



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0113308
(43) 공개일자 2015년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0036224
(22) 출원일자 2014년03월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지디스플레이 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)

(72) 발명자

김신한

서울 용산구 새창로 70, 110동 1202호 (도원동, 삼성래미안아파트)

조귀정

대구 달성군 화원읍 화원로1길 36-10

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인천문

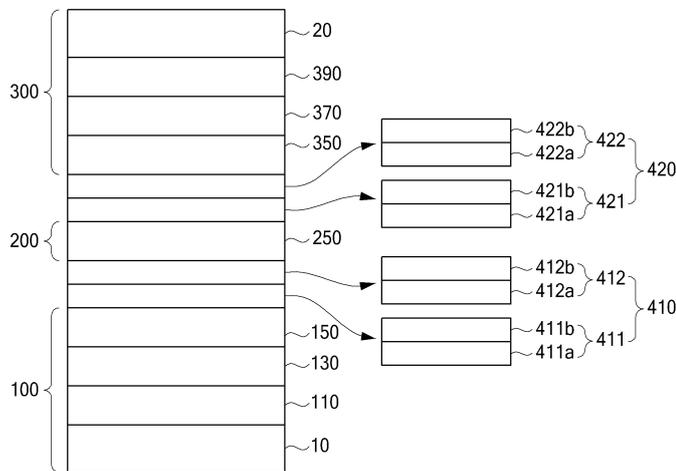
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 유기 발광 소자

(57) 요약

본 발명은, 제1 전극, 제2 전극, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 형성되어 발광하는 제1 발광부, 제2 발광부 및 제3 발광부를 포함하여 이루어지며, 상기 제1 발광부는 상기 제1 전극 상에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제1 발광층을 포함하고, 상기 제2 발광부는 상기 제1 발광부 상에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제2 발광층을 포함하고, 상기 제3 발광부는 상기 제2 발광부 상에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제3 발광층을 포함하고, 상기 제1 발광층은 청색의 제1 발광층을 포함하고, 상기 제2 발광층은 청색보다 장파장의 제2 발광층을 포함하고, 상기 제3 발광층은 청색의 제3 발광층을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자를 제공한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

김태식

경기 용인시 기흥구 공세로 76, 101동 1302호 (고
매동, 세원아파트)

김형준

경기 과천시 월롱면 엘씨디로 201, H동 1604호 (정
다운마을)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극과 제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 형성되며, 청색의 제1 발광층을 포함한 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제1 발광층을 포함하는 제1 발광부;

상기 제1 발광부와 상기 제2 전극 사이에 형성되며, 청색보다 장파장의 제2 발광층을 포함한 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제2 발광층을 포함하는 제2 발광부; 및

상기 제2 발광부와 상기 제2 전극 사이에 형성되며, 청색의 제3 발광층을 포함한 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제3 발광층을 포함하는 제3 발광부를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 발광층은 상기 청색의 제1 발광층 및 적색 또는 황녹색의 제1 발광층을 포함하여 이루어지고,

상기 제2 발광층은 적색의 제2 발광층, 황녹색의 제2 발광층, 및 녹색의 제2 발광층 중 적어도 2개의 발광층의 조합으로 이루어지고,

상기 제3 발광층은 상기 청색의 제3 발광층 및 적색 또는 황녹색의 제3 발광층을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 청색의 제1 발광층은 상기 적색 또는 황녹색의 제1 발광층보다 상기 제1 전극에 가까운 위치에 형성되고,

상기 청색의 제3 발광층은 상기 적색 또는 황녹색의 제3 발광층보다 상기 제2 전극에 가까운 위치에 형성된 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 청색의 제1 발광층 또는 상기 청색의 제3 발광층을 구성하는 청색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 456nm보다 작고,

상기 청색의 제1 발광층 또는 상기 청색의 제3 발광층을 구성하는 청색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 30nm보다 크고 40nm보다 작은 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 적색의 제1 발광층, 상기 적색의 제2 발광층 또는 상기 적색의 제3 발광층을 구성하는 적색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 620nm보다 크고 630nm보다 작고,

상기 적색의 제1 발광층, 상기 적색의 제2 발광층 또는 상기 적색의 제3 발광층을 구성하는 적색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 50nm보다 크고 60nm보다 작은 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 황녹색의 제1 발광층, 상기 황녹색의 제2 발광층 또는 상기 황녹색의 제3 발광층을 구성하는 황녹색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})이 540nm보다 크고 550nm보다 작고,

상기 황녹색의 제1 발광층, 상기 황녹색의 제2 발광층 또는 상기 황녹색의 제3 발광층을 구성하는 황녹색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 70nm보다 크고 100nm보다 작은 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 녹색의 제2 발광층을 구성하는 녹색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 515nm보다 크고 535nm보다 작고, 상기 녹색의 제2 발광층을 구성하는 녹색 도펀트의 반치폭(FWHM; full width at half maximum)은 70nm보다 크고 80nm보다 작은 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 발광부와 상기 제2 발광부 사이에 형성되는 제1 전하 생성층을 추가로 포함하여 이루어지고,

상기 제1 전하 생성층은 N타입 제1 전하 생성층 및 P타입 제1 전하 생성층의 조합으로 이루어지고,

상기 N타입 제1 전하 생성층은 N타입 제1 비도핑층 및 상기 N타입 제1 비도핑층 상에 형성되는 N타입 제1 도핑층으로 이루어지고,

상기 N타입 제1 비도핑층은 전자 수송 능력이 있는 호스트 물질로 이루어지고, 상기 N타입 제1 도핑층은 상기 N타입 제1 비도핑층의 호스트 물질과 도펀트 물질의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 N타입 제1 비도핑층은 상기 제1 발광층의 바로 상면에 형성된 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 전자 이동도(electron mobility)는 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 보다 크고,

상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Lumo(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -3.1 eV보다 크고 -2.7 eV보다 작고,

상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Homo(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -6.2 eV보다 크고 -5.8 eV보다 작으며,

상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)은 2.5 eV보다 큰 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 P타입 제1 전하 생성층은 상기 N타입 제1 전하 생성층 상에 형성되는 P타입 제1 도핑층 및 상기 P타입 제1 도핑층 상에 형성되는 P타입 제1 비도핑층으로 이루어지고,

상기 P타입 제1 비도핑층은 정공 수송 능력이 있는 호스트 물질로 이루어지고, 상기 P타입 제1 도핑층은 상기 P타입 제1 비도핑층의 호스트 물질과 도펀트 물질의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 P타입 제1 비도핑층은 상기 제2 발광층의 바로 하면에 형성된 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 정공 이동도(hole mobility)가 $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 이상이고,

상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Lumo(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -2.6 eV보다 크고 -2.0 eV보다 작고,

상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Homo(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -5.8 eV보다 크고 -5.2 eV보다 작으며,

상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)이 2.8 eV보다 큰 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 소자에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 백색광을 발광하는 유기 발광 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 발광 소자는 전자(electron)를 주입하는 음극(cathode)과 정공(hole)을 주입하는 양극(anode) 사이에 발광층이 형성된 구조를 가지며, 음극에서 발생된 전자 및 양극에서 발생된 정공이 발광층 내로 주입되면 주입된 전자 및 정공이 결합하여 엑시톤(exciton)이 생성되고, 생성된 엑시톤이 여기상태(excited state)에서 기저상태(ground state)로 떨어지면서 발광을 한다.

[0003] 백색 유기 발광 소자는 백색광을 방출하는 유기 발광 소자를 말한다. 보색 관계의 두 개의 발광층을 적층하여 백색광을 방출하는 경우, 백색광이 컬러 필터를 통과하게 되면 각 발광층의 피크 파장 영역과 컬러 필터의 투과 영역 사이의 차이에 의해 원하는 색재현율을 구현하는 데 있어서 어려움이 있을 수 있다. 예를 들어, 청색 발광층과 황색 발광층을 적층하는 경우, 청색 파장 영역과 황색 파장 영역에서 피크 파장이 형성되면서 백색광이 방출되는데, 이 백색광이 각각 적색, 녹색 및 청색 컬러 필터를 통과하게 되면 적색 또는 녹색 파장 영역의 투과도가 청색 대비 낮아지게 되어 색재현율 및 발광 효율이 낮아지게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 1. [백색 유기 발광 소자] (특허출원번호 제 10-2009-0113752호)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 전술한 종래의 단점을 해결하기 위해 고안된 것으로서, 본 발명은 색재현율 및 발광 효율이 개선될 수 있는 유기 발광 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위해서, 제1 전극, 제2 전극, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 형성되어 발광하는 제1 발광부, 제2 발광부 및 제3 발광부를 포함하여 이루어지며, 상기 제1 발광부는 상기 제1 전극 상에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제1 발광층을 포함하고, 상기 제2 발광부는 상기 제1 발광부 상

에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제2 발광층을 포함하고, 상기 제3 발광부는 상기 제2 발광부 상에 형성되는 적어도 2개의 발광층으로 이루어진 제3 발광층을 포함하고, 상기 제1 발광층은 청색의 제1 발광층을 포함하고, 상기 제2 발광층은 청색보다 장파장의 제2 발광층을 포함하고, 상기 제3 발광층은 청색의 제3 발광층을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자를 제공한다.

발명의 효과

- [0007] 이상과 같은 본 발명에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.
- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자는 효율이 낮은 청색(B) 광이 2개의 발광부, 구체적으로 제1 발광부 및 제3 발광부에서 발광할 수 있어 전체적으로 발광 효율이 향상된다.
- [0009] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 발광부 내의 제1 발광층, 제2 발광부 내의 제2 발광층 및 제3 발광부 내의 제3 발광층 각각이 서로 상이한 파장의 광을 방출하는 적어도 2개의 발광층의 조합으로 이루어짐으로써 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 개략적인 단면도이다.
- 도 2(a) 및 도 2(b)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제1 발광부의 개략적인 단면도이다.
- 도 3(a) 내지 도 3(d)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제2 발광부의 개략적인 단면도이다.
- 도 4(a) 내지 도 4(b)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제3 발광부의 개략적인 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 소자의 개략적인 단면도이다.
- 도 6은 실시예 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 BT709 기준의 색좌표를 도시한 것이다.
- 도 7은 실시예 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 DCI-P3 기준의 색좌표를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0012] 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 도면에 개시된 형상, 크기, 비율, 각도, 개수 등은 예시적인 것이므로 본 발명이 도시된 사항에 한정되는 것은 아니다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 본 명세서 상에서 언급한 '포함한다', '갖는다', '이루어진다' 등이 사용되는 경우 '~만'이 사용되지 않는 이상 다른 부분이 추가될 수 있다. 구성 요소를 단수로 표현한 경우에 특별히 명시적인 기재 사항이 없는 한 복수를 포함하는 경우를 포함한다.
- [0013] 구성 요소를 해석함에 있어서, 별도의 명시적 기재가 없더라도 오차 범위를 포함하는 것으로 해석한다.
- [0014] 위치 관계에 대한 설명일 경우, 예를 들어, '~상에', '~상부에', '~하부에', '~옆에' 등으로 두 부분의 위치 관계가 설명되는 경우, '바로' 또는 '직접'이 사용되지 않는 이상 두 부분 사이에 하나 이상의 다른 부분이 위치할 수도 있다.
- [0015] 시간 관계에 대한 설명일 경우, 예를 들어, '~후에', '~에 이어서', '~다음에', '~전에' 등으로 시간적 선후 관계가 설명되는 경우, '바로' 또는 '직접'이 사용되지 않는 이상 연속적이지 않은 경우도 포함할 수 있다.
- [0016] 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않는다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성 요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있다.
- [0017] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하고, 기술적

으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시할 수도 있다.

- [0018] 이하, 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 상세히 설명하기로 한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 개략적인 단면도이다.
- [0020] 도 1에서 알 수 있듯이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자는, 제1 전극(10), 제2 전극(20), 제1 발광부(stack)(100), 제2 발광부(200), 제3 발광부(300), 제1 전하 생성층(410), 및 제2 전하 생성층(420)을 포함하여 이루어진다.
- [0021] 상기 제1 전극(10)은 양극(anode)으로 기능할 수 있다. 상기 제1 전극(10)은 전도성 및 일함수(work function)가 높은 투명한 도전물질, 예로서 ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), SnO₂ 또는 ZnO 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0022] 상기 제2 전극(20)은 음극(cathode)으로 기능할 수 있다. 상기 제2 전극(20)은 낮은 일함수를 가지는 금속, 예로서, 알루미늄(Al), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 리튬(Li) 또는 칼슘(Ca) 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 상기 제1 발광부(100)는 상기 제1 전극(10) 상에 형성되어 제1 색상의 광을 발광하게 된다. 이를 위해서, 상기 제1 발광부(100)는 정공 주입층(HIL; Hole Injecting Layer)(110), 제1 정공 수송층(HTL; Hole Transporting Layer)(130), 제1 발광층(EML; Emitting Layer)(150), 및 제1 전자 수송층(ETL; Electron Transporting Layer)(170)을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0024] 상기 정공주입층(HIL)(110)은 상기 제1 전극(10) 상에 형성되어 있다. 상기 정공주입층(HIL)(110)은 MTDATA(4,4',4"-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine), CuPc(copper phthalocyanine) 또는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene, polystyrene sulfonate) 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0025] 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130)은 상기 정공주입층(HIL)(110) 상에 형성되어 있다. 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130)은 TPDP(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-bi-phenyl-4,4'-diamine) 또는 NPB(N,N'-di(naphthalen-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine) 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0026] 상기 제1 발광층(EML)(150)은 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130) 상에 형성되어 있다. 상기 제1 발광층(EML)(150)은 서로 상이한 파장의 광을 발광하는 적어도 2개의 발광층이 차례로 적층된 구조로 이루어진다. 특히, 상기 제1 발광층(EML)(150)은 청색(B; Blue) 광을 발광하는 발광층 및 상기 청색(B) 광보다 장파장의 광, 예로서 황녹색(YG; Yellowgreen) 또는 적색(R; Red) 광을 발광하는 발광층의 조합으로 이루어지는데, 이에 대해서는 도 2(a) 및 도 2(b)를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0027] 상기 제1 전자 수송층(ETL)(170)은 상기 제1 발광층(EML)(150) 상에 형성되어 있다. 상기 제1 전자 수송층(ETL)(170)은 옥사디아졸(oxadiazole), 트리아졸(triazole), 페난트롤린(phenanthroline), 벤조사졸(benzoxazole) 또는 벤즈티아졸(benzthiazole) 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0028] 상기 제2 발광부(200)는 상기 제1 발광부(100) 상에, 특히, 상기 제1 전하 생성층(410)의 바로 상면에 형성되어 제2 색상의 광을 발광하게 된다. 상기 제2 발광부(200)에서 발광하는 제2 색상의 광은 상기 제1 발광부(100)에서 발광하는 제1 색상의 광과 상이하다. 이를 위해서, 상기 제2 발광부(200)는 제2 정공 수송층(HTL; Hole Transporting Layer)(230), 제2 발광층(EML; Emitting Layer)(250), 및 제2 전자 수송층(ETL; Electron Transporting Layer)(270)을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0029] 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230)은 상기 제1 발광부(100) 상에, 특히, 상기 제1 전하 생성층(410)의 바로 상면에 형성되어 있다. 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230)은 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130)과 동일한 물질로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0030] 상기 제2 발광층(EML)(250)은 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 상에 형성되어 있다. 상기 제2 발광층(EML)(250)은 청색(B)보다 장파장의 광을 발광하는 적어도 2개의 발광층이 차례로 적층된 구조로 이루어진다. 특히, 상기 제2 발광층(EML)(250)은 녹색(G; Green) 광을 발광하는 발광층, 황녹색(YG; Yellowgreen) 광을 발광하는 발광층 및 적색(R; Red) 광을 발광하는 발광층 중 적어도 2개의 발광층의 조합으로 이루어지는데, 이에

대해서는 도 3(a) 내지 도 3(d)를 참조하여 후술하기로 한다.

- [0031] 상기 제2 전자 수송층(ETL)(270)은 상기 제2 발광층(EML)(250) 상에 형성되어 있다. 상기 제2 전자 수송층(ETL)(270)은 상기 제1 전자 수송층(ETL)(170)과 동일한 물질로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0032] 상기 제3 발광부(300)는 상기 제2 발광부(200) 상에, 특히, 상기 제2 전하 생성층(420)의 바로 상면에 형성되어 제3 색상의 광을 발광하게 된다. 상기 제3 발광부(300)에서 발광하는 제3 색상의 광은 상기 제2 발광부(200)에서 발광하는 제2 색상의 광과 상이하다. 이를 위해서, 상기 제3 발광부(300)는 제3 정공 수송층(HTL; Hole Transporting Layer)(330), 제3 발광층(EML; Emitting Layer)(350), 제3 전자 수송층(ETL; Electron Transporting Layer)(370), 및 전자 주입층(EIL; Electron Injecting Layer)(390)을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0033] 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330)은 상기 제2 발광부(200) 상에, 특히, 상기 제2 전하 생성층(420)의 바로 상면에 형성되어 있다. 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330)은 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130)과 동일한 물질로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0034] 상기 제3 발광층(EML)(350)은 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330) 상에 형성되어 있다. 상기 제3 발광층(EML)(350)은 서로 상이한 파장의 광을 발광하는 적어도 2개의 발광층이 차례로 적층된 구조로 이루어진다. 특히, 상기 제3 발광층(EML)(350)은 청색(B; Blue) 광을 발광하는 발광층 및 상기 청색(B) 광보다 장파장의 광, 예로서 황녹색(YG; Yellowgreen) 또는 적색(R; Red) 광을 발광하는 발광층의 조합으로 이루어지는데, 이에 대해서는 도 4(a) 내지 도 4(b)를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0035] 상기 제3 전자 수송층(ETL)(370)은 상기 제3 발광층(EML)(350) 상에 형성되어 있다. 상기 제3 전자 수송층(ETL)(370)은 상기 제1 전자 수송층(ETL)(170)과 동일한 물질로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0036] 상기 전자 주입층(EIL)(390)은 LIF 또는 LiQ(lithium quinolate) 등으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 상기 제1 전하 생성층(CGL; Charge Generating Layer)(410)은 상기 제1 발광부(100)와 제2 발광부(200) 사이에 형성되어 상기 제1 발광부(100)와 제2 발광부(200) 사이에서 전하를 균형되게 조절하는 역할을 한다. 특히, 상기 제1 전하 생성층(CGL)(410)은 상기 제1 발광부(100)에 인접하게 위치하는 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411) 및 상기 제2 발광부(200)에 인접하게 위치하는 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)의 조합으로 이루어질 수 있다. 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)은 상기 제1 발광부(100)로 전자(electron)를 주입해주고, 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)은 상기 제2 발광부(200)로 정공(hole)을 주입해준다.
- [0038] 상기 제2 전하 생성층(CGL; Charge Generating Layer)(420)은 상기 제2 발광부(200)와 제3 발광부(300) 사이에 형성되어 상기 제2 발광부(200)와 제3 발광부(300) 사이에서 전하를 균형되게 조절하는 역할을 한다. 특히, 상기 제2 전하 생성층(CGL)(420)은 상기 제2 발광부(200)에 인접하게 위치하는 N타입 제2 전하 생성층(N-CGL)(421) 및 상기 제3 발광부(300)에 인접하게 위치하는 P타입 제2 전하 생성층(P-CGL)(422)의 조합으로 이루어질 수 있다. 상기 N타입 제2 전하 생성층(N-CGL)(421)은 상기 제2 발광부(200)로 전자(electron)를 주입해주고, 상기 P타입 제2 전하 생성층(P-CGL)(422)은 상기 제3 발광부(300)로 정공(hole)을 주입해준다.
- [0039] 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411) 및 상기 N타입 제2 전하 생성층(N-CGL)(421)은 각각 Li, Na, K, 또는 Cs와 같은 알칼리 금속, 또는 Mg, Sr, Ba, 또는 Ra와 같은 알칼리 토금속으로 도핑된 유기층으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0040] 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412) 및 상기 P타입 제2 전하 생성층(P-CGL)(422)은 각각 P형 도펀트가 포함된 유기층으로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0041] 이상 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 색상의 광을 방출하는 제1 발광부(stack)(100), 제2 색상의 광을 방출하는 제2 발광부(200), 및 제3 색상의 광을 방출하는 제3 발광부(300)를 포함하여 이루어짐으로써, 다음과 같은 효과가 있다.
- [0042] 우선, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 발광부(100) 내의 제1 발광층(EML)(150)이 청색(B) 광을 발광하는 발광층을 포함함과 더불어 상기 제3 발광부(300) 내의 제3 발광층(EML)(350)도 청색(B) 광을 발광하는 발광층을 포함하기 때문에, 상대적으로 효율이 낮은 청색(B) 광이 2개의 발광부에서 발광할 수 있어 전체적으로 발

광 효율이 향상된다.

- [0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 발광부(100) 내의 제1 발광층(EML)(150), 상기 제2 발광부(200) 내의 제2 발광층(EML)(250), 및 상기 제3 발광부(300) 내의 제3 발광층(EML)(350) 각각이 서로 상이한 파장의 광을 방출하는 적어도 2개의 발광층의 조합으로 이루어짐으로써, 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있다. 이에 대해서 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 백색광은 컬러 필터를 통과하면서 적색, 녹색, 또는 청색과 같은 특정 파장의 광만이 투과되어 색상이 구현된다. 따라서, 백색광이 다양한 파장의 광이 혼합되어 이루어진 경우에는 그렇지 못한 경우에 비하여 컬러 필터를 통과하면서 원하는 색상이 구현될 가능성이 커지게 되어, 결국 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있다. 예를 들어, 청색, 녹색, 및 적색이 혼합되어 이루어진 백색광이 녹색 컬러 필터를 통과한 후의 색재현율 및 색순도가 청색 및 황색이 혼합되어 이루어진 백색광이 녹색 컬러 필터를 통과한 후의 색재현율 및 색순도에 비하여 우수하게 된다.
- [0044] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 발광부(100), 제2 발광부(200), 및 제3 발광부(300) 각각에서 적어도 2개의 발광층을 포함하고 있기 때문에 전체적으로 적어도 6개 이상의 발광층을 포함하고 있어, 색재현율 및 색순도 향상에 유리하다. 다만, 하나의 발광부에 적어도 2개의 발광층을 포함시킴에 있어서 각각의 발광층의 배열을 최적화하지 않을 경우 색재현율 및 색순도 향상 효과를 얻지 못할 수 있다.
- [0045] 이하에서는, 색재현율 및 색순도 향상 효과를 얻기 위해 최적화된 본 발명의 일 실시예에 따른 발광부 구조에 대해서, 제1 발광부(100)부터 제3 발광부(300)까지 차례로 설명하기로 한다.
- [0046] 도 2(a) 및 도 2(b)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제1 발광부(100)의 개략적인 단면도이다.
- [0047] 도 2(a) 및 도 2(b)에서 알 수 있듯이, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 제1 발광부(100)는 정공 주입층(HIL)(110), 제1 정공 수송층(HTL)(130), 제1 발광층(EML)(150), 및 제1 전자 수송층(ETL)(170)을 포함하여 이루어진다.
- [0048] 상기 정공 주입층(HIL)(110), 제1 정공 수송층(HTL)(130), 및 제1 전자 수송층(ETL)(170)은 전술한 바와 동일하며 편의상 상대적으로 얇은 선으로 도시하였다.
- [0049] 상기 제1 발광층(EML)(150)은 도 2(a) 및 도 2(b)에서와 같이 서로 상이한 파장의 광을 방출하는 2개의 발광층으로 이루어지며 편의상 상대적으로 짙은 선으로 도시하였다. 이하의 도 3(a) 내지 도 3(d) 및 도 4(a) 내지 도 4(b)에서도 다양하게 변경되는 발광층은 편의상 상대적으로 짙은 선으로 도시하였고, 그 외의 구성은 편의상 상대적으로 얇은 선으로 도시하였다.
- [0050] 상기 제1 발광층(EML)(150)은 도 2(a)에서와 같이 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 및 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)으로 이루어질 수 있다. 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)은 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130) 상에 형성되고, 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)은 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 상에 형성된다.
- [0051] 상기 제1 발광층(EML)(150)은 도 2(b)에서와 같이 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 및 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)으로 이루어질 수 있다. 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)은 상기 제1 정공 수송층(HTL)(130) 상에 형성되고, 상기 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)은 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 상에 형성된다.
- [0052] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 양극(anode)으로 기능할 수 있는 상기 제1 전극(10)에 가장 가깝게 위치하는 제1 발광부(100)가 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)을 포함하고 있어 인광 대비 낮은 효율을 보이는 형광물질로 구성되는 청색(B) 발광물질의 발광 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0053] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)이 상대적으로 상기 제1 전극(10)에 가까운 위치에 위치하고 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153) 또는 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)이 상대적으로 상기 제1 전극(10)에서 먼 위치에 위치함으로써, 소자 두께를 증가시키지 않으면서 마이크로 캐버티(Micro Cavity) 특성을 향상시킬 수 있다. 마이크로 캐버티(Micro Cavity) 특성이라 함은 발광층에서 방출된 광이 반사 및 재반사를 반복하면서 보강간섭이 일어나 광의 외부 추출 효율이 향상되는 특성을 말한다.
- [0054] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 상에 도 2(a)와 같이 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)을 형성하거나 또는 도 2(b)와 같이 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)을 형성함으

로써 유기발광소자의 색재현을 및 색순도가 향상될 수 있다. 즉, 후술하는 제2 발광부(200)에서 뿐만아니라 상기 제1 발광부(200)에서도 상기 청색(B) 보다 장파장의 광을 방출하는 발광층을 포함함으로써 유기발광소자의 색재현을 및 색순도가 향상될 수 있는 것이다.

[0055] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 상에 녹색(G)의 발광층을 형성하지 않고 도 2(a)와 같이 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)을 형성하거나 또는 도 2(b)와 같이 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)을 형성함으로써 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)의 발광효율 저하를 방지할 수 있다. 이에 대해서 구체적으로 설명하면, 두 개의 전극 사이에서 발생하는 마이크로 캐버티 효과를 고려할 때 파장 영역이 유사한 2개의 발광층이 인접하게 형성되면 마이크로 캐버티 거리가 서로 유사하여 2개의 발광층 사이에 에너지 전이가 쉽게 일어나므로 적어도 하나의 발광 효율이 감소하는 문제가 발생할 수 있다. 즉, 청색(B)의 발광층과 녹색(G)의 발광층이 접하게 형성되면 청색(B) 파장 영역과 녹색(G) 파장 영역에 따른 마이크로 캐버티 거리가 서로 유사하여 청색(B) 및 녹색(G) 중 어느 하나의 발광 효율이 감소하는 문제가 발생할 수 있다.

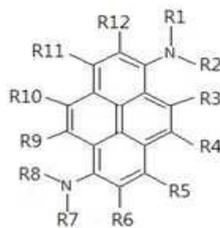
[0056] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151) 상에 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153) 또는 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)을 형성한 것이다.

[0057] 한편, 색순도 향상을 위해서는 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151), 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153) 및 상기 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155) 각각을 구성하는 발광 도펀트의 발광 특성을 최적화할 필요가 있다.

[0058] 이에, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 청색(B)의 제1 발광층(B-EML)(151)을 구성하는 청색(B) 도펀트는 그 피크 파장(λ_{max})이 456nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 30nm보다 크고 40nm보다 작은 것이 바람직하다.

[0059] 상기 피크 파장(λ_{max}) 및 반치폭(FWHM)의 범위를 가지는 청색(B) 도펀트는 청색(B) 형광물질인 파이렌(pyrene)계 화합물로 이루어질 수 있으며, 보다 구체적으로는 아릴 아민계 화합물이 치환된 파이렌(pyrene)계 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 상기 파이렌계 화합물은 하기 화학식 1로 표현되는 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.

[0060] 화학식 1



[0061] 상기 화학식 1에서, R1 내지 R12는 각각 독립적으로 수소, 듀테륨, 시아닌기, 할로젠기, C1~C20까지의 치환 또는 비치환된 알킬기, C1~C20의 치환 또는 비치환된 알콕실기, C1~C20까지의 치환 또는 비치환된 실릴기, C6~C30의 치환 또는 비치환된 아릴기, C6~C30의 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기, C3~C30의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, C6~C20의 치환 또는 비치환된 아릴옥시기, C12~C40의 치환 또는 비치환된 아릴아미노기 및 C1~C20의 치환 또는 비치환된 알킬아미노기로 이루어진 군에서 선택된다.

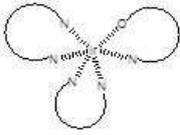
[0063] 또한, 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)을 구성하는 적색(R) 도펀트는 그 피크 파장(λ_{max})이 620nm보다 크고 630nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 50nm보다 크고 60nm보다 작은 것이 바람직하다.

[0064] 또한, 상기 황녹색(YG)의 제1 발광층(YG-EML)(155)을 구성하는 황녹색(YG) 도펀트는 그 피크 파장(λ_{max})이 540nm보다 크고 550nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 70nm보다 크고 100nm보다 작은 것이 바람직하다.

[0065] 상기 피크 파장(λ_{max}) 및 반치폭(FWHM)의 범위를 가지는 적색(R) 도펀트 및 황녹색(YG) 도펀트는 각각 이리듐(Iridium)계 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 상기 이리듐계 화합물은 N-N, N-O, N-C, O-O결합을 포함할 수 있으며, 구체적으로 하기 화학식 2 내지 화학식 7로 표현되는 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.

[0066]

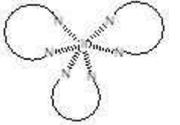
화학식 2



[0067]

[0068]

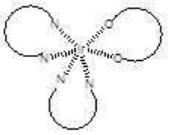
화학식 3



[0069]

[0070]

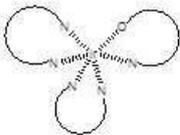
화학식 4



[0071]

[0072]

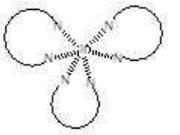
화학식 5



[0073]

[0074]

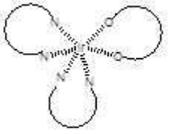
화학식 6



[0075]

[0076]

화학식 7



[0077]

[0078]

상기 청색(B) 도펀트, 적색(R) 도펀트, 및 황녹색(YG) 도펀트 각각의 피크 파장(λ_{max}) 및 반치폭(FWHM)이 상기 각각의 범위 내인 경우, 불필요한 발광 영역을 최소화할 수 있고 또한 인접한 파장 영역에 영향을 주는 것을 최소화할 수 있게 된다.

[0079]

도 3(a) 내지 도 3(d)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제2 발광부(200)의 개략적인 단면도이다.

[0080]

도 3(a) 내지 도 3(d)에서 알 수 있듯이, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 제2 발광부(200)는 제2 정공 수송층(HTL)(230), 제2 발광층(EML)(250), 및 제2 전자 수송층(ETL)(270)을 포함하여 이루어진다.

[0081]

상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 및 제2 전자 수송층(ETL)(270)은 전술한 바와 동일하다. 상기 제2 발광층(EML)(250)은 서로 상이한 파장의 광을 방출하는 2개 또는 3개의 발광층으로 이루어진다.

[0082]

상기 제2 발광층(EML)(250)은 도 3(a)에서와 같이 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255) 및 녹색(G)의 제1 발광층(G-EML)(257)으로 이루어질 수 있다.

[0083]

상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255)은 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 상에 형성되고, 상기 녹색(G)의

제1 발광층(G-EML)(257)은 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255) 상에 형성된다.

- [0084] 상기 제2 발광층(EML)(250)은 도 3(b)에서와 같이 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253) 및 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255)으로 이루어질 수 있다.
- [0085] 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253)은 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 상에 형성되고, 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255)은 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253) 상에 형성된다.
- [0086] 상기 제2 발광층(EML)(250)은 도 3(c)에서와 같이 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253) 및 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(257)으로 이루어질 수 있다.
- [0087] 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253)은 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 상에 형성되고, 상기 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(255)은 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253) 상에 형성된다.
- [0088] 상기 제2 발광층(EML)(250)은 도 3(d)에서와 같이 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253), 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255), 및 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(257)으로 이루어질 수 있다.
- [0089] 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253)은 상기 제2 정공 수송층(HTL)(230) 상에 형성되고, 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255)은 상기 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(253) 상에 형성되고, 상기 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(257)은 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255) 상에 형성된다.
- [0090] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 중간에 위치하는 제2 발광부(200)가 2개 또는 3개의 발광층으로 이루어지고 제2 발광부(200)를 구성하는 각각의 발광층이 청색(B)보다 장파장의 광을 발광하도록 구성함으로써 백색을 방출하는 유기발광소자의 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있다.
- [0091] 한편, 색순도 향상을 위해서는 상기 적색(R)의 제2 발광층(R-EML)(253), 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(YG-EML)(255), 상기 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(257) 각각을 구성하는 발광 도펀트의 발광 특성을 최적화할 필요가 있다.
- [0092] 상기 적색(R)의 제2 발광층(R-EML)(253)을 구성하는 적색(R) 도펀트는 전술한 적색(R)의 제1 발광층(R-EML)(153)을 구성하는 적색(R) 도펀트와 마찬가지로 그 피크 파장(λ_{max})이 620nm보다 크고 630nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 50nm보다 크고 60nm보다 작은 것이 바람직하다.
- [0093] 또한, 상기 황녹색(YG)의 제2 발광층(R-EML)(255)을 구성하는 황녹색(YG) 도펀트는 전술한 황녹색(YG)의 제1 발광층(R-EML)(155)을 구성하는 황녹색(YG) 도펀트와 마찬가지로 그 피크 파장(λ_{max})이 540nm보다 크고 550nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 70nm보다 크고 100nm보다 작은 것이 바람직하다.
- [0094] 또한, 상기 녹색(G)의 제2 발광층(G-EML)(257)을 구성하는 녹색(G) 도펀트는 그 피크 파장(λ_{max})이 515nm보다 크고 535nm보다 작고 그 반치폭(FWHM; full width at half maximum)이 70nm보다 크고 80nm보다 작은 것이 바람직하다.
- [0095] 상기 피크 파장(λ_{max}) 및 반치폭(FWHM)의 범위를 가지는 적색(R) 도펀트, 황녹색(YG) 도펀트, 및 녹색(G) 도펀트는 각각 이리듐(Iridium)계 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 상기 이리듐계 화합물은 N-N, N-O, N-C, 또는 O-0결합을 포함할 수 있으며, 구체적으로 상술한 화학식 2 내지 화학식 7로 표현되는 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0096] 도 4(a) 내지 도 4(b)는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제3 발광부(300)의 개략적인 단면도이다.
- [0097] 도 4(a) 내지 도 4(b)에서 알 수 있듯이, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 제3 발광부(300)는 제3 정공 수송층(HTL)(330), 제3 발광층(EML)(350), 제3 전자 수송층(ETL)(370), 및 전자 주입층(EIL)(390)을 포함하여 이루어진다.
- [0098] 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330), 제3 전자 수송층(ETL)(370), 및 전자 주입층(EIL)(390)은 전술한 바와 동일하다. 상기 제3 발광층(EML)(350)은 서로 상이한 파장의 광을 방출하는 2개의 발광층으로 이루어진다.
- [0099] 상기 제3 발광층(EML)(350)은 도 4(a)에서와 같이 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353) 및 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)으로 이루어질 수 있다.
- [0100] 상기 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353)은 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330) 상에 형성되고, 상기 청색(B)의 제3

발광층(B-EML)(351)은 상기 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353) 상에 형성된다.

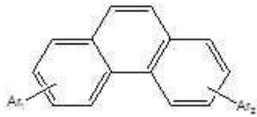
- [0101] 상기 제3 발광층(EML)(350)은 도 4(b)에서와 같이 황녹색(YG)의 제3 발광층(YG-EML)(355) 및 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)으로 이루어질 수 있다.
- [0102] 상기 황녹색(YG)의 제3 발광층(YG-EML)(355)은 상기 제3 정공 수송층(HTL)(330) 상에 형성되고, 상기 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)은 상기 황녹색(YG)의 제3 발광층(YG-EML)(355) 상에 형성된다.
- [0103] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제2 전극(도 3의 도면부호 20 참조)에 가장 가깝게 위치하는 제3 발광부(300)가 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)을 포함하고 있어 인광 대비 낮은 효율을 보이는 형광물질로 구성되는 청색(B) 발광물질의 발광 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0104] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)이 상대적으로 상기 제2 전극(20)에 가까운 위치에 위치함으로써, 소자 두께를 증가시키지 않으면서 마이크로 캐버티(Micro Cavity) 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0105] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 발광층(350)이 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)과 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353) 및/또는 황녹색(YG)의 제3 발광층(YG-EML)(355)의 조합으로 구성됨으로써 유기발광소자의 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있다. 즉, 전술한 제2 발광부(200)에서 뿐만아니라 상기 제3 발광부(300)에서도 상기 청색(B) 보다 장파장의 광을 방출하는 발광층을 포함함으로써 유기발광소자의 색재현율 및 색순도가 향상될 수 있는 것이다.
- [0106] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 발광층(350)이 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)과 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353) 및/또는 황녹색(YG)의 제3 발광층(YG-EML)(355)의 조합으로 구성됨으로써 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351)의 발광효율 저하를 방지할 수 있음은 전술한 제1 발광부(100)에서와 동일하다.
- [0107] 한편, 색순도 향상을 위해서는 상기 청색(B)의 제3 발광층(B-EML)(351), 상기 적색(R)의 제3 발광층(R-EML)(353), 상기 황녹색(YG)의 제3 발광층(R-EML)(355), 및 상기 녹색(G)의 제3 발광층(G-EML)(357) 각각을 구성하는 발광 도펀트의 발광 특성을 최적화할 필요가 있으며, 각각의 색상의 발광 도펀트는 전술한 제1 발광부(100) 및 제2 발광부(200)에서와 동일한 피크 파장(λ_{max}) 범위 및 반치폭(FWHM) 범위를 가지는 것이 바람직하다.
- [0108] 한편, 전술한 바와 같이, 다양한 파장의 광이 혼합되어 백색광을 형성하는 것이 색재현율 및 색순도 향상면에서 바람직함을 고려할 때, 상기 제1 발광부(100) 및 제3발광부(300)에 황녹색(YG)의 발광층이 포함된 경우에는 제2 발광부(200)에 적색(R)의 발광층이 포함된 것이 바람직하고, 상기 제1 발광부(100) 및 제3발광부(300)에 적색(R)의 발광층이 포함된 경우에는 제2 발광부(200)에 녹색(G) 및 황녹색(YG)의 발광층이 포함된 것이 바람직하다.
- [0109] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 소자의 개략적인 단면도로서, 이는 전술한 도 1에 따른 유기 발광 소자에서 제1 전하 생성층(410) 및 제2 전하 생성층(420)의 구성을 변경함으로써 제1 발광부(stack)(100), 제2 발광부(200), 및 제3 발광부(300) 내의 유기층의 적층수를 줄인 것이다.
- [0110] 도 5에서 알 수 있듯이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 소자는, 제1 전극(10), 제2 전극(20), 제1 발광부(stack)(100), 제2 발광부(200), 제3 발광부(300), 제1 전하 생성층(410), 및 제2 전하 생성층(420)을 포함하여 이루어진다.
- [0111] 상기 제1 전극(10)이 양극(anode)으로 기능할 수 있고, 상기 제2 전극(20)이 음극(cathode)으로 기능할 수 있음은 전술한 실시예와 동일하며, 상기 제1 전극(10) 및 상기 제2 전극(20)의 재료도 전술한 실시예와 동일하다.
- [0112] 상기 제1 발광부(100)는 상기 제1 전극(10) 상에 형성되어 제1 색상의 광을 발광하는 것으로서, 정공 주입층(HIL)(110), 제1 정공 수송층(HTL)(130) 및 제1 발광층(EML)(150)을 포함하여 이루어진다. 도 5에 따른 제1 발광부(100)는 전술한 도 1에 따른 제1 발광부(100)에서 제1 전자 수송층(ETL)(170)이 생략된 것을 제외하고 전술한 도 1에 따른 제1 발광부(100)와 동일하다. 따라서, 상기 제1 발광층(EML)(150)은 전술한 도 2(a) 및 도 2(b)와 같이 다양하게 변경될 수 있다.
- [0113] 이와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 상기 제1 발광부(100)에서 제1 전자 수송층(ETL)(170)이 생략됨으로써 도 1에 따른 유기 발광 소자에 비하여 적층 공정이 단축되는 효과가 있다. 한편, 상기 생략되는 제1 전자 수송층(ETL)(170)의 기능은 상기 제1 전하 생성층(410)에서 수행하게 되는데, 이에 대해서는 후술하기로 한다.

- [0114] 상기 제2 발광부(200)는 상기 제1 발광부(100) 상에, 특히, 상기 제1 전하 생성층(410)의 바로 상면에 형성되어 제2 색상의 광을 발광하는 것으로서, 제2 발광층(EML; Emitting Layer)(250)으로 이루어진다. 도 5에 따른 제2 발광부(200)는 전술한 도 1에 따른 제2 발광부(200)에서 제2 정공 수송층(HTL)(230) 및 제2 전자 수송층(ETL)(270)이 생략된 것을 제외하고 전술한 도 1에 따른 제2 발광부(200)와 동일하다. 따라서, 상기 제2 발광층(EML)(250)은 전술한 도 2(a) 내지 도 2(d)와 같이 다양하게 변경될 수 있다.
- [0115] 이와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 상기 제2 발광부(200)에서 제2 정공 수송층(HTL)(230) 및 제2 전자 수송층(ETL)(270)이 생략됨으로써 도 1에 따른 유기 발광 소자에 비하여 적층 공정이 단축되는 효과가 있다. 한편, 상기 생략되는 제2 정공 수송층(HTL)(230) 및 제2 전자 수송층(ETL)(270)의 기능은 상기 제1 전하 생성층(410) 및 제2 전하 생성층(420)에서 수행하게 되는데, 이에 대해서는 후술하기로 한다.
- [0116] 상기 제3 발광부(300)는 상기 제2 발광부(200) 상에, 특히, 상기 제2 전하 생성층(420)의 바로 상면에 형성되어 제3 색상의 광을 발광하는 것으로서, 제3 발광층(EML)(350), 제3 전자 수송층(ETL)(370) 및 전자 주입층(EIL)(390)을 포함하여 이루어진다. 도 5에 따른 제3 발광부(300)는 전술한 도 1에 따른 제3 발광부(300)에서 제3 정공 수송층(HTL)(330)이 생략된 것을 제외하고 전술한 도 1에 따른 제3 발광부(300)와 동일하다. 따라서, 상기 제3 발광층(EML)(350)은 전술한 도 4(a) 내지 도 4(b)와 같이 다양하게 변경될 수 있다.
- [0117] 이와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 상기 제3 발광부(300)에서 제3 정공 수송층(HTL)(330)이 생략됨으로써 도 1에 따른 유기 발광 소자에 비하여 적층 공정이 단축되는 효과가 있다. 한편, 상기 생략되는 제3 정공 수송층(HTL)(330)의 기능은 상기 제2 전하 생성층(420)에서 수행하게 되는데, 이에 대해서는 후술하기로 한다.
- [0118] 상기 제1 전하 생성층(CGL)(410)은 상기 제1 발광부(100)와 제2 발광부(200) 사이에 형성되어 있다. 상기 제1 전하 생성층(CGL)(410)은 상기 제1 발광부(100)에 인접하게 위치하는 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411) 및 상기 제2 발광부(200)에 인접하게 위치하는 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)으로 이루어진다.
- [0119] 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)은 호스트(Host) 물질로 이루어진 N타입 제1 비도핑층(411a), 및 상기 호스트(Host) 물질과 도펀트(Dopant) 물질의 조합으로 이루어진 N타입 제1 도핑층(411b)으로 이루어진다.
- [0120] 상기 N타입 제1 비도핑층(411a)은 상기 제1 발광부(100)의 제1 발광층(150) 상에 형성되어 있고, 상기 N타입 제1 도핑층(411b)은 상기 N타입 제1 비도핑층(411a) 상에 형성되어 있다.
- [0121] 상기 N타입 제1 비도핑층(411a)은 전자 수송 능력이 있는 호스트(Host) 물질로 이루어짐으로써 상기 제1 발광부(100)의 제1 발광층(150)으로 전자를 수송할 수 있으며, 따라서 전술한 제1 발광부(100)에서 제1 전자 수송층(ETL)(170)이 생략될 수 있다. 이와 같이 제1 전자 수송층(ETL)(170)이 생략됨으로써 상기 N타입 제1 비도핑층(411a)은 상기 제1 발광층(150)의 바로 상면에 형성된다.
- [0122] 상기 N타입 제1 도핑층(411b)은 상기 N타입 제1 비도핑층(411a)을 구성하는 호스트 물질에 N타입의 도펀트 물질이 포함되어 이루어짐으로써 상기 제1 발광부(100)로 전자를 주입해준다. 상기 N타입의 도펀트 물질로는 Li, Na, K, 또는 Cs와 같은 알칼리 금속, 또는 Mg, Sr, Ba, 또는 Ra와 같은 알칼리 토금속을 이용할 수 있다.
- [0123] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)이 동일한 호스트 물질을 포함하는 N타입 제1 비도핑층(411a) 및 N타입 제1 도핑층(411b)의 조합으로 이루어지기 때문에, 하나의 호스트 물질을 증착하여 N타입 제1 비도핑층(411a)을 형성하고 이어서 동일한 호스트 물질에 N타입 도펀트 물질을 추가하여 N타입 제1 도핑층(411b)을 형성함으로써 연속공정을 통해서 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 형성할 수 있다.
- [0124] 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 구성하는 호스트 물질은 전술한 바와 같이 전자 수송 능력이 있는 유기물로 이루어지는데, 구체적으로는, 전자 이동도(electron mobility)가 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 보다 큰 것이 바람직하다.
- [0125] 또한, 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 구성하는 호스트 물질은 제1 발광부(100)로 전자를 용이하게 수송함과 더불어 제1 발광부(100)에서 제2 발광부(200) 방향으로 정공이 이동하는 것을 차단하는 역할을 수행하는 것이 바람직하며, 이와 같은 전자의 용이 수송 및 정공의 이동 차단을 위해서 Lumo(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -3.1 eV 보다 크고 -2.7 eV 보다 작으며, Homo(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -6.2 eV 보다 크고 -5.8 eV 보다 작은 것이 바람직하다. 또한, 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)은 2.5 eV 보다 큰 것이

바람직하다.

[0126] 이와 같은 특성을 가진 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 구성하는 호스트 물질로는 헤테로 아릴계 화합물 또는 피리딘 계열의 유도체를 이용할 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)을 구성하는 호스트 물질로는 바이피리딜(Bipyridyl) 또는 페난트로인(phenanthroline)을 들 수 있다. 또한, 상기 헤테로 아릴계 화합물은 하기 화학식 8과 같이 질소를 포함하는 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.

[0127] 화학식 8



[0128]

[0129] 상기 화학식 8에서 Ar은 아릴계 화합물이다.

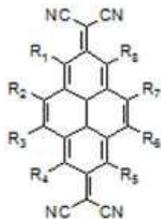
[0130] 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)은 호스트(Host) 물질과 도펀트(Dopant) 물질의 조합으로 이루어진 P타입 제1 도핑층(412a) 및 상기 호스트(Host) 물질로 이루어진 P타입 제1 비도핑층(412b)으로 이루어진다.

[0131] 상기 P타입 제1 도핑층(412a)은 상기 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411) 상에 형성되어 있고, 상기 P타입 제1 비도핑층(412b)은 상기 P타입 제1 도핑층(412a) 상에 형성되어 있다.

[0132] 상기 P타입 제1 비도핑층(412b)은 정공 수송 능력이 있는 호스트(Host) 물질로 이루어짐으로써 상기 제2 발광부(200)의 제2 발광층(250)으로 정공을 수송할 수 있으며, 따라서 전술한 제2 발광부(200)에서 제2 정공 수송층(HTL)(230)이 생략될 수 있다. 이와 같이 제2 정공 수송층(HTL)(230)이 생략됨으로써 상기 P타입 제1 비도핑층(412b)은 상기 제2 발광층(250)의 바로 하면에 형성된다.

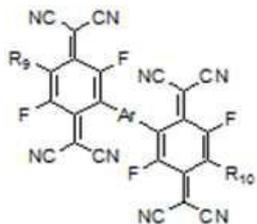
[0133] 상기 P타입 제1 도핑층(412a)은 상기 P타입 제1 비도핑층(412b)을 구성하는 호스트 물질에 P타입의 도펀트 물질이 포함되어 이루어짐으로써 상기 제2 발광부(200)로 정공을 주입해준다. 상기 P타입의 도펀트 물질은 Mo 또는 As 등과 같은 금속의 산화물, 또는 하기 화학식 9 내지 11로 표현되는 유기 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.

[0134] 화학식 9



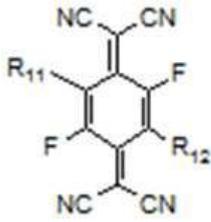
[0135]

[0136] 화학식 10



[0137]

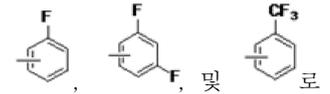
[0138] 화학식 11



[0139]

[0140]

상기 화학식 9 내지 11에서, R1 내지 R12는 각각 독립적으로 수소, 듀테륨, CF₃,



이루어진 군에서 선택된다.

[0141]

이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)이 동일한 호스트 물질을 포함하는 P타입 제1 도핑층(412a) 및 P타입 제1 비도핑층(412b)의 조합으로 이루어지기 때문에, 하나의 호스트 물질과 P타입 도펀트 물질을 증착하여 P타입 제1 도핑층(412a)을 형성하고 이어서 상기 P타입 도펀트 물질을 제거하여 동일한 호스트 물질로 P타입 제1 비도핑층(412b)을 형성함으로써 연속공정을 통해서 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)을 형성할 수 있다.

[0142]

상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)을 구성하는 호스트 물질은 전술한 바와 같이 정공 수송 능력이 있는 유기물로 이루어지는데, 구체적으로는, 정공 이동도(hole mobility)가 $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 이상인 것이 바람직하다.

[0143]

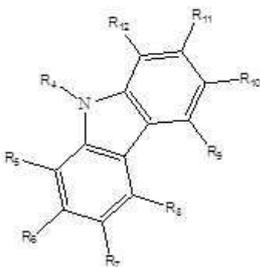
또한, 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)을 구성하는 호스트 물질은 제2 발광부(200)로 정공을 용이하게 수송함과 더불어 제2 발광부(200)에서 제1 발광부(100) 방향으로 전자가 이동하는 것을 차단하는 역할을 수행하는 것이 바람직하며, 이와 같은 정공의 용이 수송 및 전자의 이동 차단을 위해서 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -2.6 eV보다 크고 -2.0 보다 작으며, HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -5.8 eV보다 크고 -5.2 eV보다 작은 것이 바람직하다. 또한, 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)은 2.8 eV보다 큰 것이 바람직하다.

[0144]

이와 같은 특성을 가진 상기 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)을 구성하는 호스트 물질로는 카바졸 유도체 또는 아릴 아민계 화합물을 이용할 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 상기 카바졸 유도체는 하기 화학식 12로 표현되는 화합물로 이루어질 수 있지만, 반드시 그에 한정되는 것은 아니다.

[0145]

화학식 12



[0146]

[0147]

상기 화학식 12에서 R4 내지 R12는 각각 독립적으로 수소, 듀테륨, 시아닌기, 할로젠기, C1~C20까지의 치환 또는 비치환된 알킬기, C1~C20의 치환 또는 비치환된 알콕실기, C1~C20까지의 치환 또는 비치환된 실릴기, C6~C30의 치환 또는 비치환된 아릴기, C6~C30의 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기, C3~C30의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, C6~C20의 치환 또는 비치환된 아릴옥시기, C12~C40의 치환 또는 비치환된 아릴아미노기 및 C1~C20의 치환 또는 비치환된 알킬아미노기로 이루어진 군에서 선택된다.

[0148]

상기 제2 전하 생성층(CGL)(420)은 상기 제2 발광부(200)와 제3 발광부(300) 사이에 형성되어 있다. 상기 제2 전하 생성층(CGL)(420)은 상기 제2 발광부(200)에 인접하게 위치하는 N타입 제2 전하 생성층(N-CGL)(421) 및 상기 제3 발광부(300)에 인접하게 위치하는 P타입 제2 전하 생성층(P-CGL)(422)으로 이루어진다.

- [0149] 상기 N타입 제2 전하 생성층(N-CGL)(421)은 전술한 N타입 제1 전하 생성층(N-CGL)(411)과 마찬가지로 전자 수송 능력이 있는 호스트(Host) 물질로 이루어진 N타입 제2 비도핑층(421a), 및 상기 호스트(Host) 물질과 도펀트(Dopant) 물질의 조합으로 이루어진 N타입 제2 도핑층(421b)으로 이루어진다.
- [0150] 상기 N타입 제2 비도핑층(421a)은 전술한 N타입 제1 비도핑층(411a)과 동일하고 상기 N타입 제2 도핑층(421b)은 전술한 상기 N타입 제1 도핑층(411b)과 동일하므로 반복 설명은 생략하기로 한다.
- [0151] 상기 P타입 제2 전하 생성층(P-CGL)(422)은 전술한 P타입 제1 전하 생성층(P-CGL)(412)과 마찬가지로 정공 수송 능력이 있는 호스트(Host) 물질과 도펀트(Dopant) 물질의 조합으로 이루어진 P타입 제2 도핑층(422a) 및 상기 호스트(Host) 물질로 이루어진 P타입 제2 비도핑층(422b)으로 이루어진다.
- [0152] 상기 P타입 제2 도핑층(422a)은 전술한 P타입 제1 도핑층(412a)과 동일하고 상기 P타입 제2 비도핑층(422b)은 전술한 상기 P타입 제1 비도핑층(412b)과 동일하므로 반복 설명은 생략하기로 한다.
- [0153] 도 6 및 도 7은 각각 실시예 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 색좌표를 도시한 것으로서, 도 8은 BT709 기준의 색좌표를 도시한 것이고, 도 9는 DCI-P3 기준의 색좌표를 도시한 것이다.
- [0154] 도 6 및 도 7 각각은 아래와 표 1과 같은 제1 발광부(100)의 제1 발광층(150), 제2 발광부(200)의 제2 발광층(250), 및 제3 발광부(300)의 제3 발광층(350)의 구조를 가지는 실시예, 비교예 1, 및 비교예 2를 대상으로 한 색좌표를 도시한 것이다.

표 1

[0155]	실시예	비교예 1	비교예 2
제1발광부(100)의 제1발광층(150)	R-EML(153) B-EML(151)	R-EML(153) B-EML(151)	B-EML(151)
제2발광부(200)의 제2발광층(250)	G-EML(257) YG-EML(255)	YG-EML(255)	YG-EML(255)
제3발광부(300)의 제3발광층(350)	B-EML(351) R-EML(353)	B-EML(351) R-EML(353)	B-EML(351) R-EML(353)

- [0156] 구체적으로, 실시예에 따른 유기 발광 소자는 도 2(a)에 따른 제1 발광부(100), 도 3(a)에 따른 제2 발광부(200), 및 도 4(a)에 따른 제3 발광부(300)를 구비한 것이다. 그리고, 비교예 1에 따른 유기 발광 소자는 실시예에 따른 유기 발광 소자에서 제2 발광부(200)를 YG-EML(255)의 단일 발광층으로 구성한 것이다. 그리고, 비교예 2에 따른 유기 발광 소자는 실시예에 따른 유기 발광 소자에서 제1 발광부(100)를 B-EML(151)의 단일 발광층으로 구성함과 더불어 제2 발광부(200)를 YG-EML(255)의 단일 발광층으로 구성한 것이다.
- [0157] 도 6에서 알 수 있듯이, 실시예의 경우 BT709 기준으로 132.2%의 색재현율을 보이는데 반하여, 비교예 1의 경우 BT709 기준으로 123.0%의 색재현율을 보이고, 비교예 2의 경우 BT709 기준으로 120.1%의 색재현율을 보인다.
- [0158] 도 7에서 알 수 있듯이, 실시예의 경우 DCI-P3 기준으로 105.2%의 색재현율을 보이는데 반하여, 비교예 1의 경우 DCI-P3 기준으로 97.8%의 색재현율을 보이고, 비교예 2의 경우 DCI-P3 기준으로 95.9%의 색재현율을 보인다.
- [0159] 이상의 도 6 및 도 7에서 알 수 있듯이, 제1 발광층(150), 제2 발광층(250), 및 제3 발광층(350) 모두 2층으로 구성된 실시예의 경우가 그렇지 않은 비교예 1 및 비교예 2에 비하여 색재현율이 우수함을 알 수 있다.
- [0160] 이상 설명한 본 발명에 따른 유기 발광 소자는 화상을 표시하는 디스플레이 장치 이외에 조명 장치 등과 같이 당업계에 공지된 다양한 발광 장치에 적용될 수 있다.
- [0161] 상기 제1 발광층은 상기 청색의 제1 발광층 및 적색 또는 황녹색의 제1 발광층을 포함하여 이루어지고, 상기 제2 발광층은 적색의 제2 발광층, 황녹색의 제2 발광층, 및 녹색의 제2 발광층 중 적어도 2개의 발광층의 조합으로 이루어지고, 상기 제3 발광층은 상기 청색의 제3 발광층 및 적색 또는 황녹색의 제3 발광층을 포함하여 이루어진다.
- [0162] 또한, 상기 청색의 제1 발광층은 상기 적색 또는 황녹색의 제1 발광층보다 상기 제1 전극에 가까운 위치에 형성되고, 상기 청색의 제3 발광층은 상기 적색 또는 황녹색의 제3 발광층보다 상기 제2 전극에 가까운 위치에 형성된다.
- [0163] 또한, 상기 녹색의 제2 발광층은 상기 황녹색의 제2 발광층 또는 상기 적색의 제2 발광층보다 상기 제2 전극에

가까운 위치에 형성되고, 상기 황녹색의 제2 발광층은 상기 적색의 제2 발광층보다 상기 제2 전극에 가까운 위치에 형성된다.

[0164] 또한, 상기 청색의 제1 발광층 또는 상기 청색의 제3 발광층을 구성하는 청색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 456nm보다 작고, 상기 청색의 제1 발광층 또는 상기 청색의 제3 발광층을 구성하는 청색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 30nm보다 크고 40nm보다 작다.

[0165] 또한, 상기 적색의 제1 발광층, 상기 적색의 제2 발광층 또는 상기 적색의 제3 발광층을 구성하는 적색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 620nm보다 크고 630nm보다 작고, 상기 적색의 제1 발광층, 상기 적색의 제2 발광층 또는 상기 적색의 제3 발광층을 구성하는 적색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 50nm보다 크고 60nm보다 작다.

[0166] 또한, 상기 황녹색의 제1 발광층, 상기 황녹색의 제2 발광층 또는 상기 황녹색의 제3 발광층을 구성하는 황녹색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})이 540nm보다 크고 550nm보다 작고, 상기 황녹색의 제1 발광층, 상기 황녹색의 제2 발광층 또는 상기 황녹색의 제3 발광층을 구성하는 황녹색 도펀트의 반치폭(FWHM)은 70nm보다 크고 100nm보다 작다.

[0167] 또한, 상기 녹색의 제2 발광층을 구성하는 녹색 도펀트의 피크 파장(λ_{max})은 515nm보다 크고 535nm보다 작고, 상기 녹색의 제2 발광층을 구성하는 녹색 도펀트의 반치폭(FWHM; full width at half maximum)은 70nm보다 크고 80nm보다 작다.

[0168] 또한, 상기 제1 발광부와 상기 제2 발광부 사이에 형성되는 제1 전하 생성층을 추가로 포함하여 이루어지고, 상기 제1 전하 생성층은 N타입 제1 전하 생성층 및 P타입 제1 전하 생성층의 조합으로 이루어지고, 상기 N타입 제1 전하 생성층은 N타입 제1 비도핑층 및 상기 N타입 제1 비도핑층 상에 형성되는 N타입 제1 도핑층으로 이루어지고, 상기 N타입 제1 비도핑층은 전자 수송 능력이 있는 호스트 물질로 이루어지고, 상기 N타입 제1 도핑층은 상기 N타입 제1 비도핑층의 호스트 물질과 도펀트 물질의 조합으로 이루어진다.

[0169] 또한, 상기 N타입 제1 비도핑층은 상기 제1 발광층의 바로 상면에 형성된다.

[0170] 또한, 상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 전자 이동도(electron mobility)는 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 보다 크고, 상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Lumo(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -3.1 eV보다 크고 -2.7 eV보다 작고, 상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Homo(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -6.2 eV보다 크고 -5.8 eV보다 작으며, 상기 N타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)은 2.5 eV보다 크다.

[0171] 또한, 상기 P타입 제1 전하 생성층은 상기 N타입 제1 전하 생성층 상에 형성되는 P타입 제1 도핑층 및 상기 P타입 제1 도핑층 상에 형성되는 P타입 제1 비도핑층으로 이루어지고, 상기 P타입 제1 비도핑층은 정공 수송 능력이 있는 호스트 물질로 이루어지고, 상기 P타입 제1 도핑층은 상기 P타입 제1 비도핑층의 호스트 물질과 도펀트 물질의 조합으로 이루어진다.

[0172] 또한, 상기 P타입 제1 비도핑층은 상기 제2 발광층의 바로 하면에 형성된다.

[0173] 또한, 상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 정공 이동도(hole mobility)가 $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 이상이고, 상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Lumo(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 레벨은 -2.6 eV보다 크고 -2.0 eV보다 작고, 상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 Homo(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨은 -5.8 eV보다 크고 -5.2 eV보다 작으며, 상기 P타입 제1 전하 생성층을 구성하는 호스트 물질의 삼중항 에너지 갭(Triplet energy gap)이 2.8 eV보다 크다.

[0174] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 보호 범위는 청구 범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다

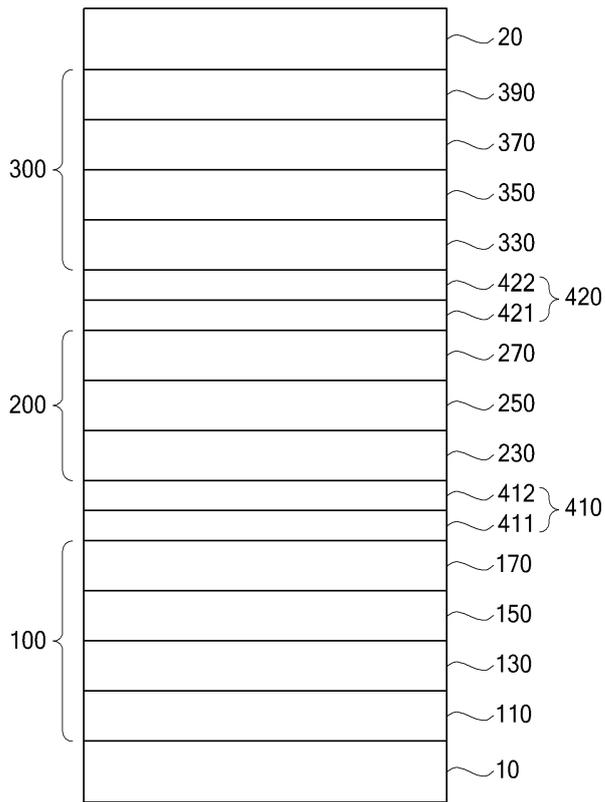
부호의 설명

[0175]

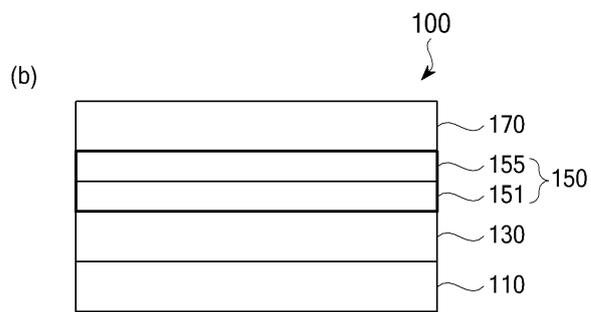
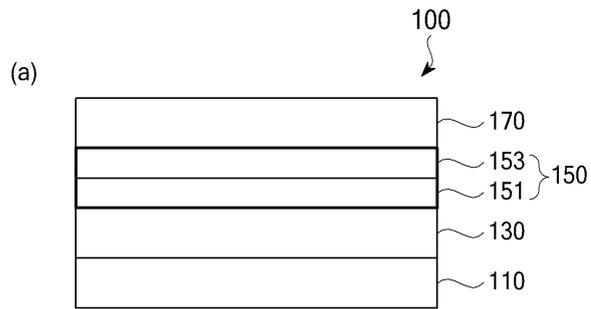
- | | |
|----------------|----------------|
| 10: 제1 전극 | 100: 제1 발광부 |
| 200: 제2 발광부 | 300: 제3 발광부 |
| 410: 제1 전하 생성층 | 420: 제2 전하 생성층 |

도면

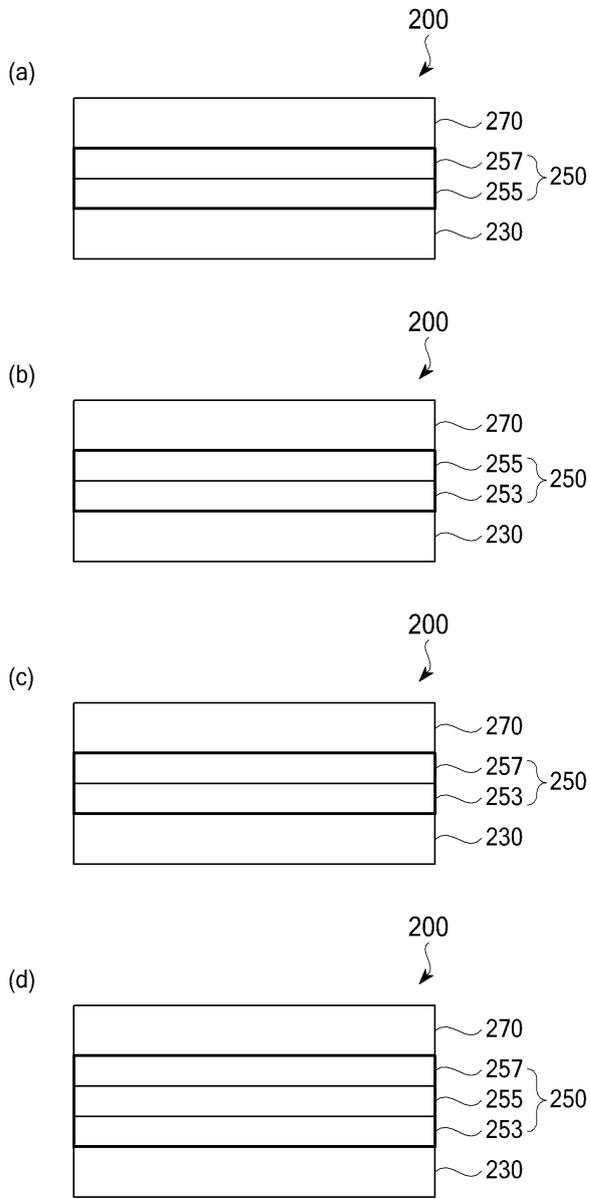
도면1



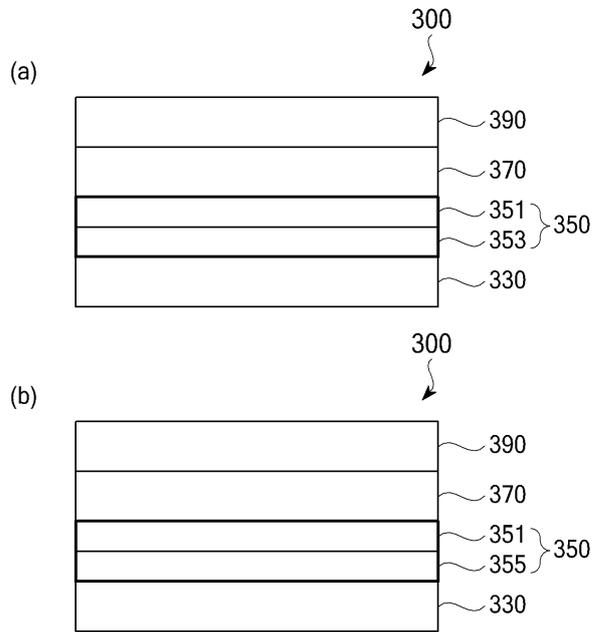
도면2



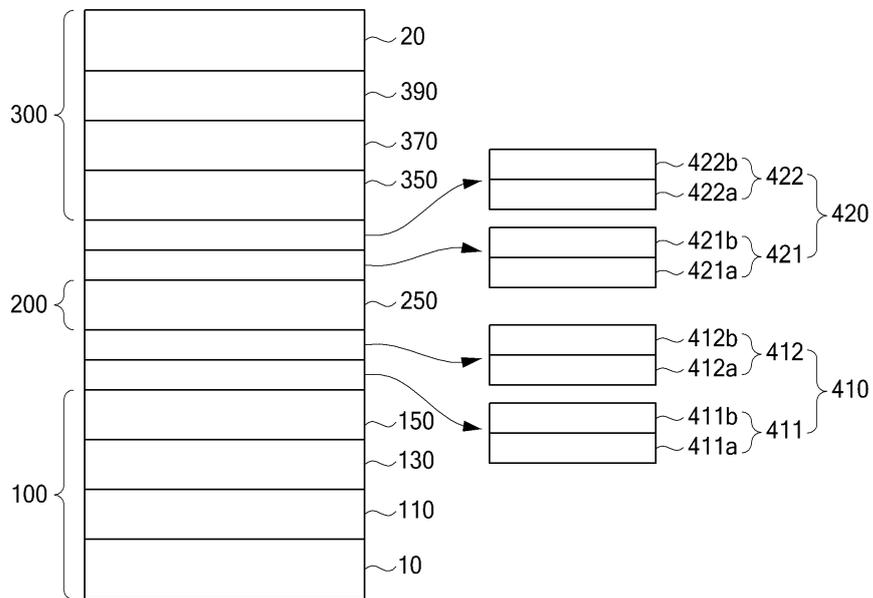
도면3



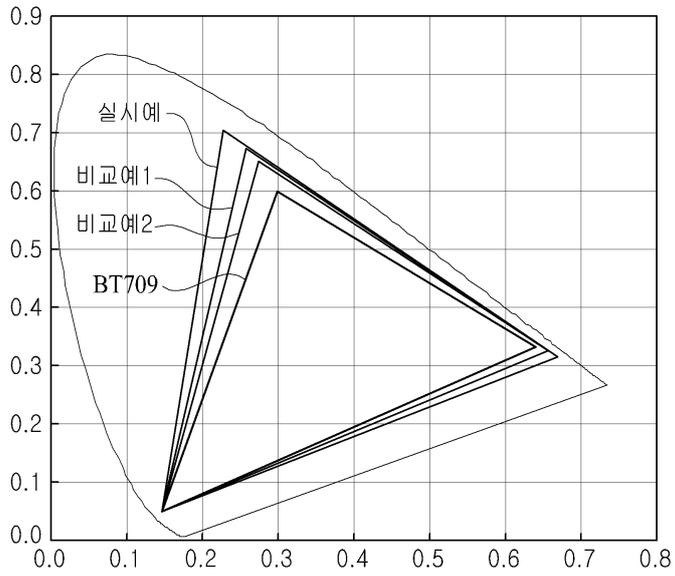
도면4



도면5



도면6



도면7

