



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0047601
(43) 공개일자 2018년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5004 (2013.01)
H01L 27/3211 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0143977
(22) 출원일자 2016년10월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
임동혁
경기도 고양시 일산동구 하늘마을로 92, 202동
1902호 (중산동, 하늘마을2단지)
(74) 대리인
박영복

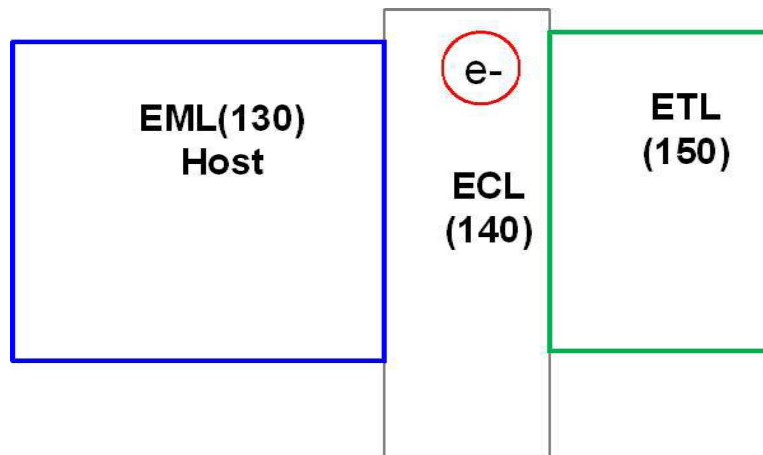
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 유기 발광 소자 및 이를 이용한 유기 발광 표시 장치

(57) 요약

본 발명은 발광층에 인접한 층들의 특정 성질을 이용하여 발광 효율을 향상시키고 구동 전압을 낮춘 유기 발광 소자 및 이를 이용한 유기 발광 표시 장치에 관한 것으로, 발광층, 전자 제어층 및 전자 수송층간의 밴드갭 특성 및 각 층의 이동도 특성이 정의된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 27/3262 (2013.01)
H01L 51/5024 (2013.01)
H01L 51/5056 (2013.01)
H01L 51/5072 (2013.01)
H01L 51/5092 (2013.01)
H01L 51/5096 (2013.01)
H01L 2251/552 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

서로 대향하는 양극 및 음극;

상기 양극과 음극 사이에 구비되며, 호스트와 도펀트를 갖는 유기 발광층;

상기 유기 발광층과 음극 사이에 위치하는 전자 조절층 및 전자 수송층을 포함하며,

상기 전자 조절층은 인접한 상기 호스트 및 전자 수송층보다 높은 LUMO 준위를 갖고,

상기 전자 조절층 및 상기 호스트의 전자 이동도가 전자 수송층의 전자 이동도보다 큰 유기 발광 소자.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 전자 조절층의 전자 이동도가 상기 호스트의 전자 이동도보다 큰 유기 발광 소자.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 전자 조절층의 전자 이동도는 상기 전자 수송층의 전자 이동도의 10배 내지 10000배인 유기 발광 소자.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 호스트, 전자 조절층 및 전자 수송층 각각에서 정공 이동도보다 전자 이동도가 큰 유기 발광 소자.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 전자 조절층은 상기 호스트의 전자 이동도의 0.3배 내지 5배의 전자 이동도를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 도펀트는 상기 호스트의 밴드갭 내에 포함된 밴드갭을 갖는 유기 발광 소자.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 도펀트는 청색을 발광하는 청색 도펀트인 유기 발광 소자.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 전자 조절층은 일측이 유기 발광층과 접하며, 타측의 전자 수송층과 접한 유기 발광 소자.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 유기 발광층과 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 더 포함한 유기 발광 소자.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 유기 발광층과 정공 저지층의 일측은 접하며,

상기 정공 저지층의 타측은 상기 전자 조절층의 일측과 접하고,

상기 전자 조절층의 타측은 상기 전자 수송층과 접한 유기 발광 소자.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 정공 저지층은 상기 전자 수송층보다 크고, 상기 전자 조절층보다 작은 전자 이동도를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 12

제 9항에 있어서,

상기 정공 저지층은 상기 호스트와 같거나 작은 전자 이동도를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 13

제 9항에 있어서

상기 정공 저지층은 상기 호스트 및 전자 조절층보다 높은 LUMO 준위를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 14

제 1항에 있어서,

상기 양극과 음극 사이에,

상기 적층된 유기 발광층, 전자 조절층 및 전자 수송층은 전자 주입 향상 유닛으로 하여, 복수개 구비된 유기 발광 소자.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛의 유기 발광층들은 동일 색의 발광을 하는 유기 발광 소자.

청구항 16

제 14항에 있어서,

상기 복수개의 전자 주입 향상층의 유기 발광층들은 서로 다른 색으로 발광하며, 상기 양극과 음극 사이에 백색으로 혼색되어 나오는 유기 발광 소자.

청구항 17

제 14항에 있어서,

상기 전자 주입 향상 유닛에서 상기 유기 발광층과 상기 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 더 포함한 유기 발광 소자.

청구항 18

제 14항에 있어서,

상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛들 사이에 전하 생성층을 더 포함한 유기 발광 소자.

청구항 19

제 1항에 있어서,

상기 양극과 상기 유기 발광층 사이에 정공 수송층을 더 포함한 유기 발광 소자.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 양극에 접하여 정공 주입층과, 상기 음극에 접하여 전자 주입층을 더 포함한 유기 발광 소자.

청구항 21

복수개의 서브 화소를 갖는 기관;

상기 기관 상에 각 서브 화소에 구비된 박막 트랜지스터; 및

상기 각 서브 화소에 박막 트랜지스터와 접속되며, 상기 제 1항 내지 제 20항에 따른 유기 발광 소자를 포함한 유기 발광 표시 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 소자에 관한 것으로서, 특히, 발광층에 인접한 층들의 특정 성질을 이용하여 발광 효율을 향상시키고 구동 전압을 낮춘 유기 발광 소자 및 이를 이용한 유기 발광 표시 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 본격적인 정보화 시대로 접어들어 따라 전기적 정보신호를 시각적으로 표현하는 디스플레이(display) 분야가 급속도로 발전해 왔고, 이에 부응하여 박형화, 경량화, 저소비 전력화의 우수한 성능을 지닌 여러 가지 다양한 평판 표시장치(Flat Display Device)가 개발되어 기존의 브라운관(Cathode Ray Tube: CRT)을 빠르게 대체하고 있다.

[0003] 이 같은 평판 표시장치의 구체적인 예로는 액정 표시장치(Liquid Crystal Display device: LCD), 플라즈마 표시장치(Plasma Display Panel device: PDP), 전계방출 표시장치(Field Emission Display device: FED), 유기 발광 표시장치(Organic Light Emitting Device: OLED) 등을 들 수 있다.

[0004] 이 중, 별도의 광원을 요구하지 않으며 장치의 컴팩트화 및 선명한 컬러 표시를 위해 유기 발광 표시 장치가 경쟁력 있는 어플리케이션(application)으로 고려되고 있다.

[0005] 한편, 유기 발광 표시 장치에는 복수개의 서브 화소를 갖는 기관 상에, 각 서브 화소에 대응되어 발광을 위한 유기 발광 소자가 구비된다. 그리고, 상기 유기 발광 소자는 양극과 음극과, 상기 양극과 음극 사이에 정공 수송층, 발광층 및 전자 수송층을 순서대로 구비하여 이루어진다.

[0006] 이러한 유기 발광 소자는, 양극과 음극 사이에 전기장을 가함으로써 빛을 내는 소자로, 낮은 전압에서 구동이 가능하고, 전력 소모가 비교적 적고, 또한 가볍고 플렉서블한 기관 위에도 소자 제작이 가능한 것이 특징이다.

[0007] 유기 발광 표시 장치는 개별 화소에 발광을 위한 유기 발광 소자가 구비되어 있어, 광을 발산한다. 개별 유기 발광 소자에 있어서는, 발광층 내에 정공과 전자가 결합하여 엑시톤(exciton)을 이루며, 엑시톤이 그라운드 상태로 에너지가 떨어지며, 광을 발광하는 것으로, 발광층에서의 정공과 전자의 결합 효율에 따라 발광 효율이 결정된다.

[0008] 그런데, 현재까지의 유기 발광 소자는 발광층에 인접한 알려진 재료들이 층간에 갖는 에너지 장벽의 차로 최적의 발광 영역을 얻기 어려워 충분한 발광 효율을 얻기 어려웠고, 또한, 구동 전압이 높다는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 발광층에 인접한 층들의 특정 성질을 이용하여 발광 효율을 향상시키고 구동 전압을 낮춘 유기 발광 소자 및 이를 이용한 유기 발광 표시 장치에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 유기 발광 소자는 유기 발광층과 음극 사이의 층들간의 밴드갭 특성 및 이동도가 정의되어, 전자 주입에 최적화된 구성을 가지며, 유기 발광층 내의 발광 효율을 높이며, 주변 층의 계면 열화없이 안정한 발광 영역을 갖는다.
- [0011] 이를 위한 일 실시예에 따른 본 발명의 유기 발광 소자는 서로 대향하는 양극 및 음극과, 상기 양극과 음극 사이에 구비되며, 호스트와 도펀트를 갖는 유기 발광층과, 상기 유기 발광층과 음극 사이에 위치하는 전자 조절층 및 전자 수송층을 포함하며, 상기 전자 조절층은 인접한 상기 호스트 및 전자 수송층보다 높은 LUMO 준위를 갖고, 상기 전자 조절층 및 상기 호스트의 전자 이동도가 전자 수송층의 전자 이동도보다 클 수 있다.
- [0012] 그리고, 상기 전자 조절층의 전자 이동도가 상기 호스트의 전자 이동도보다 클 수 있다.
- [0013] 그리고, 상기 전자 조절층의 전자 이동도는 상기 전자 수송층의 전자 이동도의 10배 내지 10000배인 것이 바람직하다.
- [0014] 그리고, 상기 호스트, 전자 조절층 및 전자 수송층 각각에서 정공 이동도보다 전자 이동도가 클 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 전자 조절층은 상기 호스트의 전자 이동도의 0.3배 내지 5배의 전자 이동도를 가질 수 있다.
- [0016] 그리고, 상기 도펀트는 상기 호스트의 밴드갭 내에 포함된 밴드갭을 가질 수 있다.
- [0017] 한편, 상기 도펀트는 청색을 발광하는 청색 도펀트인 것이 바람직하다.
- [0018] 그리고, 제 1 실시예에 있어서는 상기 전자 조절층은 일측이 유기 발광층과 접하며, 타측의 전자 수송층과 접할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 소자는 상기 유기 발광층과 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 더 포함할 수 있다.
- [0020] 이 경우, 상기 유기 발광층과 정공 저지층의 일측은 접하며, 상기 정공 저지층의 타측은 상기 전자 조절층의 일측과 접하고, 상기 전자 조절층의 타측은 상기 전자 수송층과 접한다. 또한, 상기 정공 저지층은 상기 전자 수송층보다 크고, 상기 전자 조절층보다 작은 전자 이동도를 갖는다.
- [0021] 한편, 상기 정공 저지층은 상기 호스트와 같거나 작은 전자 이동도를 가질 수 있다. 그리고, 상기 정공 저지층은 상기 호스트 및 전자 조절층보다 높은 LUMO 준위를 가질 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명의 유기 발광 소자의 또 다른 실시예에 따르면, 상기 양극과 음극 사이에, 상기 적층된 유기 발광층, 전자 조절층 및 전자 수송층은 전자 주입 향상 유닛으로 하여, 복수개 구비될 수 있다.
- [0023] 이 경우, 상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛의 유기 발광층들은 동일 색의 발광을 하거나 혹은 상기 복수개의 전자 주입 향상층의 유기 발광층들은 서로 다른 색으로 발광하며, 상기 양극과 음극 사이에 백색으로 혼색되어 나올 수 있다. 그리고, 상기 전자 주입 향상 유닛에서 상기 유기 발광층과 상기 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 더 포함할 수도 있다.
- [0024] 그리고, 상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛들 사이에 전하 생성층을 더 포함할 수도 있다.
- [0025] 한편, 상기 양극과 상기 유기 발광층 사이에 정공 수송층을 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 양극에 접하여 정공 주입층과, 상기 음극에 접하여 전자 주입층을 더 포함할 수도 있다.
- [0026] 그리고, 본 발명의 유기 발광 표시 장치는 복수개의 서브 화소를 갖는 기판과, 상기 기판 상에 각 서브 화소에 구비된 박막 트랜지스터 및 상기 각 서브 화소에 박막 트랜지스터와 접속된 상술한 유기 발광 소자를 포함하여 이루어진다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 유기 발광 소자 및 이를 이용한 유기 발광 표시 장치는 다음과 같은 효과가 있다.
- [0028] 첫째, 전자 조절층 및/또는 정공 저지층의 이동도를 특정 범위로 하여 전자 주입의 속도를 조절하여, 발광층 내의 발광 영역을 안정적으로 위치시키며 정공과의 결합 효율을 향상시킨다. 이로써, 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0029] 둘째, 전자 조절층 및/또는 정공 저지층의 및 LUMO 준위를 특정 범위로 하여 발광층으로 전자가 공급됨에 있어서 에너지 장벽을 낮춰 구동 전압을 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도
 도 2는 본 발명의 제 1 실시예의 전자 주입 효율 향상 유닛을 나타낸 도면
 도 3은 도 2의 발광 영역을 나타낸 도면
 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기 발광 소자 구조에 있어서, Device 3, Device 4, Device 3', Device 5에서 이용되는 청색 호스트의 이동도 특성을 나타낸 그래프
 도 5는 본 발명의 제 1 실시예의 변형예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도
 도 6은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도
 도 7은 본 발명의 제 2 실시예의 전자 주입 효율 향상 유닛을 나타낸 도면
 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도
 도 9는 본 발명의 유기 발광 표시 장치를 나타낸 단면도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 다양한 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 다양한 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 발명의 다양한 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 따라서 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의된다.

[0032] 본 발명의 다양한 실시예를 설명하기 위한 도면에 개시된 형상, 크기, 비율, 각도, 개수 등은 예시적인 것이므로 본 발명이 도면에 도시된 사항에 한정되는 것은 아니다. 본 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 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.

[0033] 본 발명의 다양한 실시예에 포함된 구성 요소를 해석함에 있어서, 별도의 명시적 기재가 없더라도 오차 범위를 포함하는 것으로 해석한다.

[0034] 본 발명의 다양한 실시예를 설명함에 있어, 위치 관계에 대하여 설명하는 경우에, 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.

[0035] 본 발명의 다양한 실시예를 설명함에 있어, 시간 관계에 대한 설명하는 경우에, 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.

[0036] 본 발명의 다양한 실시예를 설명함에 있어, '제 1~', '제 2~' 등이 다양한 구성 요소를 서술하기 위해서 사용될 수 있지만, 이러한 용어들은 서로 동일 유사한 구성 요소 간에 구별을 하기 위하여 사용될 따름이다. 따라서, 본 명세서에서 '제 1~'로 수식되는 구성 요소는 별도의 언급이 없는 한, 본 발명의 기술적 사상 내에서 '제 2~'로 수식되는 구성 요소와 동일할 수 있다.

[0037] 본 발명의 여러 다양한 실시예의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하고, 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 다양한 실시예가 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.

[0038] 본 명세서에서 어떠한 층의 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbitals Level) 에너지 레벨 및 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbitals Level) 에너지 레벨이라 함은, 해당 층에 도핑된 도펀트(Dopant) 물질의 LUMO 에

너지 레벨 및 HOMO 에너지 레벨이라고 지칭하지 않는 한, 해당 층의 대부분의 중량비를 차지하는 물질, 예를 들어 호스트(Host) 물질의 LUMO 에너지 레벨 및 HOMO 에너지 레벨을 의미한다.

[0039] 본 명세서에서 HOMO 에너지 레벨이란, 전극 전위값을 알고 있는 기준 전극에 대한, 상대적인 전위값으로부터 에너지 준위를 결정하는, 전류 전압 측정법(CV: Cyclic Voltammetry)으로 측정된 에너지 레벨일 수 있다. 예를 들어, 산화 전위값 및 환원 전위 값을 아는 Ferrocene을 기준 전극으로 하여 어떠한 물질의 HOMO 에너지 레벨을 측정할 수 있다.

[0040] 본 명세서에서 '도핑된'이란, 어떤 층의 대부분의 중량비를 차지하는 물질에, 대부분의 중량비를 차지하는 물질과 다른 물성(서로 다른 물성이란, 예를 들어, N-타입과 P-타입, 유기물질과 무기물질)을 가지는 물질이 중량비 10 % 미만으로 첨가가 되어 있음을 의미한다. 달리 말하면, '도핑된' 층이란, 어떤 층의 호스트 물질과 도펀트 물질을 중량비의 비중을 고려하여 분별해 낼 수 있는 층을 의미한다. 그리고 '비도핑된'이란, 도핑된'에 해당하는 경우 이외의 모든 경우를 칭한다. 예를 들어, 어떤 층이 단일 물질로 구성되었거나, 서로 성질이 동일 유사한 물질들이 혼합되어 구성되는 경우, 그 층은 '비도핑된' 층에 포함된다. 예를 들어, 어떤 층을 구성하는 물질들 중 적어도 하나가 P-타입이고, 그 층을 구성하는 물질 모두가 N-타입이 아니라면, 그 층은 '비도핑된' 층에 포함된다. 예를 들어, 어떤 층을 구성하는 물질들 중 적어도 하나가 유기 물질이고, 그 층을 구성하는 물질 모두가 무기 물질은 아니라면, 그 층은 '비도핑된' 층에 포함된다. 예를 들어, 어떤 층을 구성하는 물질들이 모두 유기 물질인데, 그 층을 구성하는 물질들 중 적어도 어느 하나가 N-타입이고 또 다른 적어도 어느 하나가 P-타입인 경우에, N-타입인 물질이 중량비 15 % 미만이거나 또는 P-타입인 물질이 중량비 15% 미만인 경우에 '도핑된' 층에 포함된다.

[0041] 본 명세서에서 스택이란, 실시예에서 특정 구조로 제한하지 않는 한 정공 수송층과, 전자 수송층을 포함하는 유기층 및 정공 수송층과 전자 수송층 사이에 배치되는 유기 발광층을 포함하는 단위 구조를 의미한다. 유기층에는 정공 주입층, 전자 저지층, 정공 저지층 및 전자 주입층 등이 더 포함될 수도 있으며, 이 밖에도 유기 발광 소자의 구조나 설계에 따라 다른 유기층들이 더 포함될 수 있다.

[0042] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도이며, 도 2는 본 발명의 제 1 실시예의 전자 주입 효율 향상 유닛을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2의 발광 영역을 나타낸 도면이다.

[0043] 도 1과 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기 발광 소자는 서로 대향하는 양극(100) 및 음극(200)과, 상기 양극(100)과 음극(200) 사이에 구비되며, 호스트(h)와 도펀트(d)를 갖는 유기 발광층(130)과, 상기 유기 발광층(130)과 음극(200) 사이에 위치하는 전자 조절층(140) 및 전자 수송층(150)을 포함한다.

[0044] 또한, 상기 양극(100)과 유기 발광층(130) 사이에는 정공 수송층(120)이 포함될 수 있다.

[0045] 여기서, 상기 전자 조절층(140)은 인접한 상기 유기 발광층(130)의 호스트 및 전자 수송층(150)보다 높은 LUMO 준위를 갖고, 상기 전자 조절층(140) 및 상기 유기 발광층(130)의 호스트의 전자 이동도가 전자 수송층(150)의 전자 이동도보다 클 수 있다.

[0046] 음극에서 공급되는 전자는 전자 수송층(150), 전자 조절층(140)을 거쳐 유기 발광층(130)으로 주입되는데, 각 층들의 LUMO 준위를 따라 전자가 이동한다. 이 경우, 전자가 이동함에 있어서, 도 2 및 도 3과 같이, 전자 조절층(140)에서 유기 발광층(130)으로 넘어갈 때, LUMO 준위가 높은 측에서 낮은 측으로 이동하여 에너지 장벽이 거의 없다고 볼 수 있다. 한편, 전자 수송층(150)에서 전자 조절층(140)간에는 LUMO 준위가 낮은 측에서 높은 측으로 이동하여, 약간의 에너지 장벽이 있지만, 이 때의 LUMO 준위 차는 0.15eV 이하로 하여, 전자가 받는 에너지 장벽을 최소화한다. 또한, 상대적으로 전자 조절층(140)은 인접하여 있는 유기 발광층(130)에 공급되는 전자의 속도를 제어하기 위해 보조적으로 구비되는 것으로, 전자 수송층(150) 대비 매우 얇은 층으로, 그 두께가 얇아 상기 전자 조절층(140)에 의해 발생하는 에너지 장벽은 크지 않다. 특히, 상기 전자 조절층(140) 내의 재료를 전자 이동도가 주변층인 유기 발광층(130) 및 전자 수송층(150) 대비 큰 재료를 이용할 때, 이러한 전자의 부스팅 효과가 커져 유기 발광층(130)으로 넘어가 때의 에너지 장벽은 거의 없다고 볼 수 있다.

[0047] 그리고, 상대적으로 전자 수송층(150)의 LUMO 준위보다 유기 발광층(130) 내 호스트의 LUMO 준위가 더 낮아, 전자 조절층(140)과 전자 수송층(150)의 LUMO 준위 차(L1)보다 전자 조절층(140)과 유기 발광층(130)의 호스트간의 LUMO 준위 차(L2)가 커 전자의 전송은 역행하지 않고, 전자 수송층(150)에서 유기 발광층(130)으로 이루어진다.

[0048] 도 2 및 도 3에 표현되는 유기 발광층(130)의 에너지 밴드갭은 유기 발광층(130)의 주 재료인 호스트의 밴드갭이며, 상기 호스트의 1% 내지 15%의 양으로 포함된 도펀트는 상기 호스트의 밴드갭 내에 있다. 즉, 호스트의

LUMO 준위보다 낮은 LUMO 준위를, 호스트의 HOMO 준위보다 높은 HOMO 준위를 갖는다.

[0049] 한편, 본 명세서에서 설명하는 HOMO 준위와 LUMO 준위는 모두 음의 값을 갖는 것이며, 절대 값이라고 명시되지 않은 한 도시된 그대로 음의 값 자체로 비교한다. 즉, 전자 조절층(140)보다 유기 발광층(130)의 호스트의 LUMO 준위가 낮다는 의미는 유기 발광층의 호스트의 LUMO 준위의 절대 값이 전자 조절층(140)의 LUMO 준위 값보다는 작다는 의미이다.

표 1

| Device | ECL 적용 유무 | ETL (비율) | 구동전압 | 효율 |
|----------------|-----------|-----------------|------|------|
| Device1 (ref) | 없음 | ETLa + LiQ (n%) | 100% | 100% |
| Device 2(본 발명) | 있음 | ETLa + LiQ (n%) | 95% | 110% |

[0050]

[0051] 한편, 표 1과 같이, Device1(ref: 비교예)과 Device 2(본 발명)의 구성을 도 1의 동일 적층 구조에서, 상기 전자 조절층(ECL: Electron Control Layer)의 유무만을 달리하여, 실험하였을 때, Device1(비교예)의 구동 전압을 100%으로 하였을 때, Device2(본 발명)에서 5% 줄어듦을 확인할 수 있었으며, 효율은 Device 1(비교예) 대비 Device2(본 발명)에서, 10% 상승함을 확인할 수 있었다.

[0052] 여기서, 상기 전자 수송층(150)은 비교예(Device1)와 본 발명(Device2)에서 모두 동일한 ETLa의 재료에, LiQ를 동일한 소량(n%) 혼합하여 구성하였고, 실험 구성에서, 전자 조절층은 청색 발광층과 전자 수송층에 양측에 접하여 구성하였다.

[0053] 표 1의 실험이나 이하의 표들에서는 실험은, 유기 발광 소자를 청색 발광 소자로 하여 실험을 진행하였는데, 양극과 음극 사이에 청색 발광을 할 경우, 타색 대비 공진 조건이 하측에 위치(양극에 가깝게 위치)하여, 청색 발광층은 음극에서의 전자 공급이 부족하거나 느릴 수 있어, 상대적으로 타색 발광 소자 대비 효율이 낮기 때문에, 상술한 본 발명의 유기 발광 소자의 유기 발광층, 전자 조절층 및 전자 수송층의 관계에서, 효과가 더 크기 때문이다.

[0054] 한편, 본 발명의 제 1 실시예에 있어서, 상술한 전자 이동도 및 LUMO 준위의 관계를 갖는 연속된 유기 발광층(130), 전자 조절층(140) 및 전자 수송층(150)은 하나의 전자 주입 향상 유닛(A)이라 한다. 그리고, 상기 전자 주입 향상 유닛은 양극과 음극 사이에 하나 포함될 수도 있고, 혹은 복수개 포함될 수도 있다. 복수개 포함되는 경우에 대해서는 후술한다.

[0055] 즉, 표 1의 실험을 통해, 상기 전자 조절층(140)이 인접한 상기 (청색) 유기 발광층(130)의 호스트 및 전자수송층(150)보다 높은 LUMO 준위를 갖고, 상기 전자 조절층(140) 및 상기 유기 발광층(130)의 호스트의 전자 이동도가 전자 수송층(150)의 전자 이동도보다 클 때, 상술한 바와 같이, 구동 전압이 감소하고, 효율이 향상되는 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다. 실험된 예는 청색 발광 소자에 대한 것이지만, 타색 발광 소자에 대해서도 적용시 유사한 효과를 얻을 수 있을 것이다. 다만 청색 발광 소자의 경우, 이러한 전자 조절층 주변의 LUMO 준위 및 전자 이동도 관계에 의해, 구조적으로 발광 효율의 상승 효과가 크다.

[0056] 도 2 및 도 3의 밴드갭 구성에서 전자 주입 입장에서 의미가 있는 것을 각 층들의 LUMO 준위들이다. 전자 조절층(140)의 밴드갭이 상대적으로 인접한 층들 대비 커서 HOMO 준위가 상기 전자 조절층(140)에서 가장 하측에 있지만, 경우에 따라 각 층의 HOMO 준위는 도시된 바와 달라질 수 있다. 달라지는 경우에도 전자 주입의 특성에는 차이를 갖지 않는다.

[0057] 도 1의 구성에 대해 보다 자세히 설명한다.

[0058] 상기 양극(100)과 음극(200)에 의해, 유기 발광 소자(OLED)에 전기장이 형성된다. 양극(100)은 유기 발광 소자(OLED)에 정공을 공급하는 애노드(Anode)이다. 양극(100)은 일함수가 높은 투명 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 양극(100)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 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 유기 발광 소자(OLED)가 음극(200) 방향으로 광이

방출하는, 이른바 탑 에미션(Top-emission) 방식의 유기 발광 장치에 적용되는 경우, 유기 발광 소자(OLED)는 양극(100)에 은(Ag) 또는 은 합금(Ag alloy)과 같은 반사성이 우수한 물질로 이루어지는 반사층을 더 포함할 수 있다. 즉, 양극(100)은 제1 유기 발광층(1140)에서 발생한 광을 반사할 수 있다.

[0059] 음극(200)은 유기 발광 소자(OLED)에 전자를 공급하는 캐소드(Cathode)이다. 음극(200)은 일함수가 낮은 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 음극(200)은 TCO(Transparent Conductive Oxide)와 같은 투명 도전 물질일 수 있다. 예를 들어, 음극(200)은 ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide) 등으로 이루어질 수 있다. 또는, 음극(200)은 마그네슘(Mg), 은(Ag), 알루미늄(Al), 칼슘(Ca) 등과 같은 불투명 도전성 금속 및 이들의 합금으로 이루어진 군 중 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 음극(200)은 마그네슘(Mg)과 은(Ag)의 합금(Mg:Ag)으로 이루어질 수 있다. 또는, 음극(200)은 TCO(Transparent Conductive Oxide), ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide)와 금속성 물질인 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 몰리브덴(Mo), 마그네슘(Mg) 등의 두 개의 층으로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 유기 발광 소자(OLED)가 탑 에미션(Top emission) 방식의 유기 발광 장치에 적용되는 경우, 유기 발광 소자 내부에서 발생된 광이 음극(200)을 통과하여 외부로 출사될 수 있도록, 음극(200)은 투명성 또는 반투과성을 가질 수 있다.

[0060] 정공 수송층(120)은 공급받은 정공을 유기 발광층(130)으로 전달한다. 제1 정공 수송층(1130)은 정공 수송 물질로 구성된다. 양이온화 됨으로써(즉, 전자를 잃음으로써) 전기화학적으로 안정화되는 물질이 정공 수송 물질일 수 있다. 또는, 안정한 라디칼 양이온을 생성하는 물질이 정공 수송 물질일 수 있다. 또는, 방향족 아민(Aromatic Amine)을 포함함으로써, 양이온화 되기에 용이한 물질이 정공 수송 물질일 수 있다. 예를 들어, 제1 정공 수송 물질은, NPD(N,N'-bis(naphthalene-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2'-dimethylbenzidine), TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine), spiro-TAD(2,2',7,7'-tetrakis(N,N-dimethylamino)-9,9-spirofluorene) 및 MTDATA(4,4',4-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)-triphenylamine) 중 어느 하나로 이루어질 수 있으나, 나열된 물질로 제한되지는 않는다.

[0061] 유기 발광층(130)은 정공 수송층(120)과 전자 수송층(150) 사이에 배치된다. 유기 발광 소자(OLED)는 유기 발광층(130) 내에서 정공-전자 결합에 의한 엑시톤이 형성되도록, 구성된다. 유기 발광층(130)은 일정한 색의 광을 발광할 수 있는 물질을 도펀트로 포함한다. 유기 발광층(130)은 호스트-도펀트 시스템(Host-Dopant system) 즉, 큰 중량비를 차지하는 호스트 물질에 발광에 기여하는 도펀트 물질이 3 % 이상 10 % 이하(즉, 소량)의 중량비를 차지하도록 도핑된 시스템을 가질 수 있다. 유기 발광층(130)은 적색광을 발광할 수도 있고, 녹색광을 발광할 수도 있고, 청색광을 발광할 수도 있고, 황색-녹색 광을 발광할 수도 있으나 이에 제한되지 않는다. 각각의 발광색에 따라 요구되는 도펀트는 달라질 수 있다.

[0062] 호스트는 도펀트가 해당 유기 발광층에 발광에 기여할 수 있도록, 도펀트의 밴드갭을 포함할 수 있는 재료로 선택될 수 있다. 따라서, 적색 유기 발광층, 녹색 유기 발광층 및 청색 유기 발광층의 호스트는 같거나 다를 수 있다.

[0063] 그리고, 기관(도 9의 50 참조) 상의 영역 중, 양극(100)과 음극(200) 사이에, 적색 유기 발광층이 위치하는 부분을 적색 서브 화소라 하며, 녹색 유기 발광층이 위치하는 부분을 녹색 서브 화소라 하며, 청색 유기 발광층이 위치하는 부분을 청색 서브 화소라 할 수 있다.

[0064] 각 서브 화소에서, 양극(100)과 유기 발광층(130)을 제외한 층들은 서브 화소들에서 나뉘지 않고, 평면상 공통적으로 형성될 수 있다.

[0065] 한편, 유기 발광층(130)은 발광색별로 최대 광세기를 갖는 영역이 양극(100)과 음극(200) 사이에 달라질 수 있어, 유기 발광층(130)의 위치 또한, 다르게 설계할 수 있다. 이를 위해, 발광 색별로 추가적인 정공 수송층을 구비하거나, 유기 발광층(130)의 두께를 달리할 수 있다.

[0066] 만일, 유기 발광층(130) 외의 유기물층은 각 서브 화소에 공통적으로 형성하였을 경우, 상기 전자 조절층(140)과 인접한 층간의 LUMO 준위 차 및 전자 이동도 차는 해당 색상별로 유기 발광층(130) 내 발광 영역을 최적의 영역이 되도록 조절하여 발광을 온전히 이용할 수 있게 한다.

[0067] 유기 발광층(130)이 적색 광을 발광하는 경우, 적색 호스트 물질은, MADN(2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene)과 같은 안트라센(Anthracene) 유도체 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 또한, 상기 wrtor 호스트 물질은 전자 수송 재료로 형성할 수 있으며, 예를 들어, NPD(N,N'-bis(naphthalene-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2'-dimethylbenzidine), TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-

bis-(phenyl)-benzidine), spiro-TAD(2,2',7,7'-tetrakis(N,N-dimethylamino)-9,9-spirofluorene), MTDATA(4,4',4-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)-triphenylamine), Alq3(Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum), Liq(8-hydroxyquinolinolato-lithium), PBD(2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole), TAZ(3-(4-biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole), spiro-PBD, 및 BAq(bis(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenylphenolato)aluminum), SAq, TPBi(2,2',2-(1,3,5-benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole), 옥사디아졸(Oxadiazole) 유도체, 트리아졸(Triazole) 유도체, 페난트롤린(Phenanthroline) 유도체, 벤즈옥사졸(Benzoxazole) 유도체 또는 벤즈티아졸(Benzthiazole) 유도체 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으나, 상술한 나열된 예에 제한되지는 않는다.

[0068] 그리고, 이 때 적색 도펀트 물질은, Ir(ppy)₃ (Tris(2-phenylpyridine)iridium), PIQIr(acac)(bis(1-phenylisoquinoline) acetylacetonate iridium), PQIr(acac)(bis(1-phenylquinoline) acetylacetonate iridium), PQIr(Tris(1-phenylquinoline)iridium) Ir(piq)₃(Tris(1-phenylisoquinoline)iridium), Ir(piq)₂(acac)(bis(1-phenylisoquinoline)(acetylacetonate)iridium)와 같은 이리듐(Ir) 리간드 착물, PtOEP(Octaethylporphyrinporphine platinum) PBD:Eu(DBM)₃(Phen), DCJTB(4-(dicyanomethylene)-2-tert-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H)와 같은 피란(Pyran) 유도체, 보론(Boron) 유도체 또는 페릴렌(Perylene) 유도체 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으나, 나열된 예에 제한되지는 않는다.

[0069] 그리고, 유기 발광층(130)이 녹색 광을 발광하는 경우, 포함된 호스트 물질은 녹색 호스트 물질은, TBSA(9,10-bis[(2",7"-di-t-butyl)-9',9"-spirobifluorenyl]anthracene), ADN(9,10-di(naphth-2-yl)anthracene)과 같은 안트라센(Anthracene) 유도체 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 또한, 후술할 전자 수송층(150)에 사용되는 물질이 녹색 호스트 물질로 사용될 수도 있으며, 예를 들어, NPD(N,N'-bis(naphthalene-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2'-dimethylbenzidine), TPD(N,N'-bis-(3-methylphenyl)-N,N'-bis-(phenyl)-benzidine), spiro-TAD(2,2',7,7'-tetrakis(N,N-dimethylamino)-9,9-spirofluorene), MTDATA(4,4',4-Tris(N-3-methylphenyl-N-phenyl-amino)-triphenylamine), Alq3(Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum), Liq(8-hydroxyquinolinolato-lithium), PBD(2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole), TAZ(3-(4-biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole), spiro-PBD, 및 BAq(bis(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenylphenolato)aluminum), SAq, TPBi(2,2',2-(1,3,5-benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole), 옥사디아졸(Oxadiazole) 유도체, 트리아졸(Triazole) 유도체, 페난트롤린(Phenanthroline) 유도체, 벤즈옥사졸(Benzoxazole) 유도체 또는 벤즈티아졸(Benzthiazole) 유도체 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0070] 그리고, 녹색 호스트 물질에 포함되는 녹색 도펀트 물질은, Ir(ppy)₃(Tris(2-phenylpyridine)iridium)을 포함하는 이리듐(Ir) 리간드 착물, 또는 Alq3(Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum)중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0071] 상기 유기 발광층(130)이 적색 광을 발광하는 경우, 청색 유기 발광층에 포함된 청색 호스트 물질은, TBSA(9,10-bis[(2",7"-di-t-butyl)-9',9"-spirobifluorenyl]anthracene), Alq3(Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum), ADN(9,10-di(naphth-2-yl)anthracene)와 같은 안트라센(anthracene) 유도체, BSBF(2-(9,9-spirofluorene-2-yl)-9,9-spirofluorene), CBP (4,4'-bis(carbazol-9-yl)biphenyl), spiro-CBP(2,2',7,7'-tetrakis(carbazol-9-yl)-9,9'-spirobifluorene), mCP 및 TCTA(4,4',4-tris(carbazoyl-9-yl)triphenylamine) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0072] 상기 청색 호스트 물질에 포함되는 청색 도펀트 물질은 인광 물질이거나 형광 물질일 수 있다. 이 때 청색 도펀트 물질은, 아릴 아민계 화합물이 치환된 파이렌(Pyrene), FIrPic(bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl)-(2-carboxyprdidyl)iridium), Ir(ppy)₃ (Tris(2-phenylpyridine)iridium)을 포함하는 이리듐(Ir) 리간드 착물, spiro-DPVBi, spiro-6P, spiro-BDAVB(2,7-bis[4-(diphenylamino)styryl]-9,9'-spirofluorene), 디스틸벤젠(distyryl benzene, DSB), 디스틸아릴렌(distyryl arylene, DSA), 폴리플루오렌(polyfluorene, PFO)계 고분자 및 폴리파라페닐렌비닐렌(poly(pphenylene vinylene), PPV)계 고분자 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0073] 한편, 전자 수송층(150)은 전자 수송 물질로 구성되는 것으로, 음이온화 됨으로써(즉, 전자를 얻음으로써) 전기 화학적으로 안정화되는 물질일 수 있다. 또는, 안정한 라디칼 음이온을 생성하는 물질일 수 있다. 또는, 헤테로 사이클릭 링(Heterocyclic Ring)을 포함함으로써, Hetero 원자에 의해 음이온화되기에 용이한 물질일 수 있다. 전자 수송층(150)은 경우에 따라, 복수의 전자 수송 물질들이 혼합되어 구성될 수도 있는데, 이 경우에도 도 2

및 도 3의 밴드갭 특성 및 상술한 전자 이동도의 특성을 유지한다. 예를 들어, 전자 수송 물질은, Alq3(Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum), Liq(8-hydroxyquinolinolato-lithium), PBD(2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4oxadiazole), TAZ(3-(4-biphenyl)4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole), spiro-PBD, 및 BALq(bis(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenylphenolato)aluminium), SALq, TPBi(2,2',2-(1,3,5-benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole), 옥사디아졸(Oxadiazole), 트리아졸(Triazole), 페난트롤린(Phenanthroline), 벤조사졸(Benzoxazole) 또는 벤즈티아졸(Benzthiazole) 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0074] 설명하지 않은 부호 300은 양극(100)과 음극(200) 사이의 유기물 구성의 적층체를 나타내는 것이다.

[0075] 한편, 전자 조절층(140)은 상술한 전자 수송 물질의 재료나 혹은 상술한 전자 수송 물질 중 어느 하나에 치환기를 달리하여, 전자 수송층(150)보다 높은 LUMO 준위를 갖고, 이동도가 전자 수송층(150) 및 유기 발광층(130)보다 큰 재료로 하여 선택한다.

[0076] 그리고, 상기 전자 조절층의 전자 이동도는 상기 전자 수송층의 전자 이동도의 10배 내지 10000배인 것이 바람직하다.

[0077] 표 1의 실험에서, 전자 수송층의 전자 이동도는 $6.0E-06 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 하고, 전자 조절층의 전자 이동도는 $1.0E-04 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 으로 하여 실험한 것으로, 대략 전자 수송층 대비 전자 조절층의 전자 이동도가 17배가 되는 것으로, 전자의 유기 발광층(130) 공급에 있어서, 유기 발광층(130)에 접한 전자 조절층(140)에서 빠르게 전자를 공급하여, 유기 발광층(130)에서 전자가 정공과 만나는 영역을 중앙에 위치하도록 밀어주는 효과를 준다. 이에 따라, 정공 및 전자가 특정 계면에 치우치지 않고, 유기 발광층(130)의 거의 중앙 영역에서 만나며 엑시톤을 이루어 결합된 엑시톤이 열에너지로 빠져나가지 않고, 온전히 발광에 이용될 수 있어, 발광 효율이 높아지는 것이다.

[0078] 또한, 상기 전자 조절층(140)의 전자 이동도가 상기 호스트의 전자 이동도보다 큰 것이 바람직하다.

표 2

| Device | 구성 | Blue host 전자 이동도 [$\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$] | 구동 전압(%) | 효율(%) |
|----------|------------------|---|----------|-------|
| Device 3 | Blue EML/ECL/ETL | 3.9E-03 | 100% | 100% |
| Device 4 | Blue EML/ECL/ETL | 5.2E-05 | 100% | 112% |

[0080] 표 2의 실험은 도 1의 구조를 동일하게 한 Device 3, Device 4에서, 청색 유기 발광층의 전자 이동도는 $3.9E-03 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 하고, $5.2E-05 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 달리하고, 공통적으로, 각각 전자 조절층의 전자 이동도는 $1.E-04 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 으로 하고, 전자 수송층의 전자 이동도는 $6.0E-06 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 으로 동일하게 하였다.

[0081] 이 경우, Device 3 대비 Device 4에서, 효율이 12% 상승한 것으로, 이는 전자 이동도가, 전자 조절층, 유기 발광층 및 전자 수송층의 순서로 작아질 때, 가장 효율이 큰 점을 나타낸다.

표 3

| Electron Mobility [cm^2/Vs] 순서 | Layer | | 구동전압 (V) | 효율 (Cd/A) | Device |
|--|------------|-----------|----------|-----------|---------|
| ① Blue Host → ② ECL → ③ ETL | Blue Host1 | X | 4.4 | 5.7 | Device3 |
| | | ECL (50Å) | 4.4 | 6.3 | |
| ① ECL → ② Blue Host → ③ ETL | Blue Host2 | X | 4.9 | 5.3 | Device4 |
| | | ECL (50Å) | 4.4 | 7.1 | |

[0082]

[0083] 표 3은, 표 2의 실험 결과를 실제 수치 성으로 나타낸 것으로, Device 3과 Device 4에 대해 모두 전자 조절층의 유무의 구성에서도 실험 값을 나타내었다.

- [0084] 표 3에 따르면, 전자 조절층과 청색 유기 발광층의 호스트간의 전자 이동도 값에 관계없이, 모두 전자 조절층을 구비하지 않는 경우 대비 전자 조절층을 구비한 경우 효율이 상승됨을 확인할 수 있었다.
- [0085] 더불어, Device 4에 있어서, 전자 조절층이 없는 경우 대비 있는 경우 구동 전압 하강과 효율 상승이 뚜렷함을 확인할 수 있다.
- [0086] 표 2와 표 3을 통해, 전자 이동도는 전자 조절층, 유기 발광층의 호스트 및 전자 수송층의 순서로 작아질 때, 가장 효율 상승 및 구동 전압 감소면에서 가장 효과가 큼을 확인할 수 있었다.

표 4

| Electron Mobility [cm^2/Vs] 순서 | 구동전압(V) | 효율(%) | 성능증대 | Device |
|---|---------|-------|------|-----------|
| ① ECL($1.01\text{E}-04$) → ② Blue Host-1 ($5.2\text{E}-05$) → ③ ETL($6.0\text{E}-06$) | 100% | 112% | 매우 큼 | Device 3 |
| ① Blue Host-2 ($3.9\text{E}-03$) → ② ECL($1.01\text{E}-04$) → ③ ETL($6.0\text{E}-06$) | 100% | 100% | 없음 | Device 4 |
| ① ECL($1.01\text{E}-04$) → ② Blue Host-3 ($5.9\text{E}-05$) → ③ ETL($6.0\text{E}-06$) | 100% | 103% | 큼 | Device 3' |
| ① ECL($1.01\text{E}-04$) → ② Blue Host-4 ($6.2\text{E}-06$) → ③ ETL($6.0\text{E}-06$) | 120% | 98% | 지하 | Device 5 |

- [0087]
- [0088] 한편, 표 4에서는, 전자 조절층과 유기 발광층의 호스트의 전자 이동도 차를 보다 다양하게 하여 실험한 결과를 보여준다.
- [0089] 표 4와 같이, 전자 조절층이 청색 유기 발광층의 호스트보다 큰 전자 이동도를 가질 때(Device3), 전자 조절층이 청색 유기 발광층의 호스트보다 낮은 전자 이동도를 갖는 경우(Device4) 대비 효율이 상승한 점을 알 수 있다.
- [0090] 전자 조절층이 청색 유기 발광층의 호스트보다 전자 이동도가 큰 경우에도 여러 단계로 나누어, 청색 유기 발광층의 호스트가 전자 수송층의 전자 이동도에 유사한 수준(Device 5)이 되면 오히려 구동 전압이 높고 효율이 현저히 저하됨을 확인할 수 있었다.
- [0091] 즉, 전자 조절층 대비 청색 유기 발광층의 호스트는 작은 전자 이동도를 갖되, 전자 수송층의 전자 이동도보다 커야 하는 것이다.
- [0092] 앞서 말한 비교예(Device1) 대비 낮은 구동 전압과 높은 효율을 가지려면, 적어도 전자 조절층의 전자 이동도는 전자 수송층의 전자 이동도보다 10배 내지 10000배 이어야 하며, 전자 조절층의 전자 이동도는 청색 유기 발광층의 호스트보다 0.3배 내지 5배이어야 한다.
- [0093] 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기 발광 소자 구조에 있어서, Device 3, Device 4, Device 3', Device 5에서 이용되는 청색 호스트의 이동도 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0094] 도 4에서 보여주듯 실험된 청색 호스트의 재료와 전자 조절층 및 전자 수송층은 모두 전자 수송성의 경향을 갖는 것으로, 호스트, 전자 조절층 및 전자 수송층 각각에서 정공 이동도보다 전자 이동도가 크다. 실험된 각 청색 호스트의 정공 이동도는 모두 $1.0\text{E}-08$ 내지 $1.0\text{E}-09$ 의 범위에 있는 것으로, $3.9\text{E}-03$ 내지 $5.2\text{E}-06$ 의 범위에 있는 전자 이동도 대비 2 order 이상 작다. 이는 전자 주입 항상 유닛에 위치하는 재료들은 발광층에 전자를 공급하는 기능을 위한 것으로, 전자 수송성이 큰 것이다.
- [0095] 그리고, 표 1 내지 표 3은 도 1과 같이, 전자 조절층은 일측이 유기 발광층과 접하며, 타측의 전자 수송층과 접한 구성으로 하여 실험한 것으로, 상기 전자 조절층(140)은 인접한 상기 유기 발광층(130)의 호스트 및 전자 수송층(150)보다 높은 LUMO 준위를 갖고, 상기 전자 조절층(140) 및 상기 유기 발광층(130)의 호스트의 전자 이동도가 전자 수송층(150)의 전자 이동도보다 큰 조건에서 구동 전압 감소와 효율 향상의 효과가 있음을 확인할 수 있었다.
- [0096] 도 5는 본 발명의 제 1 실시예의 변형예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도이다.
- [0097] 도 5와 같이, 본 발명의 제 1 실시예의 변형예는, 상술한 본 발명의 제 1 실시예의 유기 발광 소자에, 상기 양극(100)에 접하여 정공 주입층(110)과, 상기 음극(200)에 접하여 전자 주입층(160)을 더 포함할 수도 있다.
- [0098] 이 경우, 정공 주입층(110)은 양극(100)에 접하지 않은 타측이 정공 수송층(120)에 접하고, 전자 주입층(160)은

음극(200)에 접하지 않은 타측이 전자 수송층(150)에 접한다.

- [0099] 정공 주입층(110)은 양극(100)과 음극(200) 사이에 전기장이 형성되면, 정공 수송층(120)으로 정공을 공급한다. 정공 주입층(110)은 정공 주입 물질로 구성된다. 예를 들어, 정공 주입 물질은 HATCN(2,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylene-hexanitrile)(dipyrzino[2,3-f:2',3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile), PEDOT(poly(3,4)-ethylenedioxythiophene), PANI(polyaniline), NPD(N,N'-bis(naphthalene-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-2,2'-dimethylbenzidine), MTDATA(4,4',4"-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine), CuPc(copper phthalocyanine), PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene, polystyrene sulfonate) 등으로 이루어질 수 있으나, 열거된 예에 제한되지 않는다.
- [0100] 그리고, 전자 주입층(160)은 LiF 등 혹은 알칼리 금속 혹은 알칼리 토금속의 무기 물질로 음극(200) 상에 바로 형성할 수 있다.
- [0101] 이하, 본 발명의 제 2 실시예에 대해 설명한다.
- [0102] 도 6은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도이며, 도 7은 본 발명의 제 2 실시예의 전자 주입 효율 향상 유닛을 나타낸 도면이다.
- [0103] 도 6 및 도 7과 같이, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기 발광 소자는, 전자 주입 향상 유닛(B)에 상기 유기 발광층(130)과 전자 조절층(140) 사이에 정공 저지층(135)을 더 포함한 구성을 갖는다.
- [0104] 이 경우, 상기 유기 발광층(130)과 정공 저지층(135)의 일측은 접하며, 상기 정공 저지층(135)의 타측은 상기 전자 조절층(140)의 일측과 접하고, 상기 전자 조절층(140)의 타측은 상기 전자 수송층(150)과 접한다. 또한, 상기 정공 저지층(135)은 상기 전자 수송층(150)보다 크고, 상기 전자 조절층(140)보다 작은 전자 이동도를 갖는다.
- [0105] 한편, 상기 정공 저지층(135)은 상기 유기 발광층(130)의 호스트와 같거나 작은 전자 이동도를 가질 수 있다. 그리고, 상기 정공 저지층(135)은 상기 호스트 및 전자 조절층(140)보다 높은 LUMO 준위를 가질 수 있다.
- [0106] 여기서, 본 발명의 제 2 실시예에 있어서, 제 1 실시예 대비 추가된 정공 저지층(135)은 유기발광층(130)에서 정공이 빠져나오지 못하게 하며, 전자 조절층(140)이나 전자 수송층(150)에 넘어가지 못하도록 하기 위한 것으로, 유기 발광층(130) 및 인접한 전자 조절층(140) 및 전자 수송층(150) 대비 낮은 HOMO 준위를 가진다. 이는 순차적으로 높아지는 HOMO 준위에서 전송되는 정공의 특성상 상기 유기 발광층보다 대략 1eV 이상의 차를 갖는 형태로 HOMO 준위의 차를 주어 정공이 유기 발광층을 빠져나감을 저지하는 것이다.
- [0107] 이 경우, 본 발명의 제 2 실시예에 있어서, 정공 주입층(110) 및 전자 주입층(160)은 생략될 수 있다
- [0108] 표 5는 Device 4(본 발명의 제 1 실시예에서, 전자 조절층, 유기 발광층의 호스트 및 전자 수송층의 순서로 전자 이동도를 갖는 구조)와 정공 저지층을 더 구비한 구조의 구동 전압 및 효율 대비 특성을 나타낸 것이다.
- [0109] Device 6, 7은 각각 유기 발광층과 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 구비한 구조와, 전자 조절층과 전자 수송층 사이에 정공 저지층을 구비한 구조를 나타낸 것이다.

표 5

| Electron Mobility [cm ² /VS] 순서 | 층작순서 | 구동전압 V | 효율 Cd/A | |
|--|----------------------------|--------|---------|----------|
| ① ECL → ② Blue Host → ③ ETL | ① B/H → ECL → ETL | 100% | 112% | Device 4 |
| ① ECL (1.01E-04) → ② (HBL ≤ Blue Host (5.2E-05)) → ③ ETL (6.0E-06) | ① B/H → HBL → ECL → ETL | 95% | 112% | Device 6 |
| | ② B/H → ECL → HBL → ETL | 130% | 80% | Device 7 |

- [0110]
- [0111] Device 6은 앞에서 설명한 본 발명의 제 1 실시예의 가장 효율이 좋은 구조 대비 구동 전압이 준 것을 나타낸 것으로, 정공 저지층을 유기 발광층과 전자 조절층 사이에 구비하는 경우, 정공이 유기 발광층에서 빠져나움을

효과적으로 저지시켜 구동 전압을 효과적으로 낮춰주는 것으로 판단된다.

- [0112] Device 7은 정공 저지층의 위치를 전자 조절층 뒤에 위치시킨 경우, 실질적으로 유기 발광층의 정공이 빠져나오는 것을 방지하지 못해 오히려 구동 전압과 효율 특성이 저하됨을 확인할 수 있었다. 이는 유기 발광층을 빠져나온 정공이 전자 조절층과 유기 발광층간의 계면에 머물러, 전자 조절층이 열화되어 소자 특성이 저하되는 것으로 판단된다.
- [0113] 여기서, Device 6과 Device 7에서 전자 조절층의 전자 이동도는 $1.01E-04$ 로 하고, 전자 수송층의 전자 이동도는 $6.0E-06$ 으로 하며, 정공 저지층은 유기 발광층의 호스트의 전자 이동도와 거의 동일하게 $5.2E-05$ 으로 하였다.
- [0114] 한편, 본 발명의 제 1 실시예 및 제 2 실시예에서, 정공 저지층(135) 및 전자 조절층(140)은 상대적으로 전자 수송층(150)의 1/2 이하의 수준으로 얇은 두께로 하여, 상대적으로 전자 조절층(135)이 높은 전자 이동도를 가져 전자가 역행함을 방지한다. 제 1 실시예에 있어서는 전자 조절층(140)은 50Å 내지 100Å의 두께로 하고, 제 2 실시예는 각각 정공 저지층(135) 및 전자 조절층(140)은 20Å 내지 50Å의 두께로 한다.
- [0115] 이하, 본 발명의 제 3 실시예에 대하여 설명한다.
- [0116] 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기 발광 소자를 나타낸 단면도이다.
- [0117] 도 8과 같이, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기 발광 소자에 있어서는, 복수개의 스택에 상술한 전자 주입 향상 유닛(A 또는 B)을 구비한 것이다. 즉, 양극(100)과 음극(200) 사이에, 적층된 유기 발광층(130), 전자 조절층(140) 및 전자 수송층(150)은 전자 주입 향상 유닛(A)으로 하여, 복수개 구비하거나, 혹은 적층된 유기 발광층(130), 정공 저지층(135), 전자 조절층(140) 및 전자 수송층(150)을 전자 주입 향상 유닛(B)으로 하여 복수개 구비한다.
- [0118] 이 경우, 상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛(A 또는 B)의 유기 발광층들은 동일 색의 발광을 할 수 있다. 예를 들어, 동일한 청색 발광층을 갖는 전자 주입 향상 유닛이 복수 유닛으로 양극과 음극 사이에 구비될 수도 있고, 그 밖의 녹색 발광층 혹은 적색 발광층을 갖는 전자 주입 향상 유닛이 복수 유닛으로 구비될 수 있다.
- [0119] 혹은 상기 복수개의 전자 주입 향상층(A 또는 B)의 유기 발광층들은 서로 다른 색으로 발광하며, 상기 양극과 음극 사이에 백색으로 혼색되어 나올 수 있다. 그리고, 상기 전자 주입 향상 유닛에서 상기 유기 발광층과 상기 전자 조절층 사이에 정공 저지층을 더 포함할 수도 있다.
- [0120] 그리고, 상기 복수개의 전자 주입 향상 유닛들(A 또는 B) 사이에 전하 생성층(400)을 더 포함한다.
- [0121] 한편, 상술한 실시예들의 유기 발광 소자는 유기 발광 표시 장치에 각 서브 화소에 구비되어 발광 기능을 할 수 있다.
- [0122] 도 9는 본 발명의 유기 발광 표시 장치를 나타낸 단면도이다.
- [0123] 도 9와 같이, 본 발명의 유기 발광 표시 장치는, 복수개의 서브 화소를 갖는 기판(50)과, 상기 기판(50) 상에, 각 서브 화소별 구비된 박막 트랜지스터(TFT) 및 상기 박막 트랜지스터(TFT)와 상술한 유기 발광 소자의 양극(100) 또는 음극(200)이 접속되어 구비되어 있다. 도 10에는 하나의 서브 화소만을 나타내었지만, 동일 형태의 서브 화소가 기판(50) 상에 매트릭스 상으로 배열되어 있다.
- [0124] 여기서, 상기 박막 트랜지스터(TFT)는 기판(50) 상의 소정 영역에 구비된 게이트 전극(51)과, 상기 게이트 전극(51)을 덮으며 기판(50) 상에 형성된 게이트 절연막(52)과, 상기 게이트 절연막(52) 상에, 상기 게이트 전극(51)의 상부에 대응되어 형성되는 반도체층(53)과, 상기 반도체층(53)의 양측에 형성된 소스 전극(54a) 및 드레인 전극(54b)을 포함할 수 있다.
- [0125] 그리고, 상기 소스 전극(54a) 및 드레인 전극(54b)을 덮으며, 무기 보호막(55)과 유기 보호막(56)이 차례로 구비되고, 상기 유기 보호막(56) 및 무기 보호막(55)을 관통하여 상기 드레인 전극(54b)의 일부를 노출시키는 콘택홀(CT)을 통해 상기 양극(100) 또는 음극(200)이 드레인 전극(54b)에 접속되어 있다.
- [0126] 예를 들어, 상기 양극(100)이 상기 드레인 전극(54b)에 접속된다면, 하측에서부터 차례로, 정공 주입층(HIL), 정공 수송층(HTL), 유기 발광층(EML), (정공 저지층(HBL)), 전자 조절층(ECL), 전자 수송층(ETL) 및 전자 주입층(EIL)의 순으로 유기물 적층체(300)가 상기 양극(100) 상에 형성되며, 상기 유기물 적층체(300) 상에 음극(200)이 구비된다. 경우에 따라, 정공 저지층(HBL)과 정공 주입층 및 전자 주입층은 선택적으로 생략될 수 있다.

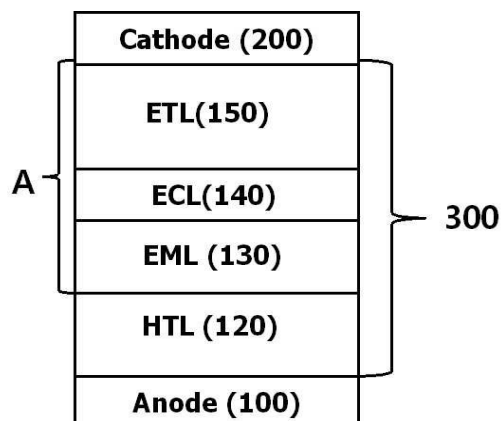
- [0127] 만일, 상기 드레인 전극(54b)에 접속되는 전극이 음극(200)이라면, 상기 유기물 적층체(300)는 앞서 설명된 바와 반전되어 증착될 것이다. 즉, 전자 주입층(ETL), 전자 수송층(ETL), 전자 조절층(ECL), 정공 저지층(HBL), 유기 발광층(EML), 정공 수송층(HTL) 및 정공 주입층(HIL)의 순으로 증착이 이루어질 것이다.
- [0128] 한편, 상술한 유기 발광 소자(OLED) 구조 상에는, 경화형 접착제로 흡습제가 함유된 셀캡(seal cap)(미도시)을 형성하여, 대기 중의 수분이나 O₂ 등으로부터 하층의 유기 발광 소자(OLED)를 보호할 수 있다.
- [0129] 또한, 도시된 예에서는 뱅크(60)를 구비하여 발광 영역을 정의한 예를 나타내었지만, 경우에 뱅크(60)가 생략되고, 다른 구조물로 발광 영역이 정의되거나 전 서브 화소에 공통적으로 유기물 적층체(300) 및 음극(200)이 구비되고, 서브 영역별 컬러를 별도의 컬러 필터로 구분할 수도 있을 것이다.
- [0130] 한편, 상술한 유기 발광 표시 장치는 각 서브 화소별로 유기 발광층의 발광색을 달리하여, 컬러 표시를 수행할 수 있으며, 혹은 유기 적층체(300)가 전 서브 화소에 걸쳐 동일하게 백색을 발광한다면, 발광이 이루어지는 층에 컬러 필터층을 더하여, 컬러 표시를 수행할 수도 있다.
- [0131] 이러한 유기 발광 표시 장치는 상술한 유기 발광 소자의 구비에 의해 그 효과를 동일하게 가질 수 있다.
- [0132] 상술한 유기 발광 소자 및 유기 발광 표시 장치는 전자 조절층 및/또는 정공 저지층의 이동도를 특정 범위로 하여 전자 주입의 속도를 조절하여, 발광층 내의 발광 영역을 안정적으로 위치시키며 정공과의 결합 효율을 향상시킨다. 이로써, 발광 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0133] 그리고, 전자 조절층 및/또는 정공 저지층의 및 LUMO 준위를 특정 범위로 하여 발광층으로 전자가 공급됨에 있어서 에너지 장벽을 낮춰 구동 전압을 낮출 수 있다.
- [0134] 한편, 이상에서 설명한 본 발명은 상술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

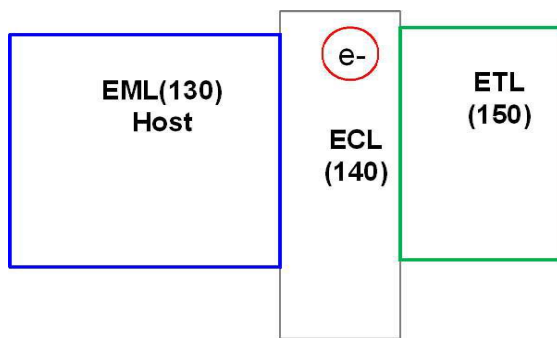
- | | |
|---------------|-------------|
| [0135] 50: 기판 | 100: 양극 |
| 110: 정공 주입층 | 120: 정공 수송층 |
| 130: 유기 발광층 | 135: 정공 저지층 |
| 140: 전자 조절층 | 150: 전자 수송층 |
| 160: 전자 주입층 | 200: 음극 |
| 300: 유기물 적층체 | 400: 전하 생성층 |

도면

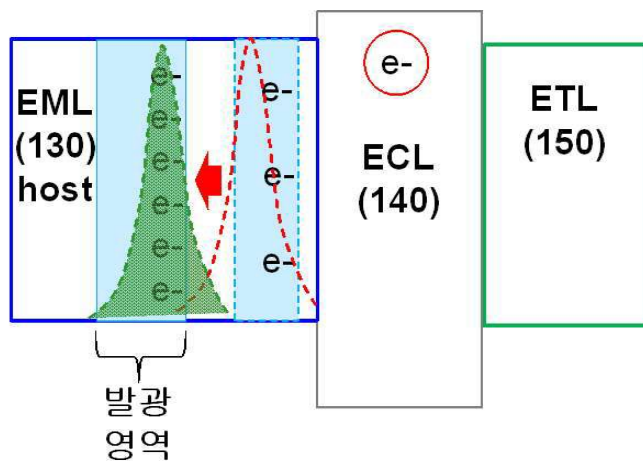
도면1



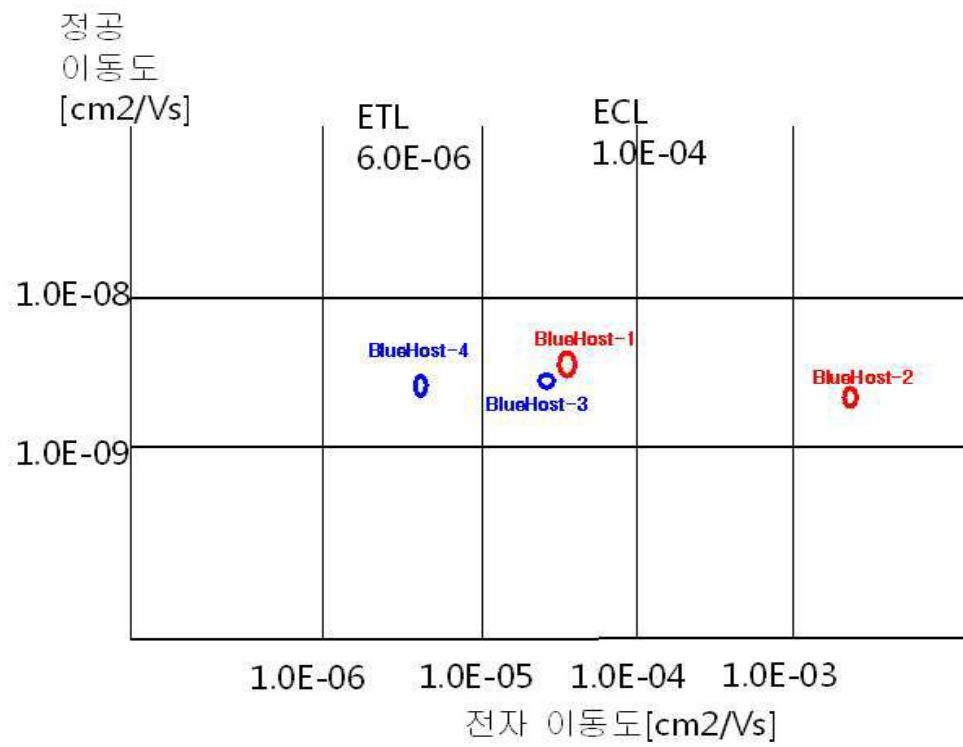
도면2



도면3



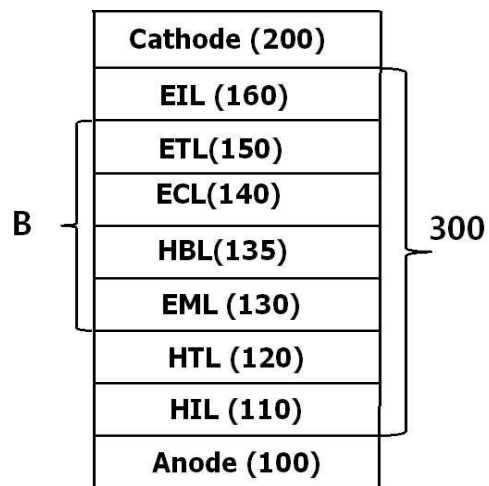
도면4



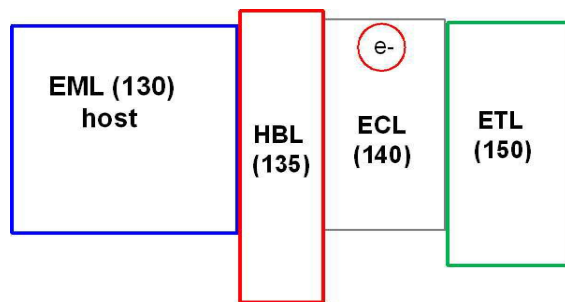
도면5

| |
|----------------------|
| Cathode (200) |
| EIL (160) |
| ETL(150) |
| ECL(140) |
| EML (130) |
| HTL (120) |
| HIL (110) |
| Anode (100) |

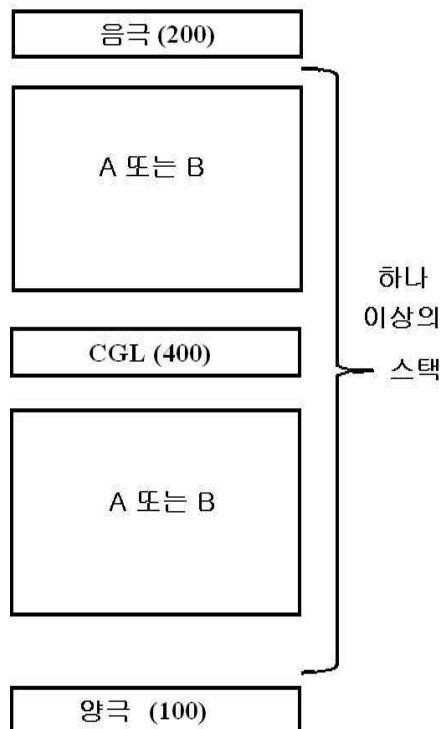
도면6



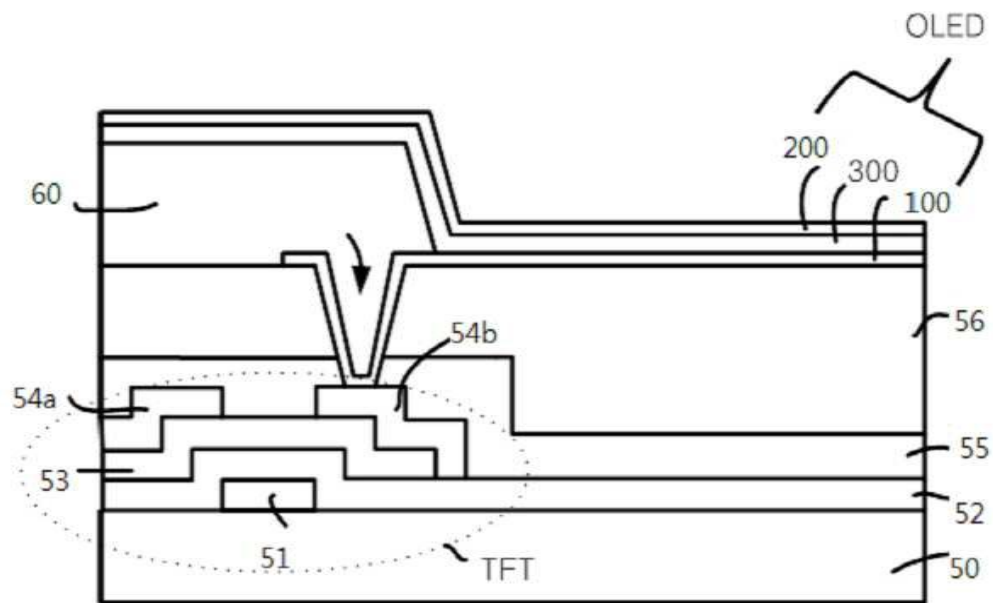
도면7



도면8



도면9



| | | | |
|----------------|---|---------|------------|
| 专利名称(译) | 有机发光器件和使用其的有机发光显示器 | | |
| 公开(公告)号 | KR1020180047601A | 公开(公告)日 | 2018-05-10 |
| 申请号 | KR1020160143977 | 申请日 | 2016-10-31 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 乐金显示有限公司 | | |
| 申请(专利权)人(译) | LG显示器有限公司 | | |
| [标]发明人 | LIM DONG HYEOK 임동혁 | | |
| 发明人 | 임동혁 | | |
| IPC分类号 | H01L51/50 H01L27/32 | | |
| CPC分类号 | H01L51/5004 H01L51/5096 H01L51/5072 H01L51/5024 H01L51/5092 H01L51/5056 H01L27/3262 H01L27/3211 H01L2251/552 | | |
| 代理人(译) | Bakyoungbok | | |

摘要(译)

本发明涉及通过使用与发光层相邻的层的特定性质而具有改善的发光效率和更低的驱动电压的有机发光器件以及使用该有机发光器件的有机发光显示器。定义了层的迁移特性。

