



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0135034
(43) 공개일자 2014년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 51/52 (2006.01) H01L 51/56 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0055274

(22) 출원일자 2013년05월15일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지디스플레이 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)

(72) 발명자

박정수

서울 성동구 왕십리로21길 41, 401호 (행당동, 미래쉐르빌)

주성훈

경기 과천시 청석로 300, 914동 602호 (다울동, 청석마을대원효성아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김용인

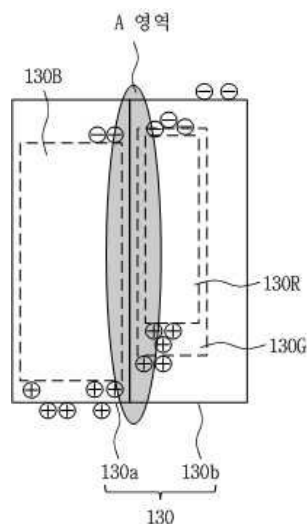
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 도펀트의 농도, 도펀트와 호스트의 HOMO 준위 및 도펀트와 호스트의 LUMO 준위를 조절하여, 색 안정성 및 발광 효율을 향상시킬 수 있는 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판 상에 형성된 박막 트랜지스터; 상기 박막 트랜지스터와 접속되며, 상기 기판 상에 형성된 제 1 전극; 상기 제 1 전극 상에 형성되며, 청색 도펀트를 포함하는 제 1 발광층; 상기 제 1 발광층 상에 형성되며, 적색 도펀트와 녹색 도펀트를 포함하는 제 2 발광층; 및 상기 제 2 발광층 상에 형성된 제 2 전극을 포함하며, 상기 제 1 발광층의 청색 도펀트의 농도가 상기 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도 및 녹색 도펀트의 농도보다 높다.

대표도 - 도2b



(72) 발명자

양중환

경기 광명시 디지털로 64, 106동 1701호 (철산동, 철산한신아파트)

서보민

경기 파주시 문산읍 당동1로 11, 605동 902호 (자연엔꿈에그린6단지아파트)

권장혁

경기 용인시 기흥구 용구대로2394번길 27, 113동 103호 (마북동, 삼성래미안1차아파트)

손영훈

서울특별시 광진구 동일로60길 41-3 (군자동)

김영재

서울 동대문구 천장산로 4-4, 102호 (이문동)

박미진

서울 송파구 바람드리4길 19, 301호 (풍납동)

특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 형성된 박막 트랜지스터;

상기 박막 트랜지스터와 접속되며, 상기 기판 상에 형성된 제 1 전극;

상기 제 1 전극 상에 형성되며, 청색 도펀트를 포함하는 제 1 발광층;

상기 제 1 발광층 상에 형성되며, 적색 도펀트와 녹색 도펀트를 포함하는 제 2 발광층; 및

상기 제 2 발광층 상에 형성된 제 2 전극을 포함하며,

상기 제 1 발광층의 청색 도펀트의 농도가 상기 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도 및 녹색 도펀트의 농도보다 높은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 청색 도펀트의 농도는 15% 내지 25%이며, 상기 적색 도펀트의 농도는 1% 내지 2%이며, 상기 녹색 도펀트의 농도는 2% 내지 4%인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 청색 도펀트의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위는 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위보다 낮고,

상기 청색 도펀트의 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위 역시 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위보다 낮은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 동일 호스트에 도핑된 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위는 상기 호스트의 HOMO 준위보다 높고,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위는 상기 호스트의 LUMO 준위보다 낮은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 상기 호스트보다 작은 밴드갭을 갖는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 인광 도펀트인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시

장치.

청구항 8

기관 상에 박막 트랜지스터를 형성하는 단계;

상기 박막 트랜지스터와 접속되도록 상기 기관 상에 제 1 전극을 형성하는 단계;

상기 제 1 전극 상에 청색 도펀트를 포함하는 제 1 발광층을 형성하는 단계;

상기 제 1 발광층 상에 적색 도펀트와 녹색 도펀트를 포함하는 제 2 발광층을 형성하는 단계; 및

상기 제 2 발광층 상에 제 2 전극을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 제 1 발광층의 청색 도펀트의 농도가 상기 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도 및 녹색 도펀트의 농도보다 높은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 청색 도펀트의 농도는 15% 내지 25%이며, 상기 적색 도펀트의 농도는 1% 내지 2%이며, 상기 녹색 도펀트의 농도는 2% 내지 4%인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 청색 도펀트의 HOMO 준위는 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위보다 낮고,

상기 청색 도펀트의 LUMO 준위 역시 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위보다 낮은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 동일 호스트에 도핑된 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위는 상기 호스트의 HOMO 준위보다 높고,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위는 상기 호스트의 LUMO 준위보다 낮은 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 상기 호스트보다 작은 밴드갭을 갖는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 인광 도펀트인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 다이오드 표시 장치에 관한 것으로, 색 안정성 및 발광 효율을 향상시킬 수 있는 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 다양한 정보를 화면으로 구현하는 영상 표시 장치는 정보 통신 시대의 핵심 기술로, 더 얇고 더 가볍고 휴대가 가능하면서도 고성능의 방향으로 발전하고 있다. 이에 음극선관(CRT)의 단점인 무게와 부피를 줄일 수 있는 평판 표시 장치로 발광층의 발광량을 제어하여 영상을 표시하는 유기 발광 다이오드 표시 장치(Organic Light Emitting Diode Display Device; OLED) 등이 각광받고 있다.

[0003] 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판 상에 형성된 박막 트랜지스터 및 박막 트랜지스터와 접속된 유기 발광셀을 포함한다. 유기 발광셀은 제 1 전극인 양극(Anode), 정공 주입층(Hole Transport Layer; HTL), 정공 수송층(Hole Injection Layer; HIL), 발광층, 전자 수송층(Electron Injection Layer; EIL), 전자 주입층(Electron Transport Layer; ETL), 제 2 전극인 음극(Cathode)을 포함하여 이루어진다.

[0004] 상기와 같은 유기 발광셀은 제 1 전극과 제 2 전극에 전압을 인가하면 정공과 전자가 발광층 내에서 재결합하여 엑시톤(Exciton)을 형성하고, 엑시톤이 기저상태로 떨어지며 발광한다. 특히, 복수 층의 발광층을 구비하는 경우, 다양한 색의 광을 구현할 수 있다.

[0005] 그런데, 복수 층의 발광층을 구비하는 경우, 발광층마다 전기장에 따른 전하 이동도가 상이하므로, 구동 전압의 차이가 발생하여 전자와 정공이 재결합하는 구간이 변한다. 또한, 발광층마다 밴드갭이 상이하므로, 전자와 정공이 재결합하여 형성된 엑시톤이 인접한 발광층으로 이동하여 에너지 전달이 일어남으로써 발광 특성이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 제 1, 제 2 발광층의 도펀트 농도, 도펀트와 호스트의 HOMO 준위 및 도펀트와 호스트의 LUMO 준위를 조절하여 색 안정성 및 발광 효율을 향상시킬 수 있는 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법을 제공하는데, 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판 상에 형성된 박막 트랜지스터; 상기 박막 트랜지스터와 접속되며, 상기 기판 상에 형성된 제 1 전극; 상기 제 1 전극 상에 형성되며, 청색 도펀트를 포함하는 제 1 발광층; 상기 제 1 발광층 상에 형성되며, 적색 도펀트와 녹색 도펀트를 포함하는 제 2 발광층; 및 상기 제 2 발광층 상에 형성된 제 2 전극을 포함하며, 상기 제 1 발광층의 청색 도펀트의 농도가 상기 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도 및 녹색 도펀트의 농도보다 높다.

[0008] 또한, 동일 목적을 달성하기 위한 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법은 기판 상에 박막 트랜지스터를 형성하는 단계; 상기 박막 트랜지스터와 접속되도록 상기 기판 상에 제 1 전극을 형성하는 단계; 상기 제 1 전극 상에 청색 도펀트를 포함하는 제 1 발광층을 형성하는 단계; 상기 제 1 발광층 상에 적색 도펀트와 녹색 도펀트를 포함하는 제 2 발광층을 형성하는 단계; 및 상기 제 2 발광층 상에 제 2 전극을 형성하는 단계를 포함하며, 상기 제 1 발광층의 청색 도펀트의 농도가 상기 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도 및 녹색 도펀트의 농도보다 높다.

[0009] 상기 청색 도펀트의 농도는 15% 내지 25%이며, 상기 적색 도펀트의 농도는 1% 내지 2%이며, 상기 녹색 도펀트의 농도는 2% 내지 4%이다.

[0010] 상기 청색 도펀트의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위는 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위보다 낮고, 상기 청색 도펀트의 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위 역시 상기 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위보다 낮다.

[0011] 상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 동일 호스트에 도핑된다.

- [0012] 상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위는 상기 호스트의 HOMO 준위보다 높고, 상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위는 상기 호스트의 LUMO 준위보다 낮다.
- [0013] 상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 상기 호스트보다 작은 밴드갭을 갖는다.
- [0014] 상기 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 인광 도펀트이다.

발명의 효과

- [0015] 상기와 같은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0016] 첫째, 제 1 발광층은 정공 트랩을 최소화하여 정공이 제 2 발광층으로 잘 주입되도록 청색 도펀트의 농도가 높고, 제 2 발광층은 제 1 발광층으로부터 주입된 정공 트랩을 최대화 하도록 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 농도가 낮아, 제 1 발광층과 제 2 발광층의 계면에서 엑시톤(Exciton)이 형성되어, 색 안정성 및 발광 효율이 향상된다.
- [0017] 둘째, 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트가 동일 호스트에 도핑됨으로써, 호스트에 의해 제 2 발광층으로 주입된 정공이 제 2 발광층과 전자 공통층의 계면으로 이동하는 것을 방지할 수 있다.
- [0018] 셋째, 구동 전압이 달라지더라도 전자와 정공이 재결합하는 구간이 변하는 것을 방지하여, 발광층에서 발광되는 색이나 휘도의 변화를 억제하여 색 안정성이 향상된다. 또한, 도펀트의 농도를 조절하여 엑시톤이 포화되는 시간을 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 단면도이다.
- 도 2a는 도 1의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 밴드갭 에너지 다이어그램이며, 도 2b는 도 2a의 발광층의 확대도이다.
- 도 3은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 휘도에 따른 발광 특성 및 도펀트의 도핑 농도에 따른 발광 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 4a 내지 도 4g는 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법을 나타낸 공정 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 단면도이다. 그리고, 도 2a는 도 1의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 밴드갭 에너지 다이어그램이며, 도 2b는 도 2a의 발광층의 확대도이다.
- [0022] 도 1과 같이, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판(100), 기판(100)의 서브 화소 마다 형성된 박막 트랜지스터(TFT) 및 박막 트랜지스터(TFT)와 접속된 유기 발광셀을 포함한다. 유기 발광셀은 제 1 전극(110), 제 1 전극(110), 발광층(130) 및 제 2 전극(150)을 포함하며, 발광층(130)은 차례로 적층된 제 1, 제 2 발광층(130a, 130b)을 포함한다. 이 때, 제 1 발광층(130a)은 청색 도펀트(130B)를 포함하며, 제 2 발광층(130b)은 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)를 포함한다.
- [0023] 구체적으로, 기판(100) 상에는 게이트 전극(101), 게이트 절연막(102), 반도체층(103), 소스 전극(103a) 및 드레인 전극(103b)을 포함하는 박막 트랜지스터(TFT)가 형성된다. 박막 트랜지스터(TFT)는 게이트 배선(미도시)과 데이터 배선(미도시)이 교차하여 정의된 서브 화소마다 형성된다. 그리고, 상기과 같은 박막 트랜지스터(TFT)를 덮도록 기판(100) 전면에도 보호막(105)이 형성되고, 보호막(105) 상에 유기 발광셀이 형성된다.
- [0024] 유기 발광셀의 제 1 전극(110)은 드레인 전극(104b)을 노출시키는 드레인 콘택홀(105H)을 통해 드레인 전극(140b)과 전기적으로 접속되어, 발광층(130)에 정공을 공급하는 양극(Anode)으로 기능한다. 그리고, 제 2 전극(150)은 발광층(130)에 전자를 공급하는 음극(Cathode)이다.
- [0025] 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치가 발광층(130)에서 발생된 광이 기판(100)을 통해 하부로 방출되는 하부 발광 방식(Bottom Emission Type)이면, 제 1 전극(110)은 틴 옥사이드(Tin Oxide; TO), 인듐 틴 옥사이드(Indium Tin Oxide; ITO), 인듐 징크 옥사이드(Indium Zinc Oxide; IZO), 인듐 틴 징크 옥사이드(Indium Tin Zinc Oxide; ITZO) 등과 같은 투명 도전성 물질로 형성된다. 따라서, 발광층(130)에서 발생된 광이 투명한 제 1

전극(110)을 통과하여 기판(100)을 통해 하부로 방출된다.

- [0026] 그리고, 제 2 전극(150)은 일함수가 낮은 마그네슘(Mg), 은(Ag), 알루미늄(Al), 칼슘(Ca) 등과 같은 불투명 도전성 물질 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 물질로 형성될 수 있다. 특히, 제 2 전극(150)은 발광층(130)에서 방출된 광이 반사되어 기판(100)을 통해 하부로 발광하도록 반사율이 높은 금속 재질로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0027] 반대로, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치가 발광층(130)에서 발생된 광이 기판(100) 반대 방향으로 방출되는 상부 발광 방식(Top Emission Type)인 경우, 제 1 전극(110)은 불투명 도전성 물질 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 물질로 형성된다. 그리고, 제 2 전극(150)은 투명 도전성 물질로 형성된다.
- [0028] 제 1 전극(110)과 제 2 전극(150) 사이의 발광층(130)은 제 1 전극(110)으로부터 정공이 제 2 전극(150)으로부터 전자가 주입된다. 그리고, 주입된 정공과 전자가 재결합하여 엑시톤(Exciton)이 생성되며, 엑시톤이 기저상태로 떨어지면서 발광한다.
- [0029] 이 때, 발광층(130)으로 정공이 잘 주입되도록 발광층(130)과 제 1 전극(110) 사이에 정공 공통층(120)을 더 포함하며, 정공 공통층(120)은 정공 주입층(Hole Injection Layer; HIL)과 정공 수송층(Hole Transport Layer; HTL)을 포함한다. 발광층(130)과 제 2 전극(150) 사이에도 전자 수송층(Electron Transport Layer; ETL)과 전자 주입층(Electron Injection Layer; EIL)을 포함하는 전자 공통층(140)을 더 형성하여 전자가 발광층(130)으로 잘 주입될 수 있다.
- [0030] 그런데, 백색 발광을 위해 적색, 녹색 및 청색 발광층이 차례로 적층된 다층의 발광층을 구비하는 경우, 발광층마다 전기장에 따른 전하 이동도가 상이하어, 구동 전압의 차이가 발생한다. 이로 인해, 전자와 정공이 재결합하는 구간이 변하며, 에너지 전달이 일어나 발광 효율이 저하된다.
- [0031] 그리고, 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 밴드갭이 작은 발광층을 밴드갭이 큰 발광층 사이에 끼워 넣는 경우, 전자와 정공이 재결합 하는 구간이 변하는 것은 방지할 수 있으나, 인접한 도펀트 사이에는 여전히 에너지 전달이 일어난다. 또한, 발광층 사이의 에너지 전달을 방지하기 위해 발광층 사이에 유기층을 삽입하는 경우 공정이 복잡해지고 유기층에 의해 구동 전압이 상승하는 문제가 발생한다.
- [0032] 따라서, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제 1 발광층(130a)은 청색 도펀트(130B)를 포함한다. 청색 도펀트(130B)는 제 2 발광층(130b)의 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위보다 낮은 HOMO 준위를 갖는다. 그리고, 청색 도펀트(130B)는 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위보다 낮은 LUMO 준위를 갖는다.
- [0033] 이에 따라, 제 1 발광층(130a)으로 주입된 정공은 HOMO 준위가 높은 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)를 포함하는 제 2 발광층(130b)으로 용이하게 주입된다. 그리고, 제 2 발광층(130b)으로 주입된 전자는 LUMO 준위가 낮은 청색 도펀트(130B)를 포함하는 제 1 발광층(130a)으로 용이하게 주입된다.
- [0034] 특히, 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트(130B)의 농도가 제 2 발광층(130b)의 적색 도펀트(130R)의 농도 및 녹색 도펀트(130G)의 농도보다 높으며, 청색 도펀트(130B)의 농도는 1% 내지 25%인 것이 바람직하다. 이는, 청색 도펀트(130B)에 의해 제 2 발광층(130b)으로 정공을 잘 주입하기 위한 것이다.
- [0035] 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트(130B)는 발광에 참여함과 동시에, 정공이 이동하는 통로로 기능하므로, 청색 도펀트(130B)의 농도가 높을수록 청색 도펀트(130B)를 통해 제 2 발광층(130b)으로 정공이 잘 주입된다. 그리고, 적색 도펀트(130R)의 농도는 1% 내지 2%이며, 녹색 도펀트(130G)의 농도는 2% 내지 4%인 것이 바람직하다.
- [0036] 따라서, 제 2 발광층(130b)으로 주입된 정공은 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 낮은 농도로 인해 제 2 발광층(130b)과 전자 공통층(140) 사이의 계면까지 이동하지 못하고, 제 2 발광층(130b)으로 주입됨과 동시에 전자와 만나게 된다.
- [0037] 구체적으로, 도 2b와 같이, 제 1 발광층(130a)은 정공 트랩을 최소화하여 정공이 제 2 발광층(130b)으로 잘 주입되도록 청색 도펀트(130B)의 농도가 높다. 그리고, 제 2 발광층(130b)은 제 1 발광층(130a)으로부터 주입된 정공 트랩을 최대화하기 위해, 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 농도가 낮다. 따라서, 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)의 계면(A 영역)에 정공의 밀도가 높아진다.

- [0038] 그리고, 상술한 바와 같이, 청색 도펀트(130B)의 LUMO 준위가 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 LUMO 준위보다 낮으므로, 제 2 발광층(130b)에서 정공과 만나지 못한 전자들이 LUMO 준위가 낮은 청색 도펀트(130B)를 통해 제 1 발광층(130a)으로 주입된다. 그리고, 제 1 발광층(130a)에는 농도가 높은 청색 도펀트(130B)에 의해 많은 정공이 존재하여, 제 1 발광층(130a)으로 주입되자마자 정공과 만나 엑시톤을 형성한다.
- [0039] 따라서, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)의 계면(A 영역)에서 가장 많은 엑시톤(Exciton)이 형성됨으로써, 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)의 계면(A 영역)에서 가장 많은 발광이 일어난다.
- [0040] 특히, 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트(130B)와 제 2 발광층(130b)의 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)는 동일 호스트에 도핑된 것이 바람직하다. 즉, 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)이 동일 호스트를 포함하므로, 호스트를 통해 제 2 발광층(130b)으로 주입된 정공이 제 2 발광층(130b)과 전자 공통층(140)의 계면으로 이동하는 것을 방지한다. 따라서, 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)에 의해 제 2 발광층(130b)으로 주입된 정공을 최대화할 수 있다.
- [0041] 그리고, 일반적으로 밴드갭이 큰 물질로부터 에너지를 전이 받아 밴드갭이 작은 물질에서 엑시톤이 형성되므로, 청색 도펀트(130B), 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)는 호스트보다 작은 밴드갭을 갖는다.
- [0042] 구체적으로, 청색 도펀트(130B), 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 HOMO 준위는 호스트의 HOMO 준위보다 높다. 예를 들어, 청색 도펀트(130B)의 HOMO 준위와 호스트의 HOMO 준위의 차는 0.3eV이하인 것이 바람직하며, 적색 도펀트, 녹색 도펀트(130R, 130G)의 HOMO 준위와 호스트의 HOMO 준위의 차는 0.7eV 이상인 것이 바람직하다. 그리고, 청색 도펀트(130B), 적색 도펀트(130R) 및 녹색 도펀트(130G)의 LUMO 준위는 호스트의 LUMO 준위보다 낮다.
- [0043] 즉, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 도펀트의 농도, 도펀트와 호스트의 HOMO 준위 및 도펀트와 호스트의 LUMO 준위를 조절하여, 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)의 계면에서 가장 많은 엑시톤이 형성됨으로써, 색 안정성 및 발광 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0044] 또한, 청색, 적색, 녹색 도펀트(130B, 130R, 130G)로 인광 도펀트를 사용하여, 높은 발광 효율을 갖는 유기 발광 다이오드 표시 장치를 구현할 수 있다. 인광 도펀트는 삼중항 상태의 엑시톤이 허용 전이를 거쳐 발광하게 되므로, 75% 생성 확률을 갖는 삼중항 엑시톤을 사용할 수 있다. 따라서, 인광 도펀트인 경우 유기 발광 다이오드 표시 장치가 매우 높은 발광 효율을 가질 수 있다.
- [0045] 도 3은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 휘도에 따른 발광 특성 및 도펀트의 도핑 농도에 따른 발광 특성을 나타낸 그래프로, 적색 도펀트의 농도를 조절하였다.
- [0046] 도 3의 실시 예 1은 ITO(제 1 전극), TAPC(20nm), HATCN(10nm) 및 TAPC(20nm)가 차례로 적층된 정공 공통층, 26DczPPy의 호스트에 Firpic의 청색 도펀트가 20% 도핑된 제 1 발광층(3.5nm), 26DczPPy의 호스트에 Ir(mphmp)2(acac)의 적색 도펀트가 1%, Ir(ppy)3의 녹색 도펀트가 3% 도핑된 제 2 발광층(6.5nm), TmPyPB의 전자 공통층(40nm), LiF(0.5nm)와 Al(100nm)이 차례로 적층된 제 2 전극을 포함한다.
- [0047] 그리고, 실시 예 2와 실시 예 3은 제 1 전극, 정공 공통층, 전자 공통층 및 제 2 전극은 실시 예 1과 동일하며, 제 2 발광층의 적색 도펀트의 농도만 상이하다. 구체적으로, 실시 예 2는 26DczPPy의 호스트에 Ir(mphmp)2(acac)의 적색 도펀트가 1.4%, 실시 예 3은 26DczPPy의 호스트에 Ir(mphmp)2(acac)의 적색 도펀트가 1.7% 도핑된 제 2 발광층을 포함한다. 이 때, 적색 도펀트의 농도만 조절한 것은 적색 도펀트의 에너지가 가장 낮기 때문이다.
- [0048] 도 3과 같이, 적색 도펀트의 농도가 1%로 가장 낮은 실시 예 1이 적색 도펀트의 농도가 1.7%인 실시 예 3에 비해 발광 세기가 커져, 높은 효율을 얻을 수 있다. 이는, 상술한 바와 같이, 적색 도펀트의 농도가 낮을수록 적색 도펀트에 트랩되는 정공이 많아져 제 1 발광층과 제 2 발광층의 계면에서 많은 발광이 일어나기 때문이다.
- [0049] 또한, 실시 예 1, 실시 예 2 및 실시 예 3 모두 휘도가 1000cd/m² 일 때와 휘도가 5000cd/m² 일 때 스펙트럼의 변화가 없다. 즉, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 휘도를 달리하기 위해 구동 전압이 달라지더라도, 전자와 정공이 재결합하는 구간은 변하지 않는다. 따라서, 즉, 구동 전압이 달라져도, 적색, 녹색 및 청색의 발광 비율을 일정하여, 발광층에서 발광되는 색이나 휘도의 변화를 억제할 수 있으므로 색 안정성이 향상된다. 또한, 도펀트의 농도를 조절하여 엑시톤이 포화되는 시간을 조절할 수 있다.

- [0050] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0051] 도 4a 내지 도 4g는 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치의 제조 방법을 나타낸 공정 단면도이다.
- [0052] 도 4a와 같이, 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판(100)에 박막 트랜지스터(TFT)를 형성한다. 박막 트랜지스터(TFT)는 게이트 배선(미도시)과 데이터 배선(미도시)이 교차하여 정의된 화소 영역마다 형성되며, 게이트 전극(101), 게이트 절연막(102), 반도체층(103), 소스 전극(103a) 및 드레인 전극(103b)을 포함한다. 그리고, 박막 트랜지스터(TFT)를 덮도록 기판(100) 전면에 보호막(105)을 형성하고, 보호막(105)을 선택적으로 제거하여 드레인 전극(104b)을 노출시키는 드레인 콘택홀(105H)을 형성한다.
- [0053] 이어, 도 4b와 같이, 보호막(105) 상에 제 1 전극(110)을 형성한다. 제 1 전극(110)은 드레인 콘택홀(105H)을 통해 드레인 전극(104b)에 접속되며, 후술할 발광층에 정공을 공급하는 양극(Anode)으로 기능한다. 그리고, 도 4c와 같이, 제 1 전극(110)의 일부 영역을 노출시키는 बैं크홀을 포함하는 बैं크 절연막(115)을 형성한다. बैं크 절연막(115)은 발광 영역을 정의함과 동시에 인접한 유기 발광셀을 구분한다.
- [0054] 도 4d와 같이, बैं크 절연막(115)에 의해 노출된 제 1 전극(110) 상에 정공 공통층(120)을 형성한다. 정공 공통층(120)은 정공 주입층(Hole Injection Layer; HIL)과 정공 수송층(Hole Transport Layer; HTL)을 포함하여 이루어져 발광층(130)으로 정공이 잘 주입되도록 한다. 이어, 도 4e와 같이, 정공 공통층(120) 상에 발광층(130)을 형성한다. 발광층(130)은 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)이 차례로 적층된 구조로 형성된다.
- [0055] 구체적으로, 제 1 발광층(130a)은 청색 도펀트가 호스트에 도핑된 구조이며, 제 2 발광층(130b)은 적색 도펀트, 녹색 도펀트가 호스트에 도핑된 구조로, 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트와 제 2 발광층(130b)의 적색 도펀트 및 녹색 도펀트는 동일 호스트에 도핑된 것이 바람직하다. 청색, 적색, 녹색 도펀트는 인광 도펀트이며, 청색 도펀트는 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위보다 낮은 HOMO 준위를 가지며, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위보다 낮은 LUMO 준위를 갖는다.
- [0056] 특히, 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트의 농도는 제 2 발광층(130b)의 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 농도보다 높다. 이는, 청색 도펀트에 의해 제 2 발광층(130b)으로 정공을 잘 주입하기 위한 것이다. 예를 들어, 청색 도펀트의 농도는 15% 내지 25%이다. 그리고, 적색 도펀트의 농도는 1% 내지 2%이며, 녹색 도펀트의 농도는 2% 내지 4%인 것이 바람직하다.
- [0057] 즉, 제 1 발광층(130a)의 청색 도펀트는 발광에 참여함과 동시에, 정공이 이동하는 통로로 기능하므로, 청색 도펀트의 농도가 높을수록 제 2 발광층(130b)으로 정공이 잘 주입된다. 그리고, 제 2 발광층(130b)으로 주입된 정공은 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 낮은 농도로 인해, 제 2 발광층(130b)과 전자 공통층(140) 사이의 계면까지 이동하지 못하고, 제 2 발광층(130b)으로 주입됨과 동시에 전자와 만나게 된다.
- [0058] 그리고, 청색 도펀트의 LUMO 준위가 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위보다 낮으므로, 제 2 발광층(130b)에서 정공과 만나지 못한 전자들이 LUMO 준위가 낮은 청색 도펀트를 통해 제 1 발광층(130a)으로 주입된다. 그리고, 제 1 발광층(130a)에는 농도가 높은 청색 도펀트에 의해 많은 정공이 존재하여, 제 1 발광층(130a)으로 주입되자마자 정공과 만나 엑시톤을 형성한다. 따라서, 제 1 발광층(130a)과 제 2 발광층(130b)의 계면에서 가장 많이 발광한다.
- [0059] 특히, 호스트는 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트보다 큰 밴드갭을 가지며, 구체적으로, 호스트의 HOMO 준위는 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 HOMO 준위보다 낮고, 호스트의 LUMO 준위는 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 LUMO 준위보다 높다.
- [0060] 이어, 도 4f와 같이, 발광층(130) 상에 전자 공통층(140)을 형성한다. 전자 공통층(140)은 전자가 발광층(130)으로 잘 주입되도록 전자 수송층(Electron Transport Layer; ETL)과 전자 주입층(Electron Injection Layer; EIL)을 포함한다. 그리고, 도 4g와 같이, 전자 공통층(140)을 덮도록 제 2 전극(150)을 형성한다. 제 2 전극(150)은 발광층(130)에 전자를 공급하는 음극(Cathode)이다.
- [0061] 상기와 같은 본 발명의 유기 발광 다이오드 표시 장치 및 이의 제조 방법은 즉, 제 1 발광층(130a)은 정공 트랩을 최소화하여 제 2 발광층(130b)으로 정공이 잘 주입되도록 청색 도펀트의 농도가 높다. 그리고, 제 2 발광층(130b)은 제 1 발광층(130a)으로부터 주입된 정공 트랩을 최대화하기 위해, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트의 농도가 낮다.

[0062] 또한, 청색 도펀트, 적색 도펀트 및 녹색 도펀트가 동일 호스트에 도핑됨으로써, 호스트에 의해 제 2 발광층(130b)으로 주입된 정공이 제 2 발광층(130b)과 전자 공통층(140)의 계면으로 이동하는 것을 방지할 수 있다. 그리고, 구동 전압이 달라지더라도, 전자와 정공이 재결합하는 구간이 변하는 것을 방지하여, 발광층(130)에서 발광되는 색이나 휘도의 변화를 억제하여 색 안정성이 향상되며, 도펀트의 농도를 조절하여 엑시톤이 포화되는 시간을 조절할 수 있다.

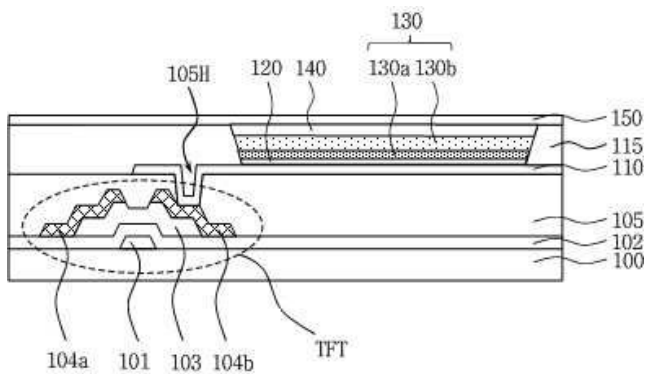
[0063] 한편, 이상에서 설명한 본 발명은 상술한 실시 예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

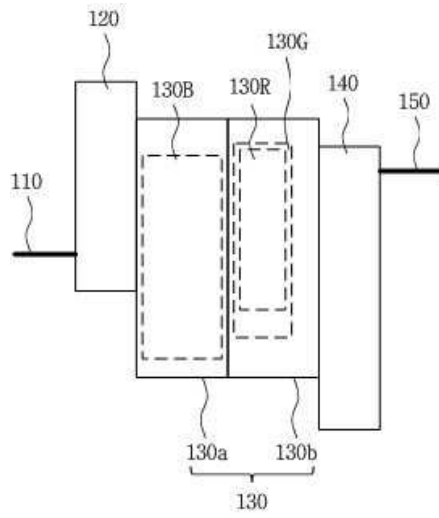
[0064]	100: 기판	101: 게이트 전극
	102: 게이트 절연막	103: 반도체층
	104a: 소스 전극	104b: 드레인 전극
	105: 보호막	105H: 드레인 콘택홀
	110: 제 1 전극	115: बैं크 절연막
	120: 정공 공통층	130: 발광층
	130a: 제 1 발광층	130b: 제 2 발광층
	130B: 청색 도펀트	130G: 녹색 도펀트
	130R: 적색 도펀트	140: 전자 공통층
	150: 제 2 전극	

도면

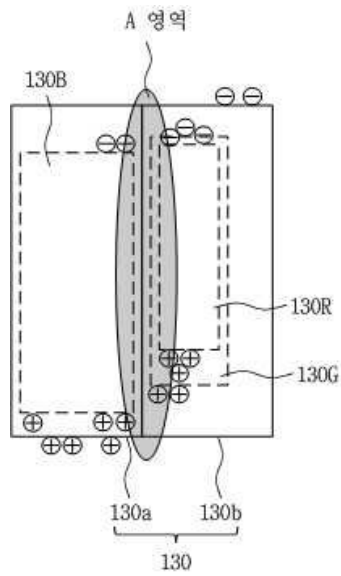
도면1



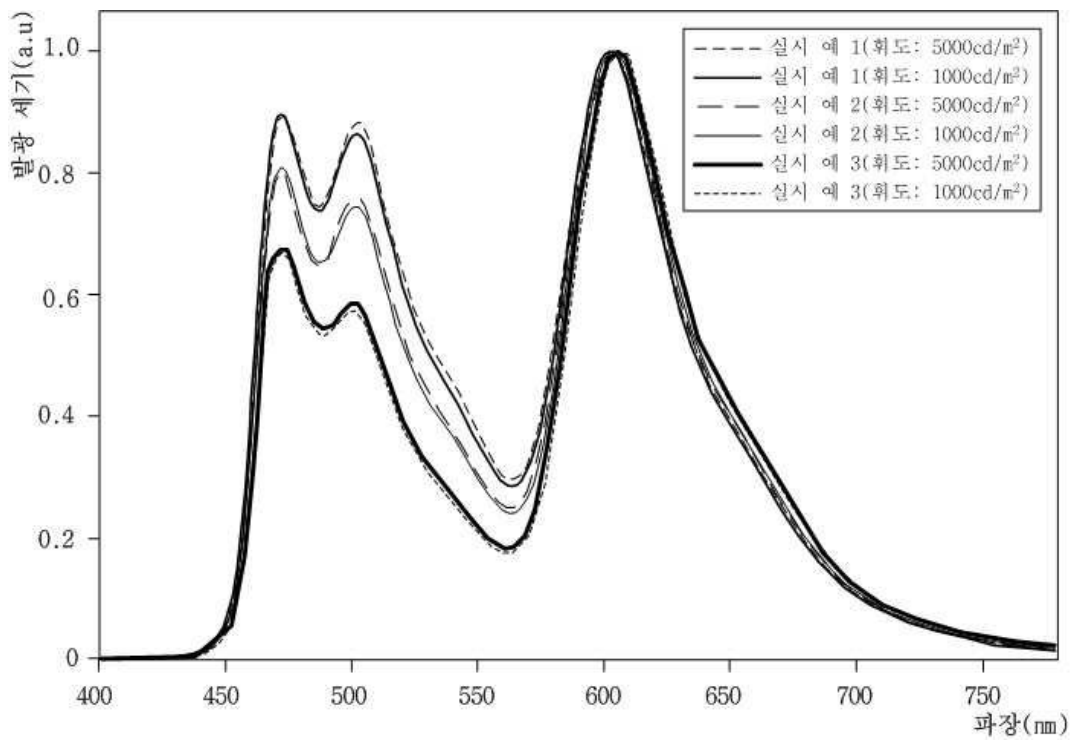
도면2a



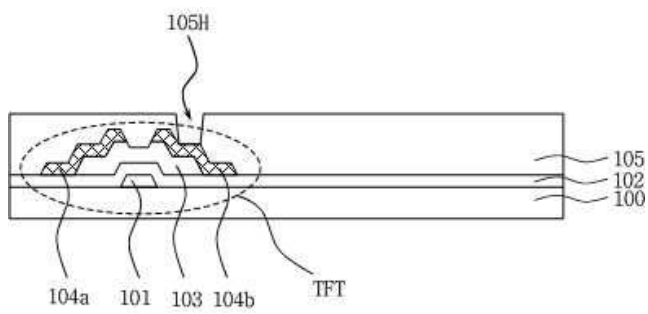
도면2b



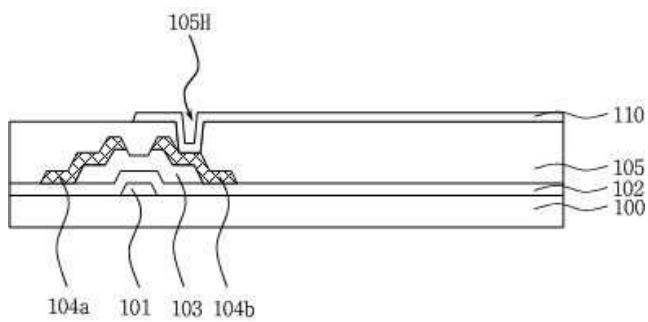
도면3



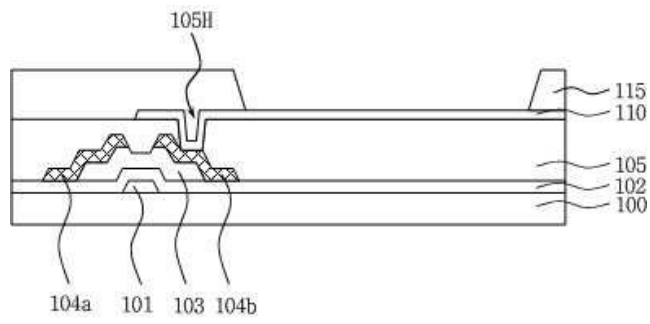
도면4a



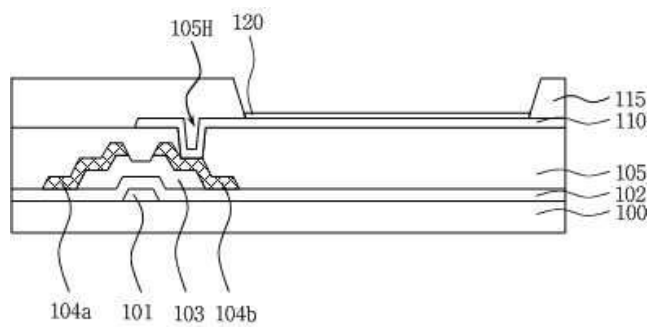
도면4b



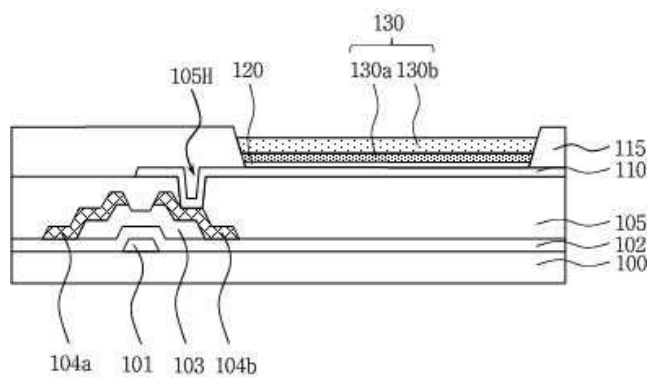
도면4c



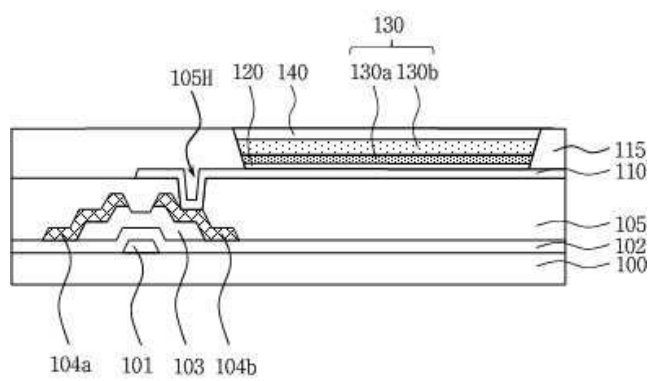
도면4d



도면4e



도면4f



도면4g

