 내에 전자들의 재결합에 크게 의존한다.

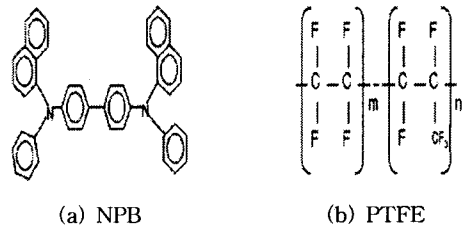


그림 1. 정공 수송 물질(a)와 정공 주입 물질(b)

유기발광소자는 디스플레이 소자로서 안정적인 동작 파라미터와 고 휘도 높은 효율이 요구되는데 이러한 요소를 만족시키기 위해서 유기발광소자의 전하의 주입과 수송 및 발광에 대한 메커니즘, 음(-)전극 물질, ITO의 roughness에 대한 연구, 전극과 유기 박막 사이의 계면 접촉과 buffer층에 관한 연구, 높은 효율을 갖는 유기 발광 재료에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.<sup>[4]</sup>

유기 물질은 열 증착법을 이용하여 약 0.5~1 [Å/s]의 비율로 약 5×10<sup>-6</sup> [Torr] 정도의 진공도에서 박막을 제작하였으며, 음전극도 같은 방법으로 두께 150 [nm]를 연속적으로 증착하였다. 또한 발광면적은 마스크를 이용하여 3×5 [mm]의 크기를 제작하였다. 광 전류는 소자에서 나오는 빛에 의해 흐르는 전류이므로 광자 수에 비례하게 되고, 소자에 흐르는 직류 전류는 전자 수에 비례하게 된다. 따라서 광 전류와 직류 전류를 이용하여 소자의 외부 양자 효율을 구할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 유기발광소자의 연구 분야에서 정공 주입 버퍼 층이 미치는 영향을 보기 위하여 절연성 버퍼 물질인 polyterafluoroethylene (PTFE)<sup>[5]</sup>의 두께를 변화에 따른 전기적 물성을 조사하였으며, 버퍼층에 의한 발광특성을 조사하였다.

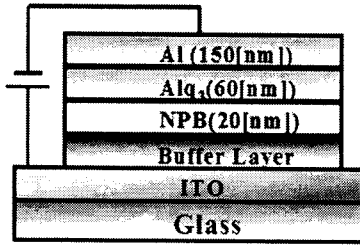


그림 2. 유기발광소자의 기본 구조

측정 장비는 Keithley 236 source-measure unit와 Keithley 617 electrometer를 이용하였고, 기기 제어 프로그램은 Test Point 소프트웨어를 사용하여 자동화 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3-7은 ITO/PTFE/Al 소자와 ITO/PTFE/NPB/Alq3/Al 비교에서 전압 변화에 따른 전류 밀도 특성과 효율을 나타낸 그래프이다.

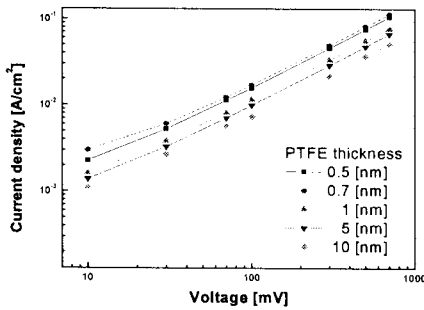


그림 3. 전압변화에 따른 전류밀도

그림 3은 그림에서 보게 되면 두께에 따라 전압의 증가에 따른 전류밀도는 증가모드를 나타내지만 증가율은 0.7 [nm]일 때 가장 큰 변화량인 약  $0.6 \times 10^{-4}$ 의 값을 나타내며, 두께가 증가하면서 변화값은 감소하여 10 [nm]일 때  $7.24 \times 10^{-5}$ 의 값을 나타내었다. 또한 두께의 증가에 따라 전류값은 증가하였으나 0.7 [nm]의 경우 0.5 [nm]보다 더 큰 전류특성을 나타내고 있었다. 이러한 현상은 0.7 [nm]의 두께에서 부성저항 특성이 나타나기 때문이라고 생각되어진다.

그림 4는 정공 주입층 변화에 따른 전류특성곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보게 되면 0.5 [nm]에서 두께의 증가에 따른 전류가 증가하다가 0.7 [nm]이후부터 전류가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 초기 두께가 0.7 [nm] 이하의 두께에서는 정공주입 층에서 두께가 얇음으로 인해 터널링 효과에 의한 전자이동이 주로 일어나기 때문이라고 생각되어지며, 두께가 증가하면서 터널링 효과의 감소에 의해 저항이 증가하여 전류의 감소를 나타낸다고 생각되어진다.

그림 5-7은 ITO/PTFE/NPB/Alq3/Al 구조의 전압-전류-효율(I-V-L-η)특성을 나타내고 있다.

그림 5는 전류밀도-전압 특성곡선을 나타낸 것으로 PTFE의 두께가 증가할수록 전류밀도가 증가함을 볼 수 있었다. 이는 또한 정공 주입층에서 두께가 증가할수록 정공의 주입을 도와 전류를 증가하는 것으로 생각이 되어진다.

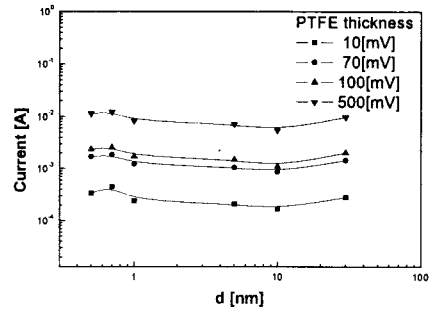


그림 4. 정공 주입층 변화에 따른 전류 특성

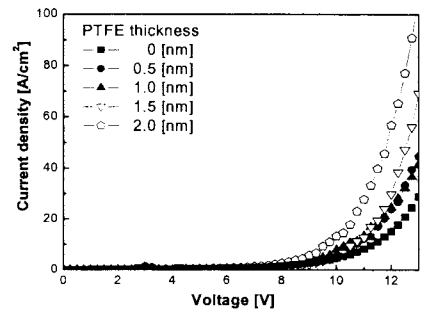


그림 5. 전류밀도 - 전압 특성

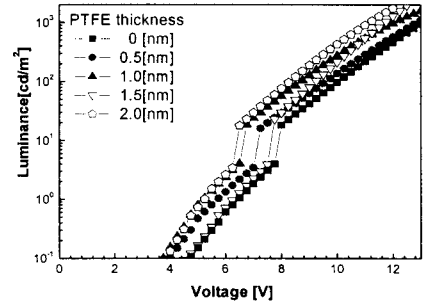


그림 6. 휘도 - 전압 특성

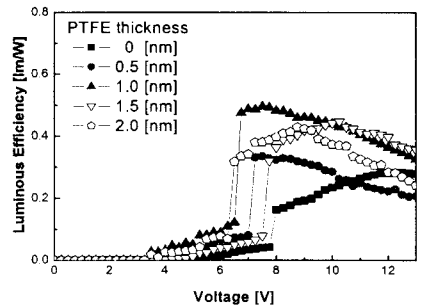


그림 7. 휘도 효율 - 전압 특성

그림 6은 전압에 따른 휘도특성을 나타낸 그래프로, 전압의 증가에 따라 휘도가 증가하였으며, 특히 6-8 [V]부근에서 휘도의 급격한 증가를 볼 수 있었다. 이러한 공간제한영역과 터널링 영역으로 인한 급격히 정공이 늘어났기 때문이라고 생각이 되어진다. 그림 7은 PTFE의 두께가 1.0 [nm]일 때 가장 좋은 효율과 특성이 나타나고 있다. 이러한 이유는 PTFE층이 정공의 주입으로 재결합되는 비율을 적절하게 조절하여 주는 것뿐만 아니라 PTFE가 증가하면 정공의 주입을 막는 것뿐만 아니라, PTFE내의 이동을 어렵게 하기 때문에 효율이 감소하는 것으로 사료된다. 그래서 적절한 PTFE의 두께만이 가장 좋은 휘도 및 효율을 얻을 수 있음을 확인하였다.

### 3. 결 론

ITO/PTFE/Al 소자에서 두께가 증가 할수록 전류밀도는 감소하고, 전압은 증가한다. 두께가 0.7 [nm]일 때 전류는 감소하다가 10 [nm]일 때 다시 증가하는 부성영역 경향이 보이고 있다. ITO/PTFE/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al 소자에서 정공의 주입을 도와 전류밀도는 증가함을 알 수 있었다. 발광 효율은 6-8 [V]부근에서 급격히 증가하다가 감소한다. 또한 PTFE의 두께 1.0 [nm]일 때 가장 좋은 효율과 특성이 나타나고 있다. 이것은 PTFE가 증가하면 정공의 주입을 막아주어 PTFE내에 이동을 어렵게 하기 때문이다. 그래서 적절한 PTFE의 두께만이 가장 좋은 휘도 및 효율을 얻을 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] C. W Tang and S. A VanSlyke, Appl. Phys. Lett, 51, p.913, 1987
- [2] R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. C. Bradley, D.A. Dos Santos, J. L Bredas M. Logdlund ,and W. R. Saraneck "Electro luminescence inconjugated polymer", Nature, Vol. 397, pp. 121-128,1999.
- [3] Ananth Dodabalapur,"Organic light emitting diodes", Solid State communications Vol. 102. p. 259, 1997s
- [4] N. C. Greenhamand R. H. Friend "Semiconductor device physics of conjugated polymer ",Solid State Physics(Ed. S. H. Ehrenreich and F. Spaepen) Vol.49, p.1 1995.
- [5] Yong Qiu, Yudi Gao, Liduo. Deyiang Zhang, "Efficient emitting diodes with Teflon buffer layer", Synth. Met, Vol 130, pp.235-237, 2002.