



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0013093
(43) 공개일자 2019년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5024 (2013.01)
H01L 27/3262 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0097112
(22) 출원일자 2017년07월31일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
홍대량
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
최형중
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
김준연
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
(74) 대리인
네이트특허법인

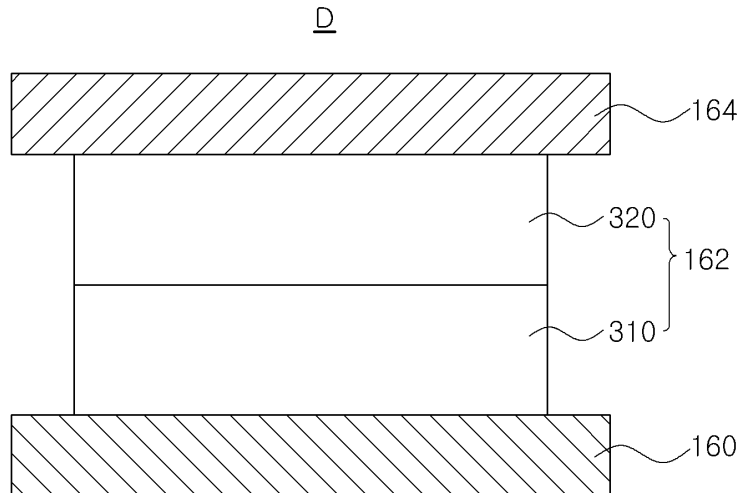
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 유기발광다이오드 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치

(57) 요약

본 발명은, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극과; 상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하며 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 제 1 엑시플렉스 생성층과; 형광 발광체를 포함하고 상기 제 1 전극과 상기 제 1 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 제 1 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드를 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H01L 51/5004 (2013.01)

H01L 51/5016 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극과;

상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하며 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 제 1 엑시플렉스 생성층과;

형광 발광체를 포함하고 상기 제 1 전극과 상기 제 1 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 제 1 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 p형 호스트의 삼중항 에너지와 상기 n형 호스트의 삼중항 에너지 각각은 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 삼중항 에너지보다 크며, 상기 p형 호스트의 HOMO 값과 LUMO 값 각각은 상기 n형 호스트의 HOMO 값 및 LUMO 값 각각보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 단일항 에너지는 상기 형광 발광체의 단일항 에너지보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 발광물질층과 상기 제 1 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 에너지 조절층을 더 포함하고,

상기 에너지 조절층 물질의 삼중항 에너지는 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 삼중항 에너지 보다 크고, 상기 에너지 조절층의 단일항 에너지는 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 단일항 에너지 보다 큰 유기발광다이오드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 발광물질층과 상기 엑시플렉스 생성층은 서로 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격하는 유기발광다이오드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 발광물질층은 상기 p형 호스트 또는 상기 n형 호스트를 더 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

형광 발광체를 포함하고 상기 제 1 엑시플렉스 생성층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 제 2 발광물질층을 더 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 발광물질층은 상기 엑시플렉스 생성층과 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격하는 유기발광다이오드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

p형 호스트와 n형 호스트를 포함하며 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광물질층 사이에 위치하는 제 2 엑시플렉스 생성층을 더 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 엑시플렉스 생성층은 상기 발광물질층과 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격하는 유기발광다이오드.

청구항 11

기판과;

상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와;

상기 박막트랜지스터에 연결되는 제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 하나의 유기발광다이오드

를 포함하는 유기발광 표시장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기발광다이오드에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 높은 양자 효율(발광 효율)과 좁은 반치폭(full width at half maximum)을 갖는 유기발광다이오드 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 표시장치의 대형화에 따라 공간 점유가 적은 평면표시소자의 요구가 증대되고 있는데, 이러한 평면표시소자 중 하나로서 유기발광다이오드(organic light emitting diode: OLED)를 포함하는 유기발광표시장치의 기술이 빠른 속도로 발전하고 있다.

[0004] 유기발광다이오드는 전자 주입 전극(음극)과 정공 주입 전극(양극) 사이에 형성된 발광물질층에 음극과 양극으로부터 전자와 정공이 주입되면 전자와 정공이 쌍을 이룬 후 소멸하면서 빛을 내는 소자이다.

[0005] 유기발광다이오드는 플라스틱 같은 휘 수 있는(flexible) 투명 기판 위에 형성될 수 있을 뿐 아니라, 낮은 전압

에서 (10V이하) 구동이 가능하고, 또한 전력 소모가 비교적 적으며, 색감이 뛰어나다는 장점이 있다.

- [0006] 유기발광다이오드는, 기판 상부에 형성되며 제 1 전극, 상기 제 1 전극과 이격하며 마주하는 제 2 전극, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 유기발광층을 포함한다. 예를 들어, 제 1 전극은 양극이고 제 2 전극은 음극일 수 있다.
- [0007] 발광효율을 향상시키기 위하여, 상기 유기발광층은 상기 제 1 전극에 순차 적층되는 정공주입층(hole injection layer, HIL), 정공수송층(hole transporting layer, HTL), 발광물질층(emitting material layer, EML), 전자수송층(electron transporting layer, ETL), 전자주입층(electron injection layer, EIL)을 포함할 수 있다.
- [0008] 양극인 제 1 전극으로부터 정공이 정공주입층, 정공수송층을 통해 발광물질층으로 이동되고, 음극인 제 2 전극으로부터 전자가 전자주입층, 전자수송층을 통해 발광물질층으로 이동된다.
- [0009] 상기 발광물질층으로 이동된 정공과 전자는 결합하여 엑시톤(exciton)을 형성하며 불안정한 에너지 상태로 여기되었다가 안정한 에너지 상태로 돌아오며 빛을 방출하게 된다.
- [0011] 이와 같은 발광물질층에 이용되는 발광물질은 크게 형광 물질과 인광 물질로 나눌 수 있다.
- [0012] 정공과 전자가 결합하여 여기자가 형성될 때, spin의 배열에 따라 단일항 여기자(singlet exciton)와 삼중항 여기자(triplet exciton)가 1:3 의 비율로 생성되는데, 인광 물질에서는 단일항 여기자와 삼중항 여기자 모두가 발광에 참여하기 때문에, 인광 물질의 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드는 높은 양자 효율(발광 효율)을 갖는다.
- [0013] 그러나, 인광 발광의 경우 이리듐 착물(Ir complex)이 이용되어야 하는 이리듐 착물 디자인과 청색 발광에 한계가 있다.
- [0014] 한편, 형광 물질은 도펀트에 대한 제한이 작고 청색 발광에도 적용이 가능하다. 그러나, 형광 물질에서는 단일항 여기자만이 발광에 참여하고 나머지 75%의 삼중항 여기자는 발광에 참여하지 못한다. 따라서, 형광 물질의 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드는 낮은 양자 효율을 갖게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 형광 물질의 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드의 낮은 양자 효율 문제를 해결하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0018] 위와 같은 과제의 해결을 위해, 본 발명의 유기발광다이오드는 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층과 엑시플렉스 생성층에서 생성된 여기자를 공급받아 발광하는 형광 발광체를 포함하는 발광물질층을 포함한다.
- [0019] 또한, 유기발광다이오드는, 발광물질층과 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 에너지 조절층을 더 포함한다.
- [0020] 또한, 본 발명은, 전술한 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에서와 같이 형광 발광체를 포함하는 발광물질층과 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 엑시플렉스 생성층을 포함하는 유기발광다이오드에서는, 발광물질층내의 형광 발광체에서 발광이 일어나지만 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층에서 삼중항 엑시톤이 단일항 엑시톤으로 전이된 후 형광 발광체의 단일항 엑시톤으로 전달되기 때문에, 종래 형광 발광체를 이용하는 경우에 비해 발광 효율(양자 효율)이 향상된다.
- [0023] 또한, 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층은 직접적인 발광에 참여하지 않고 형광 발광체가 발광에 직접 참여하므로, 엑시플렉스를 이용한 직접 발광에 비해 반치폭이 줄어들어 색순도가 향상된다.

[0024] 또한, 발광물질층과 엑시플렉스 생성층 사이에 근거리 에너지 전달을 막을 수 있는 에너지 조절층이 형성됨으로써, 유기발광다이오드의 발광 효율 저하를 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 유기발광 표시장치의 개략적인 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5a 내지 도 5h 각각은 유기발광다이오드의 다양한 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 유기발광다이오드에서의 양자효율을 보여주는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극과; 상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하며 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 제 1 엑시플렉스 생성층과; 형광 발광체를 포함하고 상기 제 1 전극과 상기 제 1 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 제 1 발광물질층을 포함하는 유기발광다이오드를 제공한다.
- [0028] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 p형 호스트의 삼중항 에너지와 상기 n형 호스트의 삼중항 에너지 각각은 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 삼중항 에너지보다 크며, 상기 p형 호스트의 HOMO 값과 LUMO 값 각각은 상기 n형 호스트의 HOMO 값 및 LUMO 값 각각보다 크다.
- [0029] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 단일항 에너지는 상기 형광 발광체의 단일항 에너지보다 크다.
- [0030] 본 발명의 유기발광다이오드는, 상기 제 1 발광물질층과 상기 제 1 엑시플렉스 생성층 사이에 위치하는 에너지 조절층을 더 포함하고, 상기 에너지 조절층 물질의 삼중항 에너지는 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 삼중항 에너지 보다 크고, 상기 에너지 조절층의 단일항 에너지는 상기 n형 호스트의 LUMO와 상기 p형 호스트의 HOMO에 의해 형성된 엑시플렉스의 단일항 에너지 보다 크다.
- [0031] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 발광물질층과 상기 엑시플렉스 생성층은 서로 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격한다.
- [0032] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 발광물질층은 상기 p형 호스트 또는 상기 n형 호스트를 더 포함한다.
- [0033] 본 발명의 유기발광다이오드는, 형광 발광체를 포함하고 상기 제 1 엑시플렉스 생성층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 제 2 발광물질층을 더 포함한다.
- [0034] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 발광물질층은 상기 엑시플렉스 생성층과 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격한다.
- [0035] 본 발명의 유기발광다이오드는, p형 호스트와 n형 호스트를 포함하며 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광물질층 사이에 위치하는 제 2 엑시플렉스 생성층을 더 포함한다.
- [0036] 본 발명의 유기발광다이오드에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 엑시플렉스 생성층은 상기 발광물질층과 접하거나 10nm보다 작은 거리만큼 이격한다.
- [0038] 다른 관점에서, 본 발명은, 기판과; 상기 기판 상에 위치하는 박막트랜지스터와; 상기 박막트랜지스터에 연결되는 전술한 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광 표시장치를 제공한다.

- [0040] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 설명한다.
- [0041] 도 1은 본 발명의 유기발광 표시장치의 개략적인 단면도이다.
- [0042] 도 1에 도시된 바와 같이, 유기발광 표시장치(100)는 기판(110) 상에 위치하는 박막트랜지스터(Tr)와 상기 박막트랜지스터(Tr)에 연결되는 유기발광다이오드(D)를 포함한다.
- [0043] 상기 기판(110)은 유리기판 또는 플라스틱 기판일 수 있다. 예를 들어, 상기 기판(110)은 폴리이미드로 이루어질 수 있다.
- [0044] 상기 기판(110) 상에는 버퍼층(120)이 형성되고, 상기 버퍼층(120) 상에 박막트랜지스터(Tr)가 형성된다. 상기 버퍼층(120)은 생략될 수 있다.
- [0045] 상기 버퍼층(120) 상에는 반도체층(122)이 형성된다. 상기 반도체층(122)은 산화물 반도체 물질로 이루어지거나 다결정 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0046] 상기 반도체층(122)이 산화물 반도체 물질로 이루어질 경우, 상기 반도체층(122) 하부에는 차광패턴(도시하지 않음)이 형성될 수 있으며, 차광패턴은 반도체층(122)으로 빛이 입사되는 것을 방지하여 반도체층(122)이 빛에 의해 열화되는 것을 방지한다. 이와 달리, 반도체층(122)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층(122)의 양 가장자리에 불순물이 도핑되어 있을 수 있다.
- [0047] 반도체층(122) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(124)이 형성된다. 상기 게이트 절연막(124)은 산화 실리콘 또는 질화 실리콘과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다.
- [0048] 상기 게이트 절연막(124) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(130)이 반도체층(122)의 중앙에 대응하여 형성된다.
- [0049] 도 1에서는, 게이트 절연막(124)이 기판(110) 전면에 형성되어 있으나, 게이트 절연막(124)은 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패턴닝될 수도 있다.
- [0050] 상기 게이트 전극(130) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(132)이 형성된다. 층간 절연막(132)은 산화 실리콘이나 질화 실리콘과 같은 무기 절연물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기 절연물질로 형성될 수 있다.
- [0051] 상기 층간 절연막(132)은 상기 반도체층(122)의 양측을 노출하는 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)을 갖는다. 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 게이트 전극(130)의 양측에 게이트 전극(130)과 이격되어 위치한다.
- [0052] 여기서, 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 게이트 절연막(124) 내에도 형성된다. 이와 달리, 게이트 절연막(124)이 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패턴닝될 경우, 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)은 층간 절연막(132) 내에만 형성될 수도 있다.
- [0053] 상기 층간 절연막(132) 상에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어지는 소스 전극(140)과 드레인 전극(142)이 형성된다.
- [0054] 소스 전극(140)과 드레인 전극(142)은 상기 게이트 전극(130)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 상기 제 1 및 제 2 콘택홀(134, 136)을 통해 상기 반도체층(122)의 양측과 접촉한다.
- [0055] 상기 반도체층(122)과, 상기 게이트전극(130), 상기 소스 전극(140), 상기 드레인전극(142)은 상기 박막트랜지스터(Tr)를 이루며, 상기 박막트랜지스터(Tr)는 구동 소자(driving element)로 기능한다.
- [0056] 상기 박막트랜지스터(Tr)는 상기 반도체층(120)의 상부에 상기 게이트 전극(130), 상기 소스 전극(142) 및 상기 드레인 전극(144)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다.
- [0057] 이와 달리, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층의 하부에 게이트 전극이 위치하고 반도체층의 상부에 소스 전극과 드레인 전극이 위치하는 역 스테거드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0058] 도시하지 않았으나, 게이트 배선과 데이터 배선이 서로 교차하여 화소영역을 정의하며, 상기 게이트 배선과 상기 데이터 배선에 연결되는 스위칭 소자가 더 형성된다. 상기 스위칭 소자는 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)에

연결된다.

- [0059] 또한, 파워 배선이 상기 데이터 배선 또는 상기 데이터 배선과 평행하게 이격되어 형성되며, 일 프레임(frame) 동안 구동소자인 박막트랜지스터(Tr)의 게이트전극의 전압을 일정하게 유지되도록 하기 위한 스토리지 캐패시터가 더 구성될 수 있다.
- [0060] 상기 박막트랜지스터(Tr)의 상기 드레인 전극(142)을 노출하는 드레인 콘택홀(152)을 갖는 보호층(150)이 상기 박막트랜지스터(Tr)를 덮으며 형성된다.
- [0061] 상기 보호층(150) 상에는 상기 드레인 콘택홀(152)을 통해 상기 박막트랜지스터(Tr)의 상기 드레인 전극(142)에 연결되는 제 1 전극(160)이 각 화소 영역 별로 분리되어 형성된다. 상기 제 1 전극(160)은 애노드(anode)일 수 있으며, 일함수 값이 비교적 큰 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 제 1 전극(160)은 인듐-틴-옥사이드(indium-tin-oxide, ITO) 또는 인듐-징크-옥사이드(indium-zinc-oxide, IZO)와 같은 투명 도전성 물질로 이루어질 수 있다.
- [0062] 한편, 본 발명의 표시패널(110)이 상부 발광 방식(top-emission type)인 경우, 상기 제 1 전극(160) 하부에는 반사전극 또는 반사층이 더욱 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 반사전극 또는 상기 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-palladium-copper: APC) 합금으로 이루어질 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 보호층(150) 상에는 상기 제 1 전극(160)의 가장자리를 덮는 बैं크층(166)이 형성된다. 상기 बैं크층(166)은 상기 화소영역에 대응하여 상기 제 1 전극(160)의 중앙을 노출한다.
- [0064] 상기 제 1 전극(160) 상에는 유기 발광층(162)이 형성된다. 상기 유기 발광층(162)은 발광물질로 이루어지는 발광물질층(emitting material layer)의 단일층 구조일 수 있다. 또한, 발광 효율을 높이기 위해, 상기 유기 발광층(162)은 상기 제 1 전극(160) 상에 순차 적층되는 정공주입층(hole injection layer), 정공수송층(hole transporting layer), 발광물질층, 전자수송층(electron transporting layer) 및 전자주입층(electron injection layer)의 다층 구조를 가질 수 있다.
- [0065] 상기 유기 발광층(162)이 형성된 상기 기관(110) 상부로 제 2 전극(164)이 형성된다. 상기 제 2 전극(164)은 표시영역의 전면에서 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어져 캐소드(cathode)로 이용될 수 있다. 예를 들어, 상기 제 2 전극(164)은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 알루미늄-마그네슘 합금(AlMg) 중 어느 하나로 이루어질 수 있다.
- [0066] 상기 제 1 전극(160), 상기 유기발광층(162) 및 상기 제 2 전극(164)은 유기발광다이오드(D)를 이룬다.
- [0067] 상기 제 2 전극(164) 상에는, 외부 수분이 상기 유기발광다이오드(D)로 침투하는 것을 방지하기 위해, 인캡슐레이션 필름(encapsulation film, 170)이 형성된다. 상기 인캡슐레이션 필름(170)은 제 1 무기 절연층(172)과, 유기 절연층(174)과 제 2 무기 절연층(174)의 적층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0068] 또한, 상기 인캡슐레이션 필름(170) 상에는 외부광 반사를 줄이기 위한 편광판(미도시)이 부착될 수 있다. 예를 들어, 상기 편광판은 원형 편광판일 수 있다.
- [0070] 도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0071] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 상기 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 상기 유기 발광층(162)의 발광 물질층(230)은 엑시플렉스(exciplex)를 형성하는 p형 호스트(제 1 호스트)와 n형 호스트(제 2 호스트)를 포함한다.
- [0072] 이와 같이 엑시플렉스를 형성할 수 있는 p형 호스트(H₁)와 n형 호스트(H₂)는 아래 식(1) 내지 식(4)의 조건을 만족하여야 한다.
- [0073] 식(1): $E_{T1}(H_1) > E_{T1}(LUMO(H_2) - HOMO(H_1))$,
- [0074] 식(2): $E_{T1}(H_2) > E_{T1}(LUMO(H_2) - HOMO(H_1))$,
- [0075] 식(3): $HOMO(H_2) - HOMO(H_1) < 0$,

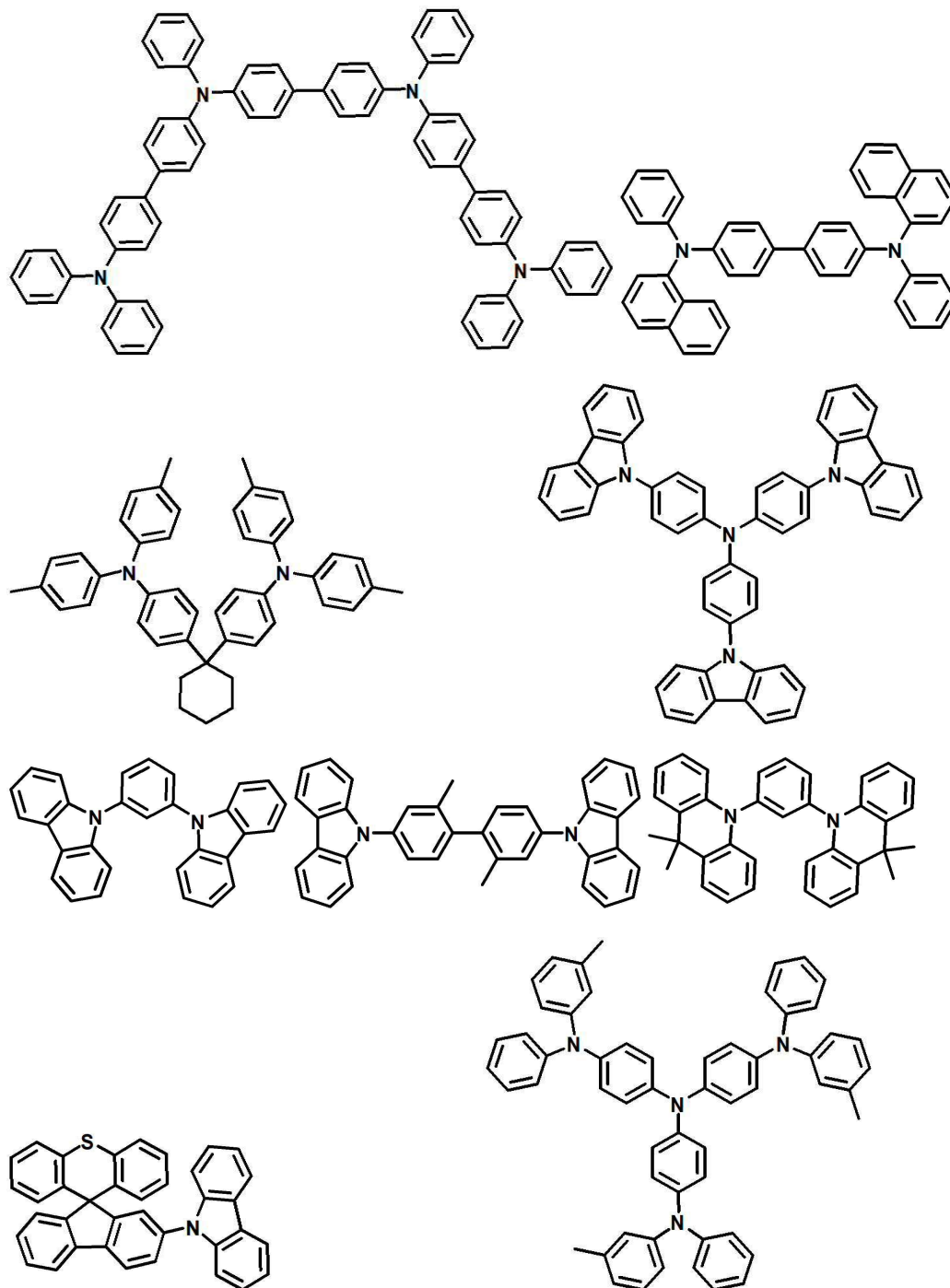
[0076] 식(4): $LUMO(H_2) - LUMO(H_1) < 0$

[0077] 즉, p형 호스트의 삼중항 에너지($E_{T1}(H_1)$)와 n형 호스트의 삼중항 에너지($E_{T1}(H_2)$) 각각은 n형 호스트의 $LUMO(LUMO(H_2))$ 와 p형 호스트의 $HOMO(HOMO(H_1))$ 에 의해 형성된 엑시플렉스의 삼중항 에너지($E_{T1}(LUMO(H_2) - HOMO(H_1))$)보다 커야 한다.

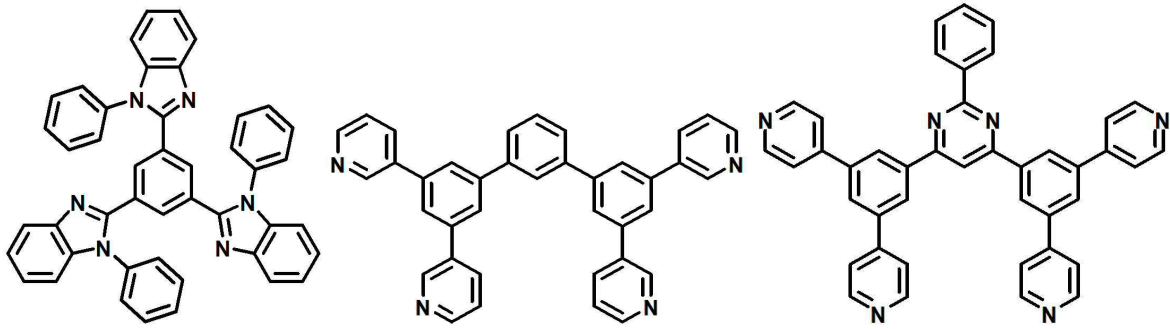
[0078] 또한, p형 호스트의 HOMO 값과 LUMO 값 각각은 n형 호스트의 HOMO 값 및 LUMO 값 각각보다 커야 한다.

[0079] 예를 들어, 엑시플렉스를 형성하는 p형 호스트와 n형 호스트 각각은 하기 화학식1 및 2에 표시된 물질에서 선택될 수 있다.

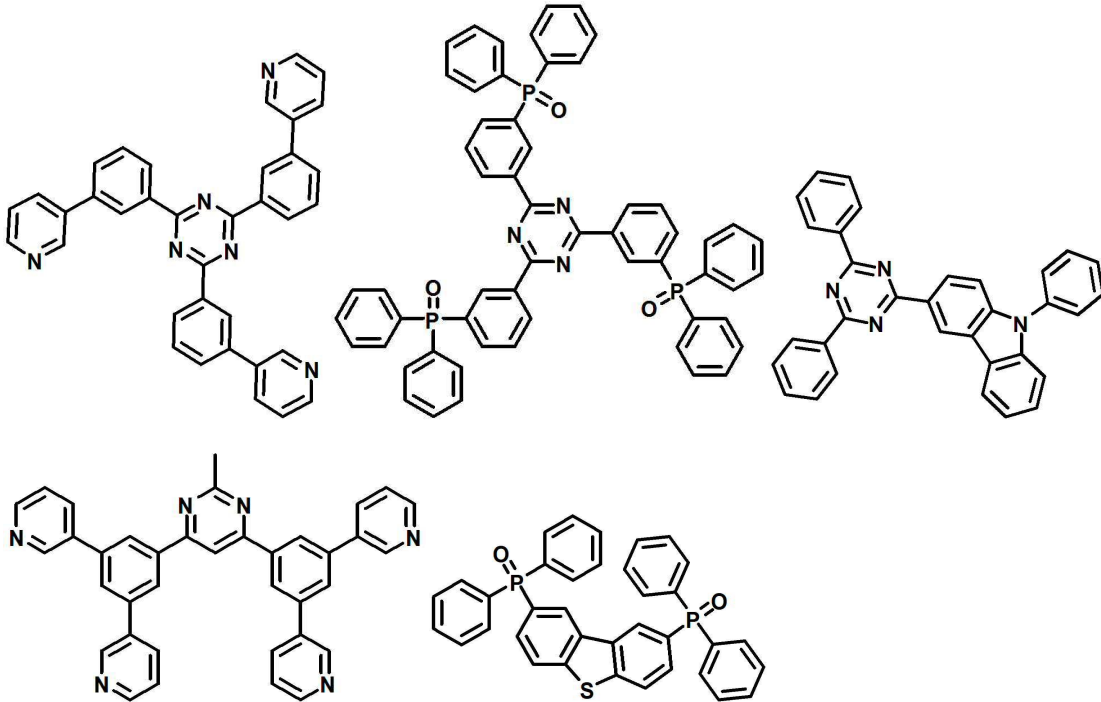
[0080] [화학식1]



[0082] [화학식2]



[0083]



[0084] 이와 같은 조건을 만족하는 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 상기 발광물질층(230)에서는 엑시플렉스가 형성되고 삼중항 에너지(T1)가 단일항 에너지(S1)으로 전환되는 역계간전이(reverse intersystem crossing, RISC) 효과를 얻을 수 있다. 따라서, 이론적으로 100%의 양자효율이 구현된다.

[0086] 즉, 형광 물질에서는 삼중항 여기자가 발광에 참여하지 못하여 발광 효율이 감소하는데 반해, 본 발명에서와 같이 발광물질층(330)이 엑시플렉스를 형성하는 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 경우 단일항 여기자뿐만 아니라 삼중항 여기자 역시 발광에 참여하므로 발광효율이 향상된다.

[0087] 상기 유기발광다이오드(D)의 유기 발광층(162)은 상기 제 1 전극(160)과 상기 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 정공 수송층(220)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 발광 물질층(230) 사이에 위치하는 전자 수송층(240)을 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 유기 발광층(162)은 상기 제 1 전극(160)과 상기 정공 수송층(220) 사이에 위치하는 정공 주입층(210)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 정공 수송층(220)과 사이에 위치하는 전자 주입층(250)을 더 포함할 수도 있다.

[0088] 전술한 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드(D)에서는, 상기 발광 물질층(230)이 엑시플렉스를 형성할 수 있는 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하기 때문에 유기발광다이오드(D) 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치(도 1의 100)의 양자 효율이 향상된다. 따라서, 구동 전압의 증가 없이 고 휘도의 유기발광다이오드(D) 및 유기발광 표시장치(100)를 제공할 수 있다.

[0089] 그러나, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기발광다이오드(D) 및 이를 포함하는 유기발광 표시장치(도 1의 100)에서 방출되는 빛은 그 반치폭(full width at half maximum)이 넓어져 색순도가 저하되는 문제가 발생한다.

- [0090] 즉, 형광 물질을 이용하는 유기발광다이오드와 비교하여, 엑시플렉스를 이용하는 유기발광다이오드는 양자 효율에서 장점을 갖지만 반치폭 증가에 따라 색순도에서 단점을 갖는다.
- [0092] 도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0093] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 상기 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 상기 유기 발광층(162)은 발광물질층(310)과 엑시플렉스 생성층(320)을 포함한다.
- [0094] 도 3에서 상기 발광물질층(310)이 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 것으로 보여지고 있으나, 상기 발광물질층(310)은 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치할 수도 있다.
- [0095] 상기 유기 발광층(162)은 상기 제 1 전극(160)과 상기 발광물질층(310) 사이에 위치하는 정공 보조층(미도시)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 보조층(미도시)을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 정공 보조층은 정공 수송층과 정공 주입층 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 상기 전자 보조층은 전자 수송층과 전자 주입층 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0096] 이때, 상기 발광물질층(310)은 형광 도펀트를 포함하고, 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 엑시플렉스를 형성하는 p형 호스트와 n형 호스트를 포함한다.
- [0097] 이와 같은 유기발광다이오드(D)에서는, 상기 엑시플렉스 생성층(320)에서 형성된 엑시플렉스의 엑시톤(여기자)이 형광 발광체(도펀트)로 전달되고 형광 발광체에서 발광이 일어나기 때문에, 유기발광다이오드(D)의 양자 효율이 증가하고 반치폭이 좁아진다.
- [0098] 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면인 도 4를 참조하면, 엑시플렉스 생성층(320)에서 p형 호스트와 n형 호스트에 의해 엑시플렉스가 형성되고 역계간전이(RISC)에 의해 삼중항 엑시톤(T_1^H)이 단일항 엑시톤(S_1^H)로 전이된다. 이후, 엑시플렉스 생성층(320)의 단일항 엑시톤(S_1^H)은 장거리 에너지 전달(Foster Resonance Energy Transfer(FRET))에 의해 발광물질층(310) 내 형광 발광체의 단일항 엑시톤(S_1^D)으로 전달됨으로써 형광 발광체에서 발광이 일어난다. 이때, 장거리 에너지 전달을 위해 발광물질층(310)과 엑시플렉스 생성층(320) 사이 거리는 약 10nm보다 작아야 한다.
- [0099] 전술한 바와 같이, 엑시플렉스 형성을 위해 p형 호스트와 n형 호스트는 위 식(1) 내지 (4)를 만족하여야 한다.
- [0100] 식(1) 및 (2)를 만족하지 못할 경우, 생성된 엑시플렉스의 에너지는 p형 호스트 및/또는 n형 호스트로 전달되어 비발광상태로 소멸된다. 한편, 식(3) 및 (4)를 만족하지 못할 경우, 엑시플렉스가 형성되지 않는다.
- [0101] 또한, 엑시플렉스 생성층(320)에서 형광 발광체로의 에너지 전달을 위해, p형 호스트(H_1), n형 호스트(H_2), 형광 발광체(D) 아래 식(5)을 만족하여야 한다.
- [0102] 식(5): $E_{S1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1)) > E_{S1}(D)$
- [0103] 즉, n형 호스트의 LUMO(LUMO(H_2))와 p형 호스트의 HOMO(HOMO(H_1)))에 의해 형성된 엑시플렉스 단일항 에너지($E_{S1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1))$)는 형광 발광체의 단일항 에너지($E_{S1}(D)$)보다 커야 한다.
- [0104] 식(5)를 만족하지 못할 경우, 장거리 에너지 전달(FRET)에 의한 형광 발광체로의 에너지 전달이 불가능하게 된다.
- [0106] 본 발명에서와 같이 형광 발광체를 포함하는 발광물질층(310)과 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)을 포함하는 유기발광다이오드(D)에서는, 발광물질층(310) 내의 형광 발광체에서 발광이 일어나지만 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(320)에서 삼중항 엑시톤이 단일항 엑시톤으로 전이된 후 형광 발광체의 단일항 엑시톤으로 전달되기 때문에, 종래 형광 발광체를 이용하는 경우에 비해 발광 효율(양자 효율)이 향상된다.

- [0107] 또한, 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(320)은 직접적인 발광에 참여하지 않고 형광 발광체가 발광에 직접 참여하므로, 엑시플렉스를 이용한 직접 발광에 비해 반치폭이 줄어들어 색순도가 향상된다.
- [0108] 다시 말해, 본 발명의 유기발광다이오드(D)는 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(320)에 의해 발광 효율을 높일 수 있고 형광 발광체에 의해 반치폭을 줄일 수 있기 때문에, 발광효율과 색순도 모두에서 장점을 갖는다.
- [0110] 도 5a 내지 도 5h 각각은 유기발광다이오드의 다양한 실시예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0111] 도 5a에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 형광 발광체(FE)와 p형 호스트(p-HOST)를 포함하는 발광물질층(310)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 발광물질층(310) 사이에 위치하고 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 발광물질층(310) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)을 포함할 수 있다. 상기 발광물질층(310)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.
- [0112] 도 5b에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 형광 발광체(FE)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 발광물질층(310)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 발광물질층(310) 사이에 위치하고 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 발광물질층(310) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)을 포함할 수 있다. 상기 발광물질층(310)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.
- [0113] 도 5c에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 정공 수송층(HTL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 발광물질층(310)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)을 포함할 수 있다. 상기 발광물질층(310)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.
- [0114] 도 5d에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)과, 상기 전자 수송층(ETL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 발광물질층(310)을 포함할 수 있다. 상기 발광물질층(310)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.
- [0115] 즉, 도 5a 내지 도 5d에서 보여지는 바와 같이, 유기발광다이오드는 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 인접하여 위치하는 하나의 발광물질층(310)과 하나의 엑시플렉스 생성층(320)을 포함한다. 이때, 발광물질층(310)을 이루는 형광 발광체(FE)는 p형 호스트(p-HOST) 또는 n형 호스트(n-HOST)와 함께 증착(또는 코팅)되어 별도의 층을 이루거나 정공 수송층(HTL) 또는 전자 수송층(ETL)과 함께 증착(또는 코팅)된다.
- [0116] 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164)으로부터 정공과 전자가 상기 엑시플렉스 생성층(320)으로 공급되면, 상기 엑시플렉스 생성층(320)에서는 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)에 의해 엑시플렉스가 형성된다. 엑시플렉스의 삼중항 에너지는 역계간전이(RISC) 현상에 의해 단일항 에너지로 전환되고, 엑시플렉스의 단일항 에너지는 장거리 에너지 전달(FRET)에 의해 상기 발광물질층(310) 내 형광 발광체(FE)의 단일항 에너지로 전달되어 상기 형광 발광체(FE)에서 발광된다.
- [0117] 따라서, 본 발명의 유기발광다이오드에서는 형광 발광체(FE)의 낮은 발광효율 문제와 엑시플렉스의 낮은 색순도(넓은 반치폭) 문제가 모두 해결되고 높은 발광효율로 높은 색순도의 영상을 제공할 수 있다.
- [0118] 도 5e에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생

성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하고 형광 발광체(FE)와 p형 호스트(p-HOST)를 포함하는 제 1 발광물질층(312)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하고 형광 발광체(FE)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 제 2 발광물질층(314)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 제 1 발광물질층(312) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 제 2 발광물질층(314) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.

[0119] 도 5f에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)과, 상기 정공 수송층(HTL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 제 1 발광물질층(312)과, 상기 전자 수송층(ETL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 제 2 발광물질층(314)을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.

[0120] 도 5g에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 정공 수송층(HTL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 제 1 발광물질층(312)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하며 형광 발광체(FE)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 제 2 발광물질층(314)과, 상기 제 2 전극(164)과 제 2 발광물질층(314) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.

[0121] 도 5h에 도시된 바와 같이, 유기발광다이오드는 서로 마주하는 제 1 전극(160) 및 제 2 전극(164)과, 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 위치하며 형광 발광체(FE)와 p형 호스트(p-HOST)를 포함하는 제 1 발광물질층(312)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 제 1 발광물질층(312) 사이에 위치하고 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)를 포함하는 엑시플렉스 생성층(320)과, 상기 제 1 전극(160)과 상기 제 1 발광물질층(312) 사이에 위치하는 정공 수송층(HTL)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치하는 전자 수송층(ETL)과, 상기 전자 수송층(ETL)에 도핑된 형광 발광체(FE)로 이루어지는 제 2 발광물질층(314)을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314)과 상기 엑시플렉스 생성층(320)은 서로 접하거나($X=0\text{nm}$) 일정거리($X<10\text{nm}$) 이격될 수 있다.

[0122] 즉, 도 5e 내지 도 5h에서 보여지는 바와 같이, 유기발광다이오드는 제 1 및 제 2 전극(160, 164) 사이에 인접하여 위치하는 두개의 발광물질층(312, 314)과 이들 사이에 위치하는 엑시플렉스 생성층(320)을 포함한다. 이때, 발광물질층(312, 314)을 이루는 형광 발광체(FE)는 p형 호스트(p-HOST) 또는 n형 호스트(n-HOST)와 함께 증착(또는 코팅)되어 별도의 층을 이루거나 정공 수송층(HTL) 또는 전자 수송층(ETL)과 함께 증착(또는 코팅)된다.

[0123] 도시하지 않았으나, 제 1 및 제 2 전극 사이에 두개의 엑시플렉스 생성층이 위치하고 이들 사이에 하나의 발광물질층이 위치할 수도 있다.

[0124] 상기 제 1 및 제 2 전극(160, 164)으로부터 정공과 전자가 상기 엑시플렉스 생성층(320)으로 공급되면, 상기 엑시플렉스 생성층(320)에서는 p형 호스트(p-HOST)와 n형 호스트(n-HOST)에 의해 엑시플렉스가 형성된다. 엑시플렉스의 삼중항 에너지는 역계간전이(RISC) 현상에 의해 단일항 에너지로 전환되고, 엑시플렉스의 단일항 에너지는 장거리 에너지 전달(FRET)에 의해 상기 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314) 내 형광 발광체(FE)의 단일항 에너지로 전달되어 상기 형광 발광체(FE)에서 발광된다.

[0125] 따라서, 본 발명의 유기발광다이오드에서는 형광 발광체(FE)의 낮은 발광효율 문제와 엑시플렉스의 낮은 색순도(넓은 반치폭) 문제가 모두 해결되고 높은 발광효율로 높은 색순도의 영상을 제공할 수 있다.

[0127] 유기발광다이오드

[0128] (1) 비교예(Ref)

[0129] 양극(ITO, 50nm), 정공 주입층(화학식3-1, 7nm), 정공 수송층(화학식3-2, 93 nm), p형 호스트층(화학식3-3, 10nm), 발광물질층(p형 호스트+n형 호스트(화학식3-4)+형광 도펀트(화학식3-5, 3wt% 도핑), 10nm), n형 호스트층(15nm), 전자 수송층(화학식3-6, 35nm), 전자 주입층(LiF, 0.8nm), 음극(Al)을 적층하여 유기발광다이오드를 제작하였다.

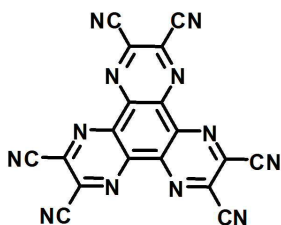
[0130] (2) 실험예1(Ex1)

[0131] 양극(ITO, 50nm), 정공 주입층(화학식3-1, 7nm), 정공 수송층(화학식3-2, 93 nm), 발광물질층(p형 호스트(화학식3-3)+ 형광 도펀트(화학식3-5, 3wt% 도핑), 10nm), 엑시플렉스 생성층(p형 호스트+n형 호스트(화학식3-4), 10nm), n형 호스트층(15nm), 전자 수송층(화학식3-6, 35nm), 전자 주입층(LiF, 0.8nm), 음극(Al)을 적층하여 유기발광다이오드를 제작하였다.

[0132] (3) 실험예1(Ex2)

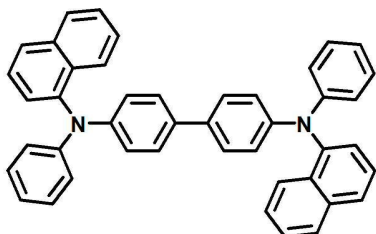
[0133] 양극(ITO, 50nm), 정공 주입층(화학식3-1, 7nm), 정공 수송층(화학식3-2, 93 nm), 제 1 발광물질층(p형 호스트(화학식3-3)+ 형광 도펀트(화학식3-5, 3wt% 도핑), 10nm), 엑시플렉스 생성층(p형 호스트+n형 호스트(화학식3-4), 10nm), 제 2 발광물질층(n형 호스트(화학식3-4)+ 형광 도펀트(화학식3-5, 3wt% 도핑), 10nm), 전자 수송층(화학식3-6, 35nm), 전자 주입층(LiF, 0.8nm), 음극(Al)을 적층하여 유기발광다이오드를 제작하였다.

[0134] [화학식3-1]



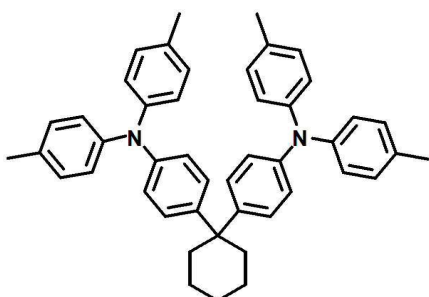
[0135]

[0136] [화학식3-2]



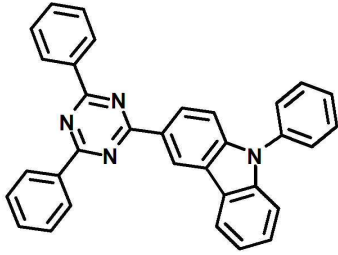
[0137]

[0138] [화학식3-3]



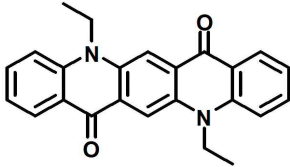
[0139]

[0140] [화학식3-4]



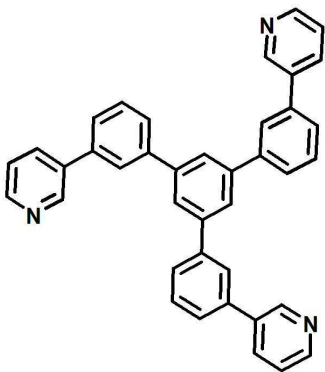
[0141]

[0142] [화학식3-5]



[0143]

[0144] [화학식3-6]



[0145]

[0147] 비교예와 실험예1 및 2의 유기발광다이오드의 발광 특성(최대 외부 양자 효율(EQE(max)), 평균 외부 양자 효율(EQE(ave), 최대 발광 피크(λ_{max}), 색좌표)을 표1에 기재하였고 양자 효율을 도 6에 도시하였다. ($10\text{mA}/\text{cm}^2$ 조건에서 측정)

[0148] [표1]

	V	EQE(max)	EQE(ave)	λ_{max}	CIE(x)	CIE(y)
Ref	4.2	4.1	3.9	524	0.33	0.62
Ex1	4.4	15.4	11.7	524	0.32	0.63
Ex2	4.4	17.1	12.8	524	0.33	0.62

[0149]

[0150] 표1 및 도 6에서 보여지는 바와 같이, 본 발명에서와 같이 엑시플렉스 생성층과 발광물질층이 별도의 층으로서 제 1 및 제 2 전극 사이에 배치되는 본 발명의 유기발광다이오드(Ex1, Ex2)의 발광 특성이 향상된다.

[0151] 특히, 비교예의 유기발광다이오드에서도 형광 발광체(형광 도펀트)와 함께 발광물질층을 구성하는 p형 호스트와 n형 호스트에 의해 엑시플렉스가 형성되지만, 이러한 유기발광다이오드의 발광 특성은 본 발명에 따른 유기발광다이오드에 비해 좋지 않다.

[0152] 형광 발광체가 p형 호스트와 n형 호스트와 함께 발광물질층을 이루는 경우, 정공과 전자가 형광 발광체에 트랩(trap)되어 엑시톤이 형성됨으로써 삼중항 엑시톤은 발광에 참여하지 못하고 엑시톤-폴라론 소멸(exciton-polaron annihilation) 현상이 발생하여 유기발광다이오드의 발광 특성이 저하될 수 있다.

- [0153] 또한, 근거리 에너지 전달(Dexter Resonance Energy Transfer, DRET)에 의해 엑시플렉스의 삼중항 엑시톤이 형광 발광체의 삼중항 엑시톤으로 전달됨으로써, 유기발광다이오드의 발광 특성이 저하될 수 있다.
- [0154] 또한, 엑시플렉스의 여기자가 형광 발광체로 비효율적으로 전달되고 엑시플렉스에서도 발광되어 유기발광다이오드의 발광 특성이 저하될 수 있다.
- [0155] 그러나, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기발광다이오드에서와 같이 엑시플렉스 생성층과 발광물질층이 별도의 층으로 구성되는 경우 위와 같은 문제가 방지되어 유기발광다이오드의 발광 특성이 향상된다.
- [0156] 또한, 엑시플렉스 생성층 양 측에 발광물질층이 배치된 실험예2의 유기발광다이오드에서 양자 효율이 더 향상되었다.
- [0158] 도 7은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드의 개략적인 단면도이다.
- [0159] 도 7 및 도 8에도시된 바와 같이, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드(D)는, 서로 마주하는 제 1 및 제 2 전극(160, 164)과 상기 제 1 및 제 2 전극(162, 164) 사이에 위치하는 유기 발광층(162)을 포함하며, 상기 유기 발광층(162)은 발광물질층(410), 엑시플렉스 생성층(420), 에너지 조절층(energy control layer(ECL), 430)을 포함한다.
- [0160] 도 7에서 상기 발광물질층(410)이 상기 제 1 전극(160)과 상기 엑시플렉스 생성층(420) 사이에 위치하는 것으로 보여지고 있으나, 상기 발광물질층(410)은 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(420) 사이에 위치할 수도 있다.
- [0161] 상기 유기 발광층(162)은 상기 제 1 전극(160)과 상기 발광물질층(410) 사이에 위치하는 정공 보조층(미도시)과, 상기 제 2 전극(164)과 상기 엑시플렉스 생성층(420) 사이에 위치하는 전자 보조층(미도시)을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 정공 보조층은 정공 수송층과 정공 주입층 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 상기 전자 보조층은 전자 수송층과 전자 주입층 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0162] 이때, 상기 발광물질층(410)은 형광 도펀트를 포함하고, 상기 엑시플렉스 생성층(420)은 엑시플렉스를 형성하는 p형 호스트와 n형 호스트를 포함한다.
- [0163] 이와 같은 유기발광다이오드(D)에서는, 상기 엑시플렉스 생성층(420)에서 형성된 엑시플렉스의 엑시톤(여기자)이 형광 발광체(도펀트)로 전달되고 형광 발광체에서 발광이 일어나기 때문에, 유기발광다이오드(D)의 양자 효율이 증가하고 반치폭이 좁아진다.
- [0164] 상기 에너지 조절층(430)은 상기 발광물질층(410)과 상기 엑시플렉스 생성층(420) 사이에 위치한다. 근거리 에너지 전달(DRET)에 의해 엑시플렉스의 엑시톤이 형광 발광체의 삼중항 여기자로 전달될 수 있는데, 상기 에너지 조절층(430)에 의해 삼중항 엑시톤의 전달이 방지된다.
- [0165] 본 발명의 제 3 실시예에 따른 유기발광다이오드에서의 발광 메커니즘을 설명하기 위한 도면인 도 8을 참조하면, 엑시플렉스 생성층(420)에서 p형 호스트와 n형 호스트에 의해 엑시플렉스가 형성되고 역계간전이(RISC)에 의해 삼중항 엑시톤(T_1^H)이 단일항 엑시톤(S_1^H)로 전이된다. 이후, 엑시플렉스 생성층(420)의 단일항 엑시톤(S_1^H)은 장거리 에너지 전달(Foster Resonance Energy Transfer(FRET))에 의해 발광물질층(410) 내 형광 발광체의 단일항 엑시톤(S_1^D)으로 전달됨으로써 형광 발광체에서 발광이 일어난다. 또한, 에너지 조절층(430)의 의해 엑시플렉스의 삼중항 엑시톤(T_1^H)이 형광 발광체의 삼중항 엑시톤(T_1^D)으로 직접 전달되는 것이 방지되어 유기발광다이오드의 발광 저하가 방지된다.
- [0166] 이때, 장거리 에너지 전달을 위해 발광물질층(410)과 엑시플렉스 생성층(420) 사이의 에너지 조절층(430) 두께(X)는 약 10nm보다 작아야 한다.
- [0167] 예를 들어, 도 5e 내지 도 5h에서와 같이 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314)이 엑시플렉스 생성층(320) 양측에 위치하는 경우, 에너지 조절층(430)은 제 1 및 제 2 발광물질층(312, 314) 각각과 엑시플렉스 생성층(320) 사이에 위치할 수 있다.
- [0168] 전술한 바와 같이, 엑시플렉스 형성을 위해 p형 호스트와 n형 호스트는 위 식(1) 내지 (4)를 만족하여야 하며,

엑시플렉스 생성층(320)에서 형광 발광체로의 에너지 전달을 위해 p형 호스트(H₁), n형 호스트(H₂), 형광 발광체(D) 위 식(5)을 만족하여야 한다.

[0169] 또한, 엑시플렉스에서 형광 발광체로의 근거리 에너지 전달을 막기 위해, 에너지 조절층(430)의 물질, p형 호스트(H₁), n형 호스트(H₂)는 아래 식(6) 및 (7)을 만족하여야 한다.

[0170] 식(6): $E_{T1}(ECL) > E_{T1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1))$

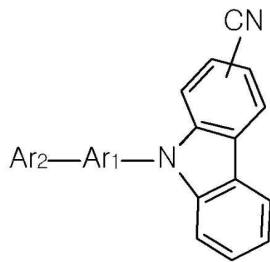
[0171] 식(7): $E_{S1}(ECL) > E_{S1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1))$

[0172] 에너지 조절층 물질의 삼중항 에너지($E_{T1}(ECL)$)는 n형 호스트의 LUMO(LUMO(H₂))와 p형 호스트의 HOMO(HOMO(H₁))에 의해 형성된 엑시플렉스 삼중항 에너지($E_{T1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1))$) 보다 크고, 에너지 조절층(430) 물질의 단일항 에너지($E_{S1}(ECL)$) n형 호스트의 LUMO(LUMO(H₂))와 p형 호스트의 HOMO(HOMO(H₁))에 의해 형성된 엑시플렉스 단일항 에너지($E_{S1}(LUMO(H_2)-HOMO(H_1))$) 보다 커야 한다.

[0173] 식(6) 및 (7)을 만족하지 못할 경우, 엑시플렉스에 의해 생성된 에너지가 형광 발광체가 아닌 에너지 조절층(430)으로 전달되어 유기발광다이오드(D)의 발광 효율이 감소된다.

[0174] 상기 에너지 조절층(430)은 하기 화학식4로 표시되는 화합물로 이루어질 수 있다.

[0175] [화학식4]

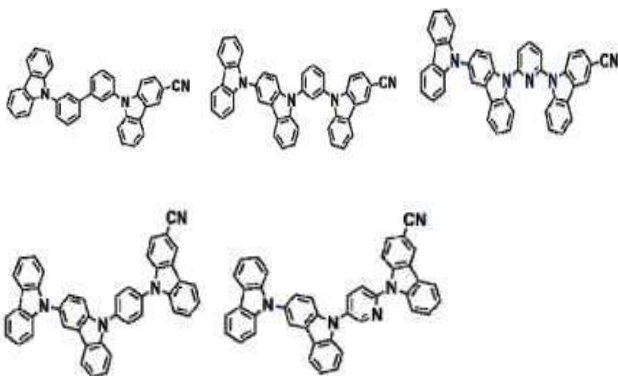


[0176]

[0177] 화학식4에서, Ar₁은 C₆~C₃₀의 아릴 또는 헤테로아릴일 수 있고, Ar₂는 카바졸(carbazole) 또는 바이카바졸(bicarbazole)일 수 있다.

[0178] 예를 들어, 에너지 조절층의 물질은 하기 화학식5의 화합물 중 어느 하나일 수 있다.

[0179] [화학식5]



[0180]

[0181]

[0183] 본 발명에서와 같이 형광 발광체를 포함하는 발광물질층(410)과 p형 호스트와 n형 호스트를 포함하는 엑시플렉스 생성층(420)을 포함하는 유기발광다이오드(D)에서는, 발광물질층(410) 내의 형광 발광체에서 발광이 일어나지만 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(420)에서 삼중항 엑시톤이 단일항 엑시톤으로 전이된 후 형광

발광체의 단일항 엑시톤으로 전달되기 때문에, 종래 형광 발광체를 이용하는 경우에 비해 발광 효율(양자 효율)이 향상된다.

[0184] 또한, 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(420)은 직접적인 발광에 참여하지 않고 형광 발광체가 발광에 직접 참여하므로, 엑시플렉스를 이용한 직접 발광에 비해 반치폭이 줄어들어 색순도가 향상된다.

[0185] 다시 말해, 본 발명의 유기발광다이오드(D)는 엑시플렉스를 형성하는 엑시플렉스 생성층(420)에 의해 발광 효율을 높일 수 있고 형광 발광체에 의해 반치폭을 줄일 수 있기 때문에, 발광효율과 색순도 모두에서 장점을 갖는다.

[0186] 또한, 발광물질층(410)과 엑시플렉스 생성층(420) 사이에 근거리 에너지 전달(DRET)을 막을 수 있는 에너지 절층(430)이 형성됨으로써, 유기발광다이오드의 발광 효율 저하를 방지할 수 있다.

[0188] 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

[0190] 100: 유기발광 표시장치 D: 유기발광다이오드

160: 제 1 전극 162: 유기발광층

164: 제 2 전극 310, 312, 314, 410: 발광 물질층

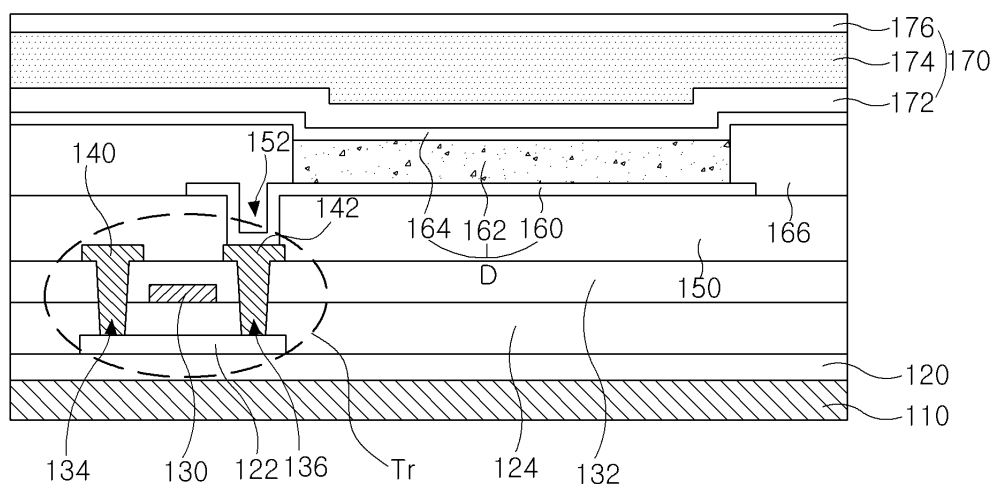
320, 420: 엑시플렉스 생성층

430: 에너지 조절층

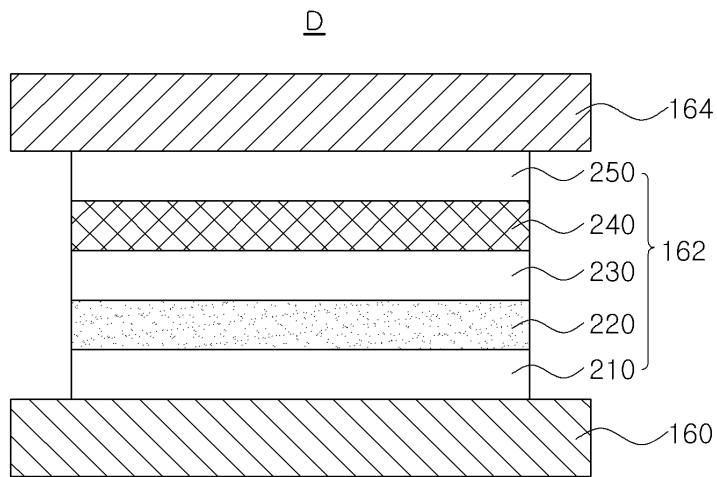
도면

도면1

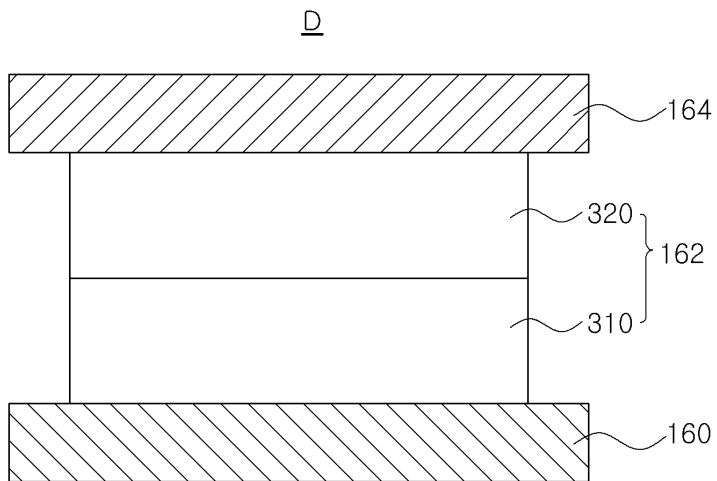
100



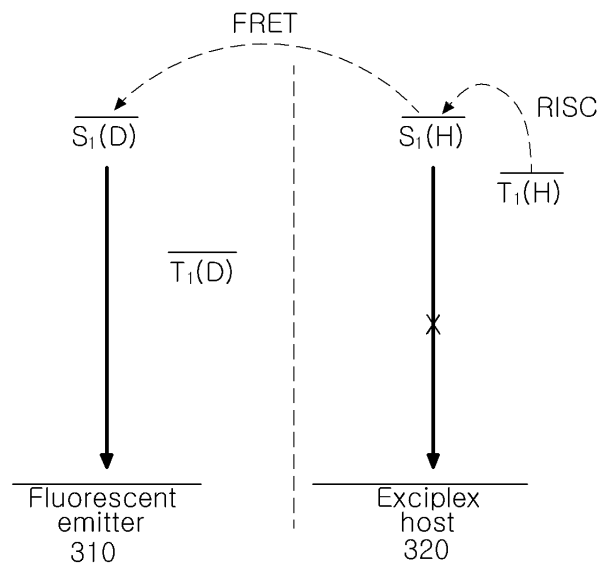
도면2



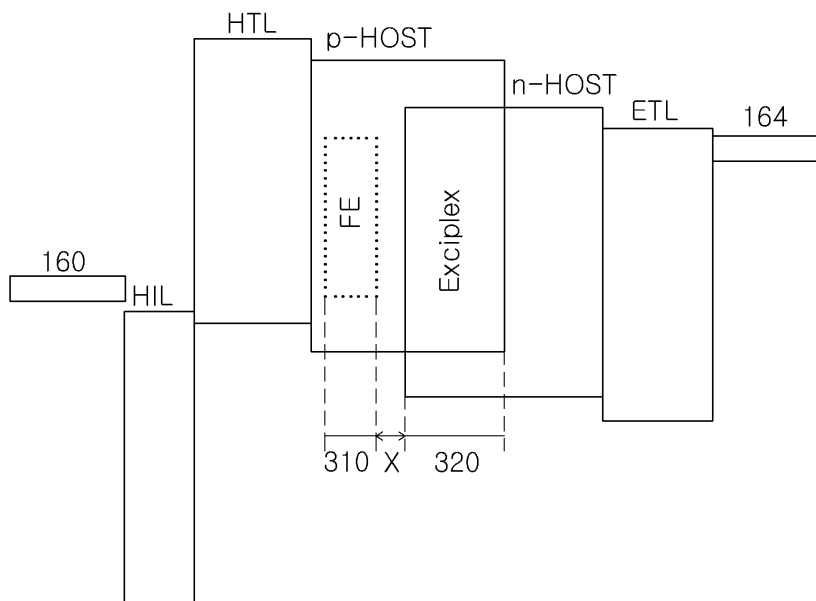
도면3



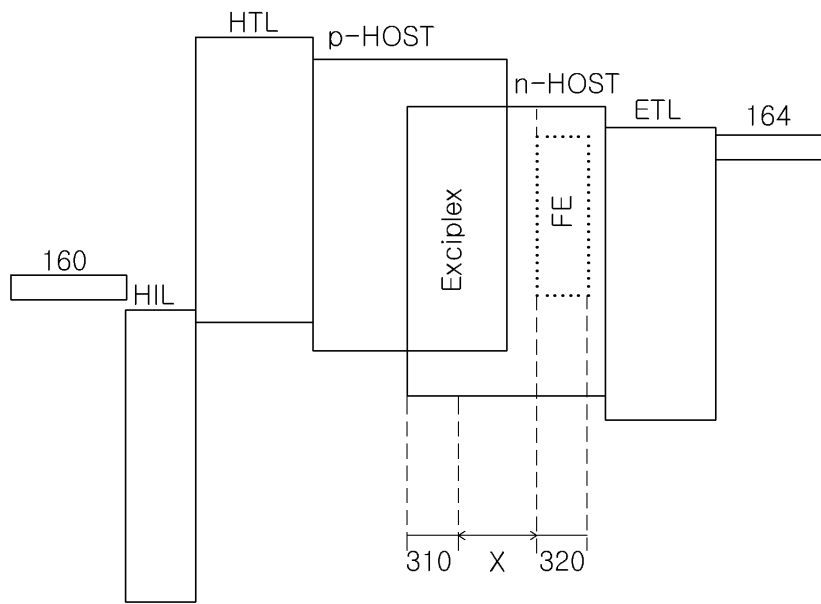
도면4



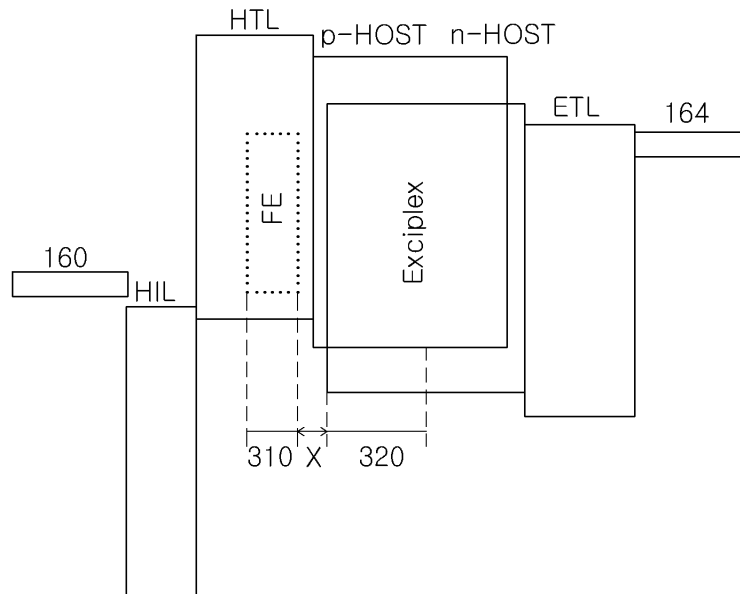
도면5a



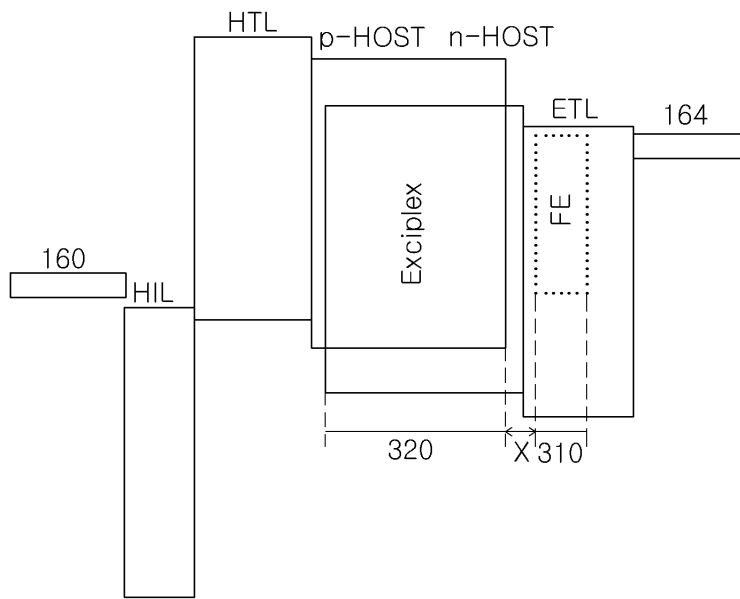
도면5b



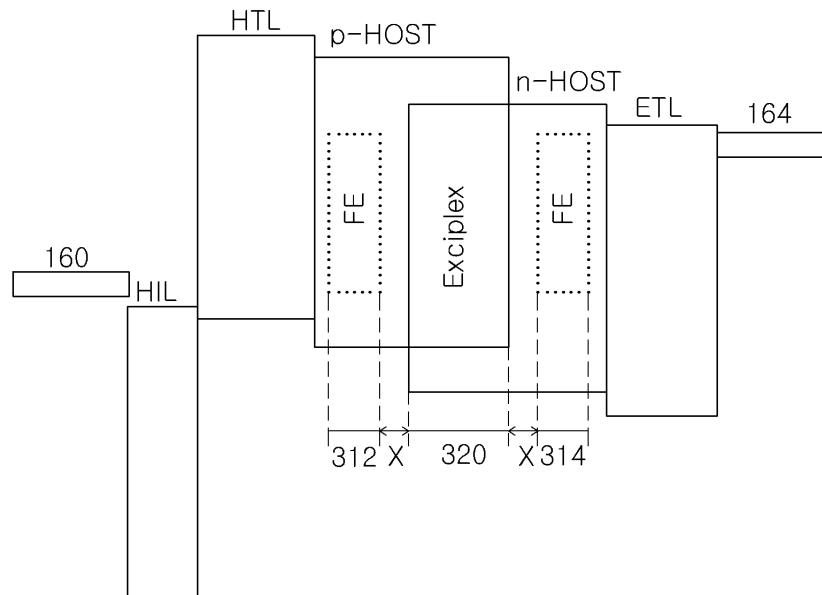
도면5c



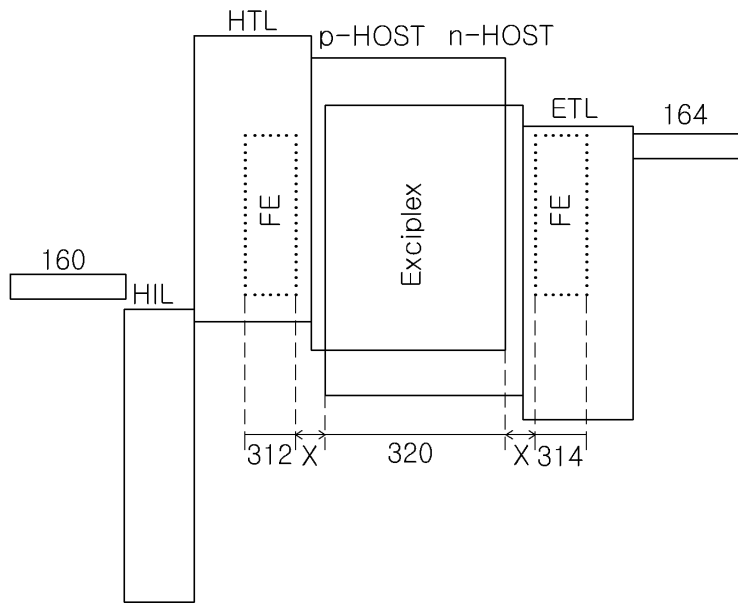
도면5d



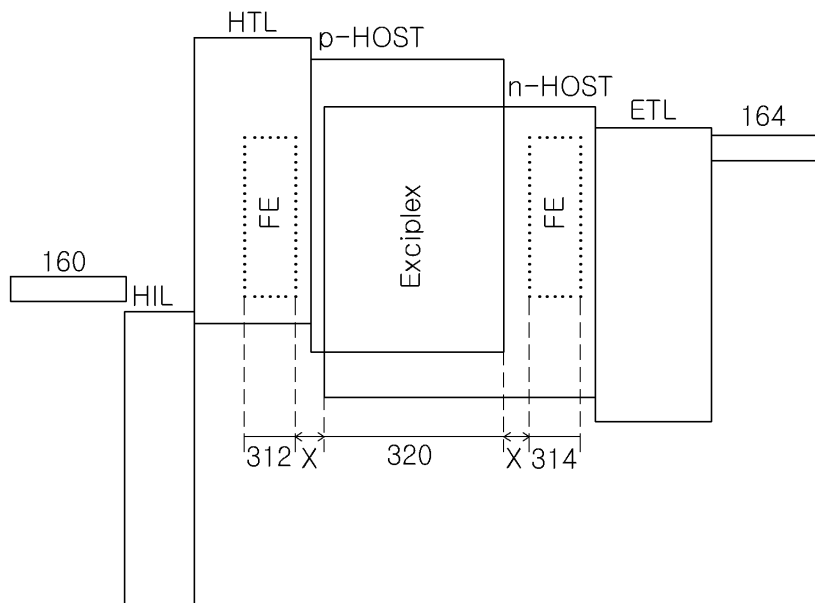
도면5e



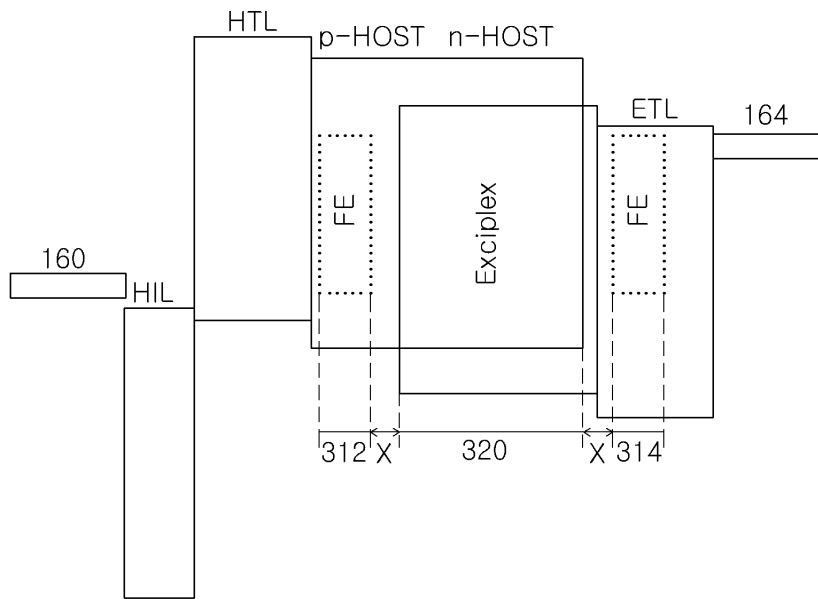
도면5f



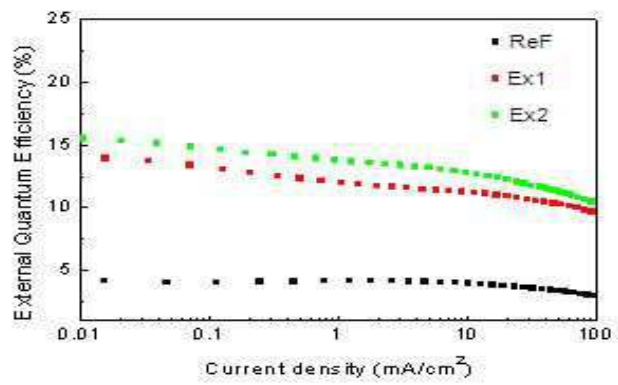
도면5g



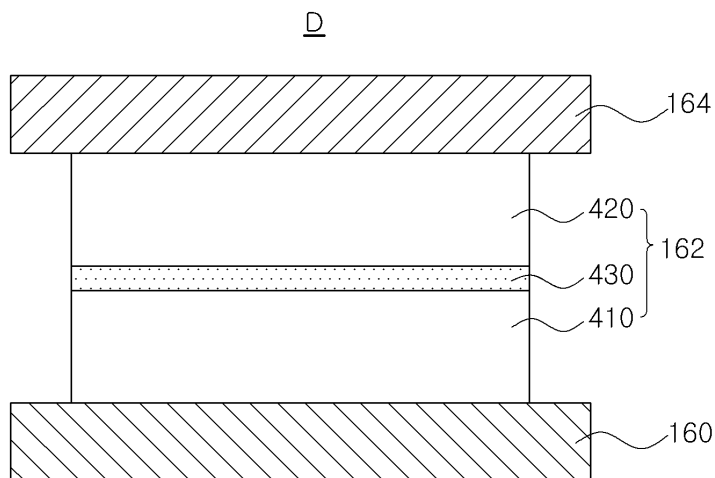
도면5h



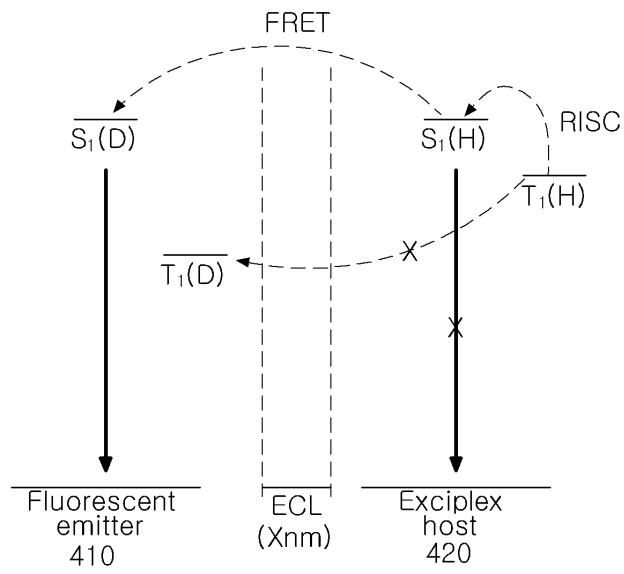
도면6



도면7



도면8



专利名称(译)	有机发光二极管和包括其的有机发光显示器		
公开(公告)号	KR1020190013093A	公开(公告)日	2019-02-11
申请号	KR1020170097112	申请日	2017-07-31
[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	홍태량 최형중 김준연		
发明人	홍태량 최형중 김준연		
IPC分类号	H01L51/50 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5024 H01L27/3262 H01L51/5004 H01L51/5016		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明包括：彼此面对的第一和第二电极；第一激基复合物产生层位于第一和第二电极之间，并包括p型主体和n型主体。提供了一种有机发光二极管，该有机发光二极管包括荧光发射器和位于第一电极和第一激基复合物产生层之间的第一发光材料层。

