전면 발광 OLED의 전기 광학적 특성

신은철, 안희철, 한원근, 장경욱*, 최성재*, 이호식**, 송민종***, 김태완
홍익대학교, *경원대학교, **동신대학교, ***광주보건대학

Electrical and Optical Characteristics of Top-emission OLED

Eun-Chul Shin, Hui-Chul Ahn, Kyung-Uk Jang*, Seong-Jae Choi*, Ho-Sik Lee**, Min-Jong Song***, Tae Wan Kim.
Hongik Univ, *Kyungwon Univ. **Dongshin Univ. ***Kwangju Health College.

Abstract : 본 연구에서는 전면 유기 발광소자(TE-OLED)를 제작하여 전기 광학적 특성을 연구하였다. 전면 발광 OLED의 투명 전극으로 사용된 Al과 Ag의 박막 두께에 따른 투과율과 면저항값은 다음과 같이 나타났다. 파장 520nm의 기준으로 Al금속 박막의 두께가 10nm 이하여야 50% 투과율을 보였고, 반면 Ag는 25nm 이하로 나타났다. 면저항값은 박막두께 20nm 기준으로 Al은 약 40Ω/□, Ag는 10Ω/□ 이하로 나타났다. 전면발광 방식의 시야각에 따른 빛의 세기는 cos 60° 일 때 0.1로, TE-OLED는 시야각이 증가하였을 때 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다. TE-OLED의 시야각의 증가에 따른 EL-peak 또한 약 520nm의 파장대에서 약 500nm으로 변화하였다. 전면 발광 방식의 반폭치(FWHM)는 배면 발광 방식 보다 약 32nm정도 좁게 나타났다.

KeyWords : TE-OLED, Top emission, OLED

1. 서 론

차세대 디스플레이인 유기발광소자(OLEDs)는 타 디스플레이보다 저전력, 두께, 밝기, 응답속도, 고해상도 제작 등의 많은 장점이 있으며, 특히 플렉시블 디스플레이 제작에 적합하다.

유기발광소자의 발광방식은 배면발광방식과 전면발광방식의 두 가지로 나뉘는데, 배면발광방식은 기판 아래로 빛을 내보내는 방식이다. 빛이 TFT 회로의 영향을 받아 개구율이 제한적이며, 일정 이상의 휘도를 낼 때 그에 따른 에너지가 더 소모되어 소자가 수명이 감소된다. 반면에 전면발광방식은 기판의 반대 방향으로 빛을 내보내기 때문에 각 픽셀 당 TFT의 회로의 개수가 증가하여도 영향을 받지 않아, 개구율에 전혀 영향을 주지 않는 장점이 있다. 이에 따른 마이크로 디스플레이를 구현할 수 있고, 높은 해상도를 갖는 디스플레이를 제작할 수 있다.

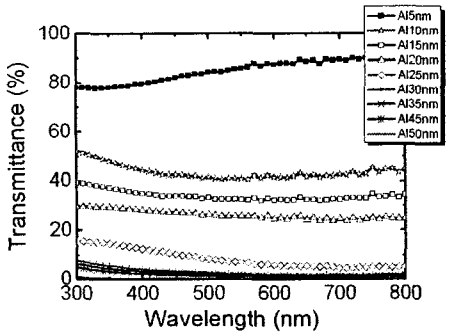
전면발광방식의 기판은 반사형 양극(anode)을 형성하여 가시광선 영역의 빛을 반사시키며, 음극(cathode) 방향으로 빛을 내보내기 위해서 전극이 투명해야 한다. 그러나 금속의 박막 두께를 얇게 할수록 투과도는 높으나 면저항이 높아져 부도체에 가까워진다. 반대로 금속의 박막 두께를 두껍게 할수록 면저항 값이 줄어들어 도체의 성질로 나타나지만 투과도는 낮아지는 특성을 갖고 있다. 투명 전극은 투명하면서 전도성이 높은 재료가 필요하지만 이러한 특성을 만족시키는 음극의 개발이 어렵기 때문에 유기물 위에 ITO 등을 스퍼터링으로 증착시키는 방법이 있으나, 이 방법 또한 유기 박막을 손상시켜, 효율 및 수명을 저하시킨다. 이러한 점을 해결하기 위해서 열증착으로 Ca/Ag, Mg:Ag, LiF/Al/Ag등과 같은 구조로 제작한다. 그러나 적절한 박막 두께를 찾는 연구가 진행중에 있다. 본 연구에서는 TE-OLED의 Al과 Ag의 투과도와 면저항에 따른 적절한 박막 두께에 관하여 연구를 진행하였고, TE-OLED의 전기적 · 광학적 특성을 분석하였다.

2. 실 험

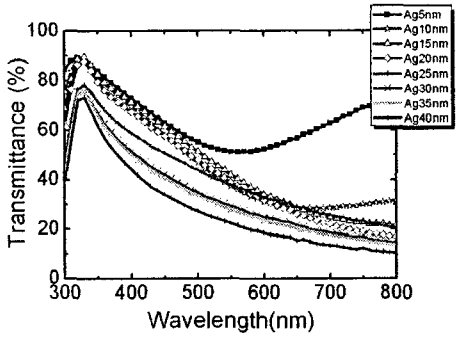
유리 기판에 Al, Ag의 금속 박막을 13mm×13mm의 넓이로 유리 기판에 증착시키고, 각각 두께의 변화에 따라 증착시켰다. Al과 Ag의 금속 박막의 증착시 압력은 5×10^{-6} torr였으며, 증착 속도는 1Å/s으로 유지시켰다. 알파 스텝을 이용하여 박막의 두께를 보정하고, 증착된 박막의 투과도를 보기 위해서 Agilent 8453 UV-Visible Spectrophotometer를 이용하였고, 면저항은 CMT-SR1000를 이용하여 측정하였다. 전면 유기 발광 소자 Al(100nm)/2-TNATA(10nm)/TPD(30nm)/Alq_3(60nm)/LiF(0.5nm)/Al(1.5nm)/Ag(30nm)를 제작하여 소자의 전압-전류 특성은 Keithley 236(source-measure unit)과 Keithley 617(electrometer)을 이용하여 측정하였고, 시야각에 따른 빛의 세기는 OCEAN OPTICS USB 2000 Spectrometer로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

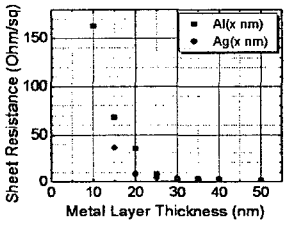
그림 1(a)의 Al박막 두께가 높아짐에 따라 투과도는 낮아지는 것을 보였고 그림 1(c)에 나타난 결과와 같이 두께가 높아짐에 따라 면저항 값은 낮아지는 것을 알 수 있었다. Al의 박막 두께가 약 10nm 이하가 되어야 50% 이상의 투과율을 보였다. 그림 1(b)는 Ag의 박막 두께 가 25nm이하일 때 520nm 파장 부근에서 투과율이 약 50%로 나타났다. 그림 1(c)의 Al은 박막 두께가 약 25nm 이상이 되어야 하며 Ag의 경우 20nm 이상이 되어야 10Ω/□ 이하의 면저항 값을 얻을 수 있다. 따라서 TE-OLED 소자의 투명 전극을 제작할 때 Ag의 박막 두께는 20nm로 제작가능하다. 그림 2(a)의 전면 발광 방식의 시야각의 따른 빛의



(a) Al 금속의 파장에 따른 투과도



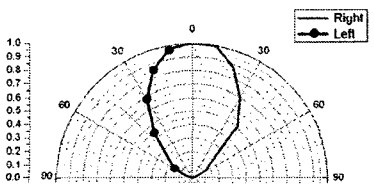
(b) Ag 금속의 파장에 따른 투과도



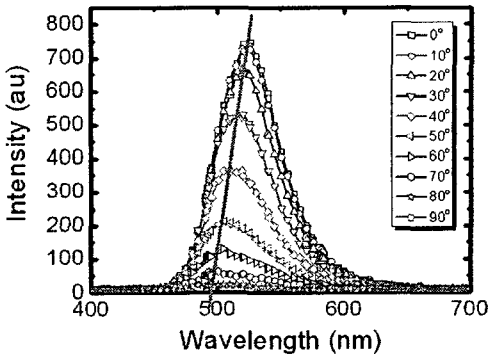
(c) Al과 Ag의 박막 두께에 변화에 따른 면저항

그림 1. Al, Ag의 박막 두께에 따른 투과도와 면저항.

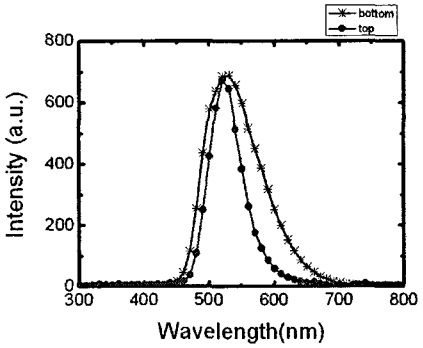
세기를 나타내었다. cos 60° 일 때 0.1로 배면 발광 방식의 cosθ° 함수에 따른 빛의 감소 보다 낮은 특성을 갖는다. 그림 2(b)는 시야각에 따른 EL peak의 변화이다. 시야각의 증가에 따라 EL peak가 약 522nm에서 약 499nm로 변화를 보였다. 그림 2(c)는 bottom과 top방식의 EL 스펙트럼을 중첩하여 비교하였다. bottom 방식의 반폭치는 83.19nm로 측정되었고, top 방식의 반폭치는 51.07nm로 측정되었다. 두 방식의 차이는 32.12nm로 top 방식이 좁게 타나났다. 이는 색의 순도가 top 방식이 높게 타나났다는 의미를 갖는다.



(a) 시야각에 따른 빛의 세기



(b) 시야각에 따른 EL peak의 변화



(c) 배면발광과 전면발광의 EL 스펙트럼

그림 2. 전면 발광 방식의 특성

4. 결 론

투과율 50% 이상을 얻으려면 Al의 박막두께는 10nm이하 Ag는 25nm이하로 나타났다. 면저항 값을 약 10Ω/□ 이하로 나타내려면 Al의 박막두께는 약 25nm 이상, Ag의 경우는 20nm 이상으로 나타났다. 전면 발광 방식의 서야각에 따른 빛의 세기는 배면 발광 방식보다 낮게 나타났으며, EL peak가 microcavity의 영향으로 인하여 23.1nm로 blue shift함을 보였다. EL 스펙트럼 비교한 결과 배면 발광방식보다 전면 발광 방식의 반치폭이 줄어드는 것을 보아 색의 순도가 높게 나타냈다는 의미를 갖는다. 이에 따른 전면 발광 방식의 투명전극과 시야각에 따른 빛의 세기와 스펙트럼의 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] R. B. Prode, C. J. Lee, D. G. Moon, and J. I. Han, Appl. Phys. Lett., Vol. 84, p. 4614, 2004.

[2] S. Han, X. Feng, Z. H. Lu, Johnson and R. Wood, Appl. Phys. Lett., Vol. 82, p. 2715, 2003.

[3] B. J. Chen, X. W. Sun, and S. C. Tan, Optics Express., Vol. 13, p. 937, 2005.