

# OLED의 전압과 시간에 따른 전기 전도특성 연구

나승욱, 윤순일, 유현준, 박미화, 차덕준\*, 이기진\*\*

서강대학교 물리학과

## Conducting property of voltage and time in organic light emitting diodes

Seungwuk Na, Soonil Yun, Hyunjun Yoo, Mihwa Park, deokjoon Cha Kiejin Lee

Dept. Phys. sogang university

### Abstract

유기발광소자(OLED)Glass/indium-tin-oxide(ITO)/Cu-Pc(copper-phthalocyanine)/N,N'-Bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenylbenzidine/tris-(8-hydroquinoline) aluminum(Alq3)/aluminum(Al)의 기본구조로 제작된 OLED에 다양한 전압을 인가하면서, 마이크로파 근접장 현미경을 이용하여 시간에 따른 소자의 전류-전압특성을 측정함으로써 전기적 전도 특성을 연구하였다. 또한 다양한 인가전압의 시간에 따른 EL(electro luminance)을 측정하여 소자의 광학적 특성과 전기적 특성을 연구 비교하였다.

Key Word : OLED,  $S_{11}$ (reflective coefficient), near-field scanning microwave microscope(NSMM)

### 1. 서론

고도의 정보화 시대와 더불어 영상 매체의 발달도 매우 중요시 되고 있다. 전자 디스플레이 분야는 발전을 거듭하여 다양화하는 정보화 사회의 요구에 적합한 새로운 고기능의 전자 디스플레이 장치의 필요성이 강조되면서 미래형 display 소자의 연구 개발은 무엇보다도 중요시 되고 있다. 이러한 미래형 display 소자 중 상용되고 있는 여러 display 소자들의 성능을 보장하고, 디스플레이의 대면적화, 빠른 응답속도, 높은 색순도의 장점 및 천연색 표시 소자로서의 응용 면에서 주목을 받고 있는 소자 중 하나가 차세대 디스플레이분야에서 선두주자로 손꼽히고 있는 유기발광소자(organic light emitting diodes ; OLED)이다.[1] 유기발광소자는 1960년대에 연구가 시작되었으며, 1987년에 미국 Eastman Kodak의 Tang에 의해 유기 EL의 휘도에 관한 논문이 발표된 이후로 디스플레이의 응용가능성 때문에 본격적으로 연구되기 시작하였다. 유기 EL소자는 유기물의 합성경로에 따라서 청색 발광이 용이

하며, 컬러화도 가능하다. 저소비전력, 고휘도가 실현됨에 따라 유기 EL의 상용화에도 박차를 가하여 소형 Display Panel로는 일부가 이미 상용화 되고 있지만, 완전히 문제점을 해결한 것은 아니다. 아직도 대면적화와 성능의 개선점이 많이 남아 있으며, 지금도 계속 연구 개발 중인 상태이다. 유기 EL은 소자의 특성상 온도와 수분에 매우 취약한 성질을 갖고 있으며 디스플레이의 구현에 많은 문제점을 갖고 있다.[2~6] 본 실험에서는 유기 EL 소자의 전기적 특성 변화에 따른 영향을 관측하기 위해, 비파괴, 비접촉방식의 근접장 마이크로파 현미경 (near-field scanning micriwave microscope : NSMM)을 이용하였다. SEM(scanning electron microscope)이나, 전자의 양자적 tunneling을 이용한 STM(scanning tunneling microscope)등은 시료의 미세표면구조 관찰에 이용되고 있지만, sample의 전자기적 구조를 분석할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 그러나 마이크로파에서 밀리미터파를 이용한 NSMM은 도체, 반도체, 유기물과 생물학적 시료까지 표면의 미세구조뿐만 아니라 주파수 특성에 따라서 시료의 전자기적 구조 이미지까지 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다.[7~12] 이러한 NSMM을 이용하여 유기발광소자에 전압을 인가하며,  $S_{11}$ 과 전류-전압특성을 측정하여 전기적 특성을 연구 하였으며, 전압에 따른 EL을 측정하여 소자의 광학적 특성과 전기적 특성을 연구 하였다.

\* 전라북도 군산시 미룡동 산 63번지  
군산대학교 물리학과  
Phone : 063-469-4566  
\*\* 서울시 마포구 신수동 1번지  
서강대학교 물리학과  
Fax : 02-715-8429  
E-mail : klee@ccs.sogang.ac.kr

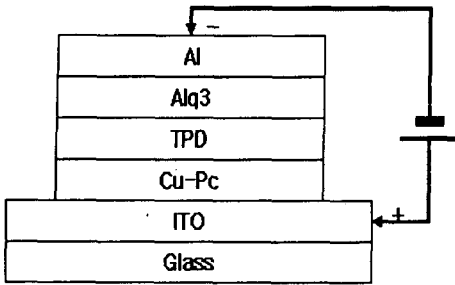


그림 1. 실험에 사용한 소자의 구조.  
Fig 1. Typical device structure.

## 2. 실험

표면저항이  $20\Omega/\text{cm}^2$ 인 ITO(indium tin oxide)기판을 etching액을 이용하여 active area를 제외한 부분을 식각하였다. Etching 후 acetone, alcohol, 중성세제, DI water로 각각 5분씩 초음파세척기를 사용하여 습식 세척(wet cleaning)을 한 후 질소 gas로 기판을 건조시킨 후 UV-light로 약 2 시간의 건식 세척을 하였다.

유기물 증착은 thermal evaporation의 방법을 이용하여 제작하였으며, 각 층의 유기물은  $\sim 10^{-6}$  Torr의 진공 상태에서 진동 수정 결정판이 연결된 thickness monitor (TM 100-Maxtek)를 통해 박막의 두께와 증착 속도를 조절하였으며, 각층의 유기물 박막은  $0.4\sim 0.6$  A/sec의 비율로 각각 10 nm, 20 nm, 40 nm의 두께로 증착하였다. 용극으로 사용된 Al은 일함수가 4.3 eV이며, 크기가  $2\times 20\text{ mm}^2$ 으로 미리 patterning된 마스크를 이용하여 증착하였다.

유기발광소자의 다양한 전압에 따른  $S_{11}$ 을 측정하기 위해 근접장 마이크로파 현미경(NSMM)을 사용했으며, 공진주파수는 약 5.7GHz를 갖는 유전체 공진기가 쓰였다. 측정 시 사용된 장치들의 대략적인 모식도를 그림 2에서 보여주고 있다. NSMM은 금속탐침과 연결된 공진기에 들어가는 입력과 출력 마이크로파의 신호를 읽는 방식으로 유전체는 실린더 모양의 cavity 내부에 있으며 cavity의 내부 규격은 지름이 32 mm, 높이가 14 mm이며, 유전체는 안쪽 원의 지름이 2 mm, 바깥쪽 원의 지름이 14mm 이고 높이가 5.8 mm이다. 사용된 유전체는  $\text{Ba}(\text{ZrTa})\text{O}_3$ 며 유전상수는  $\epsilon = 29$ 이다. tip의 재질은 gold이고 tip과 sample과의 거리는  $1\mu\text{m}$ 이내에서 실험을 해야 하기 때문에 tip의 끝단이 sample에 닿아 손상되는 것을 막기 위해 일정한 거리를 유지 하였고 거리는 10 nm를 유지하며 실험

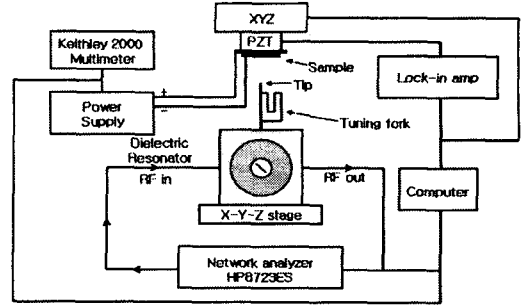


그림 2. 유전체 공진기를 사용한 실험 배열 구조도.  
Fig 2. Diagram of the experimental configuration with a dielectric resonator.

이 이루어졌다. computer를 통해 power supply(HP E3631A triple out DC Power Supply)를 제어하면서 sample에 0 V에서부터 1 V씩 전압을 증가 시키며 총 20 V의 전압을 순차적으로 가할 수 있도록 하며, Network Analyzer(Agilent, 8753SE)와 Multimeter (Keithley, 2000) 이용하여 sample의  $S_{11}$ 과 전류-전압 특성을 동시에 측정하였다. 또한 동일한 조건에서 동시에 만들어진 다른 sample을 통해 동일한 전압의 변화를 주면서 spectraview 2000(K-MAC)을 사용하여 EL(Electro Luminance)을 측정하였고, 시간에 따른 EL의 변화를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3은 OLED의 전형적인 전압-전류 특성 곡선을 보여준다. 전압에 따라 전기전도도가 변화됨을 관측 할 수 있었다. 인가전압 이 후부터 저항값

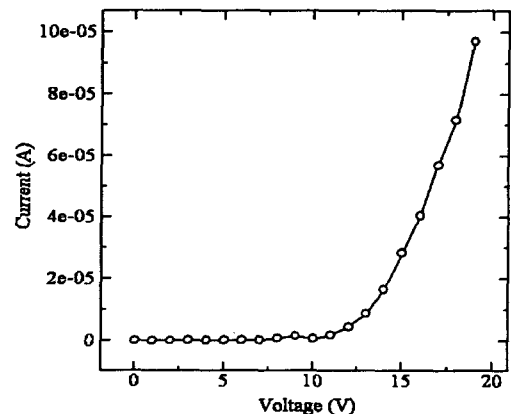


그림 3. 유기발광소자의 전류-전압 특성.

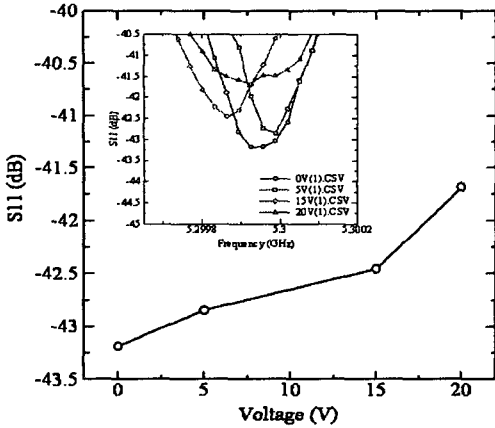


그림 4. 유기발광소자내의 인가전압에 따른 반사계수  $S_{11}$ .

Fig 4. Measured reflectivity  $S_{11}$  in OLEDs depends on bias voltage.

은 급격히 작아진다. 이는 전기전도도가 급격히 향상되었음을 의미한다. 전기전도도 특성은 비접촉 방식을 통해 알아보기 위하여 NSMM을 사용하여  $S_{11}$ 을 측정을 통해 알아보았다. 그림 4는 전류-전압특성 곡선을 측정하면서 전압이 0 V, 5 V, 15 V, 20 V일 때의 각각의 전압에서 얻은 반사계수 ( $S_{11}$ ) 값을 나타낸 그래프이다.  $S_{11}$ 은  $V^+ / V^-$ 으로 나타내며, 인가한 입력전압에 출력전압의 비로 나타낸다. 인가한 입력신호가 소자의 음극에 반사되어 다시 입력된 단자로 들어가는 비율을 나타낸다. 전압이 증가함에 따라 반사계수 값이 증가되

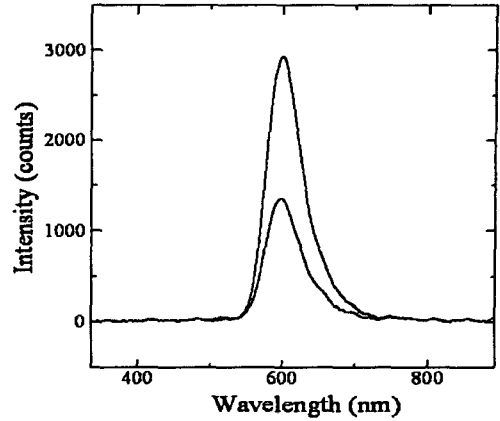


그림 5. 인가전압이 15V, 20V일 때의 EL측정.

었음을 관측하였다. 이는 소자에 인가한 전압이 증가할수록 소자의 음극표면에서의 입력된 마이크로웨이브 신호가 출력신호로 나오는 양이 많아짐을 나타낸다. 음극표면의 전도성이 낮아지면서 이에 따라 전기전도도가 향상됨을 나타낸다. 그림 4에서 알 수 있듯이  $S_{11}$ 값의 차이가 15 V에서 20 V로 증가함에 따라 전기전도도가 더욱 향상됨을 관측할 수 있다. 이는 그림 3의 전류-전압특성 곡선에서의 전기전도도의 향상과 일치한다. 그림 5는 15 V와 20 V일 때의 EL측정값이다. 전압이 증가함에 따라 intensity가 증가함을 관측할 수 있다. 이는 전압이 증가함에 따라 전기 전도도가 좋아지며, 발광층인 Alq<sub>3</sub>층에서 더 많은 정공과 홀이 결합을 통해 exciton을 형성하고, exciton의 발광 재결합(radiative recombination)을 함으로써 EL이 더욱 향상됨을 볼

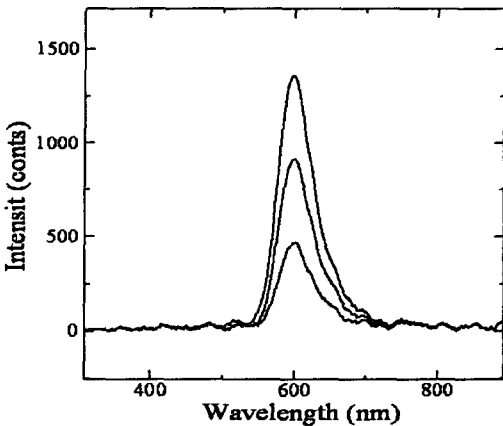


그림 6. 15 V일 때 시간에 따른 EL의 변화.

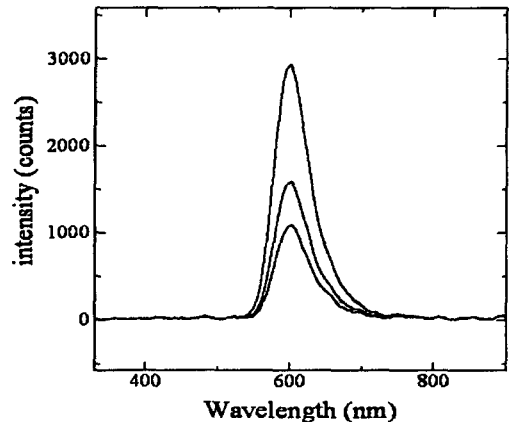


그림 7. 20 V일 때 시간에 따른 EL의 변화.

수 있었다. 시간에 따른 EL의 변화 정도를 확인하기 위해서 각각 15 V일 때와 20 V일 때의 시간에 따른 EL을 측정했다. 그림 6 은 15 V일 때의 EL의 시간에 따른 변화를 측정한 것으로 30분 간격으로 측정을 실시하여 얻은 것으로 전압을 처음 가했을 때에 1359.44의 intensity를 가졌으며, 30분 후 914.919, 측정 시작 1시간 후 469.965로 intensity가 감소함을 보였다. 그림 7 은 20 V일 때의 EL의 시간에 따른 변화를 측정한 것으로 동일하게 30분 간격으로 EL을 측정하였다. 그림 6 과 동일하게 전압을 가했을 때 2931.33의 intensity를 보였으며, 30분 후 측정 시 1584.39, 1시간 후에는 1090.4의 intensity를 보이며 감소하였다. 일정한 전압을 가하여 시간에 따른 EL 측정을 통해 소자의 EL이 감소하는 것으로 전기전도도가 나빠짐을 알 수 있었다. 소자에 dark spot이 생성되고 있음을 관찰 할 수 있었으며, 현재까지 이러한 dark spot 형성에 대한 여러 가지 원인이 보고되고 있다. 그 종류에는 전기적 단락에 의한 국소적 발열, 전극의 산화, 유기물 층간의 분리 유기물/전극에서의 전기 화학적 반응, 국소적인 유기물의 용해, pinhole, 수분의 흡착에 의한 소자의 분해 등이 있다.[13~17]

#### 4. 결론

유기 발광소자는 차세대 디스플레이의 분야에서, 고휘도, 저전력소비, 선명한 색순도, 저비용, 대형화의 장점으로 인해, 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 다양한 인가전압에 따른 전류-전압특성 곡선과 NSMM을 통한  $S_{11}$ 의 측정으로 전압에 따라 전도도의 변화를 관측하였다. 각각의 전압값에 비례하게 소자의 저항값이 감소함을 관측하여 전기 전도도가 향상되는 것을 보았으며, 전압에 따른 EL을 측정을 통해 intensity가 좋아짐을 알 수 있었다. 15 V일 때와 20 V일 때의 시간에 따른 EL의 변화를 통해 전기전도도가 나빠짐을 알 수 있었으며, 전기전도도에 영향을 미치는 비발광영역인 dark spot의 생성을 관측 할 수 있었다.

#### 5. 감사의 글

본 논문은 2002년 한국학술진흥 재단의 지원에 의하여 연구되었음. KRF-2002-015-CS0018

#### 참 고 문 헌

[1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987).  
 [2] L. Ke, S. Jin, K. Zhang, P. Chen, Appl. Phys. Lett. 80, 171 (2002).

[3] W. Wang, S. Fang L. Soo, J. Chua, Appl. Phys. Lett, 91, 5712 (2002).  
 [4] Y. F. Liew, H. Aziz, N. X. Hu, G. Xu, Z. Popovic, Appl. Phys. Lett. 77, 2650 (2000).  
 [5] L. S. Liao, J. He, Zhou, M. Lu, Z. H. Xiong, Z. B. Deng, S. T. Lee, J. Appl. Phys 88, 2386 (2000).  
 [6] H. Aziz, Z. popovic, C. P. Tripp, N. X. Hu, G. Xu, Appl. Phys. Lett 72, 2642 (1998).  
 [7] J. Kim, S. Hong, W. Park, K. Lee, Sae Mulli(The Korean Physical Society) Vol42. Num6, 281 (2001).  
 [8] S. Hong J. Kim, W Park, and K. Lee, Appl. Phys, Lett. 80. 524 (2002).  
 [9] J. Kim, K. Lee, B. Friedman, and D. Cha. Appl. Phys. Letts. 83, 1032 (2003).  
 [10] J. Kim, M.Kim, H. Kim, D. Song, K. Lee, and B. Friedman. Appl. Phys. Letts. 83, 1026-1028(2003).  
 [11] M.Kim, S.Kim, J. Kim, K. Lee, J. Kim, J. Lee Rev. Sci. Instrum. 74, 3675-3678 (2003).  
 [12] M.Kim, K. Lee Rev. Sci. Instrum. (2003).  
 [13] Lin Ke, Soo-Jin, Keran Zhang, Peng Chen Appl. Phys. Lett. 80, 171(2002)  
 [14] Wei Wang, Shuang Fang Lim, Soo Jin Chua Appl. Phys. Lett, 91, 5712(2002)  
 [15] Yoon-Fei Liew, Hardy Aziz, Nan-Xing Hu, Gu-Xu, Zoran Popovic Appl.Phys. Lett. 77, 2650(2000)  
 [16] L. s. Liao, J. He, Zhou, M. Lu, Z. H. Xiong, Z. B. Deng, S. T. Lee J. Appl. Phys 88, 2386(2000)  
 [17] Hany Aziz, Zorzn popovic, Carl P. Tripp, Nan-Xing Hu, Gu Xu, Appl. Phys, Lett 72, 2642(1998)