



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0010933
(43) 공개일자 2017년02월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/32 (2006.01) H01L 51/42 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 27/3227 (2013.01)
H01L 27/3211 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0102323
(22) 출원일자 2015년07월20일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
김준영
인천광역시 연수구 능허대로79번길 65 303동 702호 (옥련동, 현대3차아파트)
윤희근
경기도 파주시 한빛로 70 522동 1201호 (야당동, 한빛마을5단지캐슬엔칸타빌아파트)
(74) 대리인
특허법인네이트

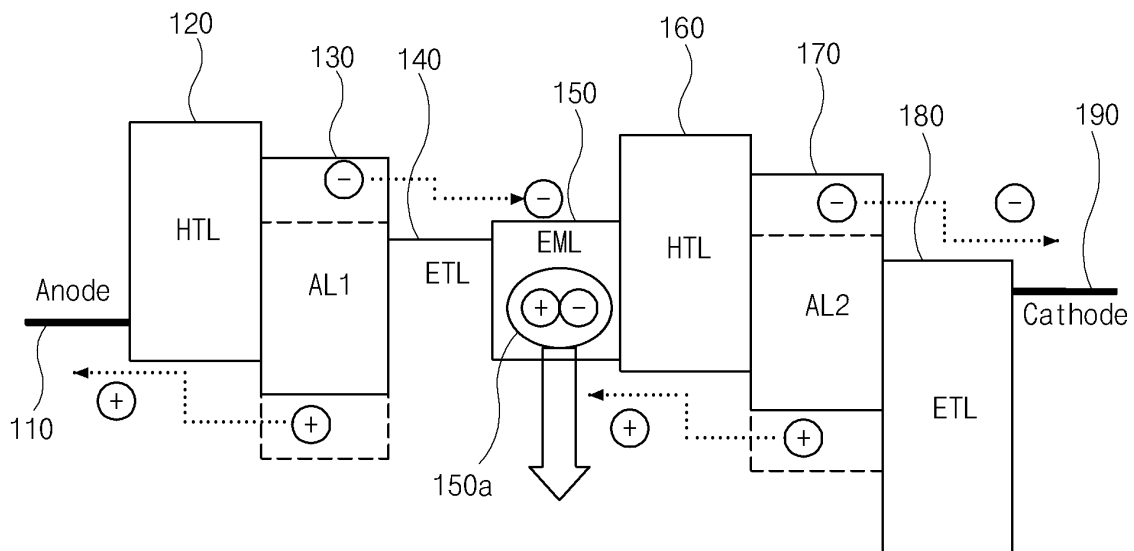
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치

(57) 요약

본 발명은 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치에 관한 것으로, 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 유기발광다이오드의 발광물질층의 상부와 하부에 각각 활성층을 갖는 유기태양전지를 포함한다. 이에 따라, 유기태양전지로부터 유기발광다이오드에 전자와 정공을 제공함으로써, 외부 전기의 주입 없이 영상을 표시하여, 전력 소비를 감소할 수 있다. 또한, 영상 표시와 함께 외부로 전력 공급을 동시에 할 수 있다. 외부광이 없는 경우, 애노드와 캐소드를 통해 발광물질층에 정공과 전자를 각각 제공하여 영상을 표시할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H01L 27/3262 (2013.01)

H01L 51/42 (2013.01)

H01L 2227/32 (2013.01)

Y02E 10/549 (2013.01)

(72) 발명자

윤준호

서울특별시 양천구 목동동로 180, 102동 1304호(신정동, 아이파크아파트)

이상빈

인천광역시 남동구 남동대로 860, 110동 801호(간석동, 간석래미안자이아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

기관과;

상기 기관 상부의 제1전극 및 제2전극과;

상기 제1전극 및 제2전극 사이에 위치하는 발광물질층과;

상기 제1전극과 상기 발광물질층 사이에 위치하며 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하는 제1활성층과;

상기 발광물질층과 상기 제2전극 사이에 위치하며 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하는 제2활성층

을 포함하고,

상기 발광물질층은 상기 제1활성층으로부터의 전자와 상기 제2활성층으로부터의 정공을 전달받아 빛을 발광하는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1활성층의 흡수 파장과 상기 제2활성층의 흡수 파장 중 하나는 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1활성층의 흡수 파장은 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 다르고, 상기 제2활성층의 흡수 파장은 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 같으며, 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛은 상기 제1전극을 통해 외부로 방출되는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1활성층의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위와 상기 발광물질층의 LUMO 에너지 준위 차는 0.5 eV 이내이며, 상기 제2활성층의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위와 상기 발광물질층의 HOMO 에너지 준위 차는 0.5 eV 이내인 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1전극과 상기 제1활성층 사이에 제1정공보조층을 더 포함하고, 상기 제2활성층과 상기 제2전극 사이에 제1전자보조층을 더 포함하는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1활성층과 상기 발광물질층 사이에 제2전자보조층을 더 포함하고, 상기 발광물질층과 상기 제2활성층 사이에 제2정공보조층을 더 포함하는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표시장치는 적, 녹, 청색 화소영역을 포함하며,

상기 적색과 녹색 화소영역의 상기 제1활성층은 제1과장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어지고,

상기 청색 화소영역의 상기 제1활성층은 상기 제1과장대보다 큰 제2과장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어지는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

청구항 8

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판 상의 게이트 배선과 데이터 배선 및 전원 배선과,

상기 게이트 배선 및 데이터 배선에 연결되는 스위칭 박막트랜지스터와,

상기 스위칭 박막 트랜지스터 및 상기 전원 배선에 연결되는 구동 박막트랜지스터와,

상기 스위칭 박막 트랜지스터 및 상기 구동 박막트랜지스터에 연결되는 스토리지 커패시터를 더 포함하고,

상기 제1전극은 상기 구동 박막트랜지스터에 연결되는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기발광다이오드 표시장치에 관한 것으로, 특히, 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 박형화, 경량화, 저 소비전력화 등의 우수한 특성을 가지는 평판표시장치(flat panel display)가 널리 개발되어 다양한 분야에 적용되고 있다.

[0003] 평판표시장치 중에서, 유기전계발광 표시장치 또는 유기전기발광 표시장치(organic electroluminescent display device)라고도 불리는 유기발광다이오드 표시장치(organic light emitting diode display device: OLED display device)는, 전자 주입 전극인 음극과 정공 주입 전극인 양극 사이에 형성된 발광층에 전하를 주입하여 전자와 정공이 쌍을 이룬 후 소멸하면서 빛을 내는 소자이다. 이러한 유기발광다이오드 표시장치는 플라스틱과 같은 유연한 기판(flexible substrate) 위에도 형성할 수 있을 뿐 아니라, 자체 발광형이기 때문에 대조비(contrast ratio)가 크며, 응답시간이 수 마이크로초(μs) 정도이므로 동화상 구현이 쉽고, 시야각의 제한이 없으며 저온에서도 안정적이고, 직류 5V 내지 15V의 비교적 낮은 전압으로 구동이 가능하므로 구동회로의 제작 및 설계가 용이하다는 장점을 가진다.

[0004] 유기발광다이오드 표시장치는 구동 방식에 따라 수동행렬방식(passive matrix type)과 능동행렬방식(active matrix type)으로 나누어질 수 있는데, 저소비전력, 고정세, 대형화가 가능한 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치가 다양한 표시장치에 널리 이용되고 있다.

- [0005] 도 1은 일반적인 유기발광다이오드 표시장치의 구조를 밴드 다이어그램으로 표시한 도면이다.
- [0006] 도 1에 도시한 바와 같이, 유기발광다이오드 표시장치는 양극인 애노드(anode)(1)와 음극인 캐소드(cathode)(7) 사이에 발광물질층(light emitting material layer)(4)이 위치한다. 애노드(1)로부터의 정공과 캐소드(7)로부터의 전자를 발광물질층(4)으로 주입하기 위해, 애노드(1)와 발광물질층(4) 사이 및 캐소드(7)와 발광물질층(4) 사이에는 각각 정공수송층(hole transporting layer)(3)과 전자수송층(electron transporting layer)(5)이 위치한다. 이때, 정공과 전자를 좀더 효율적으로 주입하기 위해 애노드(1)와 정공수송층(3) 사이에는 정공주입층(hole injecting layer)(2)을, 전자수송층(5)과 캐소드(7) 사이에는 전자주입층(electron injecting layer)(6)을 더 포함한다.
- [0007] 이러한 구조를 가지는 유기발광다이오드 표시장치에서, 애노드(1)로부터 정공주입층(2)과 정공수송층(3)을 통해 발광물질층(4)으로 주입된 정공(+)과, 캐소드(7)로부터 전자주입층(6) 및 전자수송층(5)을 통해 발광물질층(4)으로 주입된 전자(-)가 결합하여 엑시톤(exciton)(8)을 형성하게 되고, 이러한 엑시톤(8)으로부터 발광물질층(4)의 밴드 갭에 해당하는 색상의 빛을 발하게 된다.
- [0008] 최근, 유기발광다이오드 표시장치는 모바일 장치와 텔레비전뿐만 아니라, 플렉서블 디스플레이나 투명 디스플레이와 같은 다양한 제품에도 적용되고 있으며, 이러한 제품에 원활하게 전력을 공급하고 전력 소비를 줄이기 위한 방안이 모색되고 있다. 특히, 이러한 제품을 외부 환경에서 장시간 사용하기 위해서는, 전력 소비를 줄일 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은, 상기한 문제점을 해결하기 위하여 제시된 것으로, 전력 소비를 감소시킬 수 있는 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는, 기판과, 상기 기판 상부의 제1전극 및 제2전극과, 상기 제1전극 및 제2전극 사이에 위치하는 발광물질층과, 상기 제1전극과 상기 발광물질층 사이에 위치하며 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하는 제1활성층과, 상기 발광물질층과 상기 제2전극 사이에 위치하며 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하는 제2활성층을 포함하고, 상기 발광물질층은 상기 제1활성층으로부터의 전자와 상기 제2활성층으로부터의 정공을 전달받아 빛을 발광한다.
- [0011] 상기 제1활성층의 흡수 파장과 상기 제2활성층의 흡수 파장 중 하나는 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 다르다.
- [0012] 상기 제1활성층의 흡수 파장은 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 다르고, 상기 제2활성층의 흡수 파장은 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 같으며, 상기 발광물질층으로부터 발광된 빛은 상기 제1전극을 통해 외부로 방출된다.
- [0013] 상기 제1활성층의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위와 상기 발광물질층의 LUMO 에너지 준위 차는 0.5 eV 이내이며, 상기 제2활성층의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위와 상기 발광물질층의 HOMO 에너지 준위 차는 0.5 eV 이내이다.
- [0014] 상기 제1전극과 상기 제1활성층 사이에 제1정공보조층을 더 포함하고, 상기 제2활성층과 상기 제2전극 사이에 제1전자보조층을 더 포함한다.
- [0015] 상기 제1활성층과 상기 발광물질층 사이에 제2전자보조층을 더 포함하고, 상기 발광물질층과 상기 제2활성층 사이에 제2정공보조층을 더 포함한다.
- [0016] 상기 표시장치는 적, 녹, 청색 화소영역을 포함하며, 상기 적색과 녹색 화소영역의 상기 제1활성층은 제1파장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어지고, 상기 청색 화소영역의 상기 제1활성층은 상기 제1파장대보다 큰 제2파장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어진다.

[0017] 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는, 상기 기관 상의 게이트 배선과 데이터 배선 및 전원 배선과, 상기 게이트 배선 및 데이터 배선에 연결되는 스위칭 박막트랜지스터와, 상기 스위칭 박막 트랜지스터 및 상기 전원 배선에 연결되는 구동 박막트랜지스터와, 상기 스위칭 박막 트랜지스터 및 상기 구동 박막트랜지스터에 연결되는 스토리지 커패시터를 더 포함하고, 상기 제1전극은 상기 구동 박막트랜지스터에 연결된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 유기태양전지로부터 유기발광다이오드에 전자와 정공을 제공함으로써, 외부 전기의 주입 없이 영상을 표시할 수 있다. 이에 따라, 전력 소비를 감소할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 영상 표시와 함께 외부로 전력 공급을 동시에 할 수 있다.

[0020] 한편, 본 발명의 유기발광다이오드 표시장치는 유기발광다이오드의 발광물질층의 상부와 하부에 각각 유기태양전지를 포함하므로, 전력 변환 효율을 높일 수 있다.

[0021] 또한, 유기태양전지의 활성층의 흡수 파장을 발광물질층으로부터 발광된 빛의 파장과 같게 함으로써, 발광물질층으로부터의 빛을 이용하여 전자와 정공을 다시 생성할 수 있으므로, 광효율을 높일 수 있다.

[0022] 또한, 외부광이 없는 경우, 애노드와 캐소드를 통해 발광물질층에 정공과 전자를 각각 제공하여 영상을 표시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 일반적인 유기발광다이오드 표시장치의 구조를 밴드 다이어그램으로 표시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 에너지 준위를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 에너지 준위를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 다른 구동 예를 도시한 도면으로, 외부광이 없는 경우에 해당한다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도로, 한 화소영역에 대응하는 구조를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 액정표시장치에 대하여 상세히 설명한다.

[0025] -제1실시예-

[0026] 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0027] 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치는 기관(100) 상에 순차적으

로 형성된 애노드(anode)(110)와, 제1정공보조층(first hole auxiliary layer)(120), 제1활성층(first active layer)(130), 제1전자보조층(first electron auxiliary layer)(140), 발광물질층(light emitting material layer)(150), 제2정공보조층(second hole auxiliary layer)(160), 제2활성층(second active layer)(170), 제2전자보조층(second electron auxiliary layer)(180), 그리고 캐소드(cathode)(190)를 포함한다.

- [0028] 여기서, 기판(100)은 절연 기판일 수 있다. 도시하지 않았지만, 기판(100) 상에는 다수의 배선이 형성될 수 있으며, 또한, 다수의 박막트랜지스터와 커패시터가 형성될 수도 있다.
- [0029] 애노드(110)는 비교적 일함수가 높은 도전성 물질로 이루어진다. 일례로, 애노드(110)는 인듐-틴-옥사이드(indium tin oxide: ITO)나 인듐-징크-옥사이드(indium zinc oxide: IZO)와 같은 투명 도전성 물질로 형성될 수 있다.
- [0030] 캐소드(190)는 비교적 일함수가 낮은 도전성 물질로 이루어진다. 일례로, 캐소드(190)는 알루미늄(aluminum)이나 마그네슘(magnesium), 은(silver) 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다.
- [0031] 발광물질층(150)이 애노드(110)와 캐소드(190) 사이에 위치한다. 발광물질층(150)과 애노드(110) 및 캐소드(190)는 유기발광다이오드를 형성한다.
- [0032] 본 발명의 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치가 적, 녹, 청색을 각각 표시하는 화소영역을 포함할 경우, 발광물질층(150)은 적, 녹, 청색 발광물질층 중 하나일 수 있으며, 하나의 화소영역에 하나의 색이 대응한다. 즉, 적색 화소영역에는 적색 빛을 발광하는 적색 발광물질층이 형성되고, 녹색 화소영역에는 녹색 빛을 발광하는 녹색 발광물질층이 형성되며, 청색 화소영역에는 청색 빛을 발광하는 청색 발광물질층이 형성된다.
- [0033] 일례로, 적색 발광물질층은 4-(Dicyanomethylene)-2-methyl-6-(julolidin-4-yl-vinyl)-4H-pyran (**DCM2**)와, 4-(Dicyanomethylene)-2-tert-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidin-4-yl-vinyl)-4H-pyran (**DCJTb**), (5,6,11,12)-Tetraphenylanthracene (**rubrene**), Tris[1-phenylisoquinolino-2-C²,N]iridium(III) (**Ir(piq)₃**), bis(1-(phenyl)isoquinoline) iridium(III) acetylacetonate (**Ir(piq)₂acac**), 그리고 bis(2-methyl-8-quinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminum(III) (**BAlq**) 중 하나 또는 그 이상의 물질을 포함할 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 녹색 발광물질층은 10-(2-Benzothiazolyl)-2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H,11H-(1)benzopyrroprano(6,7-8-I,j) quinolizin-11-one (**C545T**), N,N'-diethylquinacridone (**DEQ**), **Indenoperylene**, Tris[2-phenylpyridinato-2-C²,N]iridium(III) (**Ir(ppy)₃**), Iridium(III)tri(2-(4-tolyl)pyridinato-N,C²) (**Ir(tpy)₃**), 그리고 4,4'-Bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl (**CBP**) 중 하나 또는 그 이상의 물질을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 청색 발광물질층은 p-bis(p-N, N-diphenyl-aminostyryl)benzene (**DSA-Ph**), multi-functional 2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene (**MADN**), diphenyl-[4-(2-[1,1,4,1]terphenyl-4-yl-vinyl)-phenyl]-amine (**BD-1**), Bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl-(2-carboxypyridyl)iridium(III) (**FIrpiq**), iridium(III) bis(4',6'-difluorophenylpyridinato)tetrakis(1-pyrazolyl)borate (**FIr6**), p-bis(triphenylsilyl)benzene (**UGH2**), N,N'-dicarbazolyl-3,5-benzene (**mCP**), diphenylbis[4-(9-carbazoyl)phenyl]silane (**SiCa**), **Pyrene**, **Anthanthrene**, 그리고 **Perylene** 중 하나 이상의 물질을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.
- [0034] 제1활성층(130)이 애노드(110)와 발광물질층(150) 사이에 위치하고, 제2활성층(170)이 발광물질층(150)과 캐소드(190) 사이에 위치한다. 이러한 제1활성층(130)과 제2활성층(170)은 각각 유기태양전지를 구성한다.
- [0035] 제1 및 제2활성층(130, 170)은 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하며, 전자주개(electron donor) 물질과 전자받개(electron acceptor) 물질을 포함한다. 제1 및 제2활성층(130, 170)은 전자주개 물질과 전자받개 물질의 이중층(bi-layer) 구조 또는 벌크 이중접합(bulk-heterojunction(BHJ)) 구조를 가진다. 일례로, 제1 및 제2활성층(130, 170)은 이중층 구조에 비해 광변환효율이 높은 벌크 이중접합 구조를 가질 수 있다.
- [0036] 일례로, 제1 및 제2활성층(130, 170)의 각각은 450 nm 내지 550 nm의 흡수 파장을 갖는 poly(3-hexylthiophene):[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (**P3HT:PCBM**)나, 450 nm 내지 600 nm의 흡수 파장을 갖는 poly[N-9"-heptadecanyl-2,7-carbazole-alt-5,5-(4'7'-di-2-thienyl-2'1'3'-benzothiadiazole):[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (**PCDTBT:PCBM**), 또는 550 nm 내지 700 nm의 흡수 파장을 갖는 poly({4,8-bis[(2-ethylhexyl)oxy]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl}{3-fluoro-2-

[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl}:[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (PTB7:PCBM) 등의 고분자 물질로 이루어지거나, 300 nm 내지 450 nm의 흡수 파장을 갖는 copper phthalocyanine:fullerene (CuPC:C₆₀)나, subphthalocyanine:fullerene (SubPC:C₆₀), 또는 zinc phthalocyanine:fullerene (ZnPC:C₆₀) 등의 저분자 물질로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

- [0037] 제1 및 제2활성층(130, 170)은 동일한 물질로 이루어질 수도 있으며, 서로 다른 물질로 이루어질 수도 있다. 바람직하게, 제1 및 제2활성층(130, 170)은 서로 다른 파장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어질 수 있다. 즉, 제1활성층(130)의 흡수 파장과 제2활성층(170)의 흡수 파장은 다를 수 있다.
- [0038] 애노드(110)와 제1활성층(130) 사이에는 정공을 효율적으로 이동시키기 위해 제1정공보조층(120)이 위치한다. 제1정공보조층(120)은 정공주입층(hole injecting layer: HIL)과 정공수송층(hole transporting layer: HTL) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일례로, 제1정공보조층(120)은 정공수송층(HTL)의 단일층 구조일 수 있다.
- [0039] 이와 달리, 제1정공보조층(120)은 정공주입층(HIL)과 정공수송층(HTL)의 이중층 구조일 수 있으며, 이 경우, 정공주입층(HIL)이 애노드(110)와 정공수송층(HTL) 사이에 위치한다.
- [0040] 제1정공보조층(120)은 정공 이동 특성이 좋은 물질로 이루어지는데, 일례로, poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(4-styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)와, 산화 몰리브덴(MoO₃), 오산화 바나듐(V₂O₅) 및 산화 텅스텐(WO₃) 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.
- [0041] 제1활성층(130)과 발광물질층(150) 사이에는 전자를 효율적으로 이동시키기 위해 제1전자보조층(140)이 위치한다. 제1전자보조층(140)은 전자수송층(electron transporting layer: ETL)일 수 있다. 일례로, 제1전자보조층(140)은 전자 이동 특성이 좋은 bathophenanthroline and bathocuprione (BCP)와, 산화 아연(ZnO), 산화 티타늄(TiO₂) 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.
- [0042] 발광물질층(150)과 제2활성층(170) 사이에는 정공을 효율적으로 이동시키기 위해 제2정공보조층(160)이 위치한다. 제2정공보조층(160)은 정공수송층(HTL)일 수 있다. 일례로, 제2정공보조층(160)은 PEDOT:PSS와, MoO₃, V₂O₅ 및 WO₃ 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 제2정공보조층(160)은 제1정공보조층(120)과 동일 물질로 이루어질 수 있으며, 또는 서로 다른 물질로 이루어질 수도 있다.
- [0043] 제2활성층(170)과 캐소드(190) 사이에는 전자를 효율적으로 이동시키기 위해 제2전자보조층(180)이 위치한다. 제2전자보조층(180)은 전자주입층(electron injecting layer: EIL)과 전자수송층(ETL) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일례로, 제2전자보조층(180)은 전자수송층(ETL)의 단일층 구조일 수 있다.
- [0044] 이와 달리, 제2전자보조층(180)은 전자주입층(EIL)과 전자수송층(ETL)의 이중층 구조일 수 있으며, 이 경우, 전자주입층(EIL)이 캐소드(190)와 전자수송층(ETL) 사이에 위치한다.
- [0045] 제2전자보조층(180)은 전자 이동 특성이 좋은 물질로 이루어지는데, 일례로, 제2전자보조층(180)은 BCP와 ZnO, TiO₂ 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 제2전자보조층(180)은 제1전자보조층(140)과 동일 물질로 이루어질 수 있으며, 또는 서로 다른 물질로 이루어질 수도 있다.
- [0046] 이러한 본 발명의 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치는 유기발광다이오드의 발광물질층의 상부와 하부에 각각 유기태양전지를 포함하므로, 전력 변환 효율(power conversion efficiency, PCE)을 높일 수 있다.
- [0047] 보다 상세하게, 전력 변환 효율(PCE)은 에너지 변환 효율(energy conversion efficiency) 또는 광전 변환 효율(photoelectric conversion efficiency)이라고도 하며, 개방 전압(open-circuit voltage, Voc)과 단락 전류 밀도(short circuit current density, Jsc) 및 충실인자(fill factor, FF)에 비례한다. 그런데, 본 발명과 같이 이중 구조로 유기태양전지를 배치할 경우, 개방 전압(Voc)을 증가시킬 수 있어, 전력 변환 효율(PCE)을 높일 수 있다.
- [0048] 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 에너지 준위를 도시한 도면이다.

- [0049] 도 3에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치에서는, 애노드(110)와 캐소드(190) 사이에 제1정공보조층(120)과, 제1활성층(130), 제1전자보조층(140), 발광물질층(150), 제2정공보조층(160), 제2활성층(170), 그리고 제2전자보조층(180)이 순차적으로 위치한다.
- [0050] 여기서, 각 층의 아래쪽 선은 정공이 이동할 수 있는 가전자 띠(valence band)의 가장 높은 에너지 레벨로, HOMO(highest occupied molecular orbital) 에너지 준위라고 부르고, 위쪽 선은 전자가 이동할 수 있는 전도성 띠(conduction band)의 가장 낮은 에너지 레벨로, LUMO(lowest unoccupied molecular orbital)라 부른다. HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위의 차이는 밴드 갭(band gap)이 된다.
- [0051] 전자(-)와 정공(+)의 이동을 위해, 인접한 층들의 HOMO 에너지 준위의 차이와 LUMO 에너지 준위의 차이 각각은 0.5 eV 이내인 것이 바람직하다.
- [0052] 제1활성층(130)과 제2활성층(170)에서 실선은 전자주개 물질의 에너지 준위를 나타내고, 점선은 전자받개 물질의 에너지 준위를 나타내며, 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위가 전자받개 물질의 HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위보다 높다.
- [0053] 바람직하게, 제1활성층(130)의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위는 제1전자보조층(140)의 LUMO 에너지 준위보다 높을 수 있으며, 제2활성층(170)의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위는 제2전자보조층(180)의 LUMO 에너지 준위보다 높을 수 있다.
- [0054] 또한, 바람직하게, 제1활성층(130)의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위는 제1정공보조층(120)의 HOMO 에너지 준위보다 낮을 수 있으며, 제2활성층(180)의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위는 제2정공보조층(160)의 HOMO 에너지 준위보다 낮을 수 있다.
- [0055] 외부광이 입사되었을 때, 제1 및 제2활성층(130, 170)의 전자주개 물질에서 빛을 흡수하여 여기 상태(excited state)의 전자-정공 쌍인 엑시톤(exciton)이 형성되며, 이러한 엑시톤은 임의의 방향으로 확산하다가 전자받개 물질과의 계면을 만나면 전자(-)와 정공(+)으로 분리되게 된다. 즉, 계면에서 전자(-)는 전자친화도가 큰 전자받개 물질로 이동하고, 정공(+)은 전자주개 물질에 남아 각각의 전하 상태로 분리된다. 이때, 전자주개 물질과 전자받개 물질 간 HOMO 에너지 차이 또는 LUMO 에너지 차이에 따라 엑시톤으로부터 전자(-)와 정공(+)이 분리된다. 엑시톤이 전자와 정공으로 분리되기 위해 전자주개 물질의 LUMO 에너지 준위와 전자 받개 물질의 LUMO 에너지 준위의 차이는 적어도 0.3 eV 이상인 것이 바람직하다.
- [0056] 분리된 전자(-)는 캐소드(190) 쪽으로 이동하고, 정공(+)은 애노드(110) 쪽으로 이동한다. 따라서, 제1활성층(130)으로부터 생성된 전자(-)는 제1전자보조층(140)을 지나 캐소드(190) 쪽으로 이동하고, 제1활성층(130)으로부터 생성된 정공(+)은 제1정공보조층(120)을 지나 애노드(110) 쪽으로 이동하며, 제2활성층(170)으로부터 생성된 전자(-)는 제2전자보조층(180)을 지나 캐소드(190) 쪽으로 이동하고, 제2활성층(170)으로부터 생성된 정공(+)은 제2정공보조층(160)을 지나 애노드(110) 쪽으로 이동한다.
- [0057] 이때, 제1활성층(130)으로부터 애노드(110) 쪽으로 이동된 정공(+)은 애노드(110)에서 수집되고, 제2활성층(170)으로부터 캐소드(190) 쪽으로 이동된 전자(-)는 캐소드(190)에서 수집되며, 이러한 전자(-)와 정공(+)은 외부 회로를 통해 전류의 형태로 움직이게 되어 전원으로 이용된다.
- [0058] 한편, 제1활성층(130)으로부터 캐소드(190) 쪽으로 이동된 전자(-)와 제2활성층(170)으로부터 애노드(110) 쪽으로 이동된 정공(+)은 발광물질층(150)에서 만나게 되어 엑시톤(150a)을 형성하고, 엑시톤(150a)이 기저 상태로 전이하면서 발광물질층(150)의 밴드 갭에 해당하는 색상의 빛이 발광된다. 발광물질층(150)으로부터의 빛은 애노드(110)와 캐소드(190) 중 어느 하나 또는 애노드(110)와 캐소드(190) 모두를 통해 외부로 방출될 수 있다.
- [0059] 이때, 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛이 외부로 방출되는 쪽의 제1활성층(130) 및/또는 제2활성층(170)의 흡수 파장은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일할 수 있는데, 이 경우, 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 일부가 제1활성층(130) 및/또는 제2활성층(170)에서 흡수되므로, 외부로 방출된 빛의 휘도가 낮아진다.
- [0060] 따라서, 외부로 방출되는 빛의 휘도를 높이기 위해, 제1활성층(130) 및/또는 제2 활성층(170)의 흡수 파장은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 것이 바람직하다.
- [0061] 즉, 애노드(110)를 통해 빛이 외부로 방출될 경우, 제1활성층(130)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 흡수 파장을 가진다. 이때, 제2활성층(170)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한

흡수 파장을 가지거나 다른 흡수 파장을 가질 수 있다. 제2활성층(170)의 흡수 파장이 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 경우, 제2활성층(170)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛을 흡수하여 다시 전자와 정공을 생성할 수 있으므로, 장치의 광효율을 더욱 높일 수 있다.

[0062] 반면, 캐소드(190)를 통해 빛이 외부로 방출될 경우, 제2활성층(170)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 흡수 파장을 가진다. 이때, 제1활성층(130)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 흡수 파장을 가지거나 다른 흡수 파장을 가질 수 있으며, 효율 향상을 위해, 제1활성층(130)은 발광물질층(150)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 흡수 파장을 갖는 것이 바람직하다.

[0063] 본 발명의 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치가 적, 녹, 청색을 각각 표시하는 화소영역을 포함할 경우, 적, 녹, 청색 화소영역의 제1활성층(130)은 서로 다른 흡수 파장을 가질 수 있다. 또한, 적, 녹, 청색 화소영역의 제2활성층(170)은 서로 다른 흡수 파장을 가질 수 있다.

[0064] 이와 달리, 적, 녹, 청색 화소영역의 제1활성층(130) 중 둘은 서로 동일한 흡수 파장을 가지며, 적, 녹, 청색 화소영역의 제2활성층(170) 중 둘은 서로 동일한 흡수 파장을 가질 수 있다.

[0065] 일례로, 적색과 녹색 화소영역 각각의 제1활성층(130) 및 제2활성층(170) 중 적어도 하나, 바람직하게는, 빛이 외부로 방출되는 방향의 제1활성층(130) 및/또는 제2활성층(170)은 CuPC:C₆₀과 SubPC:C₆₀ 그리고 ZnPC:C₆₀ 같이 단파장의 빛을 흡수하는 물질로 이루어지고, 청색 화소영역의 제1활성층(130)과 제2활성층(170) 중 적어도 하나, 바람직하게는, 빛이 외부로 방출되는 방향의 제1활성층(130) 및/또는 제2활성층(170)은 P3HT:PCBM과, PCDTBT:PCBM 그리고 PTB7:PCBM 같이 장파장의 빛을 흡수하는 물질로 이루어진다.

[0066] 이와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 영상 표시 및 외부로 전력 공급을 동시에 할 수 있다. 이때, 외부광을 이용하여 영상을 표시하므로, 외부 전기의 주입이 필요하지 않고, 전력 소비를 줄일 수 있다. 또한, 발광물질층으로부터의 빛을 이용하여 전자와 정공을 다시 생성할 수 있으므로, 광효율을 높일 수 있다.

[0067] 이러한 본 발명의 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 창문이나 건물 외벽, 요트의 돛 또는 자전거 바퀴 등 다양한 제품에 적용할 수 있다.

[0068] -제2실시예-

[0069] 도 4는 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0070] 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치는 기판(200) 상에 순차적으로 형성된 애노드(210)와, 정공보조층(220), 제1활성층(230), 발광물질층(250), 제2활성층(270), 전자보조층(280), 그리고 캐소드(290)를 포함한다.

[0071] 여기서, 기판(200)은 절연 기판일 수 있다. 도시하지 않았지만, 기판(200) 상에는 다수의 배선이 형성될 수 있으며, 또한, 다수의 박막트랜지스터와 커패시터가 형성될 수도 있다.

[0072] 애노드(210)는 비교적 일함수가 높은 도전성 물질로 이루어진다. 일례로, 애노드(210)는 인듐-틴-옥사이드나 인듐-징크-옥사이드와 같은 투명 도전성 물질로 형성될 수 있다.

[0073] 캐소드(290)는 비교적 일함수가 낮은 도전성 물질로 이루어진다. 일례로, 캐소드(290)는 알루미늄이나 마그네슘, 은 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다.

[0074] 발광물질층(250)이 애노드(210)와 캐소드(290) 사이에 위치한다. 발광물질층(250)과 애노드(210) 및 캐소드(290)는 유기발광다이오드를 형성한다.

[0075] 본 발명의 유기발광다이오드 표시장치가 적, 녹, 청색을 각각 표시하는 화소영역을 포함할 경우, 발광물질층(250)은 적, 녹, 청색 발광물질층 중 하나일 수 있으며, 하나의 화소영역에 하나의 색이 대응한다. 즉, 적색 화소영역에는 적색 빛을 발광하는 적색 발광물질층이 형성되고, 녹색 화소영역에는 녹색 빛을 발광하는 녹색 발광물질층이 형성되며, 청색 화소영역에는 청색 빛을 발광하는 청색 발광물질층이 형성된다.

[0076] 일례로, 적색 발광물질층은 4-(Dicyanomethylene)-2-methyl-6-(julolidin-4-yl-vinyl)-4H-pyran (DCM2)와, 4-(Dicyanomethylene)-2-tert-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidin-4-yl-vinyl)-4H-pyran (DCJTb),

(5,6,11,12)-Tetraphenylnaphthacene (**rubrene**), Tris[1- η -phenylisoquinolino- η^2 C²,N]iridium(III) (**Ir(piq)₃**), bis(1-(phenyl)isoquinoline) iridium(III) acetylanetonate (**Ir(piq)₂acac**), 그리고 bis(2-methyl-8-quinolinolato)(4-phenylphenolato)aluminum(III) (**BAlq**) 중 하나 또는 그 이상의 물질을 포함할 수 있고, 이에 제한되지 않는다. 녹색 발광물질층은 10-(2-Benzothiazolyl)-2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H,11H-(1)benzopyrroprano(6,7-8-I,j) quinolizin-11-one (**C545T**), N,N'-diethylquinacridone (**DEQ**), **Indenoperylene**, Tris[2- η -phenylpyridinato- η^2 C²,N]iridium(III) (**Ir(ppy)₃**), Iridium(III)tri(2-(4-tolyl)pyridinato-N,C^{2'}) (**Ir(tpy)₃**), 그리고 4,4'-Bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl (**CBP**) 중 하나 또는 그 이상의 물질을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 청색 발광물질층은 p-bis(p-N, N-diphenyl-aminostyryl)benzene (**DSA-Ph**), multi-functional 2-methyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene (**MADN**), diphenyl-[4-(2-[1,1;4,1]terphenyl-4-yl-vinyl)-phenyl]-amine (**BD-1**), Bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl)-(2-carboxypyridyl)iridiumIII (**FIrpiq**), iridium(III) bis(4',6'-difluorophenylpyridinato)tetrakis(1-pyrazolyl)borate (**FIr6**), p-bis(triphenylsilyl)benzene (**UGH2**), N,N'-dicarbazolyl-3,5-benzene (**mCP**), diphenylbis[4-(9-carbazoyl)phenyl]silane (**SiCa**), **Pyrene**, **Anthanthrene**, 그리고 **Perylene** 중 하나 이상의 물질을 포함할 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0077] 제1활성층(230)이 애노드(210)와 발광물질층(250) 사이에 위치하고, 제2활성층(270)이 발광물질층(250)과 캐소드(290) 사이에 위치한다. 이러한 제1활성층(230)과 제2활성층(270)은 각각 유기태양전지를 구성한다.

[0078] 제1 및 제2활성층(230, 270)은 빛을 흡수하여 전자와 정공을 생성하며, 전자주개 물질과 전자받개 물질을 포함한다. 제1 및 제2활성층(230, 270)은 전자주개 물질과 전자받개 물질의 이중층(bi-layer) 구조 또는 벌크 이중접합(bulk-heterojunction(BHJ)) 구조를 가진다. 일례로, 제1 및 제2활성층(230, 270)은 이중층 구조에 비해 광변환효율이 높은 벌크 이중접합 구조를 가질 수 있다.

[0079] 일례로, 제1 및 제2활성층(230, 270)의 각각은 450 nm 내지 550 nm의 흡수 파장을 갖는 poly(3-hexylthiophene):[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (**P3HT:PCBM**)나, 450 nm 내지 600 nm의 흡수 파장을 갖는 poly[N-9"-heptadecanyle-2,7-carbazole-alt-5,5-(4'7'-di-2-thienyl-2'1'3'-benzothiadiazole):[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (**PCDTBT:PCBM**), 또는 550 nm 내지 700 nm의 흡수 파장을 갖는 poly({4,8-bis[(2-ethylhexyl)oxy]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl}{3-fluoro-2-[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl}):[6,6]-phenyl-C₆₁ butyric acid methyl ester (**PTB7:PCBM**) 등의 고분자 물질로 이루어지거나, 300 nm 내지 450 nm의 흡수 파장을 갖는 copper phthalocyanine:fullerene (**CuPC:C₆₀**)나, subphthalocyanine:fullerene (**SubPC:C₆₀**), 또는 zinc phthalocyanine:fullerene (**ZnPC:C₆₀**) 등의 저분자 물질로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0080] 제1 및 제2활성층(230, 270)은 동일한 물질로 이루어질 수도 있으며, 서로 다른 물질로 이루어질 수도 있다. 바람직하게, 제1 및 제2활성층(230, 270)은 서로 다른 파장대의 빛을 흡수하는 물질로 이루어질 수 있다. 즉, 제1활성층(230)의 흡수 파장과 제2활성층(270)의 흡수 파장은 다를 수 있다.

[0081] 애노드(210)와 제1활성층(230) 사이에는 정공을 효율적으로 이동시키기 위해 정공보조층(220)이 위치한다. 정공보조층(220)은 정공주입층(HIL)과 정공수송층(HTL) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일례로, 정공보조층(220)은 정공수송층(HTL)의 단일층 구조일 수 있다.

[0082] 이와 달리, 정공보조층(220)은 정공주입층(HIL)과 정공수송층(HTL)의 이중층 구조일 수 있으며, 이 경우, 정공주입층(HIL)이 애노드(210)와 정공수송층(HTL) 사이에 위치한다.

[0083] 정공보조층(220)은 정공 이동 특성이 좋은 물질로 이루어지는데, 일례로, poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(4-styrenesulfonate) (**PEDOT:PSS**)와, 산화 몰리브덴(**MoO₃**), 오산화 바나듐(**V₂O₅**) 및 산화 텅스텐(**WO₃**) 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.

[0084] 제2활성층(270)과 캐소드(290) 사이에는 전자를 효율적으로 이동시키기 위해 전자보조층(280)이 위치한다. 전자보조층(280)은 전자주입층(EIL)과 전자수송층(ETL) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일례로, 전자보조층(280)은 전자수송층(ETL)의 단일층 구조일 수 있다.

- [0085] 이와 달리, 전자보조층(280)은 전자주입층(EIL)과 전자수송층(ETL)의 이중층 구조일 수 있으며, 이 경우, 전자주입층(EIL)이 캐소드(290)와 전자수송층(ETL) 사이에 위치한다.
- [0086] 전자보조층(280)은 전자 이동 특성이 좋은 물질로 이루어지는데, 일례로, 전자보조층(280)은 BCP와 ZnO, TiO₂ 중 어느 하나로 이루어질 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.
- [0087] 이러한 본 발명의 제2실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치는 유기발광다이오드의 발광물질층의 상부와 하부에 각각 유기태양전지를 포함하므로, 개방 전압(Voc)을 증가시킬 수 있어 전력 변환 효율(PCE)을 높일 수 있다.
- [0088] 도 5는 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 에너지 준위를 도시한 도면이다.
- [0089] 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치에서는, 애노드(210)와 캐소드(290) 사이에 정공보조층(220)과, 제1활성층(230), 발광물질층(250), 제2활성층(270), 그리고 전자보조층(280)이 순차적으로 위치한다.
- [0090] 여기서, 각 층의 아래쪽 선은 정공이 이동할 수 있는 가전자 띠의 가장 높은 에너지 레벨로, HOMO(highest occupied molecular orbital) 에너지 준위라고 부르고, 위쪽 선은 전자가 이동할 수 있는 전도성 띠의 가장 낮은 에너지 레벨로, LUMO(lowest unoccupied molecular orbital)라 부른다. HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위의 차이는 밴드 갭(band gap)이 된다.
- [0091] 전자(-)와 정공(+)의 이동을 위해, 인접한 층들의 HOMO 에너지 준위의 차이와 LUMO 에너지 준위의 차이 각각은 0.5 eV 이내인 것이 바람직하다.
- [0092] 제1활성층(230)과 제2활성층(270)에서 실선은 전자주개 물질의 에너지 준위를 나타내고, 점선은 전자받개 물질의 에너지 준위를 나타내며, 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위가 전자받개 물질의 HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위보다 높다.
- [0093] 바람직하게, 제1활성층(230)의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위는 발광물질층(250)의 LUMO 에너지 준위와 같거나 높을 수 있으며, 제2활성층(270)의 전자받개 물질의 LUMO 에너지 준위는 발광물질층(250)의 LUMO 에너지 준위보다 낮고 전자보조층(280)의 LUMO 에너지 준위보다 높을 수 있다.
- [0094] 또한, 바람직하게, 제1활성층(230)의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위는 정공보조층(220)의 HOMO 에너지 준위보다 낮고 발광물질층(250)의 HOMO 에너지 준위와 같거나 높을 수 있으며, 제2활성층(280)의 전자주개 물질의 HOMO 에너지 준위는 발광물질층(250)의 HOMO 에너지 준위보다 낮을 수 있다.
- [0095] 외부광이 입사되었을 때, 제1 및 제2활성층(230, 270)의 전자주개 물질에서 빛을 흡수하여 여기 상태의 전자-정공 쌍인 엑시톤이 형성되며, 이러한 엑시톤은 임의의 방향으로 확산하다가 전자받개 물질과의 계면을 만나면 전자(-)와 정공(+)으로 분리되게 된다. 즉, 계면에서 전자(-)는 전자친화도가 큰 전자받개 물질로 이동하고, 정공(+)은 전자주개 물질에 남아 각각의 전하 상태로 분리된다. 이때, 전자주개 물질과 전자받개 물질 간 HOMO 에너지 차이 또는 LUMO 에너지 차이에 따라 엑시톤으로부터 전자(-)와 정공(+)이 분리된다. 엑시톤이 전자와 정공으로 분리되기 위해 전자주개 물질의 LUMO 에너지 준위와 전자 받개 물질의 LUMO 에너지 준위의 차이는 적어도 0.3 eV 이상인 것이 바람직하다.
- [0096] 분리된 전자(-)는 캐소드(290) 쪽으로 이동하고, 정공(+)은 애노드(210) 쪽으로 이동한다. 따라서, 제1활성층(230)으로부터 생성된 전자(-)는 캐소드(290) 쪽으로 이동하고, 제1활성층(230)으로부터 생성된 정공(+)은 정공보조층(220)을 지나 애노드(210) 쪽으로 이동하며, 제2활성층(270)으로부터 생성된 전자(-)는 전자보조층(280)을 지나 캐소드(290) 쪽으로 이동하고, 제2활성층(270)으로부터 생성된 정공(+)은 애노드(210) 쪽으로 이동한다.
- [0097] 이때, 제1활성층(230)으로부터 애노드(210) 쪽으로 이동된 정공(+)은 애노드(210)에서 수집되고, 제2활성층(270)으로부터 캐소드(290) 쪽으로 이동된 전자(-)는 캐소드(290)에서 수집되며, 이러한 전자(-)와 정공(+)은 외부 회로를 통해 전류의 형태로 움직이게 되어 전원으로 이용된다.
- [0098] 한편, 제1활성층(230)으로부터 캐소드(290) 쪽으로 이동된 전자(-)와 제2활성층(270)으로부터 애노드(210) 쪽으로

로 이동된 정공(+)은 발광물질층(250)에서 만나게 되어 엑시톤(250a)을 형성하고, 엑시톤(250a)이 기저 상태로 전이하면서 발광물질층(250)의 밴드 갭에 해당하는 색상의 빛이 발광된다. 발광물질층(250)으로부터의 빛은 애노드(210)와 캐소드(290) 중 어느 하나 또는 애노드(210)와 캐소드(290) 모두를 통해 외부로 방출될 수 있다.

- [0099] 이때, 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛이 외부로 방출되는 쪽의 제1활성층(230) 및/또는 제2활성층(270)의 흡수 파장은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일할 수 있는데, 이 경우, 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 일부가 제1활성층(230) 및/또는 제2활성층(270)에서 흡수되므로, 외부로 방출된 빛의 휘도가 낮아진다.
- [0100] 따라서, 외부로 방출되는 빛의 휘도를 높이기 위해, 제1활성층(230) 및/또는 제2활성층(270)의 흡수 파장은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 것이 바람직하다.
- [0101] 즉, 애노드(210)를 통해 빛이 외부로 방출될 경우, 제1활성층(230)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 흡수 파장을 가진다. 이때, 제2활성층(270)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 흡수 파장을 가지거나 다른 흡수 파장을 가질 수 있다. 제2활성층(270)의 흡수 파장이 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 경우, 제2활성층(270)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛을 흡수하여 다시 전자와 정공을 생성할 수 있으므로, 장치의 광효율을 더욱 높일 수 있다.
- [0102] 반면, 캐소드(290)를 통해 빛이 외부로 방출될 경우, 제2활성층(270)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 다른 흡수 파장을 가진다. 이때, 제1활성층(230)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 흡수 파장을 가지거나 다른 흡수 파장을 가질 수 있으며, 효율 향상을 위해, 제1활성층(230)은 발광물질층(250)으로부터 발광된 빛의 파장과 동일한 흡수 파장을 갖는 것이 바람직하다.
- [0103] 본 발명의 제2실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치가 적, 녹, 청색을 각각 표시하는 화소영역을 포함할 경우, 적, 녹, 청색 화소영역의 제1활성층(230)은 서로 다른 흡수 파장을 가질 수 있다. 또한, 적, 녹, 청색 화소영역의 제2활성층(270)은 서로 다른 흡수 파장을 가질 수 있다.
- [0104] 이와 달리, 적, 녹, 청색 화소영역의 제1활성층(230) 중 둘은 서로 동일한 흡수 파장을 가지며, 적, 녹, 청색 화소영역의 제2활성층(270) 중 둘은 서로 동일한 흡수 파장을 가질 수 있다.
- [0105] 일례로, 적색과 녹색 화소영역 각각의 제1활성층(230) 및 제2활성층(270) 중 적어도 하나, 바람직하게는, 빛이 외부로 방출되는 방향의 제1활성층(230) 및/또는 제2활성층(270)은 CuPC:C_{60} 과 SubPC:C_{60} 그리고 ZnPC:C_{60} 같이 단파장의 빛을 흡수하는 물질로 이루어지고, 청색 화소영역의 제1활성층(230)과 제2활성층(270) 중 적어도 하나, 바람직하게는, 빛이 외부로 방출되는 방향의 제1활성층(230) 및/또는 제2활성층(270)은 P3HT:PCBM 과, PCDTBT:PCBM 그리고 PTB7:PCBM 같이 장파장의 빛을 흡수하는 물질로 이루어진다.
- [0106] 이와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 영상 표시 및 외부로 전력 공급을 동시에 할 수 있다. 이때, 외부광을 이용하여 영상을 표시하므로, 외부 전기의 주입이 필요하지 않다. 또한, 발광물질층으로부터의 빛을 이용하여 전자와 정공을 다시 생성할 수 있으므로, 광효율을 높일 수 있다.
- [0107] 또한, 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 발광물질층(250)과 제1활성층(230) 및 제2활성층(270)의 에너지 준위를 맞추어 발광물질층(250)과 제1활성층(230) 사이의 전자보조층 및 발광물질층(250)과 제2활성층(270) 사이의 정공보조층을 생략함으로써, 재료를 절감하고 제조 공정을 감소시킬 수 있다. 이때, 발광물질층(250)의 HOMO 에너지 준위와 제1 및 제2활성층(230, 270)의 HOMO 에너지 준위 차이는 0.5 eV 이내이고, 발광물질층(250)의 LUMO 에너지 준위와 제1 및 제2활성층(230, 270)의 LUMO 에너지 준위 차이는 0.5 eV 이내일 수 있다.
- [0108] 도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치의 다른 구동 예를 도시한 도면으로, 외부광이 없는 경우에 해당한다.
- [0109] 도 6에 도시한 바와 같이, 외부광이 없는 경우, 캐소드(290)를 통해 전자(-)가 주입되고, 애노드(210)를 통해 정공(+)이 주입된다.
- [0110] 주입된 전자(-)는 전자보조층(280)을 지나 제2활성층(270)의 전자받개 물질을 따라서 발광물질층(250)으로 전달

되고, 주입된 정공(+)은 정공보조층(220)을 지나 제1활성층(230)의 전자주개 물질을 따라서 발광물질층(250)으로 전달된다. 전자(+)와 정공(-)은 발광물질층(250)에서 만나게 되어 엑시톤(250a)을 형성하고, 엑시톤(250a)이 기저 상태로 전이하면서 발광물질층(250)의 밴드 갭에 해당하는 색상의 빛이 발광된다. 발광물질층(250)으로부터의 빛은 애노드(210)와 캐소드(290) 중 어느 하나 또는 애노드(210)와 캐소드(290) 모두를 통해 외부로 방출될 수 있다.

[0111] 이와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 유기태양전지를 포함하는 유기발광다이오드 표시장치는 외부광이 없는 경우에도 전력을 공급함으로써 영상을 표시할 수 있다. 이러한 구동은 제1실시예에 따른 유기발광다이오드 표시장치에도 적용될 수 있는데, 이 경우, 제1전자보조층(도 3의 140)의 HOMO 에너지 준위와 제2정공보조층(도 3의 160)의 LUMO 에너지 준위를 발광물질층(도 3의 150)과 맞추는 것이 바람직하다.

[0112] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도로, 한 화소영역에 대응하는 구조를 도시한다.

[0113] 도 7에 도시한 바와 같이, 절연 기판(310) 상부에 패터닝된 반도체층(322)이 형성된다. 기판(310)은 유리기판이나 플라스틱기판일 수 있다. 반도체층(322)은 산화물 반도체 물질로 이루어질 수 있는데, 이 경우 반도체층(322) 하부에는 차광패턴(도시하지 않음)과 버퍼층(도시하지 않음)이 형성될 수 있으며, 차광패턴은 반도체층(322)으로 입사되는 빛을 차단하여 반도체층(322)이 빛에 의해 열화되는 것을 방지한다. 이와 달리, 반도체층(322)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층(322)의 양 가장자리에 불순물이 도핑되어 있을 수 있다.

[0114] 반도체층(322) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(330)이 기판(310) 전면에서 형성된다. 게이트 절연막(330)은 산화 실리콘(SiO_2)과 같은 무기절연물질로 형성될 수 있다. 반도체층(322)이 다결정 실리콘으로 이루어질 경우, 게이트 절연막(330)은 산화 실리콘(SiO_2)이나 질화 실리콘(SiN_x)으로 형성될 수 있다.

[0115] 게이트 절연막(330) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트전극(332)이 반도체층(322)의 중앙에 대응하여 형성된다. 또한, 게이트 절연막(330) 상부에는 게이트배선(도시하지 않음)과 제1 커패시터 전극(도시하지 않음)이 형성될 수 있다. 게이트배선은 제1방향을 따라 연장되고, 제1 커패시터 전극은 게이트전극(332)에 연결된다.

[0116] 한편, 본 발명의 실시예에서는 게이트 절연막(330)이 기판(310) 전면에서 형성되어 있으나, 게이트 절연막(330)은 게이트전극(332)과 동일한 모양으로 패터닝될 수도 있다.

[0117] 게이트전극(332) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(340)이 기판(310) 전면에서 형성된다. 층간 절연막(340)은 산화 실리콘(SiO_2)이나 질화 실리콘(SiN_x)과 같은 무기절연물질로 형성되거나, 포토 아크릴(photo acryl)이나 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)과 같은 유기절연물질로 형성될 수 있다.

[0118] 층간 절연막(340)은 반도체층(322)의 양측 상면을 노출하는 제1 및 제2 컨택홀(340a, 340b)을 가진다. 제1 및 제2 컨택홀(340a, 340b)은 게이트전극(332)의 양측에 게이트전극(332)과 이격되어 위치한다. 여기서, 제1 및 제2 컨택홀(340a, 340b)은 게이트 절연막(330) 내에도 형성된다. 이와 달리, 게이트 절연막(330)이 게이트전극(332)과 동일한 모양으로 패터닝될 경우, 제1 및 제2 컨택홀(340a, 340b)은 층간 절연막(340) 내에만 형성된다.

[0119] 층간 절연막(340) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 소스 및 드레인전극(342, 344)이 형성된다. 또한, 층간 절연막(340) 상부에는 제2방향을 따라 연장되는 데이터배선(도시하지 않음)과 전원배선(도시하지 않음) 및 제2 커패시터 전극(도시하지 않음)이 형성될 수 있다.

[0120] 소스 및 드레인전극(342, 344)은 게이트전극(332)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 제1 및 제2 컨택홀(340a, 340b)을 통해 반도체층(322)의 양측과 접촉한다. 도시하지 않았지만, 데이터배선은 제2방향을 따라 연장되고 게이트배선과 교차하여 각 화소영역을 정의하며, 고전위 전압을 공급하는 전원배선은 데이터배선과 이격되어 위치한다. 제2 커패시터 전극은 드레인전극(344)과 연결되고, 제1 커패시터 전극과 중첩하여 둘 사이의 층간 절연막(340)을 유전체로 스토리지 커패시터를 이룬다.

[0121] 한편, 반도체층(322)과, 게이트전극(332), 그리고 소스 및 드레인전극(342, 344)은 박막트랜지스터를 이룬다. 여기서, 박막트랜지스터는 반도체층(322)의 일측, 즉, 반도체층(322)의 상부에 게이트전극(332)과 소스 및 드레인전극(342, 344)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다.

- [0122] 이와 달리, 박막트랜지스터는 반도체층의 하부에 게이트전극이 위치하고 반도체층의 상부에 소스 및 드레인전극이 위치하는 역 스테거드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0123] 여기서, 박막트랜지스터는 유기발광다이오드 표시장치의 구동 박막트랜지스터에 해당하며, 구동 박막트랜지스터와 동일한 구조의 스위칭 박막트랜지스터(도시하지 않음)가 각 화소영역에 대응하여 기판(310) 상에 더 형성된다. 구동 박막트랜지스터의 게이트 전극(332)은 스위칭 박막트랜지스터의 드레인전극(도시하지 않음)에 연결되고 구동 박막트랜지스터의 소스전극(342)은 전원배선(도시하지 않음)에 연결된다. 또한, 스위칭 박막트랜지스터의 게이트전극(도시하지 않음)과 소스전극(도시하지 않음)은 게이트 배선 및 데이터 배선과 각각 연결된다.
- [0124] 소스 및 드레인전극(342, 344) 상부에는 절연물질로 제1보호막(352)과 제2보호막(354)이 기판(310) 전면에 순차적으로 형성된다. 제1보호막(352)은 산화 실리콘(SiO_2)이나 질화 실리콘(SiNx)과 같은 무기절연물질로 형성될 수 있으며, 제2보호막(354)은 포토 아크릴이나 벤조사이클로부텐과 같은 유기절연물질로 형성되어 제2보호막(354)의 상면은 평탄할 수 있다.
- [0125] 제1보호막(352)과 제2보호막(354)은 드레인전극(344)을 노출하는 드레인 콘택홀(356)을 가진다. 여기서, 드레인 콘택홀(356)은 제2 콘택홀(340b) 바로 위에 형성된 것으로 도시되어 있으나, 제2 콘택홀(340b)과 이격되어 형성될 수도 있다.
- [0126] 제1보호막(352)과 제2보호막(354) 중 하나는 생략될 수도 있으며, 일례로, 무기절연물질로 이루어진 제1보호막(352)이 생략될 수 있다.
- [0127] 제2보호막(354) 상부에는 비교적 일함수가 높은 도전성 물질로 제1전극(362)이 형성된다. 제1전극(362)은 각 화소영역마다 형성되고, 드레인 콘택홀(356)을 통해 드레인전극(344)과 접촉한다. 일례로, 제1전극(362)은 인듐-틴-옥사이드(indium tin oxide: ITO)나 인듐-징크-옥사이드(indium zinc oxide: IZO)와 같은 투명 도전성 물질로 형성될 수 있다.
- [0128] 제1전극(362) 상부에는 절연물질로 बैं크층(370)이 형성된다. बैं크층(370)은 인접한 화소영역 사이에 위치하고, 제1전극(362)을 노출하는 개구부를 가지며, 제1전극(362)의 가장자리를 덮는다.
- [0129] 여기서, बैं크층(370)은 단일층 구조를 가지나, 이에 제한되지 않는다. 일례로, बैं크층은 이중층 구조를 가질 수도 있다. 즉, बैं크층은 제1뱅크와 제1뱅크 상부의 제2뱅크를 포함하고, 제1뱅크의 폭이 제2뱅크의 폭보다 넓을 수 있다. 이때, 제1뱅크는 친수성 특성을 갖는 무기절연물질이나 유기절연물질로 이루어질 수 있으며, 제2뱅크는 소수성 특성을 갖는 유기절연물질로 이루어질 수 있다.
- [0130] बैं크층(370)의 개구부를 통해 노출된 제1전극(362) 상부에는 제1활성층(382)과 발광물질층(384) 및 제2활성층(386)이 순차적으로 형성된다.
- [0131] 제1활성층(382)과 발광물질층(384) 및 제2활성층(386)은 유기 물질로 이루어지며, 용액 공정을 통해 형성될 수 있다. 이에 따라, 공정을 단순화하고 대면적 고해상도의 표시장치를 제공할 수 있다. 용액 공정으로는 스핀 코팅법이나 잉크젯 프린팅법 또는 스크린 프린팅법이 사용될 수 있다.
- [0132] 이와 달리, 제1활성층(382)과 발광물질층(384) 및 제2활성층(386)은 진공 증착법을 통해 형성될 수도 있다.
- [0133] 도시하지 않았지만, 제1전극(362)과 제1활성층(382) 사이에는 정공보조층이 형성되고, 제2활성층(386) 상부에는 전자보조층이 형성될 수 있다. 이러한 정공보조층은 정공주입층과 정공수송층 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며, 전자보조층은 전자주입층과 전자수송층 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0134] 또한, 도시하지 않았지만, 제1활성층(382)과 발광물질층(384) 사이에는 전자보조층이 더 형성되고, 발광물질층(384)과 제2활성층(386) 사이에는 정공보조층이 더 형성될 수 있다.
- [0135] 제2활성층(386) 상부에는 비교적 일함수가 낮은 도전성 물질로 제2전극(392)이 기판(310) 전면에 형성된다. 여기서, 제2전극(392)은 알루미늄(aluminum)이나 마그네슘(magnesium), 은(silver) 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다.
- [0136] 제1전극(362)과 발광물질층(384) 및 제2전극(392)은 유기발광다이오드를 이루며, 제1전극(362)은 애노드(anode)의 역할을 하고, 제2전극(392)은 캐소드(cathode)의 역할을 한다. 제1 및 제2활성층(382, 386)은 각각 유기 태양전지를 구성한다.

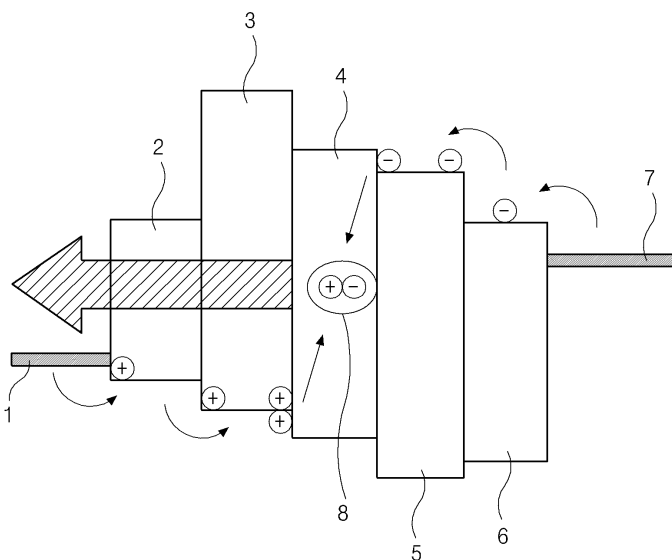
- [0137] 여기서, 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치는 발광물질층(384)으로부터 발광된 빛이 제2전극(392)을 통해 외부로 출력되는 상부발광방식(top emission type)일 수 있다. 이때, 제1전극(362)은 불투명 도전성 물질로 이루어진 반사층(도시하지 않음)을 더 포함한다. 일례로, 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-palladium-copper: APC) 합금으로 형성될 수 있으며, 제1전극(362)은 IT0/APC/IT0의 3중층 구조를 가질 수 있다. 또한, 제2전극(392)은 빛이 투과되도록 비교적 얇은 두께를 가지며, 제2전극(392)의 빛 투과도는 약 45-50%일 수 있다.
- [0138] 이와 달리, 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치는 발광물질층(384)으로부터 발광된 빛이 제1전극(362)을 통해 외부로 출력되는 하부발광방식(bottom emission type)일 수 있다.
- [0139] 또는, 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치는 발광물질층(384)으로부터 발광된 빛이 제1전극(362) 및 제2전극(392) 모두를 통해 외부로 출력되는 양방향발광방식(both side emission type)일 수 있다.
- [0140] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 능동행렬방식 유기발광다이오드 표시장치는 유기태양전지를 포함하여 영상 표시 및 외부로 전력 공급을 동시에 할 수 있다.
- [0141] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

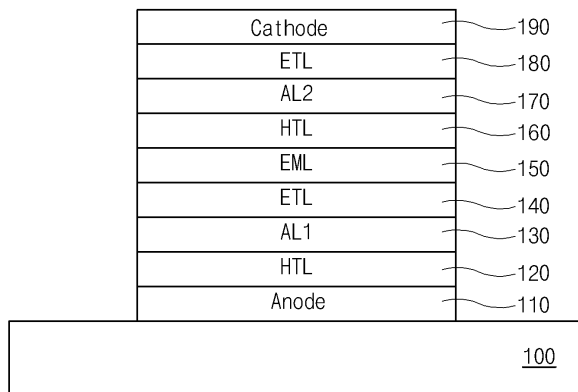
- [0142] 100, 200: 기판 110, 210: 애노드
120, 160, 220: 정공보조층 130, 230: 제1활성층
140, 180, 280: 전자보조층 150, 250: 발광물질층
170, 270: 제2활성층 190, 290: 캐소드

도면

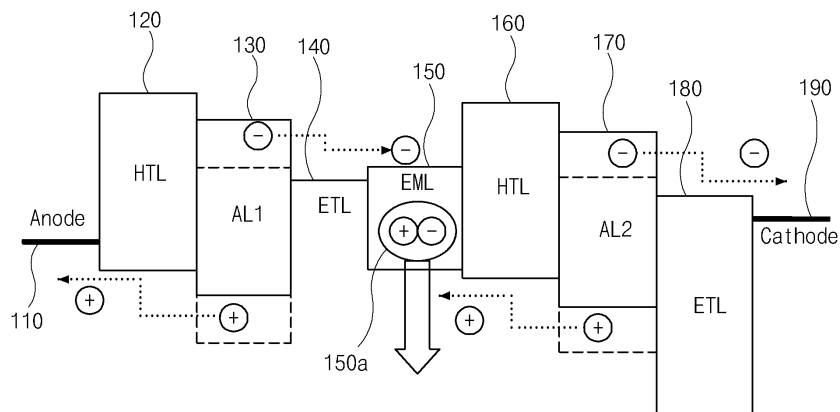
도면1



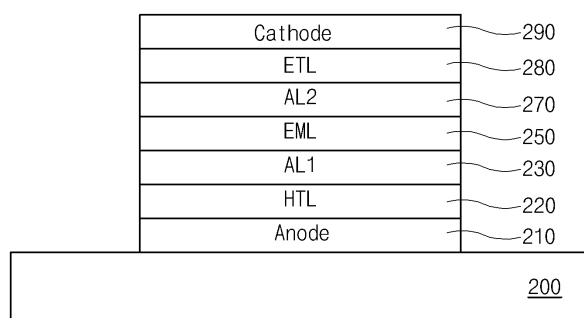
도면2



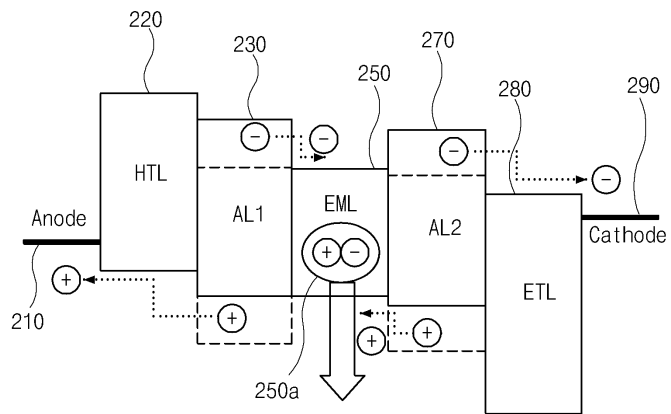
도면3



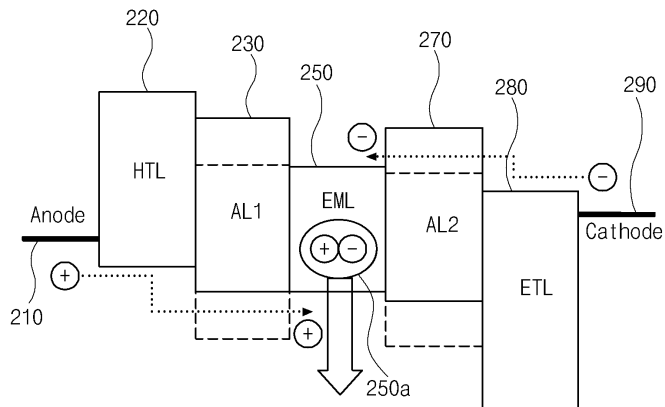
도면4



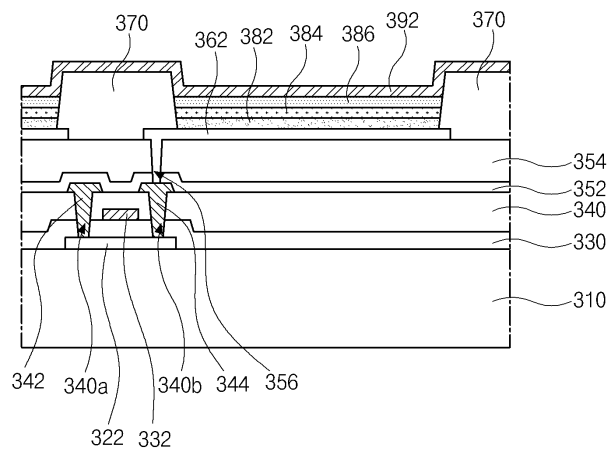
도면5



도면6



도면7



专利名称(译)	标题：包含有机太阳能电池的有机发光二极管显示装置		
公开(公告)号	KR1020170010933A	公开(公告)日	2017-02-02
申请号	KR1020150102323	申请日	2015-07-20
[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		
当前申请(专利权)人(译)	LG显示器有限公司		
[标]发明人	KIM JUN YOUNG 김준영 YUN HUI KUN 윤희근 YOUN JUN HO 윤준호 LEE SANG BIN 이상빈		
发明人	김준영 윤희근 윤준호 이상빈		
IPC分类号	H01L27/32 H01L51/42		
CPC分类号	H01L27/3227 H01L51/42 H01L27/3211 H01L27/3262 H01L2227/32 Y02E10/549		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及包括有机太阳能电池的有机发光二极管显示装置，包括本发明的有机太阳能电池的有机发光二极管显示装置包括在光的上部具有活性层的有机太阳能电池。- 有机发光二极管的发光材料层和下部。因此，电子和空穴从有机太阳能电池提供给有机发光二极管。以这种方式，在不注入外部电力的情况下指示图像，并且可以降低功耗。而且，可以通过图像显示将电力同时提供给外部。提供空穴和电子，并且可以通过壳体指示图像而没有外部光，并且阳极和阴极指示在发光材料层中。

