

적색 유기발광소자의 휘도향상을 위한 Dielectric layer 설계 및 제작에 관한 연구

| |
|---------|
| 논 문 |
| 59-5-12 |

The Study on Dielectric layer Design and Manufactor for Luminance Improvement of Red Organic Light Emitting Device

기현철[†] · 김선훈* · 김두근** · 김상기*** · 정행윤[§] · 최용성^{§§} · 홍경진^{§§§}

(Hyun-Chul Ki · Seon-Hoon Kim · Doo-Gun Kim · Sang-Gi Kim · Young-Sung Choi · Kyung-Jin Hong)

Abstract - We have proposed an dielectric layer to improve the luminance of red organic light emitting device. Here, we have calculated refractive index of dielectric layer material that was revised refractive index of organic material, ITO and glass. Refractive index of dielectric layer material was 1.711. The structure of dielectric layer was designed in organic material/ITO/dielectric layer/glass. Dielectric material changed thickness that deposited by ion-assisted deposition system. Transmittances of ITO were 95.66-98.85 [%]. Red OLED was fabricated with the structure of TPD(400 [Å])/DCMIII(20 [Å]), Rubrene(20 [Å])/Alq3(500 [Å])/LiF(15[Å])/Al(1,000 [Å]). Turn-on voltage and Luminance of Red OLED were 10 [V] and 5,857 cd/m².

Key Words : Dielectric layer, Red OLED, Luminance, Ion-deposition

1. 서 론

현재 정보화가 급격히 발달함에 따라 전자기기의 정보표시 장치로서 평면 디스플레이의 필요성 및 중요성이 부각되고 있다. 이러한 평면 디스플레이에는 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD), 유기발광소자(Organic Light Emitting Device, OLED), 플라즈마 디스플레이(Plasma Display Panel, PDP), 전계방출 디스플레이(Field Emission Display, FED), 전기발광 디스플레이 등이 있다.

유기발광소자의 효율을 높이기 위해서 발광재료의 개발이나 전자-정공의 원활한 공급을 위한 다층 구조연구와 내부에서 생성된 빛을 소자의 외부로 추출하는 외부발광효율을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 유기발광소자에서 외부로 추출되지 못하고 내부에 갇히게 되는 빛들은 유리기관과 공기층의 굴절률 차이로 인해 발생하는 전반사 모드와 높은 굴절률을 가지는 ITO-유기물 층을 따라 진행하는 도파모드가 있다[1]. 유기발광소자 내부에 갇혀서 외부로 나오지 못하는 빛들을 외부로 추출해 내기 위하여 다양한 연구결과가

발표되고 있다. 유기기관-공기 층 경계 면에서의 전반사를 줄이기 위해서 유리기관 위에 마이크로 렌즈를 형성하는 방법이 연구 되어 왔다[2,3]. 또한, 최근에는 광학설계를 이용하여 유기발광소자의 발광효율 특성을 조절할 수 있는 수준까지 개발 되었다. 이러한 것은 유기발광소자의 분광특성 뿐만 아니라 외부 발광효율이 각 층의 두께와 같은 유기발광소자의 구조에 따라 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다. 그리고 일반적인 유기발광소자의 발광효율은 내부발광효율이 51 %, 외부발광효율이 17.5%로써 나머지 31.5%는 유리(Glass) 옆면으로 산란된다. Glass 옆면으로 산란을 방지함으로써 유기발광소자의 발광효율을 향상시킬 수 있다. Glass 옆면으로 산란되는 빛을 방지하는 방법으로 주로 극소의 구멍(Micro-cavity) 와 광학 결정체(Photonic crystal) 구조를 사용하나 공정이 복잡하고 수율도 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 광학박막인 Dielectric layer를 이용하여 유기물, ITO, 그리고 Glass면의 굴절률 차이를 보정함으로써 외부 발광효율을 향상시키는 방법으로, 유기물/dielectric layer/Glass 구조를 이용하여, 유기발광소자의 휘도 향상을 시킴으로써 발광효율 향상의 효과를 연구하였다.

2. 실 험

2.1 Dielectric layer 물질 선정 및 설계

본 연구에서는 dielectric layer를 설계하기 전에 물질을 선정하기 위하여 광학박막에의 반사율을 계산하는 식 (1)을 이용하여 dielectric layer을 물질을 선정하였다.

$$R = \frac{(n_0 - n_1^2 \times n_3 / n_2^2)^2}{(n_0 + n_1^2 \times n_3 / n_2^2)^2} \quad (1)$$

† 교신저자, 정회원 : 한국광기술원 광융합시스템 연구센터
선임연구원 · 공박

E-mail : emblemdo@kopti.re.kr

* 정 회원 : 한국광기술원 광융합시스템 연구센터 선임연구원

** 정 회원 : 한국광기술원 광융합시스템 연구센터 선임연구원 · 공박

*** 비 회원 : (주)링크라인아이엔씨, 대표이사

§ 비 회원 : 광주대학교 대학원 전자광통신공학과 재학

§§ 시니어회원 : 동신대학교 공대 전기공학과 교수 · 공박

§§§ 정 회원 : 광주대학교 교수 · 공박

접수일자 : 2010년 3월 19일

최종완료 : 2010년 4월 8일

여기서 n_0 은 유기물, n_1 은 ITO, n_2 는 dielectric layer 그리고 n_3 은 glass의 굴절률이다. 각각의 굴절률을 식 (1)에 대입하여 계산한 결과 dielectric layer의 굴절률은 1.74이다. 이러한 굴절률을 나타내는 물질로는 Al_2O_3 와 TiO_2 이다. 본 연구에서는 투과영역이 400~3,000 nm이며 기계적 내구성이 높으며 광학박막으로 많이 사용되고 있는 TiO_2 물질을 선정하였다[4].

Dielectric layer로 선정되는 물질의 굴절률을 Ellipsometer를 이용하여 측정하였고, 측정된 굴절률 값을 광학박막 설계 프로그램인 Macleod simulator를 입력하여 적색광장영역인 610 nm을 기준파장으로 하여 설계하였다. 그림 1은 dielectric layer 물질로 사용 한 TiO_2 의 굴절률 값이다.

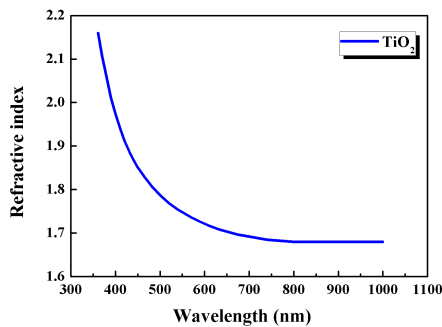
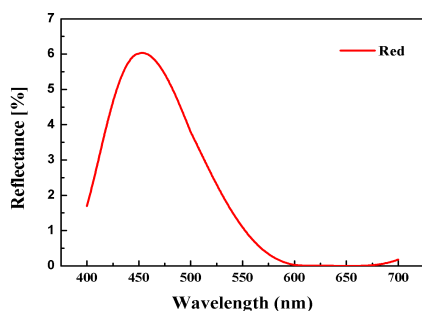


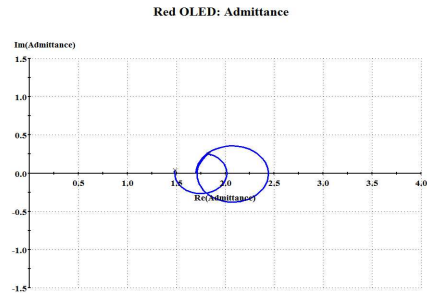
그림 1 Dielectric layer 물질의 굴절률
Fig. 1 Index of dielectric layer material.

Macleod simulator를 이용하여 dielectric layer와 ITO의 최적의 두께는 각각 122.56 nm, 168.93 nm 값을 얻었다. 그림 2는 dielectric layer의 simulation한 결과 값과 설계한 dielectric layer의 광학적 분석을 위하여 어드미턴스 (Admittance) 그림을 이용하였다. 어드미턴스 그림은 박막의 광학 두께가 증가함에 따라 박막의 어드미턴스 변화를 복소수 평면 위에 나타낸 것으로 기판위에서 성장하는 박막의 반사율 증가, 감소와 위상변화 등을 나타낸다[5]. 또한, 어드미턴스를 분석함에 따라 설계된 박막의 반사율을 알 수 있다.

그림 2의 (b)을 보면 유기물 굴절률인 (1.7, 0)에서 시작하여, ITO와 TiO_2 박막에 의해서 Glass의 굴절률인 (1.5, 0) 지점을 도달함에 따라 설계된 dielectric layer가 무반사 박막임을 확인할 수 있었다



(a) Dielectric layer 설계 값



(b) Dielectric layer의 어드미턴스

그림 2 Dielectric layer의 설계

Fig. 2 Simulation of dielectric layer

2.2. Dielectric layer 증착 및 적색 유기발광소자 제작

Dielectric layer 증착은 이온빔 보조증착(Ion-assisted deposition : OTFC-1100, (주)Opto-run, 일본)을 이용하였다. 증착조건은 챔버 내부온도를 150 °C로 유지하였으며, 증착속도는 4Å/sec 증착하였다. 그리고 이온빔의 이온은 Ar 과 O2를 사용하였으며, 이온량은 각각 50 scm, 10 scm 을 흘려주었다. 이온빔 보조증착은 내구성이 높고 외부 환경의 변화에 강한 고품질의 박막을 증착할 수 있다[6]. 또한, 산소 반응 이온을 사용하면 조밀도를 증가시키고 화학반응을 촉진시키므로 원소 조성비가 증가하여 빛의 흡수가 적은 박막을 증착할 수 있다[7].

본 연구에서는 dielectric layer를 사용하여 적색유기발광소자의 휘도 향상을 위하여 유기발광소자를 제작하였다. 적색 유기발광소자를 제작하기 위하여 기판의 크기는 60×60 mm로 제작하였으며, ITO 패턴 제작은 염산(HCl) : 탈 이온수(D.I)가 1:1로 혼합된 용액에서 20분간 실시하였고, 감광제를 제거하기 위하여 유기물 제거제인 EKC 830으로 5분 동안 Boiling을 실시하였다.

유기발광소자의 구조는 TPD(400 Å)/DCMII(20 Å)/Rubrene(20 Å)/Alq3(500 Å)/LiF(15 Å)/Al(1000 Å)의 구조인 유기발광소자를 제작하였다. 각각의 유기물은 열증착 방법 (Thermal evaporator)인 OLED system(JBS International Korea)장비를 이용하여 진공 증착하였으며, 진공도는 3×10⁻⁶ torr이고 증착율은 0.8~ 2 Å/s로 증착하였다. 제작되어진 녹색유기발광소자의 전기 및 광학적 특성은 IVL300 system(JBS International Korea)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

Dielectric layer를 적용한 적색 유기발광소자와 적용하지 않은 유기발광소자의 전압-전류, 전압-휘도의 특성을 그림 3과 그림 4에 나타냈다. 제작되어진 적색유기발광소자의 초기 동작전압 10 V로써, dielectric layer는 유기발광소자의 동작전압에 영향을 주지 않는 것을 확인하였다.

그림 4는 전압-휘도 특성을 나타낸다. Dielectric layer를 적용한 적색유기발광소자는 인가전압이 14.5 V에서 5.857 cd/m² 으로 적용하지 않은 유기발광소자의 휘도보다 1.6배 향상된 휘도 특성을 나타냈었다. 휘도 향상은 dielectric layer 박막이 유기물, ITO, glass의 굴절률을 보정함으로써

glass 옆면으로 산란되는 빛을 차단함으로써 유기발광소자의 휘도를 향상되었다고 판단된다. 또한, dielectric layer를 적용한 소자가 고효율 특성을 나타낼 것으로 판단되며, dielectric layer를 적용함으로써 유기발광소자의 휘도 특성을 향상 할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

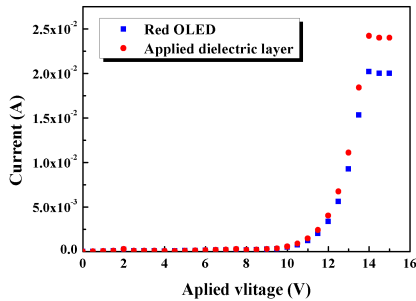


그림 3 Dielectric layer를 적용한 적색OLED 소자의 전압-전류특성

Fig. 3 Voltage-current characteristics of Red OLED with Dielectric layer

그림 5는 dielectric layer를 적용한 소자의 스펙트럼 그래프이다. 스펙트럼 최대 피크 파장 영역은 610~620 nm로써 적색발광 하는 것을 알 수 있었다.

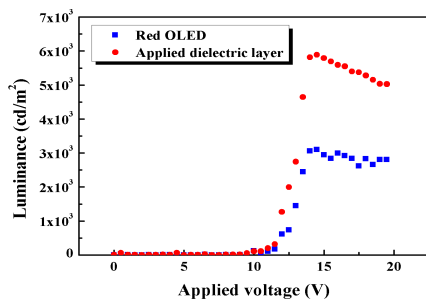


그림 4 Dielectric layer를 적용한 적색 OLED 소자의 전압-휘도특성.

Fig. 4 Voltage-luminance characteristics of Red OLED with Dielectric layer

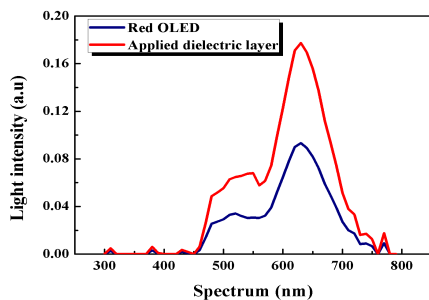


그림 5 Dielectric layer를 적용한 적색 OLED 소자의 스펙트럼특성.

Fig. 5 Spectrum of Red OLED with Dielectric layer

4. 결 론

적색유기발광소자의 휘도 특성을 향상하기 위하여 dielectric layer를 적용하였고, 적용하지 않는 적색유기 발광소자와 비교했을 때, 동작전압은 변함이 없었고, 휘도는 1.6 배 향상되었다. 적색유기발광소자의 휘도향상은Dielectric layer 박막이 유기물, ITO, glass의 굴절률을 보정함으로써 glass 옆면으로 산란되는 빛을 차단함으로써 유기발광소자의 휘도를 향상되었다고 판단된다. Dielectric layer를 이용함으로써 고휘도, 고효율의 유기발광소자를 제작할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 장지향, 김경조, 김진현, 오민철, “마이크로 렌즈 어레이와 회절격자 레지스트 패턴을 이용한 유기광원의 광추출 효율 향상” 한국광학회지, Vol.18, No.6, pp.441-447, 2007.
- [2] S. Moller and S. R Forrest, “Improved light out-coupling in OLED employing ordered microlens arrays”, J. Appl. Phy., Vol.91, No.5, pp.3324-3327, 2002
- [3] H. Riel, S. Karg, T. Beierlein, W. Rieß , K.Neyts, “Tuning the emission characteristics of top-emitting organic light-emitting devices by means of a dielectric capping layer”, J. Appl. Phys., Vol. 94, Issu. 8, p.5290, 2003.
- [4] 황보창권, “박막공학”, p. 188, 2005.
- [5] H. A. Macleod , ”Thin film Opticla Filters, 2nd ed. 1986.
- [6] H. K. Pulker, ” Modern optical coating technologies,” Proc. SPIE, Vol.1019, p.138, 1988.
- [7] 기현철, 이정빈, 김상기, 홍경진, “ ITO 투과율 향상을 위한 Buffer층 설계에 관한 연구” 한국전기전자재료학회지, Vol. 23, No.1, pp24-28, 2010.

저 자 소 개



기 현 철 (奇 珪 徹)

1975년 3월 11일생. 1998년 전남대학교 전기공학과 졸업 (학사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업 (공학). 1998년~2001년 전남대학교 공업기술연구소 연구원. 2002년~2004년 한국광기술원 전문연구요원, 2004년~현재 한국광기술원 광융합시스템 연구센터 선임연구원

Tel : 062-605-9213

Fax : 062-605-9229

E-mail : kihc@kopti.re.kr



김 선 훈 (金 宣 訓)

1972년 1월 31일생. 1995년 전남대학교 무기재료공학과 졸업 (학사). 2001년 동 대학원 금속공학과 졸업 (석사). 2007년 동 대학원 광공학과 박사과정수료. 2002년~현재 한국광기술원 광융합시스템 연구센터 선임연구원

Tel : 062-605-9212
Fax : 062-605-9229
E-mail : shkim@kopti.re.kr



최 용 성 (崔 龍 成)

1967년 11월 14일생. 1991년 동아대학교 전기공학과 졸업 (학사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업 (공박). 1999년~2001년 JAIST Post-Doc.. 2001년~2003년 Osaka Univ. Post-Doc.. 2002년~2005년 원광대학교 연구 교수. 2006년~현재 동신대학교 전기공학과 교수. 2006년~현재 전력산업인력양성사업단 기획운영부장.

Tel : 061-330-3204
Fax : 061-330-3105
E-mail : yschoi67@dsu.ac.kr



김 두 근 (金 斗 根)

1965년 7월 13일생. 1998년 중앙대학교 전자공학과 졸업 (학사). 2000년 동 대학교 영상공학부 졸업 (석사). 2003년 동 대학교 전자전기공학부 졸업 (공박). 2003년~2005년 산타바바라 캘리포니아 주립대 객원연구원. 2006년~2008년 중앙대학교 전임연구원, 2008년~현재 한국광기술원 광융합시스템 연구센터장, 전임연구원

Tel : 062-605-9214
Fax : 062-605-9229
E-mail : emblemdo@kopti.re.kr



홍 경 진 (洪 京 鎭)

1967년 1월 15일생. 1989년 전남대학교 전기공학과 졸업(학사). 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년~1998년 일본 국립과학기술청 물질연구소 외래연구원. 2000년~현재 광주대학교 교수

Tel :062-670-2523
Fax: 062-670-2191
E Mail : tronichkj@gwangju.ac.kr



김 상 기 (金 相 琦)

1966년 3월 18일생. 1993년 조선대학교 전자공학과 졸업 (학사). 1999년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 박사수료. 현재 (주)링크라인아이엔씨 대표이사.

Tel : 062-384-7578
Fax : 062-384-7579
E-mail : skkim@linklineinc.co.kr



정 행 운 (鄭 滄 允)

1986년 3월 1일생. 2009년 광주대학교 광통신공학과 졸업 (학사). 2009년 동 대학원 전자광통신공학과 재학중(석사). 2010년~현재 한국광기술원 광융합시스템 연구센터 위촉연구원

Tel : 062-605-9257
E-mail : pibac1737@kopti.re.kr