



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0078294
(43) 공개일자 2012년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01) H05B 33/18 (2006.01)
H01L 51/54 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0140552
(22) 출원일자 2010년12월31일
심사청구일자 2011년02월11일

(71) 출원인
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
김장주
서울특별시 종로구 창의문로5길 32-2 (부암동)
이정환
경상남도 창원시 성산구 대정로 73, 109동 1103호 (남양동, 성원1차아파트)
박형돌
서울특별시 동대문구 제기로 129, 124동 1815호 (청량리동, 한신아파트)
(74) 대리인
리엔목특허법인

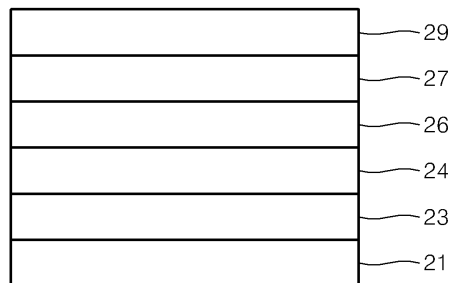
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 인버티드 유기 발광 소자 및 이를 포함하는 평판 표시 장치

(57) 요약

캐소드; 상기 캐소드 상에 형성되며 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함하는 제1전자수송층; 상기 제1전자수송층 상에 형성되며 제2전자수송물질을 포함하는 제2전자수송층; 상기 제2전자수송층 상에 형성된 발광층; 상기 발광층 상에 형성된 정공수송층; 및 상기 정공수송층 상에 형성된 애노드;를 포함하고, 상기 제2전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(Lowest unoccupied molecular orbital: LUMO)의 절대값과 상기 제1전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값의 차이가 0 내지 0.2eV인 인버티드 유기 발광 소자가 제공된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10035225
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	고품위 plastic AMOLED 원천 기술 개발
주관기관	서울대학교 산학 협력단
연구기간	2010.06.01 ~ 2015.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

캐소드; 상기 캐소드 상에 형성되며 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함하는 제1전자수송층; 상기 제1전자수송층 상에 형성되며 제2전자수송물질을 포함하는 제2전자수송층; 상기 제2전자수송층 상에 형성된 발광층; 상기 발광층 상에 형성된 정공수송층; 및 상기 정공수송층 상에 형성된 애노드;를 포함하고,

상기 제2전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(Lowest unoccupied molecular orbital: LUMO)의 절대값과 상기 제1전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값의 차이가 0 내지 0.2eV인

인버티드 유기 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

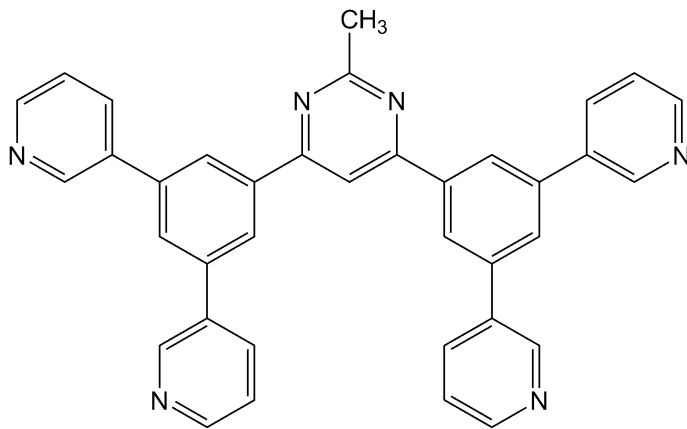
상기 제1전자수송물질이 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 3

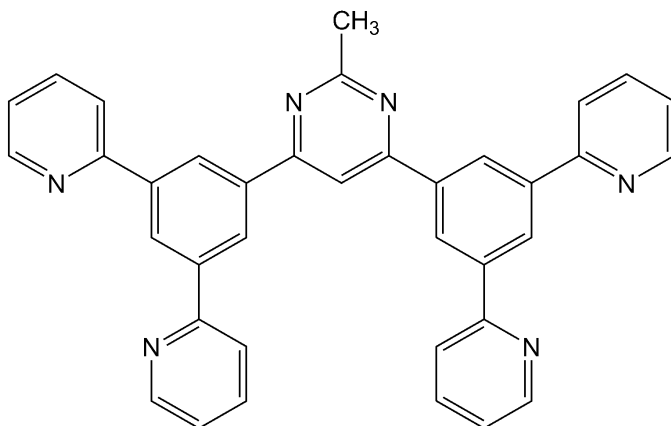
제1항에 있어서,

상기 제1전자수송물질이 하기 화합물 1 내지 3 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자:

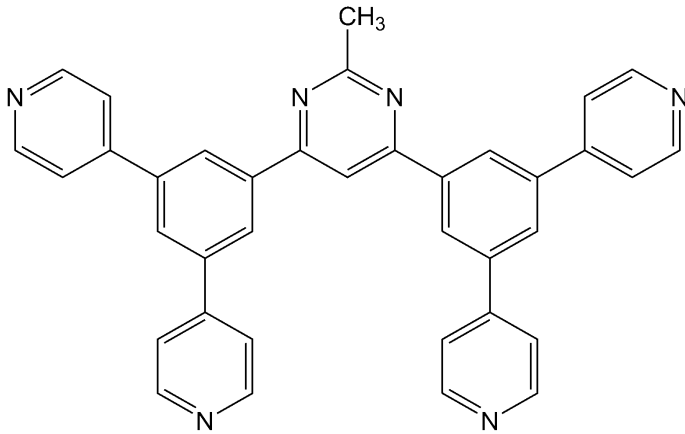
<화합물 1>



<화합물 2>



<화합물 3>



청구항 4

제1항에 있어서,

상기 n형 도펀트가 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 란타넘(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm), 유로퓸(Eu), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy) 및 이테르븀(Yb) 중 하나 이상의 금속; 상기 금속의 질화물; 상기 금속의 탄산염(carbonate); 및 상기 금속의 착물; 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 n형 도펀트가 Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Cs_2CO_3 , Rb_2CO_3 및 Ba_2CO_3 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 n형 도펀트의 함량이 상기 제1전자수송층 재료의 총중량을 기준으로 0.1 내지 25 중량%인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 n형 도펀트의 함량이 상기 제1전자수송층의 두께에 따라 농도 구배를 가지는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1전자수송층이 상기 n형 도펀트를 함유하는 제1층 및 상기 제1층 상에 형성되며 상기 제1전자수송물질을 함유하는 제2층을 포함하는 이중층(bilayer)인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1전자수송층과 상기 제2전자수송층의 두께의 합이 200 내지 1500Å인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1전자수송층이 상기 캐소드와 접하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 캐소드와 상기 제1전자수송층 간의 에너지 장벽이 0.05 내지 2.5eV인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 캐소드가 인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물 (IZO), 아연 산화물 (ZnO), Ag 및 Al 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 캐소드가 투명한 물질이고, 배면 발광형인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 애노드가 투명한 물질이고, 전면 발광형인 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 정공수송층 상에 형성된 정공주입층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 정공주입층이 상기 정공주입층 재료의 총중량을 기준으로 MoO_3 , MoO_2 , WO_3 , V_2O_5 , ReO_3 , NiO , 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(F4-TCNQ), 및 트리스[1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티올렌[Mo(tfd)₃]] 중 하나 이상을 0.1 내지 25 중량%로 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 발광층이 형광 호스트 또는 인광 호스트를 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 발광층과 상기 제2전자수송층 사이에 개재되는 정공저지층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 유기 발광 소자.

청구항 19

기관 상에 캐소드를 형성하는 단계;

상기 캐소드 상에 2-메틸피리미딘계 화합물과 Rb_2CO_3 를 포함하는 제1전자수송층을 형성하는 단계;

상기 제1전자수송층 상에 상기 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함하는 제2전자수송층을 형성하는 단계;

상기 제2전자수송층 상에 발광층을 형성하는 단계;

상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계; 및

상기 정공수송층 상에 애노드를 형성하는 단계;를 포함하는 인버티드 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 20

기관, 상기 기관 상에 형성되며 소스 전극 및 드레인 전극, 산화물 반도체층, 게이트 전극, 및 게이트 절연층을 포함하는 n형 박막 트랜지스터; 상기 n형 박막 트랜지스터 상에 형성된 제1절연층; 및 상기 제1절연층 상에 형성되는 제1항 내지 제19항 중 어느 한 항의 인버티드 유기 발광 소자를 구비하고,

상기 인버티드 유기 발광 소자의 캐소드가 상기 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 전기적으로 연결된 평판 표시 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 인버티드 유기 발광 소자 및 이를 포함하는 평판 표시 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하기로는 n-도핑된 제1전자수송층과 도핑되지 않은 제2전자수송층 사이의 에너지 장벽을 낮춰 구동 전압이 강해지고 외부 양자 효율과 발광 효율이 증가된 인버티드 유기 발광 소자 및 이를 포함하는 평판 표시 장치에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 지식경제부 및 서울대학교 산학 협력단의 산업 원천 기술 개발 사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다.

[0003] [과제고유번호: 10035225, 과제명: 고품위 plastic AMOLED 원천 기술 개발]

배경 기술

[0004] 유기 발광 소자(organic light emitting diode)는 자발광형 소자로서 시야각이 넓고 콘트라스트가 우수할 뿐만 아니라, 응답시간이 빠르며, 휘도, 구동전압 및 응답속도 특성이 우수하고 다색화가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

[0005] 인버티드 유기 발광 소자는, 일반적으로, 기관 상부에 캐소드가 형성되어 있고, 캐소드 상부에 전자수송층, 발광층, 정공수송층 및 애노드가 순차적으로 형성되어 있는 구조를 가진다. 여기에서 전자수송층, 발광층 및 정공수송층은 유기화합물을 포함하는 유기층이다.

[0006] 인버티드 유기 발광 소자의 구동 원리는 다음과 같다. 애노드 및 캐소드 간에 전압을 인가하면, 캐소드로부터 주입된 전자는 전자수송층을 경유하여 발광층으로 이동하고 애노드로부터 주입된 정공은 정공수송층을 경유하여 발광층으로 이동한다. 상기 정공 및 전자와 같은 캐리어들은 발광층 영역에서 재결합하여 엑시톤(exciton)을 생성한다. 이 엑시톤이 여기 상태에서 기저상태로 변하면서 광이 생성된다.

[0007] 현재까지 개발된 인버티드 유기 발광 소자들은 요구되는 수준의 구동 안정성 및 발광 효율 특성 등을 충분히 만족시키지 못하고 있어 이를 해결하기 위한 다양한 기술 개발이 시급한 실정이다. 이에 구동 전압 및 발광 효율 특성이 우수한 인버티드 유기 발광 소자를 제공하는 것이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] n-도핑된 제1전자수송층과 도핑되지 않은 제2전자수송층을 포함하여 제1전자수송층과 제2전자수송층 간의 에너지 장벽이 낮아진 인버티드 유기 발광 소자 및 평판 표시 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

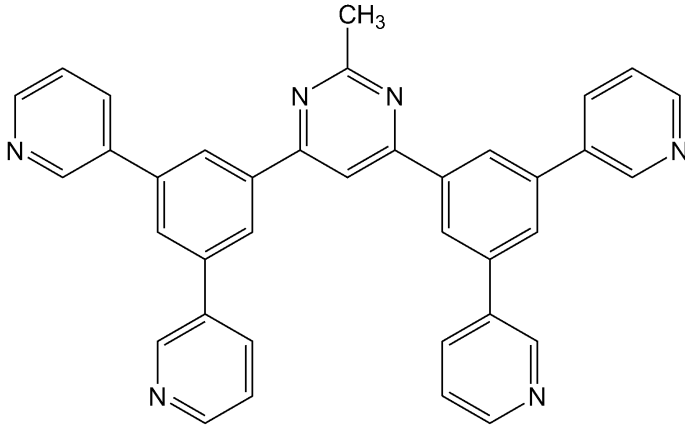
[0009] 한 측면에 따라, 캐소드; 상기 캐소드 상에 형성되며 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함하는 제1전자수송층; 상기 제1전자수송층 상에 형성되며 제2전자수송물질을 포함하는 제2전자수송층; 상기 제2전자수송층 상에 형성된 발광층; 상기 발광층 상에 형성된 정공수송층; 및 상기 정공수송층 상에 형성된 애노드;를 포함하고, 상기 제2전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(Lowest unoccupied molecular orbital: LUMO)의 절대값과 상기

제1전자수송층의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값의 차이가 0 내지 0.2eV인 인버티드 유기 발광 소자가 제공된다.

[0010] 상기 제1전자수송물질은 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함할 수 있다.

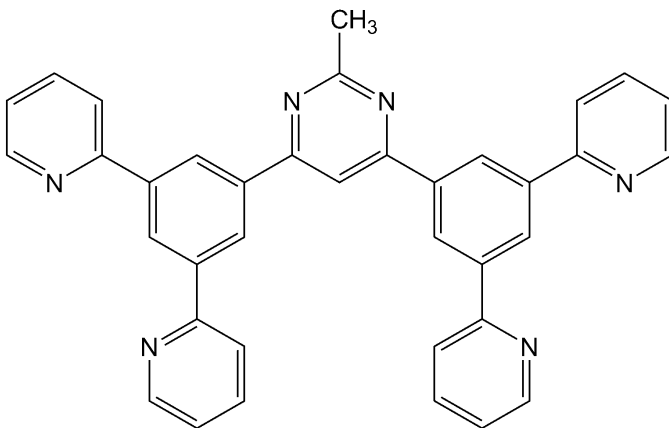
[0011] 상기 제1전자수송물질은 하기 화합물 1 내지 3 중 하나 이상을 포함할 수 있다:

[0012] <화합물 1>



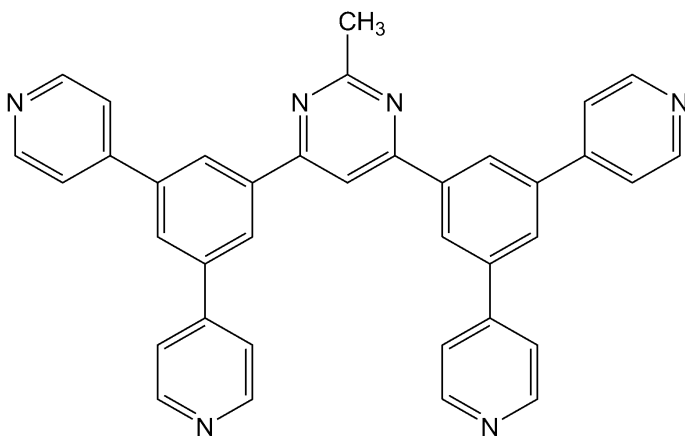
[0013]

[0014] <화합물 2>



[0015]

[0016] <화합물 3>



[0017]

[0018] 상기 n형 도펀트는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 란타넘(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm), 유로퓸(Eu), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy) 및 이테르븀(Yb) 중 하나 이상의 금속; 상기 금속의 질화물; 상기 금속의 탄산염(carbonate); 및 상기 금속의 착물; 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 n형 도펀트는 Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Cs_2CO_3 , Rb_2CO_3 및 Ba_2CO_3 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [0020] 상기 n형 도펀트의 함량은 상기 제1전자수송층 재료의 총중량을 기준으로 0.1 내지 25 중량%일 수 있다.
- [0021] 상기 n형 도펀트의 함량은 상기 제1전자수송층의 두께에 따라 농도 구배를 가질 수 있다.
- [0022] 상기 제1전자수송층은 상기 n형 도펀트를 함유하는 제1층 및 상기 제1층 상에 형성되며 상기 제1전자수송층을 함유하는 제2층을 포함하는 이중층(bilayer)일 수 있다.
- [0023] 상기 제1전자수송층과 상기 제2전자수송층의 두께의 합은 200 내지 1500 Å일 수 있다.
- [0024] 상기 제1전자수송층은 상기 캐소드와 접할 수 있다.
- [0025] 상기 캐소드와 상기 제1전자수송층 간의 에너지 장벽은 0.05 내지 2.5 eV일 수 있다.
- [0026] 상기 캐소드는 인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물 (IZO), 아연 산화물 (ZnO), Ag 및 Al 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 캐소드는 투명한 물질이고, 상기 인버티드 유기 발광 소자는 배면 발광형일 수 있다.
- [0028] 상기 애노드는 투명한 물질이고, 상기 인버티드 유기 발광 소자는 전면 발광형일 수 있다.
- [0029] 상기 인버티드 유기 발광 소자는 상기 정공수송층 상에 형성된 정공주입층을 더 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 정공주입층은 상기 정공주입층 재료의 총중량을 기준으로 MoO_3 , MoO_2 , WO_3 , V_2O_5 , ReO_3 , NiO , 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(F4-TCNQ), 및 트리스[1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티올렌] $[\text{Mo}(\text{tfd})_3]$ 중 하나 이상을 0.1 내지 25 중량%로 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 발광층은 형광 호스트 또는 인광 호스트를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 인버티드 유기 발광 소자는 상기 발광층과 상기 제2전자수송층 사이에 개재되는 정공저지층을 더 포함할 수 있다.
- [0033] 다른 한 측면에 따라, 기판 상에 캐소드를 형성하는 단계; 상기 캐소드 상에 2-메틸피리미딘계 화합물과 Rb_2CO_3 를 포함하는 제1전자수송층을 형성하는 단계; 상기 제1전자수송층 상에 상기 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함하는 제2전자수송층을 형성하는 단계; 상기 제2전자수송층 상에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계; 및 상기 정공수송층 상에 애노드를 형성하는 단계;를 포함하는 인버티드 유기 발광 소자의 제조 방법이 제공된다.
- [0034] 또 다른 한 측면에 따라, 기판, 상기 기판 상에 형성되며 소스 전극 및 드레인 전극, 산화물 반도체층, 게이트 전극, 및 게이트 절연층을 포함하는 n형 박막 트랜지스터; 상기 n형 박막 트랜지스터 상에 형성된 제1절연층; 및 상기 제1절연층 상에 형성되는 상기 설명한 인버티드 유기 발광 소자를 구비하고, 상기 유기 발광 소자의 캐소드는 상기 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 전기적으로 연결된 평판 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

- [0035] 상기 설명한 인버티드 유기 발광 소자는 제1전자수송층과 제2전자수송층 간의 에너지 장벽이 낮아 구동 전압 및 발광 효율 특성이 우수한 인버티드 유기 발광 소자 및 평판 표시 장치를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 3은 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자를 포함하는 유기 발광 표시 장치를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 4는 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 전류 밀도-전압-휘도의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 에너지 준위를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 외부 양자 효율을 나타내는 그래

프이다.

도 7은 실시예 1, 비교예 3 및 비교예 4에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 전류 밀도-전압-휘도의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 8은 실시예 1, 비교예 3 및 비교예 4에 따른 인버티드 유기 발광 소자의 발광 효율 및 전력 효율을 나타내는 그래프이다.

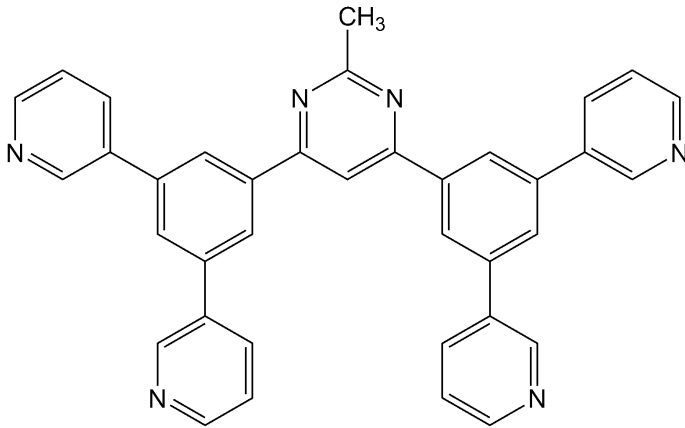
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 도 1은 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자(100)의 단면 구조를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0038] 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자(100)는 캐소드(21); 상기 캐소드(21) 상에 형성되며 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함하는 제1전자수송층(23); 상기 제1전자수송층(23) 상에 형성되며 제2전자수송물질을 포함하는 제2전자수송층(24); 상기 제2전자수송층(24) 상에 형성된 발광층(26); 상기 발광층(26) 상에 형성된 정공수송층(27); 및 상기 정공수송층(27) 상에 형성된 애노드(29);를 포함한다. 상기 인버티드 유기 발광 소자(100)의 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값과 상기 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도의 절대값의 차이는 0 내지 0.2eV이다.
- [0039] 캐소드(21)는 n형 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 연결되어 n형 박막 트랜지스터로부터 인가되는 구동 전류를 공급 받는 역할을 한다. 캐소드(21)는, 예를 들면, IT0(인듐주석산화물), Ag, 또는 Al 등으로 형성되며 특히 배면 발광하는 경우에는 투명한 전극이 요구되며 IT0를 재료로 사용할 수 있다.
- [0040] 캐소드(21) 상에는 제1전자수송층(23)이 구비되어 있다. 제1전자수송층(23)은 캐소드(21)로부터 주입된 전자를 발광층(26)이 위치하는 방향으로 이동시키는 역할을 한다. 제1전자수송층(23)은 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함한다. 예를 들면, 제1전자수송층(23)은 제1전자수송물질에 n형 도펀트가 도핑된 구조일 수 있다.
- [0041] 제1전자수송층(23) 상에는 제2전자수송층(24)이 구비되어 있다. 제2전자수송층(24)은 제1전자수송층(23)으로부터 이동된 전자를 발광층(26)으로 이동시키는 역할을 한다. 제2전자수송층(24)은 제2전자수송물질을 포함하나 n형 도펀트는 포함하지 않는다. 제2전자수송물질은 제1전자수송물질과 동일하거나 서로 다를 수 있다. 제1전자수송층(23)과 제2전자수송층(24)의 차이점은 n형 도펀트로 도핑되었는지 여부이다. 제1전자수송층(23)은 n-도핑된 전자수송층이고 제2전자수송층(24)은 n형 도펀트를 포함하지 않는 전자수송층이라는 점에 차이가 있다.
- [0042] n-도핑된 제1전자수송층(23)과 n-도핑 되지 않은 제2전자수송층(24)은 일정한 에너지 준위 차를 가지는 관계에 있다. 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값과 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도의 절대값의 차이는 약 0 내지 약 0.2eV이다. 제2전자수송층(24)은 n형 도펀트를 포함하지 않아 제1전자수송물질에 의해 최저 비점유 분자 궤도(LUMO) 값이 정해지며, 제1전자수송층(23)은 n형 도펀트를 포함하여 캐소드와 접합시 진공에너지 이동을 가져오는 것으로 생각된다. 제1전자수송층(23)이 n형 도펀트를 포함하더라도 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO) 값과 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO) 값은 서로 동일하게 배열될 수 있다. 예를 들면 n형 도펀트를 포함하지 않는 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값과 n-도핑된 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값의 차이는 0이 될 수 있다.
- [0043] 제2전자수송층(24) 상에는 발광층(26)이 구비되어 있다. 발광층(26)은 캐소드(21)로부터 주입되어 제1전자수송층(23) 및 제2전자수송층(24)을 경유한 전자와 애노드(29)로부터 주입되어 정공수송층(27)을 경유한 정공이 재결합하여 엑시톤을 생성하고 생성된 엑시톤이 여기 상태에서 기저상태로 변하면서 발광하는 층이다.
- [0044] 발광층(26) 상에는 정공수송층(27)이 구비되어 있다. 정공수송층(27)은 애노드(29)로부터 주입된 전자 또는 애노드(29)로부터 주입되어 정공주입층(미도시)를 거쳐 이동된 전자를 발광층(26)으로 이동시키는 역할을 한다.
- [0045] 정공수송층(27) 상에는 애노드(29)가 구비되어 있다. 애노드(29)는 전원 전압(미도시)에 공통 연결되어 정공주입층(미도시) 또는 정공수송층(27)으로 정공을 주입시키는 역할을 한다.
- [0046] 상기 제1전자수송물질은 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함할 수 있다. 제2전자수송층(24)은 제1전자수송층(23)과 동일한 전자수송물질을 사용하거나 다른 전자수송물질을 사용할 수 있다. 예를 들면, 제1전자수송층(23) 및 제2전자수송층(24)은 모두 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함할 수 있다. 상기 2-메틸피리미딘계 화합물은

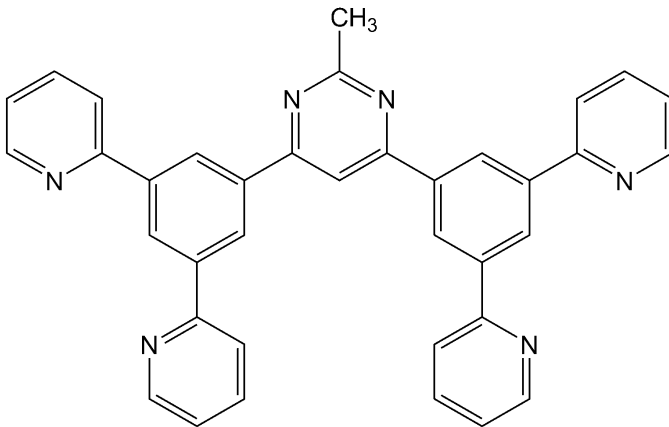
피리미디닐기를 포함하며 피리미디닐기는 전자수송능력이 뛰어난 것으로 생각된다.

예를 들면, 상기 제1전자수송물질은 하기 화합물 1 내지 3 중 하나 이상을 포함할 수 있다:

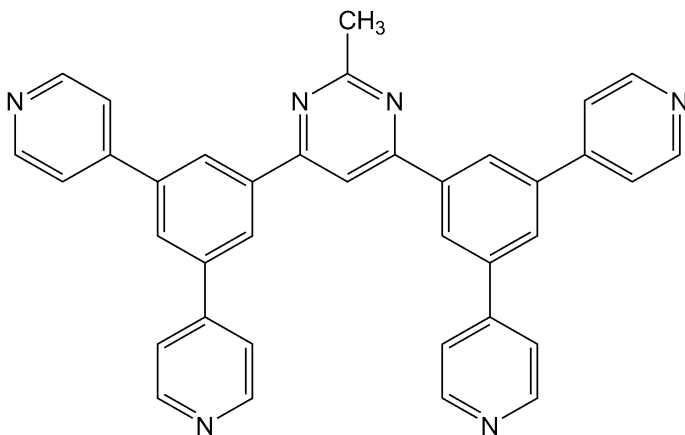
<화합물 1>



<화합물 2>



<화합물 3>



상기 화합물 1 내지 3의 2-메틸피리미딘계 화합물은 기본 골격을 이루는 2-메틸피리미딘 모이어티의 양쪽에 디피리디닐페닐기가 한 개씩 연결되어 있는 구조이다. 상기 화합물 1 내지 3의 2-메틸피리미딘계 화합물은 전자수송능력이 우수한 특징을 가진다. 제1전자수송층(23)이 상기 화합물 1 내지 3의 2-메틸피리미딘계 화합물에 n형 도판트가 도핑된 것으로 구성되고 제2전자수송층(24)은 상기 화합물 1 내지 3의 2-메틸피리미딘계 화합물로 구성된 경우에, 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값이 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값보다 0 내지 0.2eV 정도 높게 되고 제1전자수송층(23)과 제2전자수송층(24) 간의 에너지 장벽은 낮은 수준으로 나타난다.

- [0055] 제1전자수송층(23)에 도핑되는 n형 도펀트로는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 란타넘(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm), 유로퓸(Eu), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy) 및 이테르븀(Yb) 중 하나 이상의 금속; 상기 금속의 질화물; 상기 금속의 탄산염; 또는 상기 금속의 착물; 등을 들 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 란타넘(La), 세륨(Ce), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm), 유로퓸(Eu), 테르븀(Tb), 디스프로슘(Dy) 및 이테르븀(Yb) 등은 일함수가 상대적으로 낮은 금속이어서 상기 금속, 상기 금속의 질화물, 상기 금속의 탄산염 또는 상기 금속의 착체는 제1전자수송층(23)과 캐소드(21) 사이의 계면의 에너지 장벽을 낮추고 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO) 값을 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO) 값과 거의 비슷한 수준으로 유지시켜 준다. 예를 들면 제2전자수송층(24)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값과 제1전자수송층(23)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값의 차이는 0 내지 0.2eV로 나타난다.
- [0056] 상기 n형 도펀트는 예를 들면 Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Cs_2CO_3 , Rb_2CO_3 및 Ba_2CO_3 중 하나 이상을 포함할 수 있으나 상기 금속 탄산염에 한정되는 것은 아니다.
- [0057] n형 도펀트의 함량은 상기 제1전자수송층 재료의 총중량을 기준으로 0.1 내지 25 중량%일 수 있다. n형 도펀트의 도핑 농도가 상기 범위를 만족하는 경우 인버티드 유기 발광 소자는 만족스러운 정도의 구동 전압 저하를 얻을 수 있고 측면 누설 전류가 발생되지 않는다.
- [0058] n형 도펀트는 제1전자수송층(23) 전체의 면적 및 두께에 걸쳐 균일하게 분포되게 도핑될 수 있다. 또는, n형 도펀트가 제1전자수송층(23) 전체의 면적에 걸쳐서는 균일하게 도핑되면서, 두께에 걸쳐서는 균일하게 도핑되지 않고 두께 방향에 따라 도핑 농도의 구배를 가질 수도 있다. n형 도펀트가 제1전자수송층(23)의 두께에 따라 농도 구배를 가지는 경우에는 캐소드(21)와 가까운 방향일수록 농도가 높다. 이것은 캐소드(21)과 제1전자수송층(23) 사이의 계면에서 전자 주입이 용이하도록 에너지 장벽을 낮춰야 할 필요가 있기 때문이라고 생각된다. 따라서, n형 도펀트가 제1전자수송층(23)의 두께에 따라 농도 구배를 가지는 경우에 상기 n형 도펀트의 도핑 농도는 캐소드(21)와 가까운 쪽에서부터 제2전자수송층(24)과 가까운 쪽으로 갈수록 감소할 수 있다.
- [0059] n형 도펀트는 제1전자수송층(23)의 전체 두께 중 일부분의 두께에만 포함될 수 있다. 이 경우, 제1전자수송층(23)의 전체 두께 중 n형 도펀트가 포함되는 일부분의 두께를 가지는 층을 제1층이라고 하고 제1전자수송층(23)의 전체 두께 중 n형 도펀트가 포함되지 않는 나머지 부분의 두께를 가지는 층을 제2층이라고 하면, 상기 제1전자수송층(23)은 n형 도펀트를 함유하는 제1층 및 상기 제1층 상에 형성되며 n형 도펀트를 함유하지 않는 제2층을 포함하는 이중층(bilayer)일 수 있다. 제1층은 n형 도펀트를 함유하므로 캐소드(21)와 가까운 쪽에 위치하며 제2층은 상대적으로 제2전자수송층(24)과 가까운 쪽에 위치할 수 있다.
- [0060] 제1전자수송층(23)과 제2전자수송층(24)의 두께의 합은 200 내지 1500Å일 수 있다. 제1전자수송층(23)과 제2전자수송층(24)의 두께의 합이 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승 없이 만족스러운 정도의 전자 수송 특성을 얻을 수 있다.
- [0061] 제1전자수송층(23)과 캐소드(21)는 서로 접할 수 있다. 제1전자수송층(23)과 캐소드(21) 사이에 정공주입층 등이 개재될 수도 있으나 양산성 비용 절감에 유리한 효과를 가지기 위하여 이를 생략할 수 있다. 제1전자수송층(23)은 n-도핑된 제1전자수송물질을 포함하기 때문에 캐소드(21)와 접촉하는 경우 정공 주입 특성이 향상된다.
- [0062] 캐소드(21)와 제1전자수송층(23) 간의 전자 주입의 에너지 장벽은 0.5 내지 2.5eV일 수 있다. 인버티드 유기 발광 소자(100)의 캐소드(21)는 투명 전극을 사용할 수 있으며 투명 전극들은 대부분 4.3eV 이상의 높은 일함수를 가진다. 이와 같이 높은 일함수는 통상의 인버티드 유기 발광 소자에서 전자 주입시에 상당히 높은 주입 장벽을 생성시킬 수 있다. 상기 인버티드 유기 발광 소자(100)는 제1전자수송층(23)이 n-도핑되어 있어 투명 전극인 캐소드(21)와 제1전자수송층(23) 사이의 에너지 장벽은 약 0.05 내지 약 2.5eV 수준으로 낮아질 수 있다. 에너지 장벽이 상기 범위를 만족하는 경우에 캐소드(21)로부터 제1전자수송층(23)으로 전자의 주입이 상당히 용이하게 이루어질 수 있다. 예를 들면, 캐소드(21)와 제1전자수송층(23) 사이의 에너지 장벽은 약 0.1eV 수준으로 낮아질 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 인버티드 유기 발광 소자(100)는 제1전자수송층(23)이 n-도핑되어 캐소드(21)와 제1전자수송층(23) 간의 에너지 장벽이 상기 범위로 낮을 뿐만 아니라 우수한 외부 양자 효율 값을 가진다.
- [0064] 인버티드 유기 발광 소자(100)의 캐소드(21)는 투명 전극을 사용할 수 있으며, 예를 들면 상기 캐소드(21)는

인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물(IZO), 아연 산화물 (ZnO), 박막 Ag 및 Al 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 특히 인버티드 유기 발광 소자(100)가 배면 발광형인 경우에 상기 캐소드(21)로는 투명 전극을 사용할 수 있다. 만약 인버티드 유기 발광 소자가 전면 발광형이라면 상기 캐소드는 투명 전극에 국한될 필요는 없으나 애노드에는 투명한 물질을 사용한다. 이 경우에 애노드로는 인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물 (IZO), 아연 산화물 (ZnO), 박막 Ag 또는 Al 중 하나 이상을 사용할 수 있다.

[0065] 도 2는 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자(200)의 단면 구조를 개략적으로 도시한 것이다.

[0066] 상기 인버티드 유기 발광 소자(200)는 캐소드(31); 상기 캐소드(31) 상에 형성되며 제1전자수송물질과 n형 도펀트를 포함하는 제1전자수송층(33); 상기 제1전자수송층(33) 상에 형성되는 제2전자수송층(34); 상기 제2전자수송층(34) 상에 형성된 발광층(36); 상기 발광층(36) 상에 형성된 정공수송층(37); 상기 정공수송층(37) 상에 형성된 정공주입층(38); 및 상기 정공주입층(38) 상에 형성된 애노드(39);를 포함한다. 상기 인버티드 유기 발광 소자(200)의 제2전자수송층(34)의 최저 비점유 분자 궤도(LUMO)의 절대값과 상기 제1전자수송층(33)의 최저 비점유 분자 궤도의 절대값의 차이는 0 내지 0.2eV이다.

[0067] 상기 인버티드 유기 발광 소자(200)의 캐소드(31), 제1전자수송층(33), 제2전자수송층(34), 발광층(36), 정공수송층(37), 및 애노드(39)는 도 1에서 설명한 인버티드 유기 발광 소자(100)의 캐소드(21), 제1전자수송층(23), 제2전자수송층(24), 발광층(26), 정공수송층(27), 및 애노드(29)와 사실상 동일할 수 있으므로 이를 참조한다.

[0068] 상기 인버티드 유기 발광 소자(200)는 정공수송층(37) 상에 정공주입층(38)이 구비되어 있다. 정공주입층(38)은 애노드(31)로부터 주입된 정공을 발광층(36)이 위치하는 방향으로 이동시키며 정공의 주입을 보조하는 역할을 한다.

[0069] 정공주입층(38)은 정공주입재료 및 금속 산화물 또는 유기물 p형 도펀트를 포함할 수 있다. 상기 금속 산화물은 전이금속을 함유하는 산화물일 수 있다. 전이금속의 예로는 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 바나듐(V), 레늄(Re), 루테튬(Ru), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni), 이리듐(Ir), APC(은-팔라듐-구리합금) 및 이들의 조합 등이 포함될 수 있다. 상기 금속 산화물들은, 예를 들면, MoO_3 , MoO_2 , WO_3 , V_2O_5 , ReO_3 또는 NiO 등을 들 수 있다. 상기 유기물 p형 도펀트로는, 예를 들면, 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(F4-TCNQ) 또는 트리스[1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티올렌] $[\text{Mo}(\text{tfd})_3]$ 등을 들 수 있다.

[0070] 정공주입층(38)은 정공주입층 재료의 총중량을 기준으로 상기 금속 산화물 또는 유기물 p형 도펀트를 0.1 내지 25 중량% 포함할 수 있다. 금속 산화물 또는 유기물 p형 도펀트의 함량이 상기 범위를 만족하는 경우 인버티드 유기 발광 소자는 만족스러운 정도의 구동 전압 저하를 얻을 수 있고 측면 누설 전류가 발생되지 않는다.

[0071] 도 3은 일 구현예에 따른 인버티드 유기 발광 소자를 포함하는 유기 발광 표시 장치의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0072] 상기 인버티드 유기 발광 표시 장치는, 기판(101) 상에 형성되며, 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b), 산화물 반도체층(107), 게이트 전극(103), 및 상기 게이트 전극(103)을 상기 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b)과 절연시키는 게이트 절연층(105)을 포함한 n형 박막 트랜지스터를 포함한다. 상기 n형 박막 트랜지스터 상에는 제1절연층(110)이 형성되어 있다. 또한, 상기 제1절연층(110) 상에 형성되며 상기 박막 트랜지스터의 드레인 전극(109b)와 연결된 캐소드(121)가 형성되어 있고, 화소 정의막(122)에 의하여 화소 영역이 정의되어 있다. 상기 캐소드(121) 상부에는 제1전자수송층(123), 제2전자수송층(124), 발광층(126), 정공수송층(127), 정공주입층(128) 및 애노드(129)가 차례로 적층되어 있다.

[0073] 기판(101)으로는, 통상적인 유기 발광 장치에서 사용되는 기판을 사용할 수 있는데, 기계적 강도, 열적 안정성, 투명성, 표면 평활성, 취급용이성 및 방수성이 우수한 유리 기판 또는 투명 플라스틱 기판을 사용할 수 있다. 예를 들면 기판(101)은 SiO_2 를 주성분으로 하는 투명한 유리 재질로 이루어질 수 있다.

[0074] 게이트 전극(103)은 일반적인 전극 물질(예를 들면, 금속 등)로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 게이트 전극(103)은 알루미늄(Al), hafnium(Hf), 지르코늄(Zr), 아연(Zn), 텅스텐(W), 코발트(Co), 금(Au), 백금(Pt), 루테튬(Ru), 이리듐(Ir), 티타늄(Ti), 탄탈(Ta), 니켈(Ni), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 인듐(In), 주석(Sn), 이들 중 2 이상의 조합(합금, 단순 혼합물 등을 포함함), 이들 중 1 이상의 원소를 포함하는 산화물(예를 들면, 인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물(IZO) 등) 등일 수 있으나, 이에 한정되는 것은

아니다.

- [0075] 게이트 절연층(105)은 게이트 전극(103)을 덮어 게이트 전극(103)을 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b)과 절연시킬 수 있다. 상기 게이트 절연층(105)은 실리콘 산화물층이나 실리콘 질화물층일 수 있으나, 그 밖의 다른 물질층, 예컨대, 실리콘 질화물층보다 유전상수가 큰 고유전물질층일 수 있다. 게이트 절연층(105)은 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층 및 고유전물질층 중 적어도 두 층 이상이 적층된 구조를 가질 수도 있다.
- [0076] 상기 산화물 반도체층(107) 중 산화물 반도체는 밴드갭(band gap)이 가시광 영역의 광 에너지보다 커서, 가시광을 실질적으로 흡수하지 않을 수 있다. 따라서, 상기 산화물 반도체층(107)을 구비한 n형 박막 트랜지스터는 가시광 흡수에 따른 누설 전류 증가가 실질적으로 일어나지 않을 수 있다.
- [0077] 상기 산화물 반도체층(107)은, 예를 들면, Zn-O계 물질, Zn-Ga-O계 물질, Zn-In-O계 물질, Zn-In-Ga-O계 물질, Zn-Sn-O계 물질, 및 Hf-In-Zn-O계 물질 중 하나일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0078] 게이트 절연층(105) 상에 산화물 반도체층(107)의 양단에 각각 접촉되는 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b)이 구비되어 있다. 상기 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b)은 단일 금속층 또는 다중 금속층일 수 있다. 소스 전극(109a) 및 드레인 전극(109b) 형성용 물질은 상기 게이트 전극(103) 형성용 물질을 참조할 수 있다.
- [0079] 제1절연층(110)은 n형 박막 트랜지스터를 덮도록 형성될 수 있다. 제1절연층(110)은 보호막 및/또는 평탄화막의 역할을 할 수도 있다. 제1절연층(110)은 실리콘 산화물층이나 실리콘 질화물층일 수 있으나, 그 밖의 다른 물질층, 예컨대, 실리콘 질화물층보다 유전상수가 큰 고유전물질층일 수 있다. 제1절연층(110)은 실리콘 산화물층, 실리콘 질화물층 및 고유전물질층 중 적어도 두 층 이상이 적층된 구조를 가질 수도 있다. 제1절연층(110)은 코팅법, 증착법, 스퍼터링법 등과 같은 공지된 다양한 방법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0080] 제1절연층(110) 상에는 캐소드(121)가 구비되어 있다. 상기 캐소드(121)는 비아홀을 통하여 드레인 전극(109b)과 전기적으로 연결되어 있다. 상기 캐소드(121)는 제1전자수송층(123)에 전자를 주입한다.
- [0081] 캐소드(121)는, 예를 들면, 리튬, 나트륨, 칼륨, 루비듐, 세슘 등의 알칼리 금속, 베릴륨, 마그네슘, 칼슘, 스트론튬, 바륨 등의 알칼리 토금속; 알루미늄, 스칸듐, 바나듐, 아연, 이트륨, 인듐, 세륨, 사마륨, 유토포, 테르븀, 이테르븀 등의 금속; 이들 중 2개 이상의 합금; 또는 이들 중 1개 이상과 금, 은, 백금, 구리, 망간, 티탄, 코발트, 니켈, 텅스텐, 주석 중 1개 이상과의 합금; 및 이들 중 2 이상의 조합을 포함할 수 있다. 상기 조합은 상술한 바와 같은 원소들 중 2 이상을 포함하는 합금, 상술한 바와 같은 원소들을 각각 포함한 다층 구조체 등을 포함한다. 합금으로서는, 예를 들면 마그네슘-은 합금, 마그네슘-인듐 합금, 마그네슘-알루미늄 합금, 인듐-은 합금, 리튬-알루미늄 합금, 리튬-마그네슘 합금, 리튬-인듐 합금, 칼슘-알루미늄 합금 등을 들 수 있다. 예를 들면, 캐소드(121)는 Mg, Al, Ca, In, Ag, 및 이들 중 2 이상의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 물질을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 배면 발광을 위해서는 캐소드(121)는 ITO, IZO, ZnO 또는 In_2O_3 와 같은 투명한 산화물; 박막 Ag; 또는 Al로 형성될 수 있다. 캐소드(121)는 공지된 다양한 방법, 예를 들면, 증착법, 스퍼터링법 등을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0082] 캐소드(121) 양단에는 화소 영역을 정의하는 화소 정의막(122)이 형성되어 있다. 화소 정의막(122)은 통상적인 유기 절연물 등으로 형성될 수 있다.
- [0083] 캐소드(121) 상에는 캐소드(121)로부터 전자의 주입 및 수송을 용이하게 하고 제1전자수송층(123)이 구비되어 있다. 제1전자수송층(123)은 제1전자수송물질에 n형 도펀트를 도핑하여 형성될 수 있다. 제1전자수송층(123)의 형성 재료로는, 예를 들면, 제1전자수송물질로서 2-메틸피리미딘계 화합물과 n형 도펀트로서 금속 탄산염(예를 들면, Rb_2CO_3)를 사용할 수 있다. 제1전자수송층(123)의 두께는 약 50 내지 약 1000 Å일 수 있다. 제1전자수송층(123)의 두께가 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압의 상승 없이 만족스러운 정도의 전자 주입 및 수송 특성을 얻을 수 있다. 제1전자수송층(123)에 관한 상세한 설명은 상기 도 1에 관한 설명을 참조한다.
- [0084] 제1전자수송층(123) 상에는 제2전자수송층(124)이 구비되어 있다. 제2전자수송층(124)은, 제1전자수송층(123)과 동일한 제1전자수송물질을 포함하거나 또는 제1전자수송물질과 다른 공지의 전자수송물질인 제2전자수송물질을 포함할 수 있으며 n-도핑되지 않은 특징을 가진다. 제2전자수송층(124)의 두께는 약 150 내지 약 500 Å일 수 있다. 제2전자수송층(124)의 두께가 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압의 상승 없이 만족스러운 정도의 전자 주입 및 수송 특성을 얻을 수 있다. 제2전자수송층(124)에 관한 상세한 설명은 상기 도 1

에 관한 설명을 참조한다.

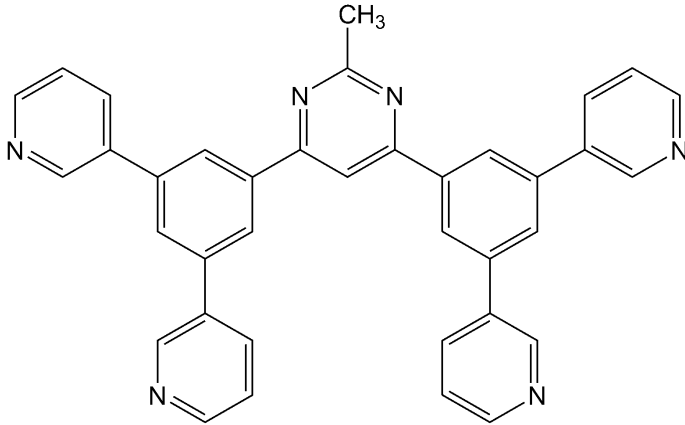
- [0085] 제2전자수송층(124) 상에는 발광층(126)이 구비되어 있다. 발광층(126)은 공지의 인광 호스트, 형광 호스트, 인광 도펀트 또는 형광 도펀트를 포함할 수 있다.
- [0086] 공지의 호스트로서, CBP(4,4'-N,N'-디카바졸-비페닐), ADN(9, 10-디-나프탈렌-2-일-안트라센), TPBI, TBADN, 또는 E3 등을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 적색 도펀트로서 PtOEP, Ir(piq)₃, 또는 Btp₂Ir(acac) 등을 이용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 녹색 도펀트로서, Ir(ppy)₃ (ppy = 페닐피리딘), Ir(ppy)₂(acac), 또는 Ir(mppy)₃ 등을 이용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 청색 도펀트로서, F₂Irpic, (F₂ppy)₂Ir(tmd), Ir(dfppz)₃, DPVBi, DPAVBi(4,4'-비스(4-디페닐아미노스타릴) 비페닐), 또는 2,5,8,11-테트라-*tert*-부틸 페틸렌(TBPe) 등을 이용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0087] 발광층(126)이 호스트 및 도펀트를 포함할 경우, 도펀트의 함량은 통상적으로 호스트 약 100 중량부를 기준으로 하여 약 0.01 내지 약 15 중량부의 범위에서 선택될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0088] 발광층(126)의 두께는 약 100Å 내지 약 1000Å일 수 있다. 발광층(126)의 두께가 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압의 상승 없이 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.
- [0089] 발광층(126)에 인광 도펀트가 포함될 경우에는 삼중항 여기자 또는 정공이 제2전자수송층(124)으로 확산되는 현상을 방지하기 위하여, 상기 발광층(126)과 제2전자수송층(124) 사이에 정공저지층(HBL, 도 3에는 미도시)을 형성할 수 있다.
- [0090] 발광층(126) 상에는 정공수송층(127)이 구비되어 있다. 정공수송층(127)은 공지된 정공수송물질을 사용할 수 있으며, 예를 들면, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(NPB); 4,4'-비스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(TPD); 4,4',4''-트리스[(3-메틸페닐)페닐아미노]트라이페닐아민(MTDATA); 1,1-비스(4-(N,N-다이-p-톨릴아미노)페닐)사이클로헥세인(TAPC); 4-(9H-카바졸-9-일)-N,N-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-벤젠아민(TCTA); 9,9'-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이일비스-9H-카바졸(CBP); 9,9'-[(1,3-페닐렌)비스-9H-카바졸(mCP); 4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(Bphen) 또는 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스-[1-페닐-1H-벤즈이미다졸](TPBi) 등을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 정공수송층(127)의 두께는 약 20Å 내지 약 1000Å일 수 있다. 상기 정공수송층(127)의 두께가 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압의 상승 없이 만족스러운 정도의 정공 수송 특성을 얻을 수 있다.
- [0091] 정공수송층(127) 상에는 정공주입층(128)이 구비되어 있다. 정공주입층(128)은 예를 들면 상기 정공수송층(127)에 사용된 정공수송물질과 동일한 재료에 전이금속 산화물(예를 들면, ReO₃)을 도핑하여 형성할 수 있다. 정공주입층(127)의 두께는 약 50Å 내지 약 10000Å일 수 있다. 정공주입층(127)의 두께가 상기 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압의 상승 없이 만족스러운 정도의 정공 주입 특성을 얻을 수 있다.
- [0092] 정공주입층(128) 상에는 애노드(129)가 구비되어 있다. 애노드(129)는 투명 전극 또는 반사 전극으로 형성할 수 있다. 투명 전극으로 형성할 때는 ITO, IZO, ZnO, In₂O₃, 박막 Ag 또는 Al로 형성할 수 있고, 반사 전극으로 형성할 때에는 Ag, Mg, Al, Pt, Pd, Au, Ni, Nd, Ir, Cr 및 이들의 화합물 등으로 반사막을 형성한 후, 그 위에 ITO, IZO, ZnO 또는 In₂O₃로 막을 형성함으로써 형성할 수 있다.
- [0093] 일 구현예에 따르면 상기 유기 발광 소자의 제조 방법은, 기판 상에 캐소드를 형성하는 단계; 상기 캐소드 상에 2-메틸피리미딘계 화합물과 Rb₂CO₃를 포함하는 제1전자수송층을 형성하는 단계; 상기 제1전자수송층 상에 상기 2-메틸피리미딘계 화합물을 포함하는 제2전자수송층을 형성하는 단계; 상기 제2전자수송층 상에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 상에 정공수송층을 형성하는 단계; 및 상기 정공수송층 상에 애노드를 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0094] 다른 일 측면에 따라, 기판, 상기 기판 상에 형성되며 소스 전극 및 드레인 전극, 산화물 반도체층, 게이트 전극, 및 게이트 절연층을 포함하는 n형 박막 트랜지스터; 상기 n형 박막 트랜지스터 상에 형성된 제1절연층; 및 상기 제1절연층 상에 형성되는 상기 설명한 인버티드 유기 발광 소자를 구비하고, 상기 인버티드 유기 발광 소자의 캐소드가 상기 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 전기적으로 연결된 평판 표시 장치가 제공된다.
- [0095] 이하에서, 비제한적인 실시예를 통하여 일 구현예를 따르는 인버티드 유기 발광 소자에 대하여 보다 구체적으

로 설명하나, 본 발명이 하기의 실시예로 한정되는 것은 아니다.

[0096] 실시예 1

[0097] 캐소드로는 1500Å 두께의 ITO 유리 기판을 사용하였다. 상기 ITO 유리 기판 상부에 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘(하기 화합물 1 참조) 85중량%에 Rb_2CO_3 15중량%를 도핑시켜 300Å 두께의 제1전자수송층을 형성하였다:

[0098] <화합물 1>



[0099] 상기 제1전자수송층 상부에 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘을 사용하여 300Å 두께의 제2전자수송층을 형성하였다. 상기 제2전자수송층 상부에 호스트로서 4,4-N,N'-디카바졸-비페닐(CBP) 92중량% 및 도펀트로서 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 8중량%를 사용하여 150Å 두께의 발광층을 형성하였다. 상기 발광층 상부에 1,1-비스-(4-비스(4-메틸-페닐)-아미노-페닐)-시클로헥산(TAPC)을 진공 증착하여 300Å 두께의 정공수송층을 형성하였다. 상기 정공수송층 상부에 TAPC 85중량%에 ReO_3 15중량%를 도핑시켜 200Å 두께의 정공주입층을 형성한 다음, Al을 진공 증착하여 200Å 두께의 애노드를 형성함으로써 인버티드 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0101] 비교예 1

[0102] 상기 실시예 1의 제1전자수송층 및 제2전자수송층의 형성 과정에서 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘 대신 4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(Bphen)을 사용하였다는 점을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법을 이용하여 인버티드 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0103] 비교예 2

[0104] 상기 실시예 1의 제1전자수송층 및 제2전자수송층의 형성 과정에서 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘 대신 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스-[1-페닐-1H-벤즈이미다졸](TPBi)를 사용하였다는 점을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법을 이용하여 인버티드 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0105] 비교예 3

[0106] 상기 실시예 1의 제2전자수송층의 형성 과정에서 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘 대신 Bphen을 사용하였다는 점을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법을 이용하여 인버티드 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0107] 비교예 4

[0108] 상기 실시예 1의 제2전자수송층의 형성 과정에서 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘 대신 TPBi를 사용하였다는 점을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법을 이용하여 인버티드 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0109] 평가

[0110] 상기 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여, 색도계(Photo research spectrophotometer; PR-650) 및 전원 공급장치(Keithley 237)를 사용하여 전류밀도-전압-휘도의 관계를 측정하였으며 그 결과를 하기 도 4에 도시하였다.

- [0111] 도 4를 참조하면, 실시예 1에 따른 인버티드 유기 발광 소자는 1.9V의 전하 주입 전압(charge injection voltage) 및 2.4V 문턱전압(Turn-on Voltage)을 가져 3개의 인버티드 유기 발광 소자 중 가장 낮은 값을 가지는 것을 알 수 있다. 여기서, 전하 주입 전압이란 전하 주입이 상승하기 시작하는 전압을 말한다. 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자의 전하 주입 전압과 문턱전압의 차이는 0.5V에 불과한데 이에 비해 비교예 1 및 2의 인버티드 유기 발광 소자에서는 그 차이가 1.5V 이상이다. 이러한 사실은 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자가 비교예 1 및 2의 인버티드 유기 발광 소자보다 전자 및 정공의 주입이 보다 잘 균형을 이룬다는 것을 암시한다.
- [0112] 상기 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여, 자외선 분광기(Ultra-violet spectroscopy; UPS)를 사용하여 전자 주입 특성을 측정하였으며 그 결과를 하기 도 5에 도시하였다. 자외선 분광 측정은 10^{-10} Torr의 베이스 압력에서 엑시톤 소스로서 He I (21.2eV) 및 He II (40.8eV)을 가지고 수행하였다.
- [0113] 도 5를 참조하면, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자의 경우에는 캐소드와 제1전자수송층 사이의 전자 주입 에너지 장벽은 0.1eV이고 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자의 경우에도 캐소드와 제1전자수송층 사이의 전자 주입 에너지 장벽은 0.1eV 수준이며, 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자의 경우에는 캐소드와 제1전자수송층 사이의 전자 주입 에너지 장벽이 0.25eV 수준이다. 이것은 3개의 인버티드 유기 발광 소자의 제1전자수송층이 모두 Rb_2CO_3 로 n-도핑되어 있기 때문에 얻어지는 동일한 결과로 생각된다. 그러나, 제1전자수송층과 제2전자수송층 사이의 전자 주입 에너지 장벽은 3개의 인버티드 유기 발광 소자가 비교적 큰 차이를 보이고 있다. 즉, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 제1전자수송층과 제2전자수송층 사이의 전자 주입 에너지 장벽이 거의 0에 가까웠으나, 비교예 1 및 2의 인버티드 유기 발광 소자의 경우에는 제1전자수송층과 제2전자수송층 사이에서 각각 0.2eV 및 0.25eV의 전자 주입 에너지 장벽을 보였다. 이것은 도 4에서 실시예 1에 따른 인버티드 유기 발광 소자가 가장 낮은 전하 주입 전압과 문턱전압을 보인 것과 동일한 경향을 나타내는 것이다.
- [0114] 상기 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여, 외부 양자 효율을 측정한 것을 하기 도 6에 도시하였다.
- [0115] 도 6을 참조하면, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 19.8%의 최대 외부 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다. 이것은 인버티드 유기 발광 소자로서 현재까지 알려진 값들 중 가장 높은 것으로 보인다.
- [0116] 상기 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여 구동 전압, 최대 외부 양자 효율, 외부 양자 효율, 최대 전력 효율 및 전력 효율을 정리하여 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0117]	구동전압(V; @1000cd/m ²)	최대외부양 자효율(%)	외부양자효율 (%; @100cd/ m ²)	외부양자효율 (%; @1000cd /m ²)	최대전력효율 (lm/W)	전력효율(lm/W; @1000 cd/m ²)
실시예 1	4.3	19.8	19.2	13.5	79.8	33.3
비교예 1	5.4	14.2	14.5	13.6	37.3	27.2
비교예 2	7.4	17.1	16.1	14.3	42.7	21.2

- [0118] 표 1을 참조하면, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 1000cd/m²의 휘도에서 4.3V의 구동 전압을 가지고, 비교예 1의 인버티드 유기 발광 소자 및 비교예 2의 인버티드 유기 발광 소자는 각각 5.4V 및 7.4V의 구동 전압을 가진다. 이러한 결과로부터 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 비교예 1 및 2의 인버티드 유기 발광 소자에 비해 캐소드로부터 발광층까지 전자를 보다 용이하게 주입시키고 수송시킨다는 것을 알 수 있다. 이러한 특징은 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자의 제1전자수송층 및 제2전자수송층 재료에서 기인한다는 것을 예상할 수 있다. 또한, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 79.8 lm/W의 매우 높은 최대 전력 효율을 가지며, 비교예 1 및 2의 인버티드 유기 발광 소자는 각각 37.3 lm/W 및 42.7 lm/W의 최대 전력 효율을 가지는 것을 알 수 있다.
- [0119] 실시예 1, 비교예 3 및 비교예 4의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여, 색도계(PR-650) 및 전원 공급장치(Keithley 237)를 사용하여 전류밀도-전압-휘도의 관계를 측정하여 그 결과를 하기 도 7에 도시하였다.
- [0120] 도 7를 참조하면, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자는 1cd/m²의 휘도하에서 비교예 3 및 비교예 4의 인버

티드 유기 발광 소자에 비해 보다 낮은 구동 전압을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 휘도의 측면에서도, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자가 비교예 3 및 비교예 4의 인버티드 유기 발광 소자에 비해 우수한 휘도 값을 가지는 것을 알 수 있다. 즉, 인버티드 유기 발광 소자의 제1전자수송층의 전자수송물질과 제2전자수송층의 전자수송물질이 서로 동일한 경우가 서로 다른 경우보다 우수한 성능을 보인다는 것을 알 수 있다.

[0121] 실시예 1, 비교예 3 및 비교예 4의 인버티드 유기 발광 소자에 대하여, 색도계(PR-650) 및 전원 공급장치(Keithley 237)를 사용하여 발광 효율 및 전력 효율을 측정하고 그 결과를 하기 도 8에 도시하였다.

[0122] 도 8을 참조하면, 실시예 1의 인버티드 유기 발광 소자가 비교예 3 및 비교예 4의 인버티드 유기 발광 소자에 비해 보다 높은 발광 효율 및 전력 효율을 보이는 것을 알 수 있다. 이로부터 인버티드 유기 발광 소자의 제1전자수송층의 전자수송물질과 제2전자수송층의 전자수송물질이 서로 동일한 경우가 제1전자수송층의 전자수송물질과 제2전자수송층의 전자수송물질이 서로 다른 경우보다 더 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 인버티드 유기 발광 소자의 제1전자수송층의 전자수송물질과 제2전자수송층의 전자수송물질 간의 에너지 준위 차이 때문에 n-도핑된 제1전자수송물질을 포함하는 층과 제1전자수송물질을 포함하는 층으로 구성되는 것이 더 유리하다는 것으로 설명될 수 있다.

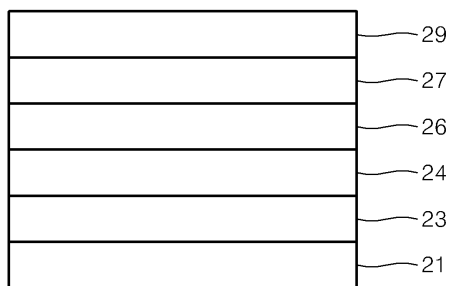
[0123] 본 발명에 대하여 상기 실시예를 참조하여 설명하였으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명에 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사항에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

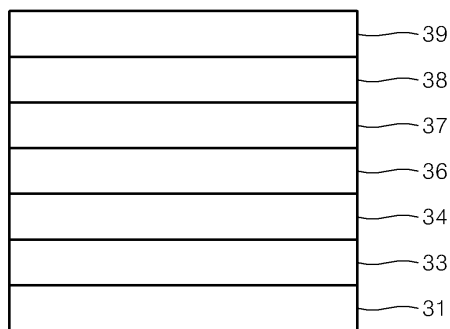
[0124] 21, 31: 캐소드
 23, 33, 123: 제1전자수송층
 24, 34, 124: 제2전자수송층
 26, 36, 126: 발광층
 27, 37, 127: 정공수송층
 29, 39, 129: 애노드
 38, 128: 정공주입층
 100, 200: 유기 발광 소자
 101: 기판
 103: 게이트 전극
 105: 게이트 절연층
 107: 산화물 반도체층
 109a: 소스 전극
 109b: 드레인 전극
 110: 제1절연층
 122: 화소 정의막

도면

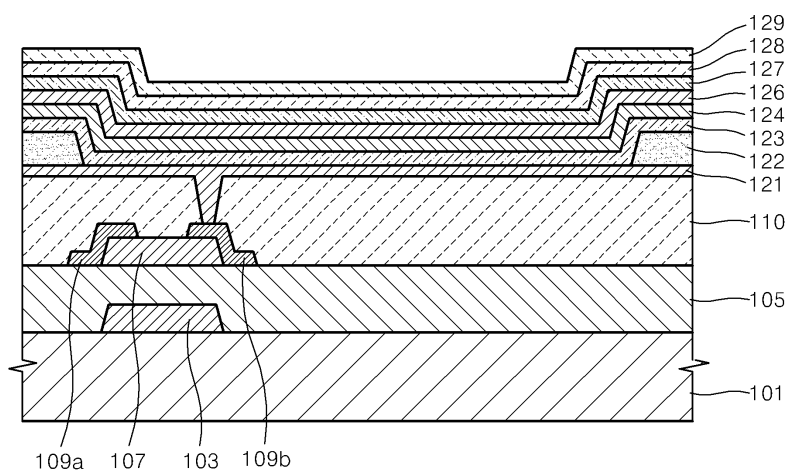
도면1



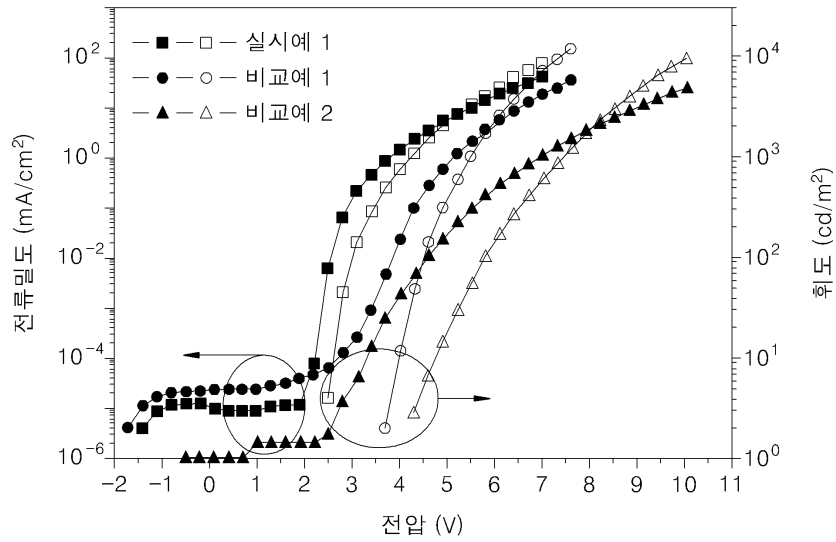
도면2



도면3

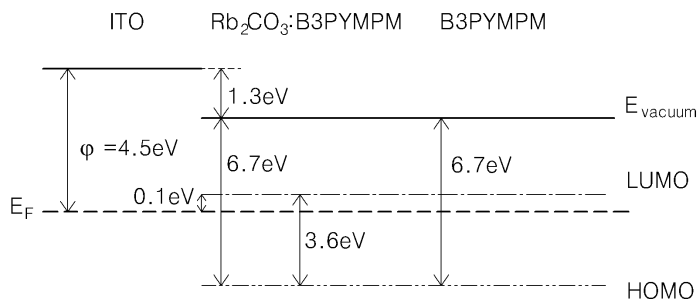


도면4

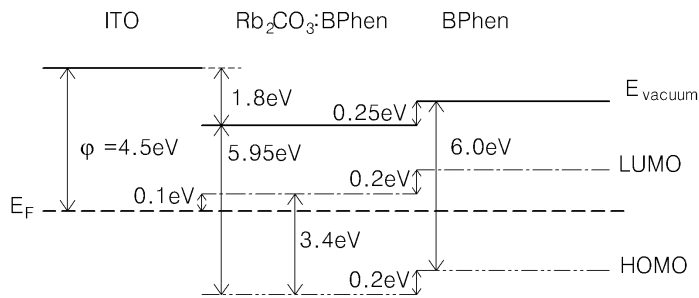


도면5

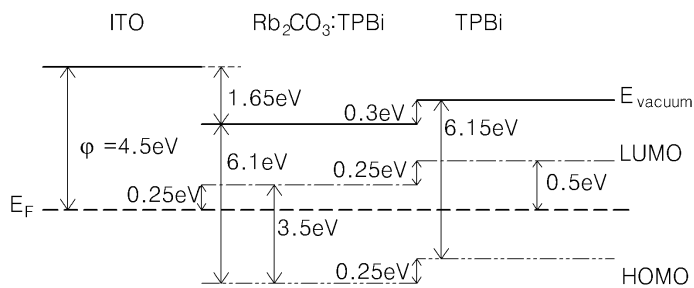
(a) 실시예 1



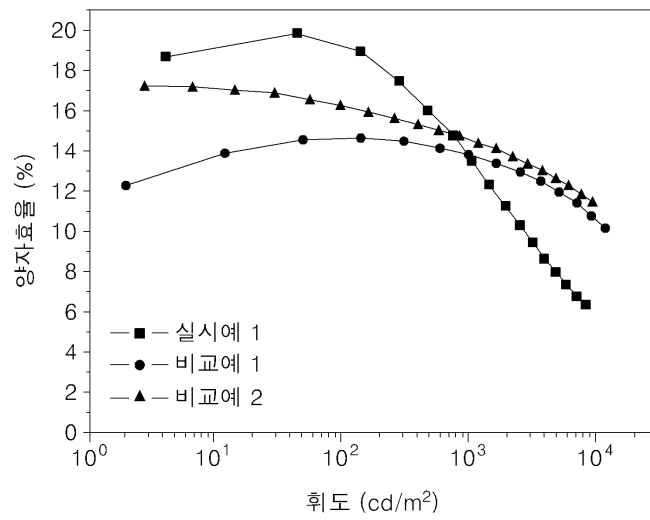
(b) 비교예 1



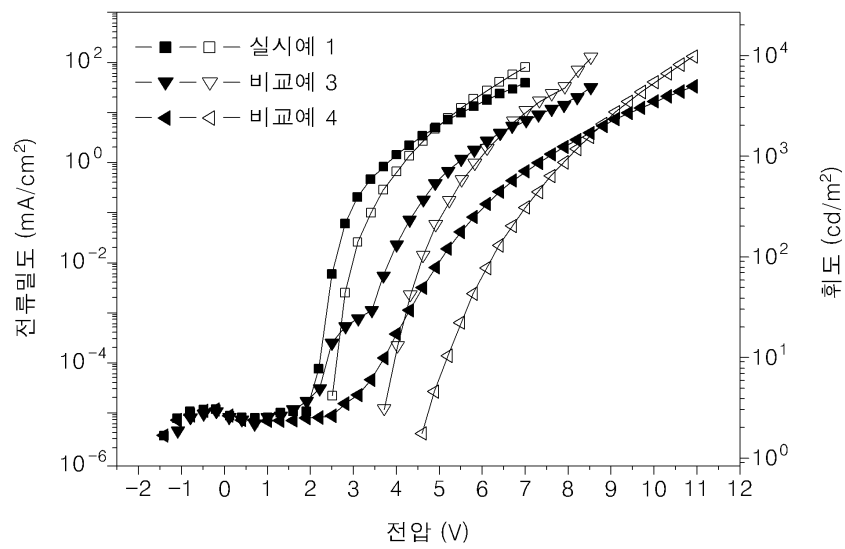
(c) 비교예 2



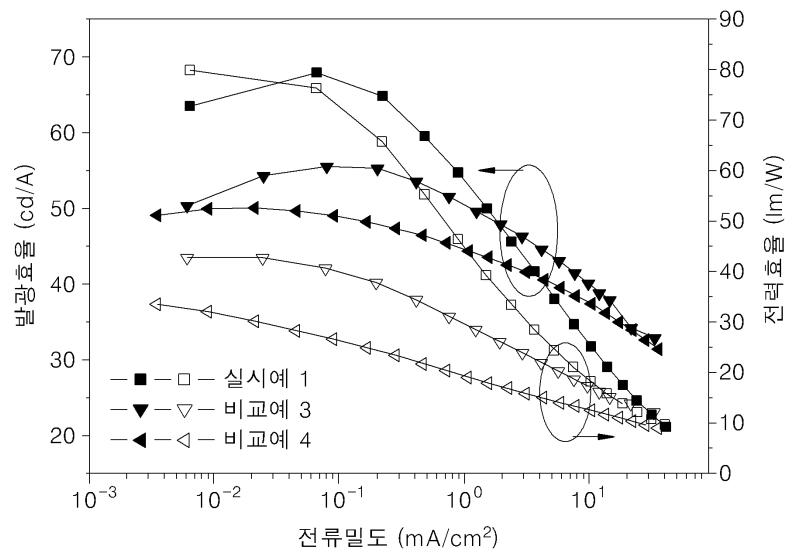
도면6



도면7



도면8



专利名称(译)	标题：倒置有机发光器件和包括其的平板显示器件		
公开(公告)号	KR1020120078294A	公开(公告)日	2012-07-10
申请号	KR1020100140552	申请日	2010-12-31
[标]申请(专利权)人(译)	首尔大学校产学协力团		
申请(专利权)人(译)	首尔国立大学产学合作基金会		
[标]发明人	KIM JANG JOO 김장주 LEE JEONG HWAN 이정환 PARK HYUNG DOL 박형돌		
发明人	김장주 이정환 박형돌		
IPC分类号	H01L51/52 H05B33/18 H01L51/54		
CPC分类号	H01L51/5004 H01L51/5234 H01L51/5206 H01L2251/56		
其他公开文献	KR101223615B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

阴极;第一电子传输层,形成在阴极上,包括第一电子传输材料和n型掺杂剂;第二电子传输层,形成在第一电子传输层上并包括第二电子传输材料;形成在第二电子传输层上的发光层;在发光层上形成空穴传输层;并且,在空穴传输层上形成阳极,其中第二电子传输层的最低未占分子轨道(LUMO)的绝对值和第一电子传输层的最低未占分子轨道(LUMO),是0到0.2 eV。支持本发明的国家研发项目 作业号码 10035225 Bucheomyeong 知识经济部 研究项目名称 工业源技术开发业务 研究项目名称 高品质的塑料AMOLED源技术开发组织 首尔国立大学 产业合作基金会 研究期 2010.06.01~2015.05.31

