

마이크로파 근접장 현미경을 이용한 유기 발광소자내 dark spot 연구

윤순일, 유현준, 박미화, 김송희, 이기진
서강대학교

Investigation of dark spots in organic light emitting diodes by using a near-field scanning microwave microscope

(Soonil Yun, Hyunjun Yoo, Mihwa park, Songhui Kim, Kiejin Lee)
Seokang Univ.

Abstract

We report the dark spots in organic light emitting diodes by using a near-field scanning microwave microscope. Devices structure was glass / indium-tin-oxide(ITO) / copper-phthalocyanine(Cu-Pc) / tris-(8-hydroquinoline)aluminum(Alq3) / aluminum(Al). We made artificial dark spots by using a etching technique on a ITO substrate. Near-field scanning microwave microscope images and reflective coefficient of dark spots were measured and compared by the change of various applied voltage changes 0-15V.

Key words : OLEDs, near-field scanning microwave microscope(NSMM), dark spot, S_{11} (reflection coefficient)

1. 서 론

유기발광소자(organic light emitting diodes)는 1960 년대에 연구가 시작되어, 1987년에 미국 Eastman Kodak의 Tang에 의해 유기 EL의 휘도에 관한 논문이 발표된 이래로 디스플레이의 응용가능성 때문에 본격적으로 연구되기 시작하였다. 유기 EL소자는 유기물의 합성경로에 따라서 청색 발광이 용이하며, 컬러화도 가능하다. 저소비전력, 고휘도가 실현됨에 따라서, 유기 EL의 상용화에도 박차를 가하고 있다. 차세대 디스플레이로 각광받고 있는 유기 EL은 소자의 특성상 온도와 수분에 매우 취약한 성질을 갖고 있어 lifetime의 불안정성, 비발광영역(dark spot) 형성으로 인해 실제적인 디스플레이의 구현에 많은 문제점을 갖고 있다. 현재까지 계면간 전기적 단락에 의한 층간분리, 국소적 발열, pinhole에 의한 수분의 흡착, gas의 팽창등 여러 가지 dark spot의 원인과 형성 메커니즘들이 보고되고 있다.[1~5]

본 실험에서는 dark spot이 소자의 전기적 특성 변

화에 따른 영향을 관측하기 위하여, 비파괴, 비접촉 방식의 근접장 마이크로파 현미경 (near-field microwave microscope : NSMM)를 이용하였다.

SEM(scanning electron microscope)이나, 전자의 양자적 터널링을 이용한 STM(scanning tunneling microscope)등은 시료의 미세표면구조 관찰에 이용되고있지만, sample의 전자기적 구조를 분석할수 없다는 단점을 가지고 있다. 그러나 마이크로파에서 밀리미터파를 이용한 NSMM은 도체, 반도체, 유기물과 생물학적 시료까지 표면의 미세구조뿐만 아니라 주파수 특성에 따라서 시료의 전자기적 구조 이미징까지 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다.[6~7]

본 연구에서는 dark spot의 형성 메커니즘을 규명하기 위해 NSMM 관측을 통하여 dark spot의 구조적 및 전기적 특성을 연구하였다.

2. 실험 방법

ITO($20\text{\AA}/\text{cm}^2$)가 coating 된 glass 기판을 ITO etching액을 이용하여 부분적으로 식각여 dark spot

을 만들었다. 에칭된 ITO기판은 아세톤, 알콜, 중성 세제로 각각 5분씩 초음파 세척기를 사용하여 세척한 후 질소 gas로 기판을 건조시킨후 UV light의 순서로 cleaning하였다.

각층의 유기물 박막은 $\sim 10^{-6}$ Torr의 진공도에서 0.5~0.7 A/sec의 비율로 thermal evaporation의 방법을 이용하여 박막을 제작하였다. 음극은 일함수가 4.3 eV인 Al을 사용하였고 크기가 $2 \times 20 \text{ mm}^2$ 로 패터닝된 마스크를 이용하여 증착하였다. 증착한 층의 두께와 증착 속도는 진동 수정 결정판이 연결된 모니터 (TM 100-Maxtek)를 통해 조절하였다.

그림 1은 dark spot를 형성시킨 소자의 단면 구조를 나타내고 있다. 그림 2는 근접장 마이크로파 현미경의 실험 장치도이다. NSMM은 금속탐침과 연결된 공진기에 들어가는 입력과 출력 마이크로파의 신호를 읽는 방식이며 실험에 사용된 탐침 끝단의 곡률반경은 7~70 μm 정도로 조절하였다. 사용된 NSMM의 공진기는 동축선(coaxial) 공진기를 사용하였다. 동축선 공진기 현미경의 분해능은 tip 끝단의 곡률반경에 의해 결정되므로, 곡률반경을 줄이기 위해 화학식각 방법을 이용하였다. 식각용액은 KOH를 무게비로 10%농인 용액을 사용하였다. 공진기에는 1~1.5 GHz의 안정화된 마이크로파 소스를 연결하였고 공진기에서 나오는 마이크로파는 power meter (HP437B)를 통해 신호의 세기를 측정하였다.

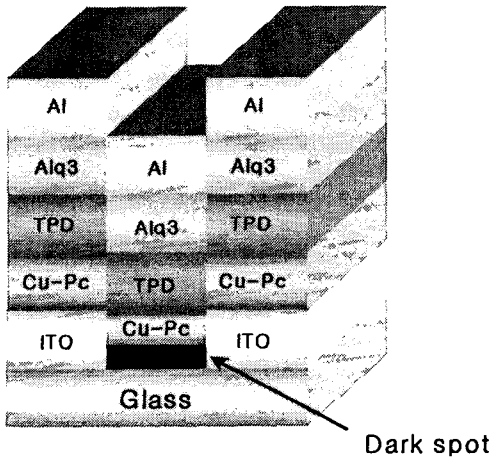


그림 1. 실험에 사용된 소자의 구조.

Fig 1. Typical device structure used in this work.

금속탐침과 시료와의 거리는 1 μm 이내에서 실험을 해야하기 때문에 금속탐침의 끝단이 시료에 닿아 손상되는 것을 막기위해 일정한 거리를 유지 하면서 실험을 하였다. 금속탐침을 고정시키고 제작한 홀더에 sample을 붙여 컴퓨터로 제어되는 X-Y-Z 모터 스테이지로 시료를 측정하였다. 제작된 OLED에는 0 V~15 V까지의 전압을 인가시키면서, sample의 전기적 image를 얻었고, 10 V의 전압인가 후 시간에 따른 근접장 image를 얻었다. Network Analyzer(Aglient 8753SE)를 이용하여 시료 표면의 반사계수 및 임피던스를 측정하였다.

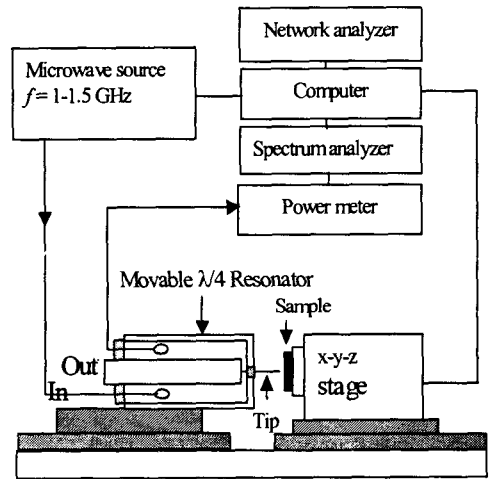
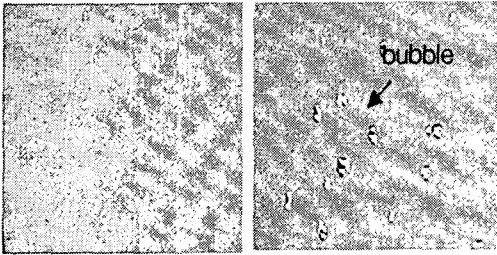


그림 2. 마이크로파 근접장 현미경 실험 장치도.

Fig 2. Schematic of near-field diagram scanning microwave microscope.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 광학현미경을 이용하여 dark spot을 관측한 사진이다. ITO가 제거된 부근이 주위보다 낮은 표면의 높이를 갖는 것을 볼 수 있다. 그림 4는 network analyzer를 이용하여 각시료 표면의 반사계수를 측정된 결과이다. 그림 3의 (a)와 (b) 부분의 반사계 수를 측정하였다. Al박막부분은 반사계수 값이 가장 작게 나타났으며, dark spot에서는 저항임피던스 값이 크게 나타난 것을 관측하였다. 서로 다른 물질의 층으로 이루어진 spot부근의 NSMM image를 그림 5에 나타내었다. OLED에 0 V, 7 V, 13 V로 각각 전압을 증가했을때 spot부근의 NSMM image를 보여주고 있다.



(a) With bubble (b) bubble

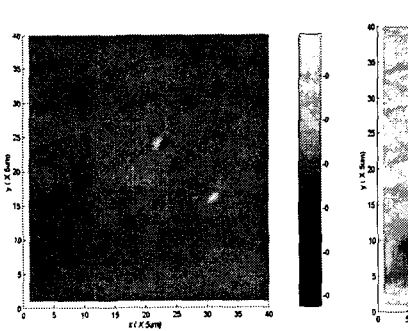
그림 3.a)전압을 인가하지않은 OLED의 광학이미지.

b) 전압을 인가한 후 OLED의 광학이미지.

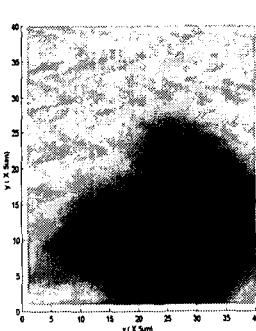
Fig 3. a)Optical image without applying voltages.

b)Optical image with applying voltages

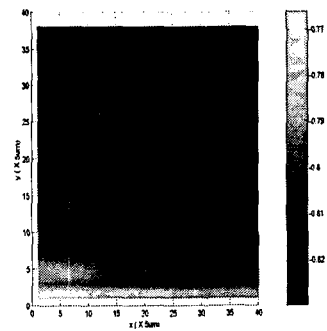
팁과 샘플 사이에 약 $0.5 \mu\text{m}$ 간격을 두고 사각형의 영역에 대해 이미지 특성을 NSMM 0V의 image에서 볼수 있듯이 같은 전기 전도도를 갖는 Al은 sample의 높이에 상관없이 NSMM image에서 같은 전기적특성을 보여주었다. 7V의 전압을 인가한 후 얻은 NSMM image에 dark spot부근이 검게 변화되는 것을 볼 수 있다. 그림 5(c)와 같이 NSMM image에서 검게나타나는 부근은 저항 임피던스값이 큰 부분으로 부도체같은 전기 전도도 특성을 갖는다. 전압을 인가한 후 dark spot 부분의 저항 임피던스 값이 다른 부분에 비해 큰 값을 나타나게 되는 것을 알수 있다. 13 V의 전압이 인가된 소자에서는 sample 전체부분의 저항 임피던스 값이 커짐을 관측할 수 있다. 이는 시간변화에 따른 유기소자의 발광



(a) Stress 0 V



(b) Stress 7 V



(c)Stress 15 V

그림 5. 전압에 따른 NSMM의 3차원 이미지 Fig 5. NSMM Images of various applied voltages

특성이 사라지고 소자의 전기 전도도가 떨어지는 것을 의미한다.

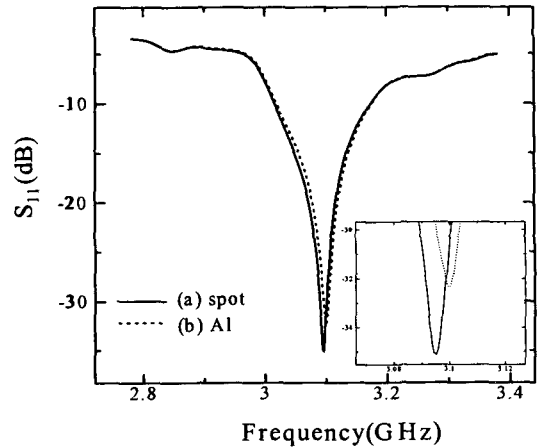


그림 4. 유기 발광 소자내의 반사계수 S_{11} (a) Al, (b) dark spot.

Fig 4. Measured reflection coefficient S_{11} of (a) Al, and (b) dark spot in OLEDs.

그 이유는 시간이 지나면서 dark spot주위의 높은 전류밀도에 의한 발열현상으로 dark spot을 중심으로 gas가 팽창되어 층간 분리에 의해 전기전도도가 떨어지며 그 범위가 점점 확대되어지는 매커니즘으로 이해할수 있다.

그림 6은 결합이 없는 OLED소자의 발광영역에서 10V의 전압인가후 그 이유는 시간변화에 따른 NSMM image를 나타내었다. (a)에서 볼 수 있듯이

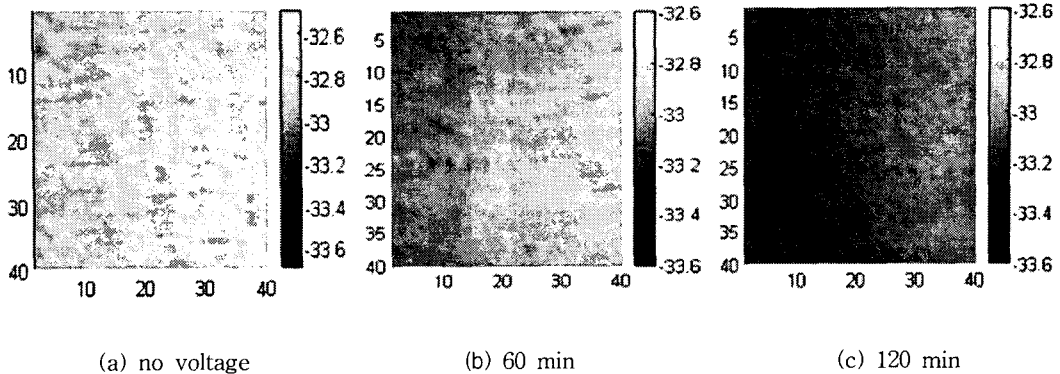


그림 6. 전압인가 시간에 따른 NSMM의 이미지 (전압=10V)

Fig 6. NSMM Images of OLED dependence on time variation at an applied voltage $V=10V$

전압이 인가되지 않은 소자의 NSMM image에서는 낮은 저항임피던스 값을 보여 발광영역전체의 전기전도도가 높은 값을 나타내었다. (b),(c)에서는 시간의 경과에 따라 소자의 임피던스값이 높아지면서 발광특성과 전기전도도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 시간의 경과에 따른 소자의 효율이 떨어지는 것을 NSMM image변화를 통해서 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 부분적으로 ITO를 제거해 인위적으로 dark spot을 만들어 인가 전압을 변화시키면서 근접장 마이크로파 현미경을 통하여 dark spot의 전기적 특성을 관찰하였다. 높은 전압이 인가되면서 시간이 지남에 따라 소자의 dark spot의 영역이 커짐을 관찰할 수 있었다. 10V의 전압을 가한후 시간에 따른 소자의 NSMM image변화를 통하여 시간경과에 따른 소자의 전기전도도를 관찰할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2002년 한국학술진흥 재단의 지원에 의하여 연구 되었음. (KRF-2002-015-CS0018)

참고 문헌

[1] L. Ke, S. Jin, K. Zhang, P. Chen, Appl. Phys. Lett. 80, 171 (2002).

- [2] W. Wang, S. Fang L. Soo, J. Chua, Appl. Phys. Lett, 91, 5712 (2002).
- [3] Y. F. Liew, H. Aziz, N. X. Hu, G. Xu, Z. Popovic, Appl. Phys. Lett. 77, 2650 (2000).
- [4] L. S. Liao, J. He, Zhou, M. Lu, Z. H. Xiong, Z. B. Deng, S. T. Lee, J. Appl. Phys 88, 2386 (2000).
- [5] H. Aziz, Z. popovic, C. P. Tripp, N. X. Hu, G. Xu, Appl. Phys. Lett 72, 2642 (1998).
- [6] J. Kim, M. Kim, H. Kim, D. Song, B. Fridman, K. Lee, Appl, Phys, Lett. 83. 1026 (2003)
- [7] S. Hong J. Kim, W Park, and K. Lee, Appl. Phys, Lett. 80. 524 (2002).