



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0005199
(43) 공개일자 2018년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/00 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/0067 (2013.01)
C09K 11/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7034535
(22) 출원일자(국제) 2016년05월11일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년11월29일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/060582
(87) 국제공개번호 WO 2016/180891
국제공개일자 2016년11월17일
(30) 우선권주장
15162788.2 2015년05월12일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
노발레드 게엠베하
독일 드레스덴 타츠베르크 49 (우: 01307)
(72) 발명자
뎡커 올리히
독일 01307 드레스덴 포텐하우어슈트라세 111
첼너 마이크
독일 01217 드레스덴 상켈슈트라세 8
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
팬코리아특허법인

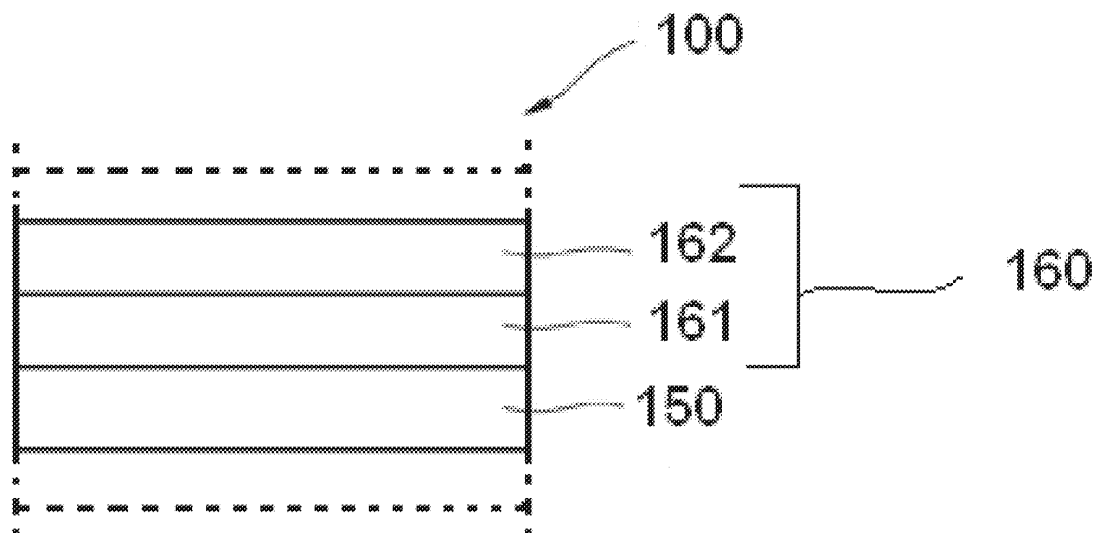
전체 청구항 수 : 총 30 항

(54) 발명의 명칭 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층에 상이한 매트릭스 화합물들을 포함하는 유기 발광 다이오드

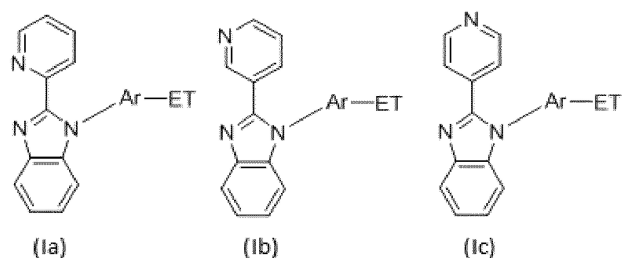
(57) 요약

본 발명은 매트릭스 화합물, 및 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)에 관한 것이며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고, 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또

(뒷면에 계속)
대표도 - 도1



는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로, 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고; 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서, 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



상기 식에서, Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌 이고; ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/0052 (2013.01)

H01L 51/5076 (2013.01)

H01L 51/508 (2013.01)

H01L 51/5092 (2013.01)

C09K 2211/1007 (2013.01)

C09K 2211/1029 (2013.01)

C09K 2211/185 (2013.01)

(72) 발명자

그래프 카티아

독일 01279 드레스덴 카멜리엔베크 9

센코브스키 보로디미르

독일 01187 드레스덴 알트플라우엔 23

발리케비츠 보도

독일 01099 드레스덴 포르스트슈트라세 37

솔츠 요하네스

독일 01809 도나 괴테슈트라세 3

프레이 줄리엔

프랑스 57400 자르부르 뤼 르네 데카르트 12 레지
당스 수폴로 비

명세서

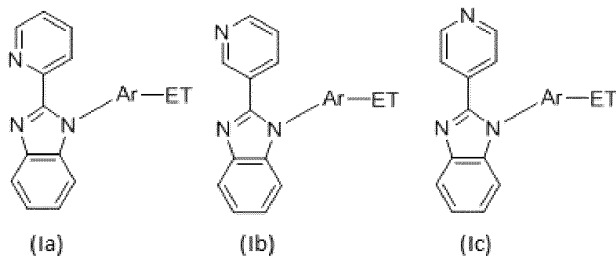
청구범위

청구항 1

발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들(161/162)의 전자 수송층 스택(160)을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)(100)로서,

제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

- 상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 상기 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,
- 상기 제1 전자 수송층(161)은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;
- 상기 제2 전자 수송층(162)에는 도판트가 없으며; 여기서,
- 상기 제2 전자 수송층(162)의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



상기 식에서,

Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아틸기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아틸기인, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들이 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물인 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 전자 수송층 스택(160)이 2개 내지 4개의 전자 수송층들, 보다 바람직하게는 2개의 전자 수송층들(162/162) 또는 3개의 전자 수송층들(162/162/163)을 갖는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자 수송층 스택이 3개의 전자 수송층들(161/162/163)을 가지며,

- 상기 제1 전자 수송층(161) 및 제3 전자 수송층(163)이 동일하거나 또는 상이한 매트릭스 화합물 및 동일하거나 또는 상이한 도판트를 포함하고;
- 상기 제2 전자 수송층(162)이 상기 제1 수송층 및 상기 제3 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물

들과 상이한 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들을 포함하고, 상기 제2 전자 수송층(162)에 도판트가 없는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 OLED(100)가 전자 수송층 스택(160)과 캐소드 전극(190) 사이에 배치된 전자 주입층(180)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 OLED(100)가 상기 전자 수송층 스택(160)과 상기 캐소드 전극(190) 사이에 배치된 전자 주입층(180)을 포함하고,

상기 전자 수송층 스택(160)이 2개의 전자 수송층들(162/162)로 형성된 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물이

- (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)-다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드

로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물이

- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 안트라센 화합물, 바람직하게는 9,10-다이(2-나프틸)안트라센 및/또는 3-[3'-(10-페닐-9-안트라세닐)][1,1'-비페닐]-4-일]-퀴놀린;

- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 벤즈이미다졸 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸 및/또는 1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸;

- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드;

- 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 페난트롤린 화합물, 바람직하게는 2,4,7,9-테트라페닐-1,10-페난트롤린, 4,7-다이페닐-2,9-다이-p-톨릴-1,10-페난트롤린, 2,9-다이(비페닐-4-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린 및/또는

3,8-비스(6-페닐-2-피리디닐)-1,10-페난트롤린;

- 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 9-페닐-9'-(4-페닐-2-퀴나졸리닐)-3,3'-비-9H-카바졸로 치환된 퀴나졸린 화합물;
 - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 벤조[h]퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 4-(2-나프탈레닐)-2-[4-(3-퀴놀리닐)페닐]-벤조[h]퀴나졸린;
 - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 피리도[3,2-h]퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 4-(나프탈렌-1-일)-2,7,9-트리페닐피리도[3,2-h]퀴나졸린;
 - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 트리아진 화합물, 바람직하게는 4,4'-비스(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)비페닐, 3-[4-(4,6-다이-2-나프탈레닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]퀴놀린 및/또는 2-[3-(6'-메틸[2,2'-비피리딘]-5-일)-5-(9-페난트레닐)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진; 및/또는
 - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 아크리딘 화합물, 바람직하게는 7-(나프탈렌-2-일)다이벤조[c,h]아크리딘
- 으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물, 또는 상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물 및 상기 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물이 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐 포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 제1 전자 수송층(161)이
- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드 및/또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드

로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하고;

- 상기 제2 전자 수송층(162)이 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 매트릭스 물질을 포함하고;
- 선택적인 상기 제3 전자 수송층(163)이
- 아릴 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드 및/또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-(10-(나프탈렌-2-일)

안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드; 및/또는

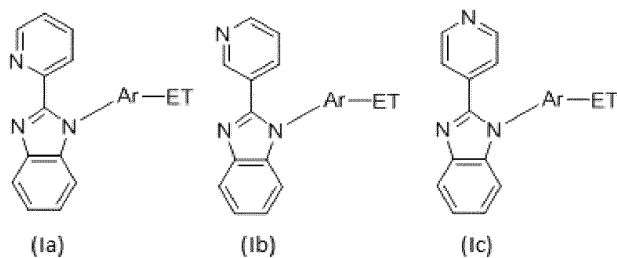
- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 벤즈이미다졸 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸 및/또는 1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸

로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 전자 수송층(162)이 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함하며:



상기 식에서,

Ar이 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

ET가 14 내지 26개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 14 내지 22개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기인 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

화학식 Ia, Ib 및 Ic의 Ar이

비치환된 아릴렌:

- o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일; 또는

치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌:

- o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-2,7-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, 카르바졸렌-3,6-다이일, 카르바졸렌-2,7-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일

로 이루어진 군으로부터 선택되고,

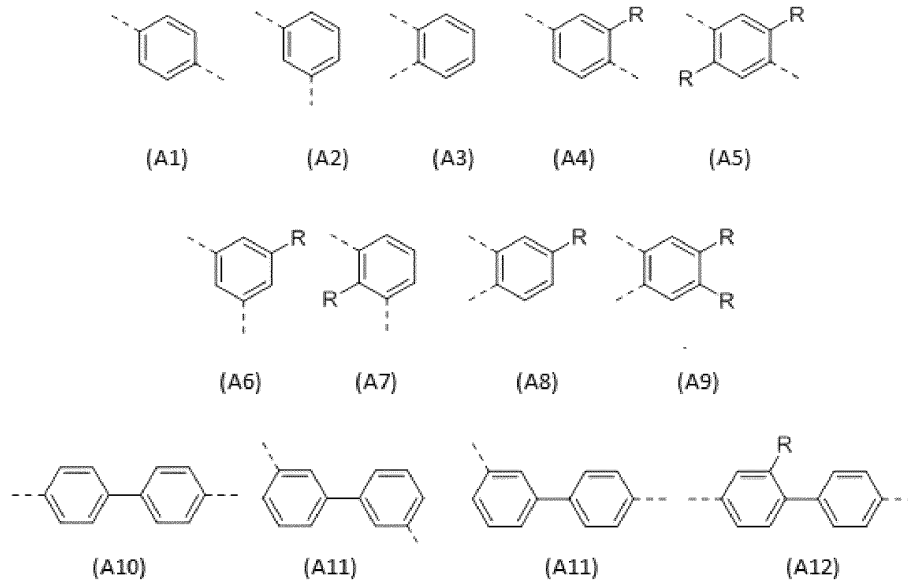
상기 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌의 치환기가 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 12개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 5개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기로 이루어진 군으로부터 선택

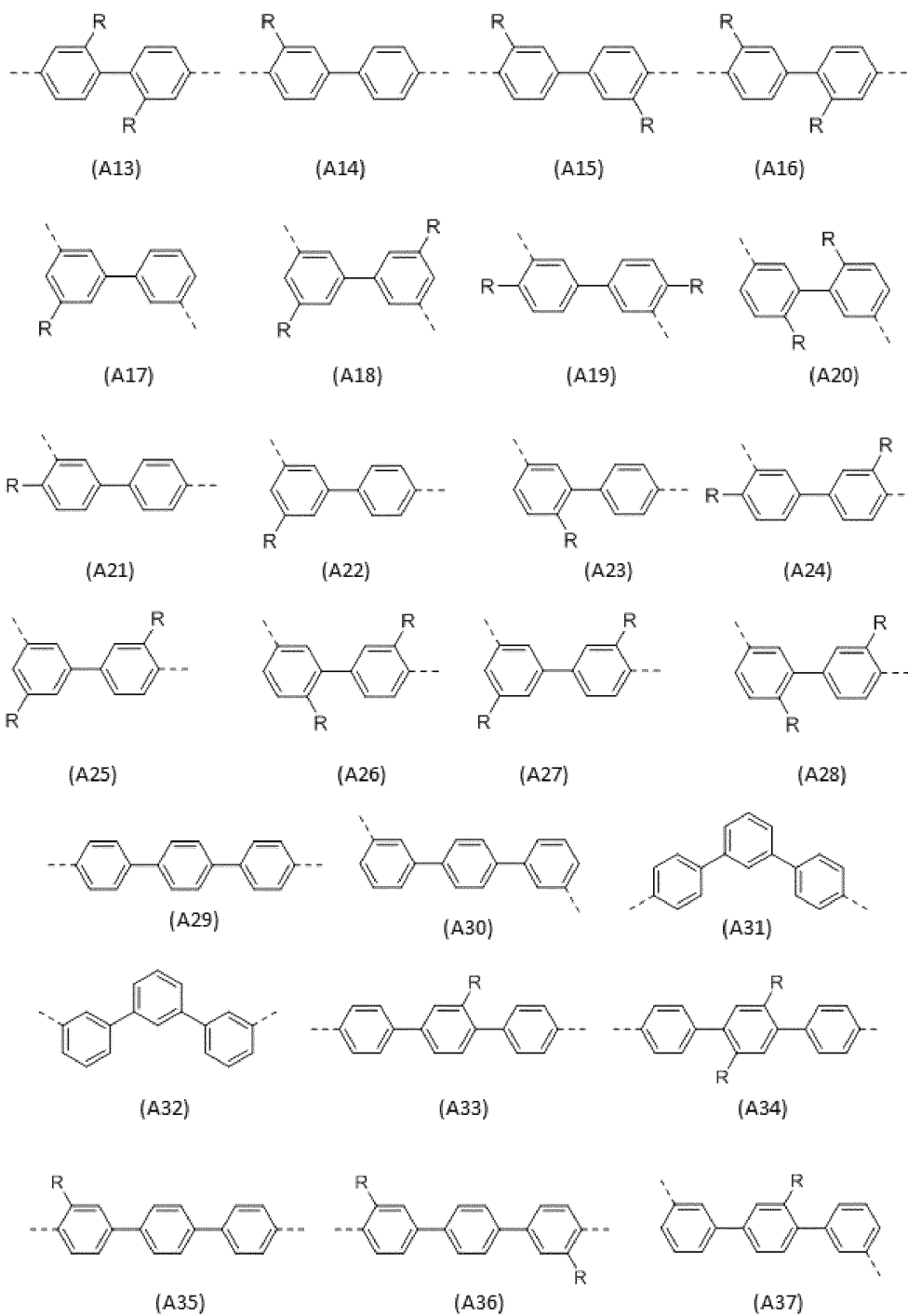
되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

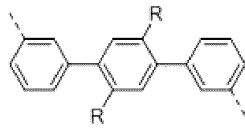
청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

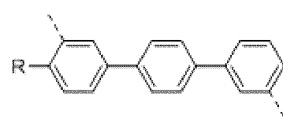
화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 Ar이 A1 내지 A69로 이루어진 군으로부터 선택되고:



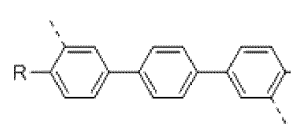




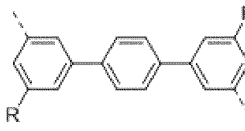
(A38)



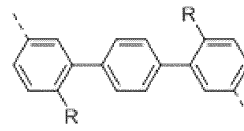
(A39)



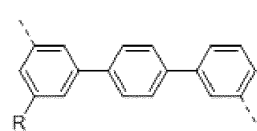
(A40)



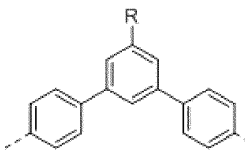
(A41)



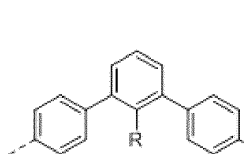
(A42)



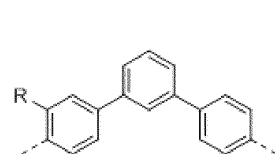
(A43)



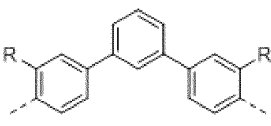
(A44)



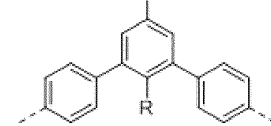
(A45)



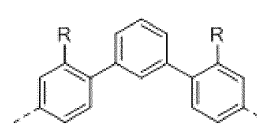
(A46)



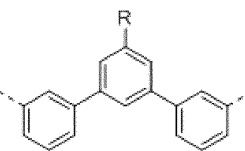
(A47)



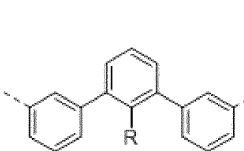
(A48)



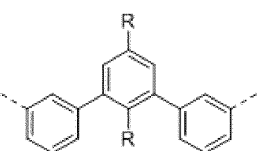
(A49)



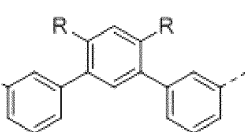
(A50)



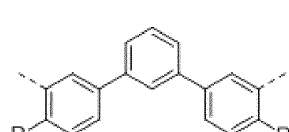
(A51)



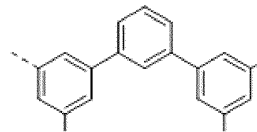
(A52)



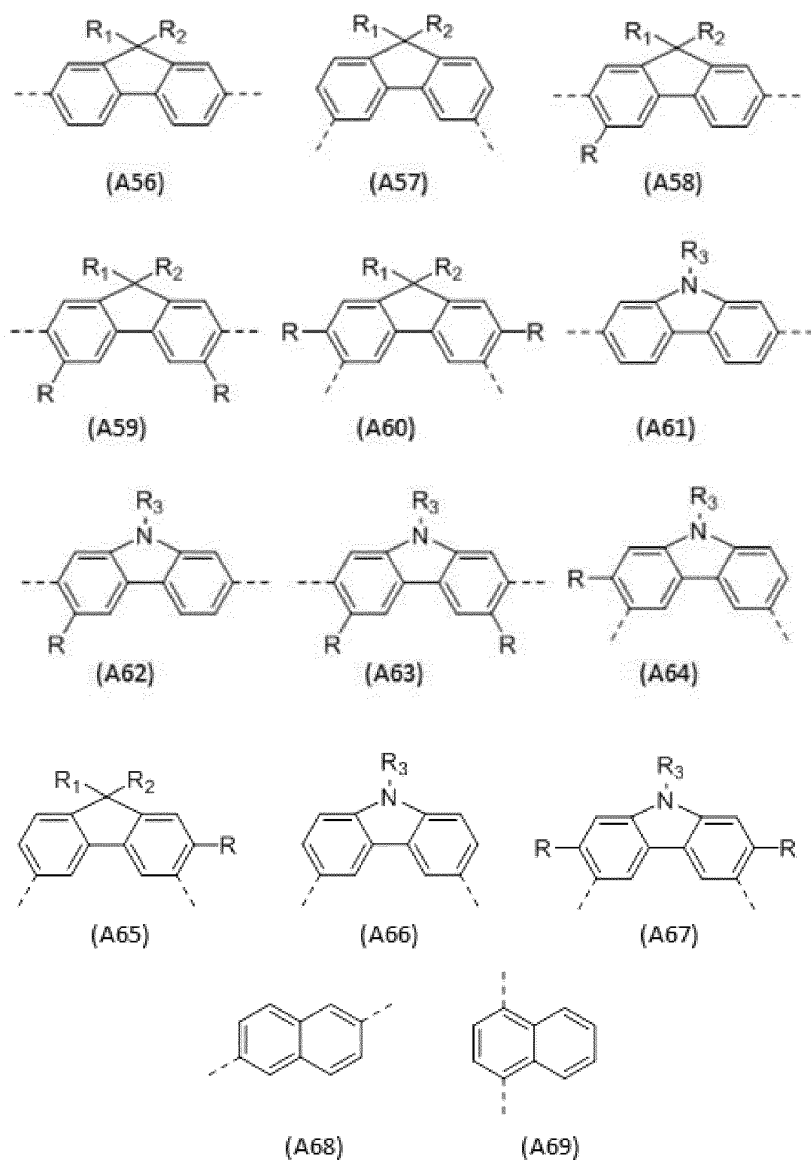
(A53)



(A54)



(A55)



여기서,

R이 H, R1, R2 또는 R3이고;

R1, R2 및 R3이 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 ET가

- 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 비치환된 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며, 바람직하게는 ET가 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 트리페닐렌-1-일, 트리페닐렌-2-일, 벤조[f]테트라렌-4-일, 벤조[e]피렌-4-일, 사이클로펜타[cd]플루오란텐-6-일, 벤조[f]테트라렌-10-일, 벤조[e]피렌-3-일, 크리스렌-1-일, 루비센-5-일, 루비센-6-일, 플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-9-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-10-일, 벤조[k]테트라렌-1-일, 벤조[k]테트라렌-3-일, 벤조[k]테트라렌-4-일, 벤조[k]테트라렌-7-일, 코로넨-1-일, 다이벤조[ghi,mno]플루오란텐-1-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는

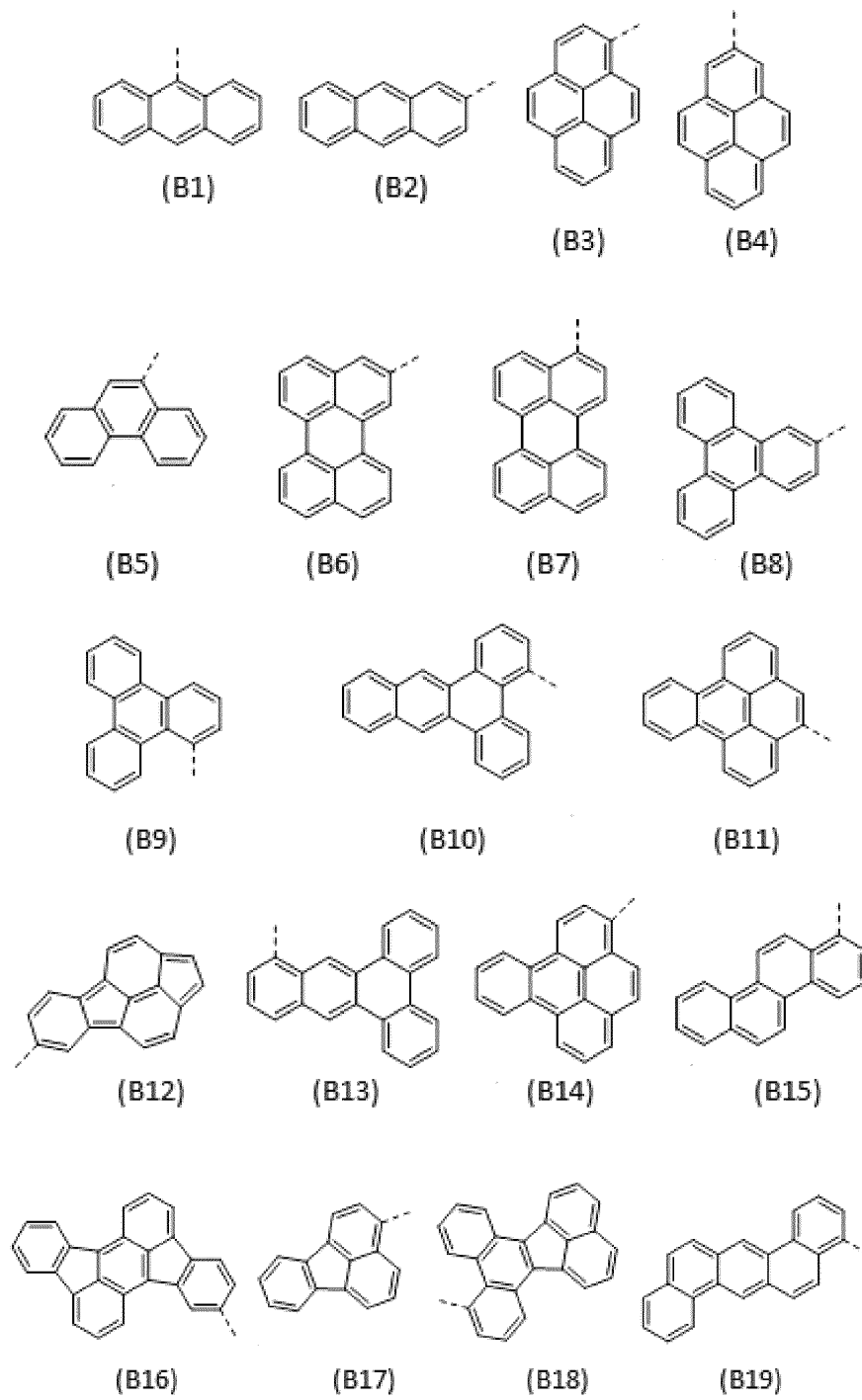
- 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며; 바람직하게는 ET가 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일, 플루오렌-2-일, 플루오렌-3-일로 이루어진 군으로부터 선택되고,

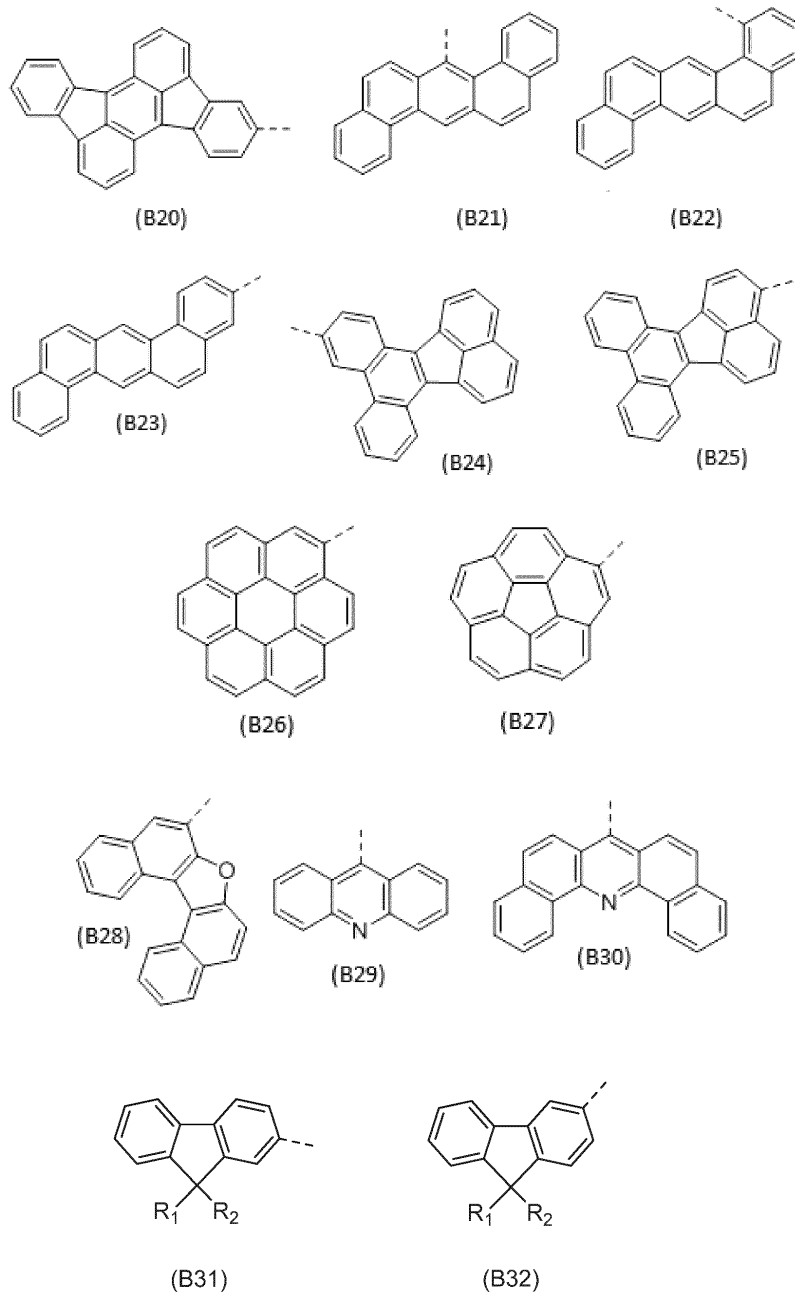
상기 치환된 아릴기 또는 헤테로아릴기의 치환기가 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐 기로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 ET가 B1 내지 B32로 이루어진 군으로부터 선택되고:





여기서,

R1 및 R2가 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 16

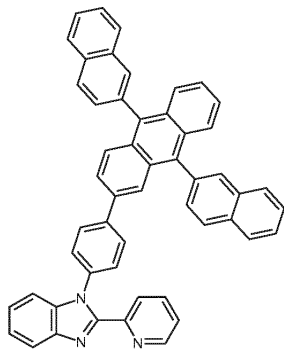
제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

B1 내지 B32가 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐 기로 치환되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

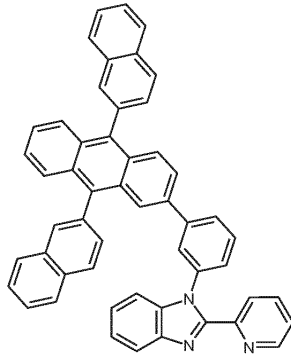
청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

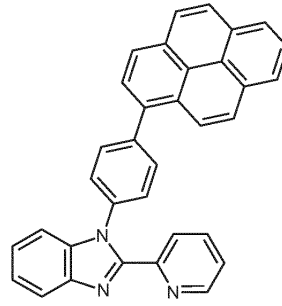
- 상기 제2 전자 수송층(162)이 하기 매트릭스 물질들로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100):



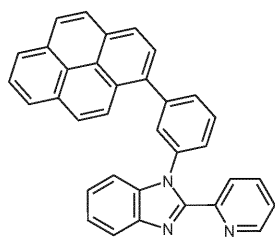
(MX 27),



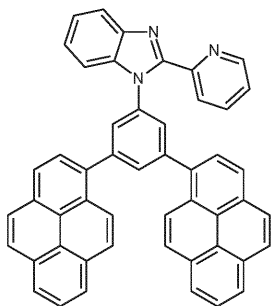
(MX 28),



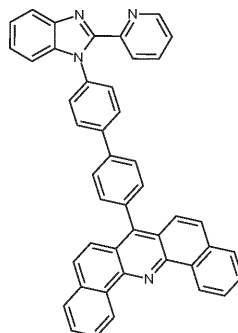
(MX 29),



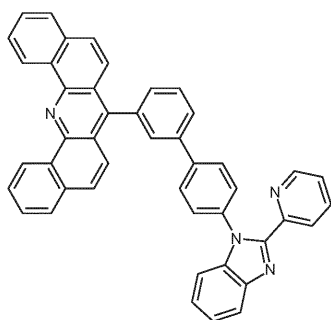
(MX 30),



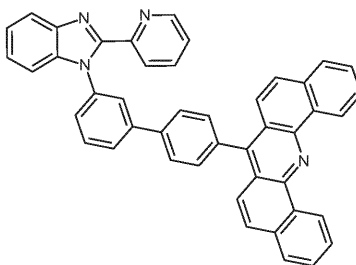
(MX 31),



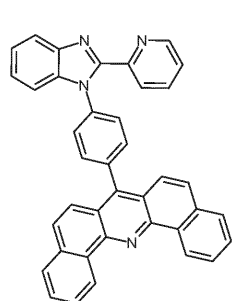
(MX 32),



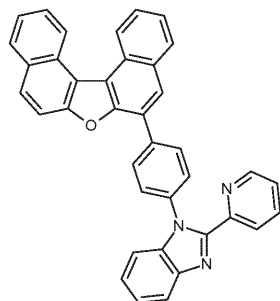
(MX 33),



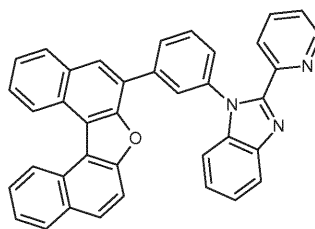
(MX 34),



(MX 35),



(MX 36), 및



(MX 37)

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 제1 전자 수송층(161)이 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하며;

- 상기 제2 전자 수송층(162)이 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 매트릭스 물질을 포함하고;

- 선택적인 제3 전자 수송층(163)이 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸, 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀

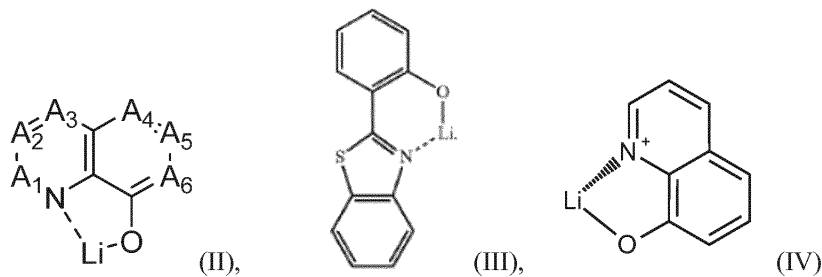
-3-옥사이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하고;

상기 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 물질이 상기 제1 전자 수송층(161) 및 선택적인 상기 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 물질과 상이하게 선택되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 리튬 할라이드가 LiF, LiCl, LiBr 또는 LiI로 이루어진 군으로부터 선택되고, 바람직하게는 LiF이며; 및 /또는
- 상기 리튬 유기 착화합물이 리튬 퀴놀레이트, 리튬 보레이트, 리튬 페놀레이트, 리튬 피리디놀레이트 또는 리튬 시프 염기(Schiff base)로 이루어진 군으로부터 선택되며;
- 바람직하게는 상기 리튬 퀴놀레이트가 식 II, III 또는 IV를 가지고;

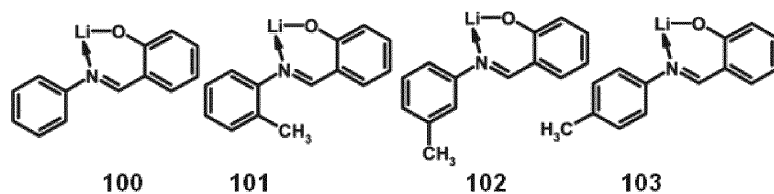


상기 식에서,

A1 내지 A6이 동일하거나 또는 독립적으로 CH, CR, N, O로부터 선택되고;

R이 동일하거나 또는 독립적으로, 수소, 할로젠, 1 내지 20개의 탄소 원자를 가진 알킬, 아릴 또는 헤테로아릴 이고; 보다 바람직하게는 A1 내지 A6이 CH이며;

- 바람직하게는 상기 리튬 보레이트가 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트이며;
- 바람직하게는 상기 리튬 페놀레이트가 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트, 리튬 2-(다이페닐포스포릴)페놀레이트, 리튬 이미다졸 페놀레이트 또는 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트, 보다 바람직하게는 리튬 2-(1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸-2-일)페놀레이트 또는 리튬 2-(벤조[d]옥사졸-2-일)페놀레이트이며;
- 바람직하게는 상기 리튬 피리디놀레이트가 리튬 2-(다이페닐포스포릴)피리딘-3-올레이트이고,
- 바람직하게는 상기 리튬 시프 염기가 구조 100, 101, 102 또는 103을 갖는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100):



청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전자 수송층(161) 및 상기 제2 전자 수송층(162)이 하나 이상의 매트릭스 화합물로 구성되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 발광 다이오드(OLED)(100)가

기관(110);

상기 기관(110) 상에 형성된 애노드 전극(120);

상기 애노드 전극(120) 상에 형성된 전자 수송층 스택(160)으로서, 상기 전자 수송층 스택(160)이 2개 이상의 전자 수송층들(160/161)을 포함하거나 또는 구성되어 있는, 전자 수송층 스택(160); 및 마지막으로

형성된 캐소드 전극(190)으로서, 상기 전자 수송층 스택(160)이 상기 애노드 전극(120)과 상기 캐소드 전극(190)사이에 개재되는, 캐소드 전극(190); 및

선택적인 전자 주입층(180)으로서, 상기 전자 수송층(160)과 상기 캐소드 전극(190) 사이에 배치되는, 선택적인 전자 주입층(180)

을 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 발광 다이오드(OLED)(100)가, 정공 주입층(130), 정공 수송층(140) 및 정공 차단층으로 이루어진 군 으로부터 선택되고 상기 애노드 전극(120)과 상기 전자 수송층(160) 사이에 형성되는 하나 이상의 층을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 23

제1항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자 주입층이

- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 리튬 할라이드로 도핑되거나 또는 리튬 유기 착화합물, 바람직하 게는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 3-페닐-3H-벤조 [b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함하거나;

- 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속 원소로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프 토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함하거나;

- 금속 할라이드 또는 금속 유기 착화합물, 바람직하게는 LiQ, AlQ3, ZrQ4, KF 또는 LiF로 구성되며, 여기서 Q 는 8-하이드록시퀴놀레이트이거나; 또는

- 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 구성되는 것을 특징으로 하는, 유기 발광 다이오드(OLED)(100).

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)(100)의 제조 방법으로서,

- 3개 이상의 증착 소스; 및/또는

- 진공 열 증발을 통한 증착; 및/또는

- 용액 프로세싱(solution processing)을 통한 증착으로서, 바람직하게는 상기 용액 프로세싱은 스핀-코팅, 캐 스팅, 프린팅 및/또는 슬롯-다이 코팅으로부터 선택되는, 증착

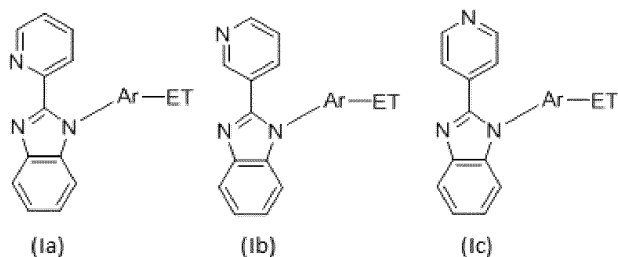
을 사용하는 유기 발광 다이오드(OLED)(100)의 제조 방법.

청구항 25

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함하는 장치.

청구항 26

화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물로서,



상기 식에서,

Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌이고;

ET는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기인, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물.

청구항 27

제26항에 있어서,

Ar이 m-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 또는 나프탈렌-2,6-다이일로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물.

청구항 28

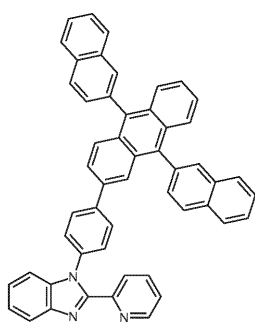
제26항 또는 제27항에 있어서,

ET가 아크리딘, 또는 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 아크리딘 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물.

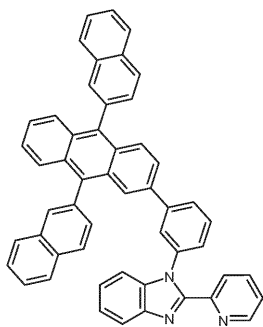
청구항 29

제26항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서,

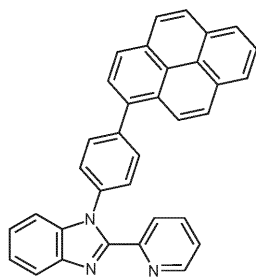
상기 화합물이 제15항의 매트릭스 물질들로부터 선택되고, 바람직하게는 상기 화합물이 하기 매트릭스 물질들로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물:



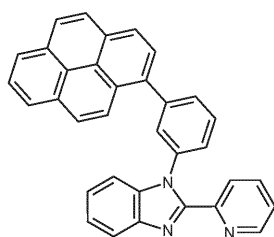
(MX 27),



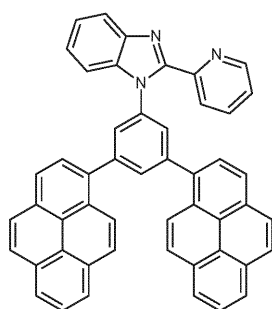
(MX 28),



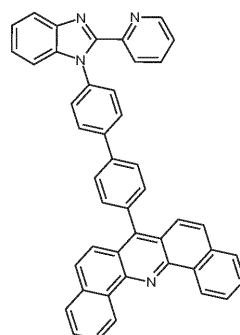
(MX 29),



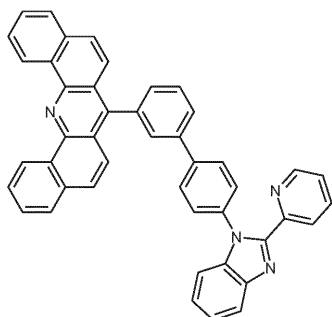
(MX 30),



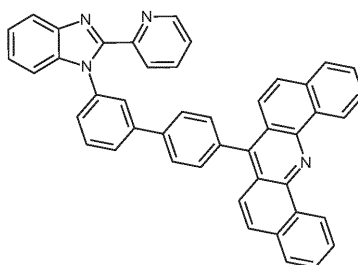
(MX 31),



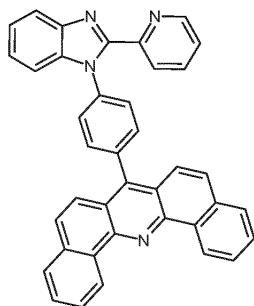
(MX 32),



(MX 33),



(MX 34),



(MX 35)

청구항 30

제1항 내지 제23항 또는 제26항 내지 제28항 중 어느 한 항에 따른 식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물의 용도로서,

매트릭스 화합물로서, 또는 유기 반도체 층, 전자 수송층 또는 전자 주입층, 바람직하게는 전자 수송층 또는 전자 주입층에서의 용도.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층에 상이한 매트릭스 화합물들을 가진 전자 수송층을 포함하는 유기 발광 다이오드, 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 발광 다이오드(OLED)는 자발광 소자(self-emitting device)로서, 넓은 시야각, 우수한 콘트라스트, 빠른 응답, 고휘도, 우수한 구동 전압 특성 및 색 재현성을 가진다. 일반적인 OLED는 기판 상에 순차적으로 적층된 애노드, 정공 수송층(HTL), 발광층(EML), 전자 수송층(ETL) 및 캐소드를 포함한다. 이와 관련하여, HTL, EML 및 ETL은 유기 화합물 및/또는 유기금속 화합물로 형성된 박막이다.

[0003] 애노드와 캐소드에 전압이 인가되면, 애노드로부터 주입되는 정공이 HTL을 통해 EML로 이동하고 캐소드로부터 주입되는 전자는 ETL을 거쳐 EML로 이동한다. 정공과 전자는 EML에서 재결합하여 엑시톤을 생성한다. 엑시톤이 여기 상태에서 기저 상태로 떨어질 때, 광이 방출된다. 상술한 구조를 갖는 OLED가 우수한 효율을 갖기 위해서는, 정공 및 전자의 주입 및 흐름이 균형을 이루어야 한다. 그러나, OLED를 보다 효율적으로 작동시키기 위해 전도성을 개선하고 전압을 감소시키는 것이 계속해서 요망되고 있다.

발명의 내용

[0004] 일 목적은, OLED를 효율적으로 작동시키기 위해 감소된 전압을 가진 유기 발광 다이오드, 특히 청색 발광 OLED 뿐만 아니라 예를 들어 적색, 녹색 또는 백색 발광 OLED, 특히 상부 방출 유기 발광 다이오드(OLED) 및/또는 하부 방출 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하는 것이다.

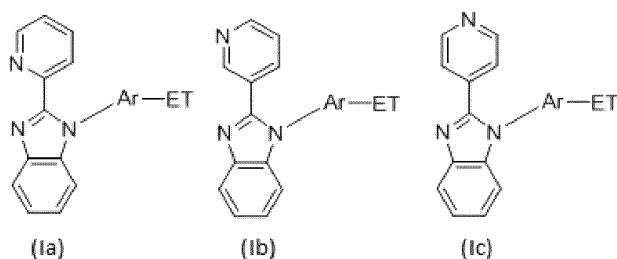
[0005] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0006] - 상기 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 상기 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0007] - 상기 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0008] - 상기 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0009] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



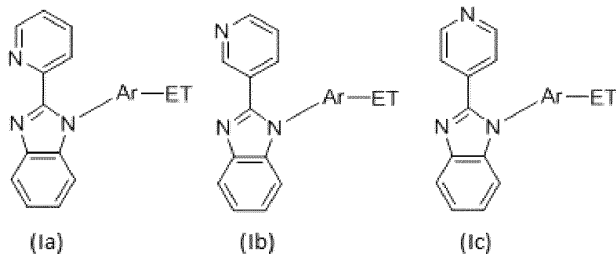
[0010]

상기 식에서,

[0012] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0013] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0014] 피리디닐 모이어티는, 질소 원자가 2'-위치, 3'-위치 또는 4'-위치에 존재하도록, 벤즈이미다졸에서 2-위치에 결합될 수 있다:



[0015]

[0016]

또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0017]

- 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물이며, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0018]

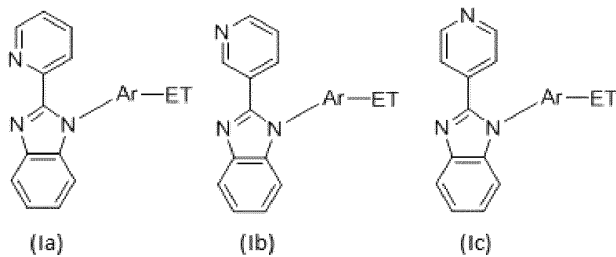
- 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0019]

- 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0020]

- 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



[0021]

상기 식에서,

[0022]

Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0023]

ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0024]

또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0025]

- 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물이며, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0026]

- 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

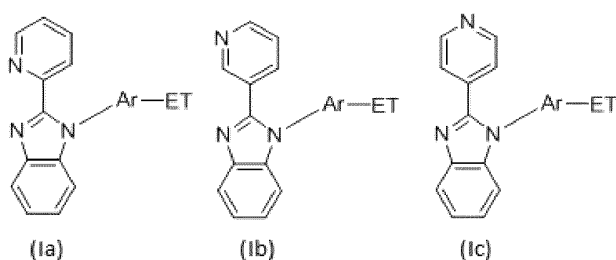
[0027]

- 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0028]

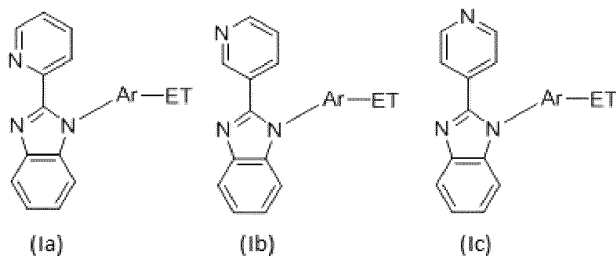
- 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;

[0029]



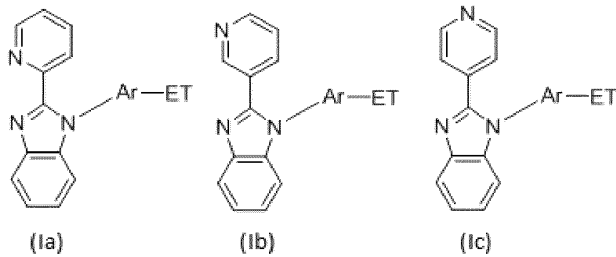
[0030]

- [0031] 상기 식에서,
- [0032] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌이고;
- [0033] ET는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.
- [0034] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,
- [0035] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은:
- [0036] (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)-다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로부터 선택되며, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,
- [0037] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;
- [0038] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,
- [0039] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



- [0040]
- [0041] 상기 식에서,
- [0042] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌이고;
- [0043] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.
- [0044] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,
- [0045] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은:
- [0046] (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)-다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로부터 선택되며, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

- [0047] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;
- [0048] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,
- [0049] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



[0050]

[0051] 상기 식에서,

[0052] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌이고;

[0053] ET는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0054] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

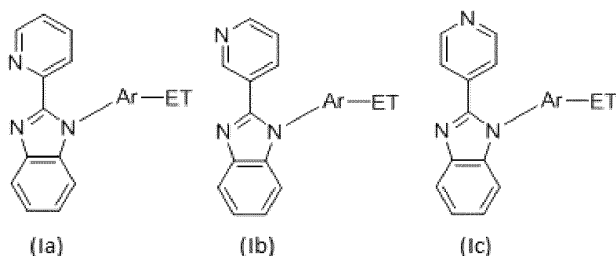
[0055] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은:

[0056] (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)-다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로부터 선택되며, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0057] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0058] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0059] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



[0060]

[0061] 상기 식에서,

[0062] Ar은 비치환된 아릴렌:

[0063] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일; 또는

[0064] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌:

[0065] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-2,7-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, 카르바졸렌-3,6-다이일, 카르바졸렌-2,7-다이일, p-테페닐-4,4'-다이일, p-테페닐-3,3'-다이일, p-테페닐-2,2'-다이일, m-테페닐-4,4'-다이일, m-테페닐-3,3'-다이일, m-테페닐-2,2'-다이일, o-테페닐-4,4'-다이일, o-테페닐-3,3'-다이일, o-테페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일이고;

[0066] 여기서, 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌의 치환기는 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 12개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 5개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기로 이루어진 군으로부터 선택되고;

[0067] ET는 - 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 비치환된 헤테로아릴기이며, 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페틸렌-2-일, 페틸렌-3-일, 트리페닐렌-1-일, 트리페닐렌-2-일, 벤조[f]테트라렌-4-일, 벤조[e]피렌-4-일, 사이클로펜타[cd]플루오란텐-6-일, 벤조[f]테트라렌-10-일, 벤조[e]피렌-3-일, 크리센-1-일, 루비센-5-일, 루비센-6-일, 플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-9-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-10-일, 벤조[k]테트라렌-1-일, 벤조[k]테트라렌-3-일, 벤조[k]테트라렌-4-일, 벤조[k]테트라렌-7-일, 코로넨-1-일, 다이벤조[ghi,mno]플루오란텐-1-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는

[0068] - 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 헤테로아릴기이며; 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페틸렌-2-일, 페틸렌-3-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일, 플루오렌-2-일, 플루오렌-3-일로 이루어진 군으로부터 선택되고;

[0069] 치환된 아릴기 또는 헤테로아릴기의 치환기는 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐 기로 이루어진 군으로부터 선택된다.

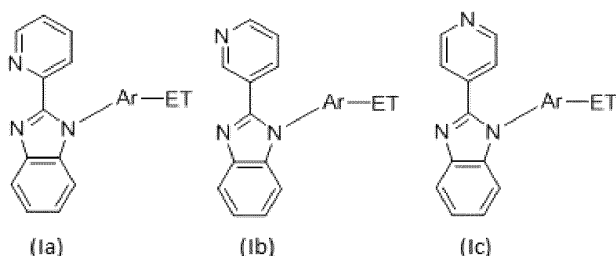
[0070] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0071] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0072] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0073] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0074] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고;



[0075]

[0076] 상기 식에서,

[0077] Ar은 m-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, p-테페닐-3,3'-다이일, m-테페닐-4,4'-다이일, m-테페닐-3,3'-다이일, m-테페닐-2,2'-다이일, o-테페닐-4,4'-다이일, o-테페닐-3,3'-다이일, o-테페닐-2,2'-다이일; 또는 나프탈렌-2,6-다이일이고;

[0078] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형

성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

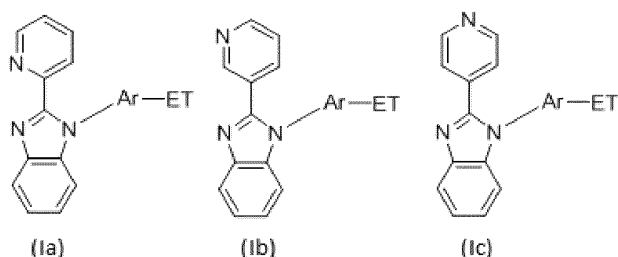
[0079] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0080] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0081] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0082] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0083] - 상기 제2 전자 수송층은 화학식 Ia, Ib 또는 Ic를 가진 매트릭스 화합물로 구성되고:



[0084]

[0085] 상기 식에서,

[0086] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이며;

[0087] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

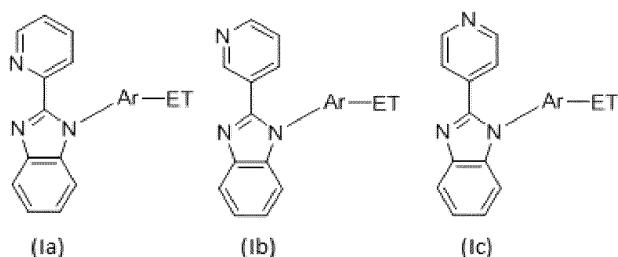
[0088] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 3개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층, 제2 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0089] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0090] - 적어도 제1 전자 수송층, 바람직하게는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0091] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0092] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



[0093]

[0094] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0095] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형

성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

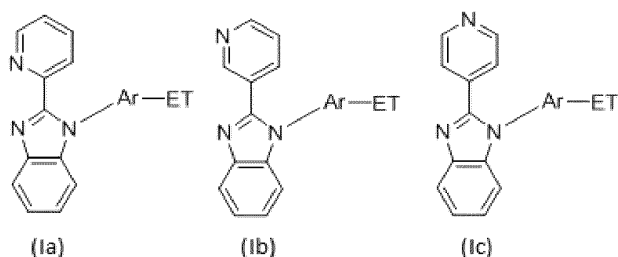
[0096] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 3개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층, 제2 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0097] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0098] - 적어도 제1 전자 수송층, 바람직하게는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0099] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0100] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



[0101]

[0102] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌이고;

[0103] ET는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

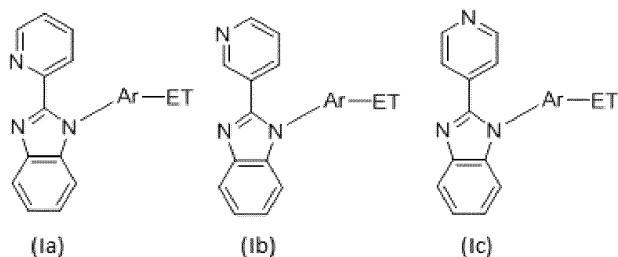
[0104] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0105] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,

[0106] - 제1 전자 수송층은 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하며, 리튬 할라이드가 없고;

[0107] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 여기서,

[0108] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



[0109]

[0110] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0111] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0112] 다양한 양태들에 따르면, 상기 언급된 바와 같은 유기 발광 다이오드는 바람직하게는 2 내지 4개의 전자 수송층, 보다 바람직하게는 2개의 전자 수송층 또는 3개의 전자 수송층을 가진 전자 수송층 스택을 포함할 수

있다.

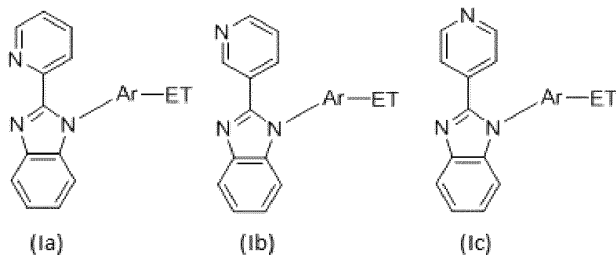
[0113] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 3개 이상의 전자 수송층들, 바람직하게는 3개의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층, 제2 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0114] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하며;

[0115] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 동일하고; 추가적으로,

[0116] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0117] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없고, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함한다:



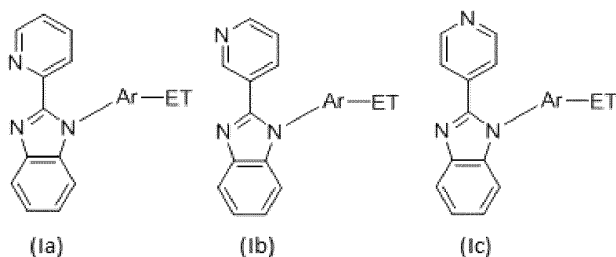
[0118] ,

[0119] OLED의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 및/또는 전자 수송층 스택은 도판트로서 리튬 유기 착화합물만 포함할 수 있다.

[0120] 다양한 양태들에 따르면, 유기 발광 다이오드(OLED)는 2개 이상의 전자 수송층, 예를 들어 2개 또는 3개의 전자 수송층을 함유할 수 있다.

[0121] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들, 바람직하게는 2개의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 포스핀 옥사이드의 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,

[0122] - 제1 전자 수송층의 포스핀 옥사이드 매트릭스 화합물 또는 포스핀 옥사이드 매트릭스 화합물들은 식 Ia, Ib 및 Ic를 가진 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물과 상이하고;



[0123] ; 추가적으로,

[0124] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고;

[0125] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없다.

[0126] 다양한 양태들에 따르면, 상기 언급된 바와 같은 유기 발광 다이오드는 3개의 전자 수송층들을 가진 전자 수송층 스택을 포함할 수 있다.

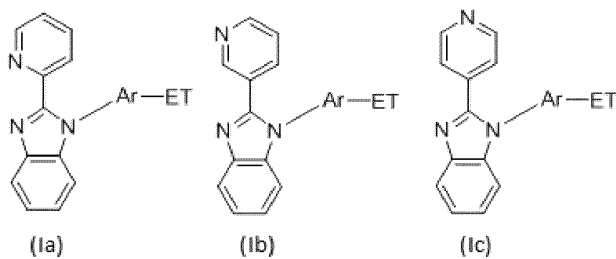
[0127] 다양한 양태들에 따르면, 상기 언급된 바와 같은 유기 발광 다이오드는 전자 주입층을 포함할 수 있으며; 바람직하게는 상기 전자 주입층은 전자 수송층과 캐소드 전극 사이에 배치된다.

[0128] 보다 바람직하게는, 2개의 전자 수송층들을 가진 OLED는 전자 주입층을 포함할 수 있다.

[0129] OLED는 전자 수송층 스택과 캐소드 전극 사이에 배치된 전자 주입층을 포함할 수 있으며, 여기서, 상기 전자 수

송층 스택은 2개의 전자 수송층들로 형성된다.

- [0130] 다양한 양태들에 따르면, 3개의 전자 수송층들을 가진 상기 언급된 바와 같은 유기 발광 다이오드에는 전자 주입층이 없을 수 있다.
- [0131] 일 양태에 따르면, 본 발명은 발광층, 및 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하며, 여기서, 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고,
- [0132] - 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들과 상이하고; 추가적으로,
- [0133] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하며;
- [0134] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없고; 여기서,
- [0135] - 상기 제2 전자 수송층의 하나 이상의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지고:



- [0136] 상기 식에서,
- [0137] 상기 식에서,
- [0138] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;
- [0139] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이고,
- [0140] 상기 유기 발광 다이오드는 전자 주입층을 추가로 포함하며, 바람직하게는 상기 전자 주입층은 전자 수송층과 캐소드 전극 사이에 배치되고, 상기 전자 주입층은:
- [0141] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 리튬 할라이드로 도핑되거나 또는 리튬 유기 착화합물, 바람직하게는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있거나;
- [0142] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속 원소로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있거나;
- [0143] - 금속 할라이드 또는 금속 유기 착화합물, 바람직하게는 LiQ, AlQ3, ZrQ4, KF 또는 LiF로 구성될 수 있으며, 여기서 Q는 8-하이드록시퀴놀레이트이고;
- [0144] - 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 구성될 수 있다.
- [0145] 일 실시형태에 따르면, 전자 주입층은 전자 수송층과 캐소드 전극 사이에 배치되며, 상기 전자 주입층은 약 0.5 nm 이상 내지 약 5 nm 이하의 층 두께를 가지고,
- [0146] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 리튬 할라이드로 도핑되거나 또는 리튬 유기 착화합물, 바람직하게는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있거나;
- [0147] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고, 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는

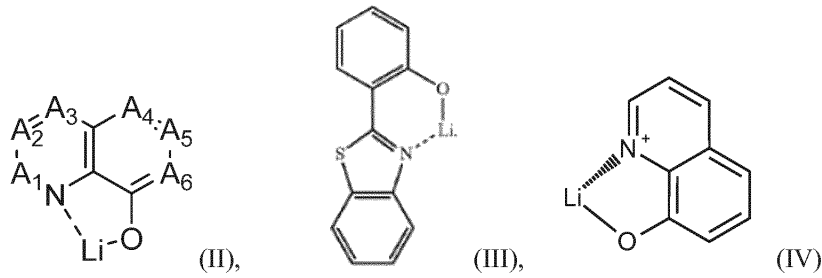
Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속 원소로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있거나;

- [0148] - 금속 할라이드 또는 금속 유기 착화합물, 바람직하게는 LiQ, AlQ3, ZrQ4, KF 또는 LiF로 구성될 수 있으며, 여기서 Q는 8-하이드록시퀴놀레이트이고;
- [0149] - 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 구성될 수 있다.
- [0150] 놀랍게도, 제1 전자 수송층과 캐소드 사이에 제2의 비도핑된(undoped) 전자 수송층을 삽입함으로써, 전압은 감소되었고, 효율 EQE는 증가한 것으로 발견되었다.
- [0151] OLED의 다양한 양태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 전자 수송층, 바람직하게는 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층; 또는 추가의 바람직한 제1 전자 수송층, 제2 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 유사하거나 또는 동일한 에너지 준위를 가질 수 있으며, 보다 바람직하게는 LUMO 수준에서 오프셋(off-set)은 약 0.35 eV 이하이고, 보다 더 바람직하게는 LUMO 수준에서 오프셋은 약 0.2 eV 이하이다.
- [0152] 하기에 정의된 용어와 관련하여, 청구항 또는 본 명세서 다른 부분에서 다른 정의가 주어지지 않는 한, 하기 정의가 적용될 것이다.
- [0153] 본 명세서의 맥락에서, 매트릭스 물질과 관련하여 용어 "상이한" 또는 "상이하다"는, 매트릭스 물질들이 이들의 구조식 측면에서 서로 다름을 의미한다.
- [0154] 본 명세서의 맥락에서, 리튬 화합물과 관련하여 용어 "상이한" 또는 "상이하다"는, 상기 리튬 화합물들이 이들의 구조식 측면에서 서로 다름을 의미한다.
- [0155] EQE라고도 하는 외부 양자 효율은 퍼센트(%)로 측정된다.
- [0156] 출발 휘도와 본래 휘도의 97% 사이에서 LT라고도 하는 수명은 시간(h)으로 측정된다.
- [0157] V라고도 하는 전압은 하부 방출 장치에서 1 제곱센티미터 당 10 밀리암페어(mA/cm^2)에서 볼트(V)로 측정되고, 상부 방출 장치에서는 $15 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 에서 볼트(V)로 측정된다.
- [0158] 색 공간은 CIE-x 및 CIE-y 좌표로 설명된다(International Commission on Illumination 1931). 청색 방출의 경우 CIE-y가 특히 중요하다. CIE-y가 작을수록 더 진한 청색을 나타낸다.
- [0159] HOMO라고도 하는 최고준위 점유 분자 궤도함수(highest occupied molecular orbital) 및 LUMO라고도 하는 최저준위 비점유 분자 궤도함수(lowest unoccupied molecular orbital)는 전자 볼트(eV)로 측정된다.
- [0160] 용어 "OLED"와 "유기 발광 다이오드"는 동시에 사용되고 동일한 의미를 갖는다.
- [0161] 명세서에서 사용된 바와 같이 용어 "전자 수송층 스택"은 2개 이상의 전자 수송층들 또는 3개 이상의 전자 수송층들을 포함한다.
- [0162] 매트릭스 화합물과 관련하여 사용된 바와 같이 용어 "상이한 화합물"은, 상기 매트릭스 화합물이 이의 화학식 측면에서 다른 매트릭스 화합물과 서로 다름을 의미한다.
- [0163] 본 명세서에서 사용되는 "중량 퍼센트", "wt%", "중량에 대한 퍼센트", "중량%" 및 이들의 변형은, 조성물, 성분, 물질 또는 제제에 대한 것으로서, 각각 전자 수송층의 성분, 물질 또는 제제의 중량을 각각 전자 수송층의 총 중량으로 나눈 값에 100을 곱한 값을 의미한다. 각각의 전자 수송층의 모든 성분, 물질 및 제제의 총 중량%는 100 중량%를 초과하지 않는다.
- [0164] 모든 숫자 값은 명시적으로 표시되었는지 여부에 관계없이, "약"이라는 용어로 수식된 것으로 가정한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 "약"은 발생할 수 있는 수치적 양의 변화를 나타낸다. "약"이라는 용어로 수식되었는지 여부에 관계없이, 청구항은 그 양과 균등한 양을 포함한다.
- [0165] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 사용된 바와 같이, 단수 형태 "a", "an" 및 "the"는 내용이 명확하게 달리 지시하지 않는 한 복수 대상을 포함한다는 것으로 해석되어야 한다.
- [0166] 용어 "없음", "함유하지 않음", "포함하지 않음"은 불순물을 배제하지 않는다. 불순물은 본 발명에 의해 달성

되는 목적과 관련하여 기술적 효과가 없다.

- [0167] 용어 "알킬"은 직쇄 또는 분지형 알킬기를 나타낸다. 본 명세서에서 사용된 용어 "탄소수 1개 내지 20개"는 1개 내지 20개의 탄소 원자를 갖는 직쇄 또는 분지형 알킬기를 나타낸다. 알킬기는 메틸, 에틸 및 프로필, 부틸 또는 펜틸의 이성질체, 예를 들어, 이소프로필, 이소부틸, tert-부틸, sec-부틸 및/또는 이소펜틸을 포함하는 군으로부터 선택될 수 있다. 용어 "아릴"은 방향족 기, 예를 들어, 페닐 또는 나프틸을 의미한다.
- [0168] 여기서, 제1 구성이 제2 구성 "상에" 형성 또는 배치되는 것으로 언급될 때, 제1 구성은 제2 구성 상에 직접 배치될 수 있거나, 하나 이상의 다른 구성이 그 사이에 배치될 수 있다. 제1 구성이 제2 구성 "상에 직접적으로" 형성되거나 배치되는 것으로 언급될 때, 그 사이에는 다른 구성이 배치되지 않는다.
- [0169] OLED의 다양한 양태들에 따르면, 전자 수송층 및/또는 전자 수송층 스택에는 금속 원소가 없다.
- [0170] OLED의 다양한 양태들에 따르면, 전자 수송층 스택은 하나 이상의 전자 수송층, 바람직하게는 제2 전자 수송층을 함유할 수 있으며, 이 전자 수송층에는 금속염 및/또는 금속 유기 착화합물이 없다.
- [0171] OLED의 다양한 양태들에 따르면, 전자 수송층 스택은 하나 이상의 전자 수송층, 바람직하게는 제2 전자 수송층을 함유하며, 이 전자 수송층에는 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 리튬 화합물이 없다.
- [0172] 전자 수송층 또는 전자 수송층들에 도판트, 금속염 및/또는 금속 유기 착화합물이 없다는 맥락에서, 용어 "이 없는"은, 소위 "프리 오프(free off)" 전자 수송층 또는 전자 수송층들이 도판트, 금속염 및/또는 금속 유기 착화합물을 약 5 중량% 이하, 바람직하게는 약 0.5 중량% 이하, 보다 바람직하게는 약 0.05 중량% 이하, 보다 더 바람직하게는 도판트, 금속염 및/또는 금속 유기 착화합물을 약 0.005 중량% 이하로 포함할 수 있고, 가장 바람직하게는 도판트, 금속염 및/또는 금속 유기 착화합물이 없음을 의미한다.
- [0173] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명은 유기 발광 다이오드가 전하 발생층(CGL)을 함유하지 않을 수 있는 유기 발광 다이오드를 제공한다.
- [0174] 다양한 양태들에 따르면, 2개의 전자 수송층들 또는 3개의 전자 수송층들을 포함하는 OLED에 있어서, 상기 OLED는 하나 이상의 전자 주입층을 함유할 수 있다.
- [0175] 다양한 양태들에 따르면, 2개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택에 있어서, 제1 전자 수송층은 발광층에 가장 근접하게 배치되고, 제2 전자 수송층은 캐소드에 가장 근접하게 배치된다.
- [0176] 다양한 양태들에 따르면, 3개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택에 있어서, 제1 전자 수송층은 발광층에 가장 근접하게 배치되며, 제2 전자 층은 상기 제1 전자 수송층과 제3 전자 수송층 사이에 개재되고, 상기 제3 전자 수송층은 캐소드에 가장 근접하게 배치된다.
- [0177] 유기 발광 다이오드는 하부 방출 OLED 또는 상부 방출 OLED일 수 있다.
- [0178] 도판트
- [0179] 다양한 양태들에 따르면, 리튬 할라이드 도판트는 LiF, LiCl, LiBr 또는 LiI로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있고, 바람직하게는 LiF일 수 있다.
- [0180] 다양한 양태들에 따르면, 리튬 화합물의 도판트는 리튬 유기 착화합물일 수 있고, 바람직하게는 리튬 화합물의 도판트는 리튬 퀴놀레이트, 리튬 보레이트, 리튬 페놀레이트, 리튬 피리딘올레이트 또는 리튬 시프 염기 및 리튬 플루오라이드, 바람직하게는 리튬 2-(다이페닐포스포릴)-페놀레이트, 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트, 식 (IV)의 리튬 퀴놀레이트, 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트 및 LiF로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있고, 보다 바람직하게는 리튬 2-(다이페닐포스포릴)-페놀레이트, 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트, 식 (IV)의 리튬 퀴놀레이트 및 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0181] 보다 바람직하게는, 리튬 유기 착화합물은 리튬 퀴놀레이트, 리튬 보레이트, 리튬 페놀레이트, 리튬 피리딘올레이트 또는 리튬 시프 염기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며; 바람직하게는
- [0182] - 리튬 유기 착화합물은 리튬 퀴놀레이트, 리튬 보레이트, 리튬 페놀레이트, 리튬 피리딘올레이트 또는 리튬 시프 염기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며;

[0183] - 바람직하게는 리튬 퀴놀레이트는 식 II, 식 III 또는 식 IV를 가지며:



[0184]

[0185] 상기 식에서,

[0186] A₁ 내지 A₆은 동일하거나, 또는 독립적으로 CH, CR, N 또는 O로부터 선택되고;

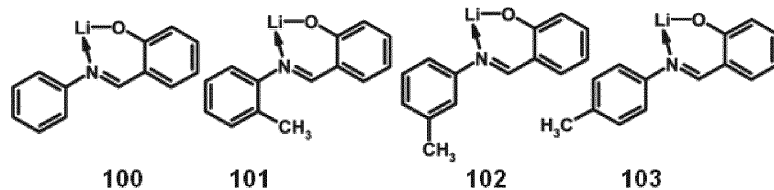
[0187] R은 동일하거나, 또는 독립적으로 수소, 할로젠, 탄소수 1개 내지 20개의 알킬 또는 아릴 또는 헤테로아릴로부터 선택되고; 보다 바람직하게는 A₁ 내지 A₆은 CH이며;

[0188] - 바람직하게는, 리튬 보레이트는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트이며;

[0189] - 바람직하게는, 리튬 페놀레이트는 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트, 리튬 2-(다이페닐포스포릴)-페놀레이트, 리튬 이미다졸 페놀레이트 또는 리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트이고, 보다 바람직하게는 리튬 2-(1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸-2-일)페놀레이트 또는 리튬 2-(벤조[d]옥사졸-2-일)페놀레이트이며;

[0190] - 바람직하게는, 리튬 피리디놀레이트는 리튬 2-(다이페닐포스포릴)피리딘-3-올레이트이고,

[0191] - 바람직하게는, 리튬 시프 염기는 하기 구조 100, 구조 101, 구조 102 또는 구조 103을 가진다:



[0192]

[0193] 적합하게 사용될 수 있는 퀴놀레이트는 WO 2013079217 A1에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

[0194] 본 발명의 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태에 따르면, 리튬 유기 착화합물의 유기 리간드는 보레이트계 유기 리간드일 수 있고, 바람직하게는 리튬 유기 착화합물은 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트이다. 적합하게 사용될 수 있는 보레이트계 유기 리간드는 WO 2013079676 A1에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

[0195] 본 발명의 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태에 따르면, 리튬 유기 착화합물의 유기 리간드는 페놀레이트계 리간드일 수 있고, 바람직하게는 리튬 유기 착화합물은 리튬 2-(다이페닐포스포릴)페놀레이트이다. 적합하게 사용될 수 있는 페놀레이트계 리간드는 WO 2013079678 A1에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

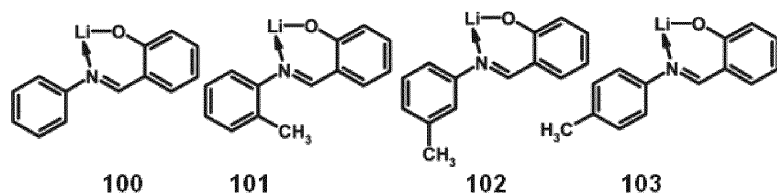
[0196] 나아가, 페놀레이트 리간드는 피리디놀레이트, 바람직하게는 2-(디페닐포스포릴)피리딘-3-올레이트를 포함하는 군으로부터 선택될 수 있다. 적합하게 사용될 수 있는 피리딘 페놀레이트 리간드는 JP 2008195623에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

[0197] 추가적으로, 페놀레이트 리간드는 이미다졸 페놀레이트, 바람직하게는 2-(1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸-2-일)페놀레이트를 포함하는 군으로부터 선택될 수 있다. 적합하게 사용될 수 있는 이미다졸 페놀레이트 리간드는 JP 2001291593에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

[0198] 또한, 페놀레이트 리간드는 옥사졸 페놀레이트, 바람직하게는 2-(벤조[d]옥사졸-2-일)페놀레이트를 포함하는 군으로부터 선택될 수 있다. 적합하게 사용될 수 있는 옥사졸 페놀레이트 리간드는 US 20030165711에 개시되어 있고, 이는 원용에 의해 포함된다.

[0199] 리튬 쉬프(Schiff) 염기 금속 유기 착화합물이 사용될 수 있다. 적합하게 사용될 수 있는 리튬 쉬프 염기 금속

유기 착화합물은 하기 구조 100, 구조 101, 구조 102, 또는 구조 103을 가진다:



[0200]

[0201]

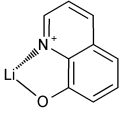
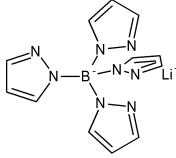
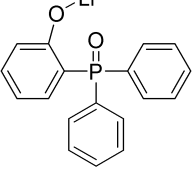
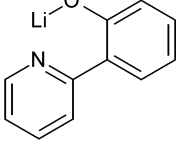
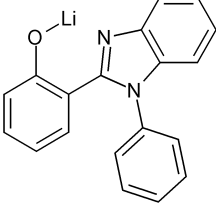
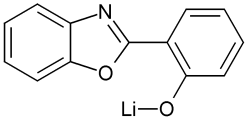
제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층에 사용될 수 있는 리튬 유기 착화합물의 형성에 적합한 유기 리간드는 예를 들어 US 2014/0048792 및 Kathirgamanathan, Poopathy; Arkley, Vincent; Surendrakumar, Sivagnanasundram; Chan, Yun F.; Ravichandran, Seenivasagam; Ganeshamurugan, Subramaniam; Kumaravel, Muttulingam; Antipan-Lara, Juan; Paramaswara, Gnanamolly; Reddy, Vanga R., Digest of Technical Papers - Society for Information 디스플레이 International Symposium (2010), 41(Bk. 1), 465-468에 개시되어 있고, 이들은 원용에 의해 포함된다.

[0202]

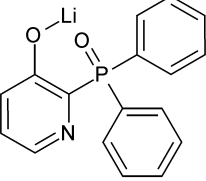
전자 수송층에 가장 바람직하게 사용될 수 있는 적합한 리튬 유기 착화합물의 형성에 적합한 리튬 유기 착화합물은 하기 표 1에 요약되어 있다.

표 1

적합하게 사용될 수 있는 리튬 유기 착화합물

	IUPAC 명칭	구조	참조
LiQ	리튬 8-하이드록시퀴놀레이트		WO 2013079217 A1
Li-1	리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트		WO 2013079676 A1
Li-2	리튬 2-(다이페닐-포스포릴)페놀레이트		WO 2013079678A1
Li-3	리튬 2-(피리딘-2-일)페놀레이트		JP2 008195623
Li-4	리튬 2-(1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸-2-일)페놀레이트		JP 2001291593
Li-5	리튬 2-(벤조[d]옥사졸-2-일)페놀레이트		US 20030165711

[0203]

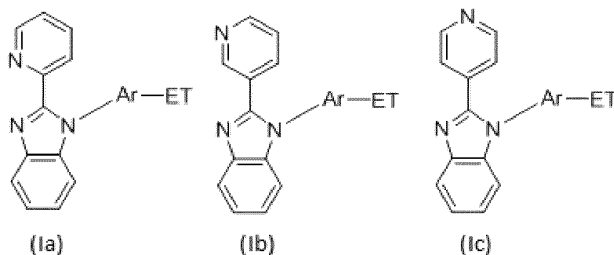
	IUPAC 명칭	구조	참조
Li-6	리튬 2-(다이페닐-포스포릴)피리딘-3-올레이트		EP 2724388

[0204]

[0205]

유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,

- [0206] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 또한 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는
- [0207] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 각각 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 또한 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하로 포함할 수 있으며,
- [0208] 리튬 할라이드 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 상응하는 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0209] 매트릭스 화합물
- [0210] 본 발명의 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 전자 수송층 또는 전자 수송층들은 각각 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있다.
- [0211] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있다.
- [0212] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층은 서로 독립적으로 1개, 2개, 3개 또는 그 이상의 매트릭스 화합물, 바람직하게는 1개의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있으며; 이로써, 매트릭스 화합물 또는 매트릭스 화합물들은 동일하거나 또는 상이하게 선택된다.
- [0213] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면, 제2 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물로 구성될 수 있다.
- [0214] 다양한 실시형태들에 따르면, 유기 발광 다이오드(OLED)는 2개 이상의 전자 수송층들 또는 3개 이상의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택을 포함할 수 있으며, 각각의 전자 수송층은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고, 이로써, 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물 및 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 동일하거나 또는 상이하도록 선택되고; 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 제1 전자 수송층과 상이하거나, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층과 상이하거나, 또는 다른 모든 전자 수송층(들)과 상이하며, 이로써 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가지며:



- [0215]
- [0216] 상기 식에서,
- [0217] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;
- [0218] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.
- [0219] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제2 전자 수송층을 제외하고, 매트릭스 화합물은
- [0220] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 안트라센 화합물, 바람직하게는 9,10-다이(2-나프틸)안트라센 및/또는 3-[3'-(10-페닐-9-안트라세닐)[1,1'-비페닐]-4-일]-퀴놀린;
- [0221] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 벤즈이미다졸 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸 및/또는 1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸;
- [0222] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-

2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드;

[0223] - 아릴기 또는 헤테로아릴기로 치환된 페난트롤린 화합물, 바람직하게는 2,4,7,9-테트라페닐-1,10-페난트롤린, 4,7-다이페닐-2,9-다이-p-톨릴-1,10-페난트롤린, 2,9-다이(비페닐-4-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린 및/또는 3,8-비스(6-페닐-2-피리디닐)-1,10-페난트롤린;

[0224] - 아릴기 또는 헤테로아릴기로 치환된 퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 9-페닐-9'-(4-페닐-2-퀴나졸리닐)-3,3'-비-9H-카르바졸;

[0225] - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 벤조[h]퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 4-(2-나프탈레닐)-2-[4-(3-퀴놀리닐)페닐]-벤조[h]퀴나졸린;

[0226] - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 피리도[3,2-h]퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 4-(나프탈렌-1-일)-2,7,9-트리페닐피리도[3,2-h]퀴나졸린;

[0227] - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 트리아진 화합물, 바람직하게는 4,4'-비스(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)비페닐, 3-[4-(4,6-다이-2-나프탈레닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]퀴놀린 및/또는 2-[3-(6'-메틸[2,2'-비피리딘]-5-일)-5-(9-페난트레닐)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진, 및/또는

[0228] - 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 아크리딘 화합물, 바람직하게는 7-(나프탈렌-2-일)다이벤조[c,h]아크리딘

[0229] 으로부터 선택될 수 있다.

[0230] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제2 전자 수송층을 제외하고, 전자 수송층용 매트릭스 화합물은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐 포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로부터 선택될 수 있다.

[0231] 또 다른 양태에 따르면, OLED는

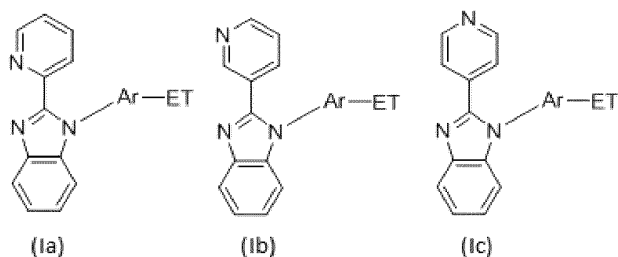
[0232] - 제1 전자 수송층으로서,

[0233] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드 및/또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드; 및/또는

[0234] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 벤즈이미다졸 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸 및/또는 1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸

[0235] 로 이루어진 군 으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 제1 전자 수송층;

[0236] - 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 매트릭스 물질을 포함하는 제2 전자 수송층:



[0237]

[0238] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0239] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기임;

[0240] - 선택적인 제3 전자 수송층으로서,

[0241] - 아릴 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드, 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드 및/또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드; 및/또는

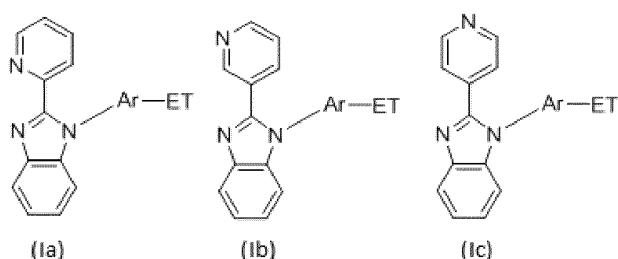
[0242] - 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 벤즈이미다졸 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸 및/또는 1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸

[0243] 로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 선택적인 제3 전자 수송층

[0244] 을 포함할 수 있으며; 이로써,

[0245] 제2 전자 수송층의 매트릭스 물질은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질과 상이하게 선택된다.

[0246] OLED의 또 다른 실시형태에 따르면, 제2 전자 수송층은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함하며:



[0247]

[0248] 상기 식에서,

[0249] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0250] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 14 내지 26개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 14 내지 22개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형

성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0251] 제2 전자 수송층의 또 다른 양태에 따르면, 식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 Ar은

[0252] 비치환된 아릴렌:

[0253] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일; 또는

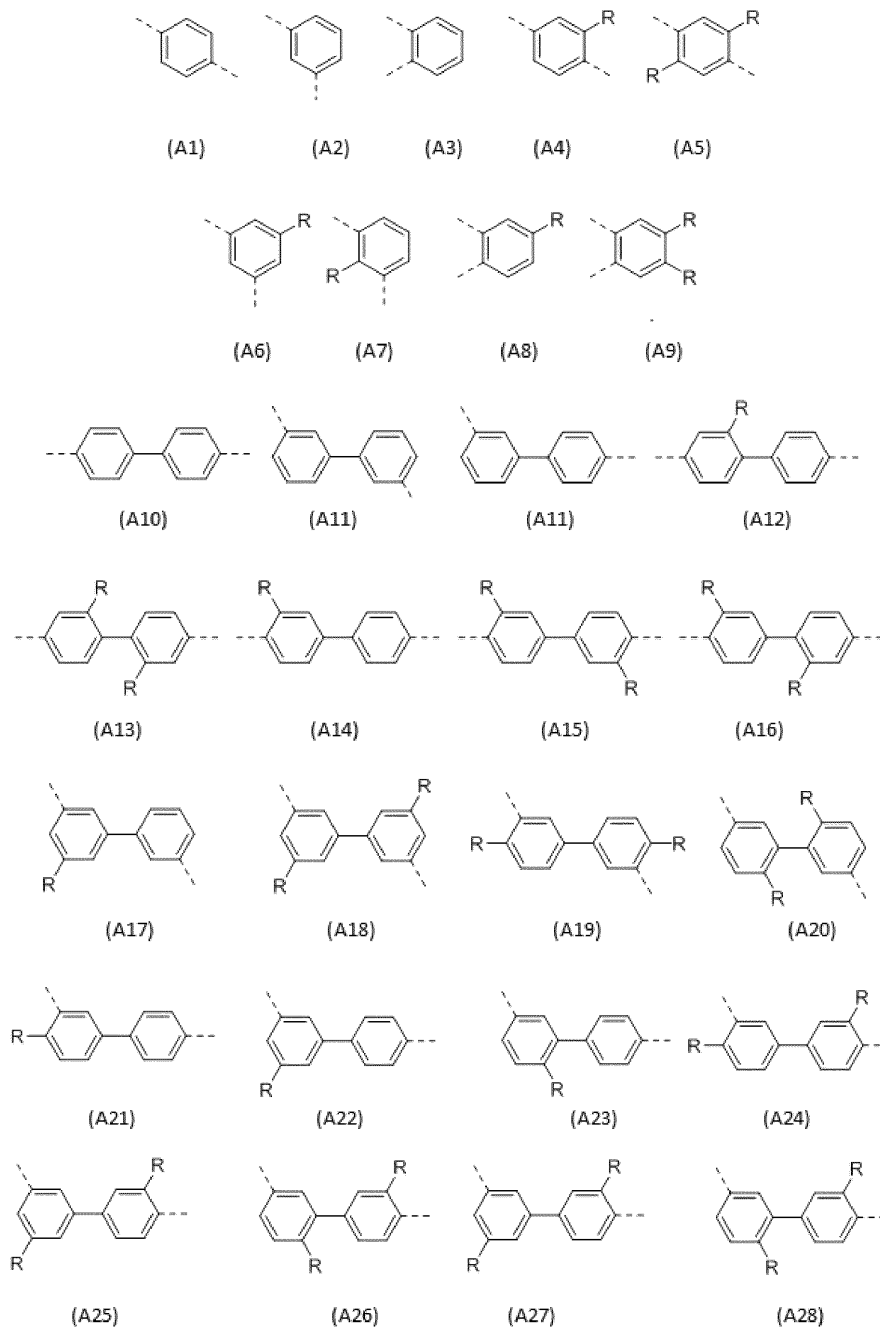
[0254] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌:

[0255] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-2,7-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, 카르바졸-3,6-다이일, 카르바졸-2,7-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일

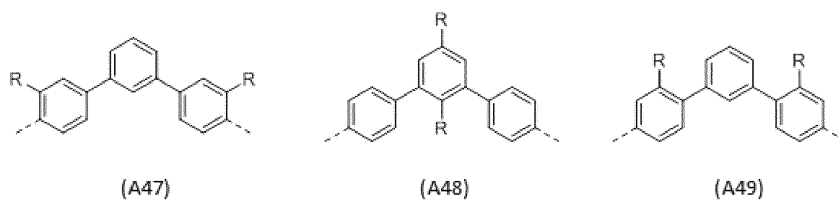
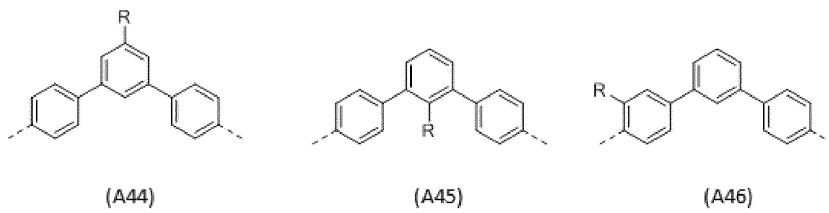
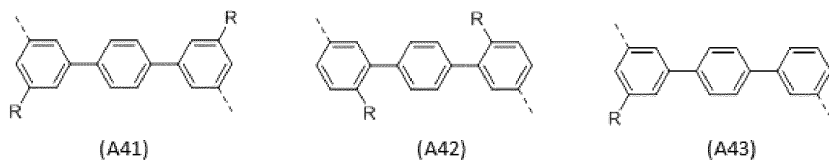
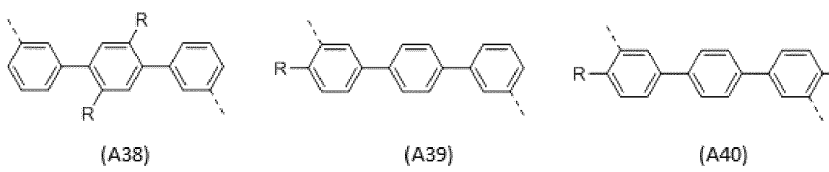
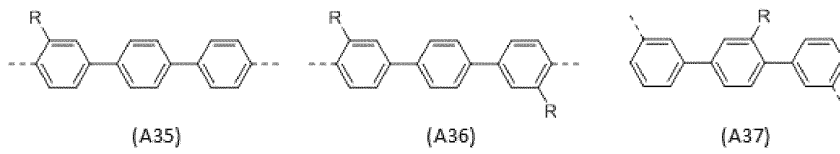
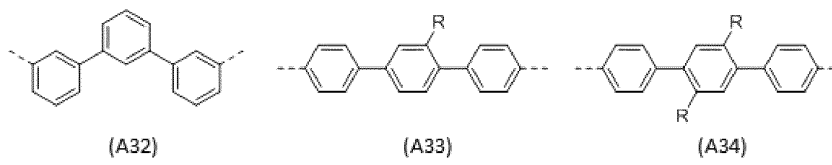
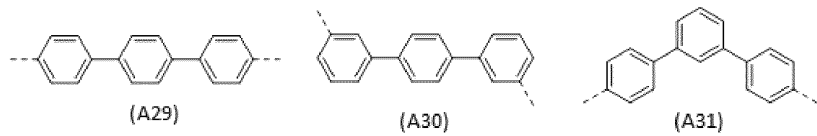
[0256] 로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있고,

[0257] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌의 치환기는 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 12개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 5개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기로 이루어진 군으로부터 선택된다.

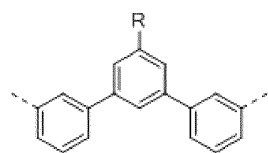
[0258] 제2 전자 수송층의 또 다른 양태에 따르면, 식 Ia, Ib 및 Ic의 Ar은 A1 내지 A69로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며:



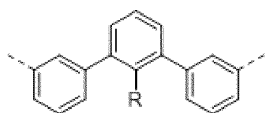
[0259]



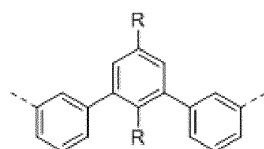
[0260]



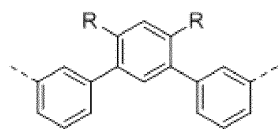
(A50)



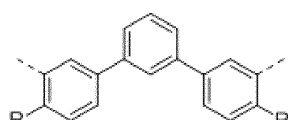
(A51)



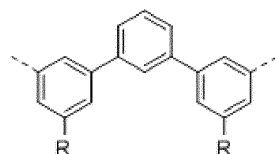
(A52)



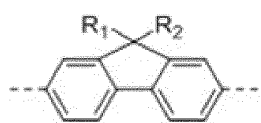
(A53)



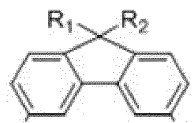
(A54)



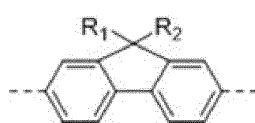
(A55)



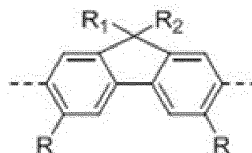
(A56)



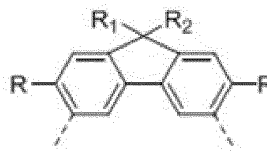
(A57)



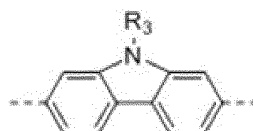
(A58)



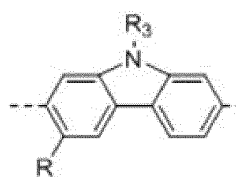
(A59)



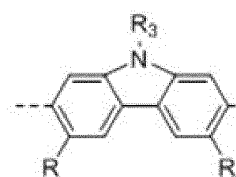
(A60)



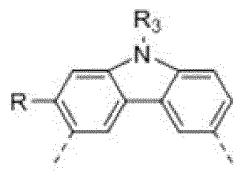
(A61)



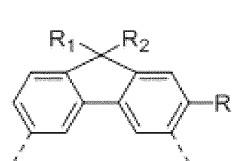
(A62)



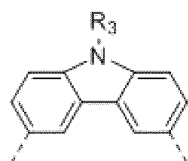
(A63)



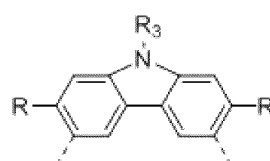
(A64)



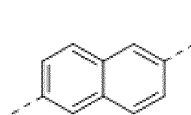
(A65)



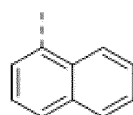
(A66)



(A67)



(A68)



(A69)

[0261]

[0262]

[0263]

[0264]

[0265]

여기서,

R은 H, R1, R2 또는 R3이고;

R1, R2 및 R3은 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는

환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로부터 선택될 수 있다.

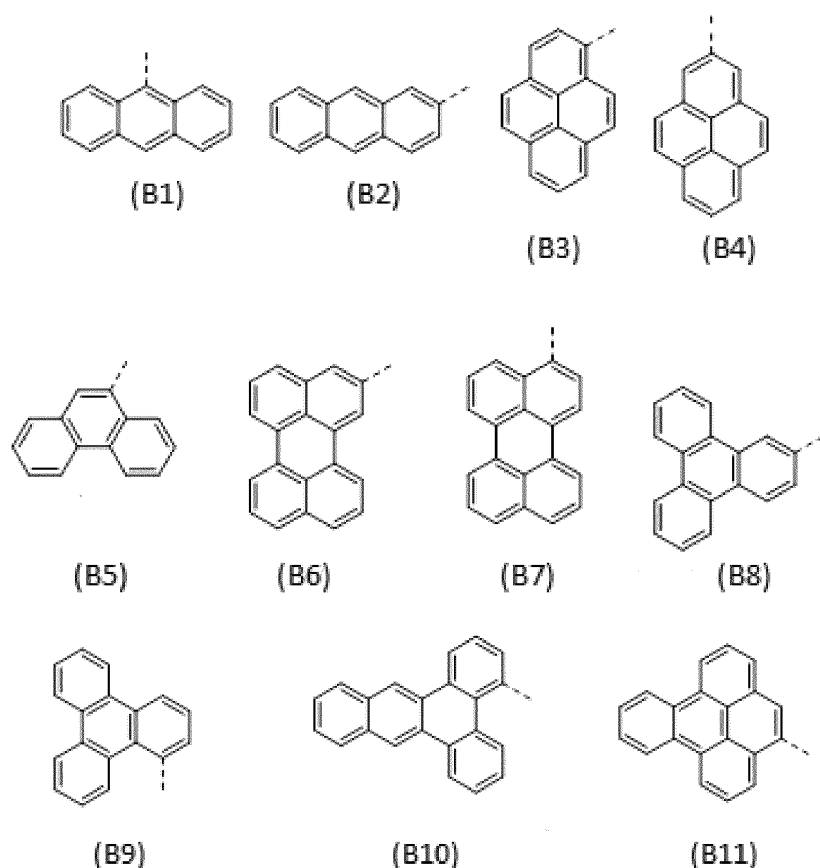
[0266] 제2 전자 수송층의 또 다른 양태에 따르면, 식 Ia, Ib 및 Ic의 ET는

[0267] - 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 비치환된 헤테로아릴기를 포함하는 군으로부터 선택될 수 있으며, 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 트리페닐렌-1-일, 트리페닐렌-2-일, 벤조[f]테트라렌-4-일, 벤조[e]피렌-4-일, 사이클로펜타[cd]플루오란텐-6-일, 벤조[f]테트라렌-10-일, 벤조[e]피렌-3-일, 크리센-1-일, 루비센-5-일, 루비센-6-일, 플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-9-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-10-일, 벤조[k]테트라렌-1-일, 벤조[k]테트라렌-3-일, 벤조[k]테트라렌-4-일, 벤조[k]테트라렌-7-일, 코로넨-1-일, 다이벤조[ghi,mno]플루오란텐-1-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는

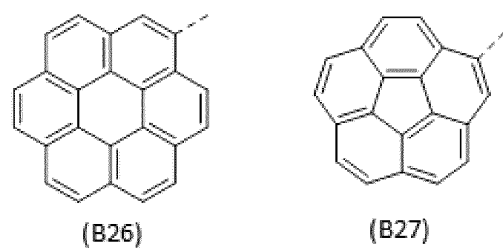
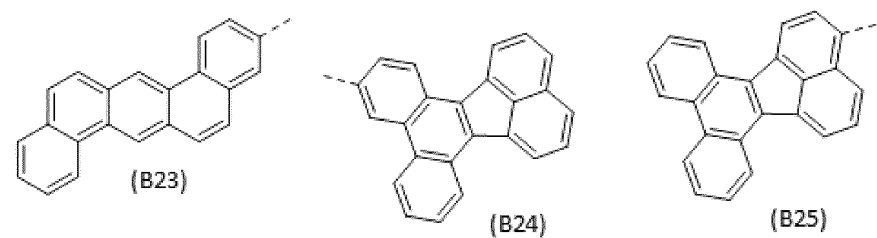
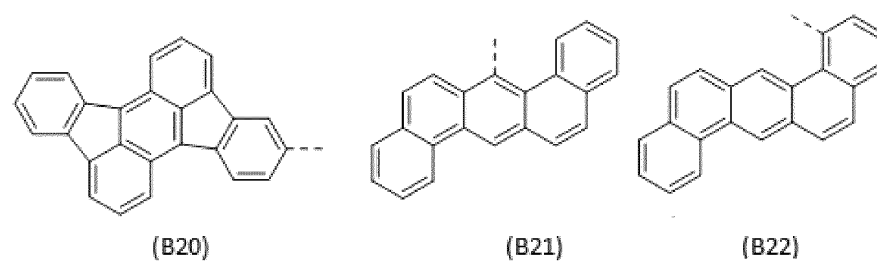
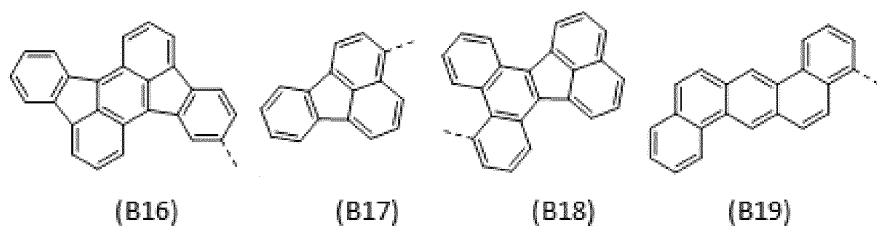
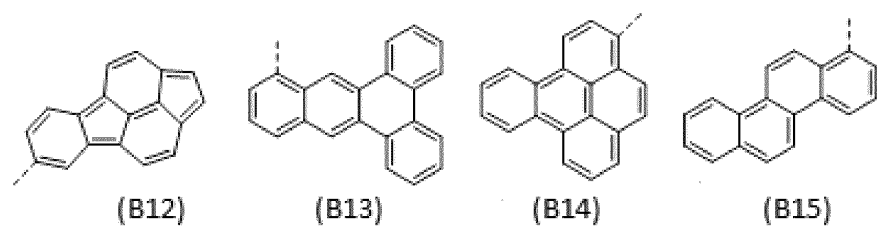
[0268] - 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며; 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일, 플루오렌-2-일, 플루오렌-3-일로 이루어진 군으로부터 선택되고,

[0269] 치환된 아릴기 또는 헤테로아릴기의 치환기는 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 or 9,9'-스칸테닐로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

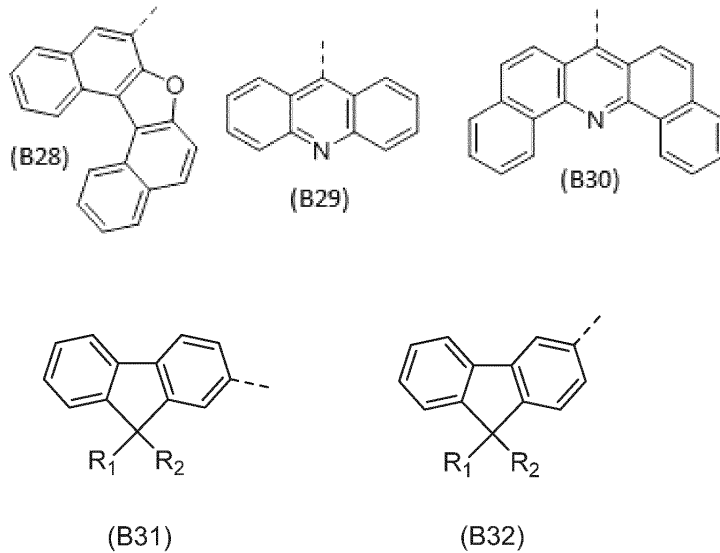
[0270] 제2 전자 수송층의 또 다른 양태에 따르면, 식 Ia, Ib 및 Ic의 ET는 B1 내지 B32로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며:



[0271]



[0272]



[0273]

[0274]

여기서,

[0275]

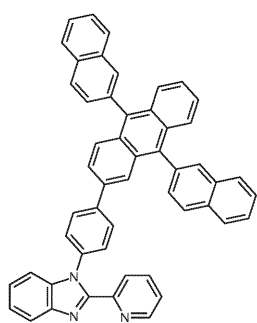
R1 및 R2는 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로부터 선택된다.

[0276]

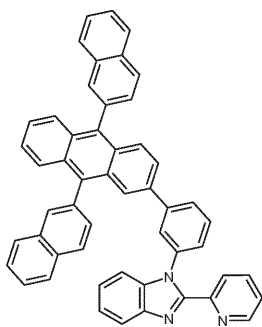
또 다른 양태에 따르면, 식 B1 내지 B32의 ET 치환기는 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐로부터 선택될 수 있다.

[0277]

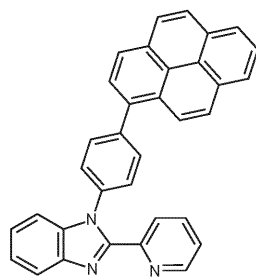
또 다른 양태에 따르면, OLED의 제2 전자 수송층은 하기로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함하며, 바람직하게는 매트릭스 물질로 구성된다:



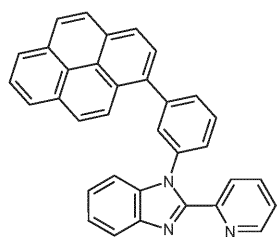
MX 27



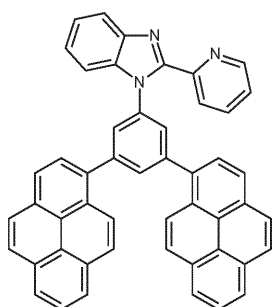
MX 28



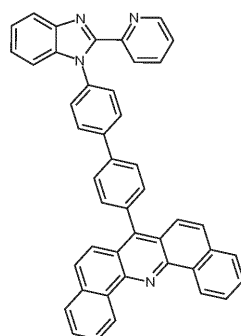
MX 29



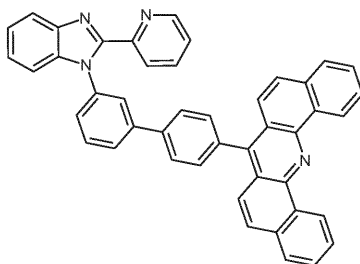
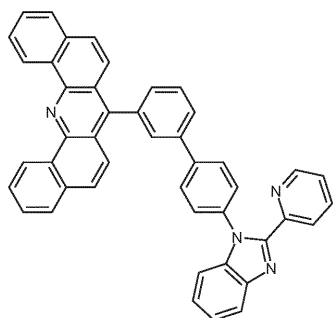
MX 30



MX 31

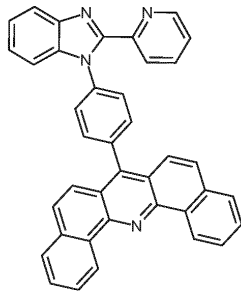


MX 32

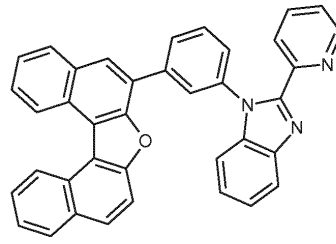
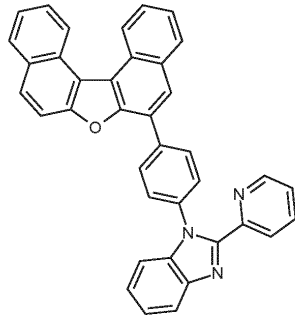


[0278]

MX 33



MX 34



MX 35

MX 36

MX 37

[0279]

[0280]

또 다른 양태에 따르면, OLED는

[0281]

- 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 제1 전자 수송층;

[0282]

- 식 1a, 1b 및/또는 1c를 가진 매트릭스 물질을 포함하는 제2 전자 수송층(162);

[0283]

- 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸, 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 선택적인 제3 전자 수송층(163)

[0284]

을 포함할 수 있으며,

[0285]

이로써, 제2 전자 수송층의 매트릭스 물질은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질과 상이하게 선택된다.

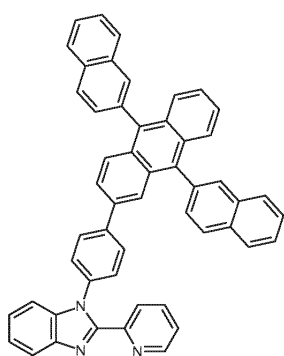
[0286]

또 다른 양태에 따르면, OLED는

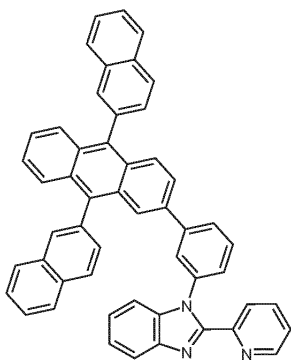
[0287]

- 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 제1 전자 수송층;

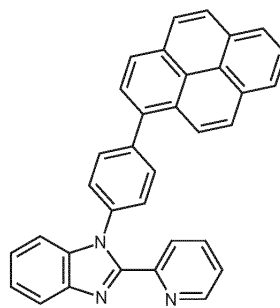
[0288] - 하기의 매트릭스 물질들로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 제2 전자 수송층:



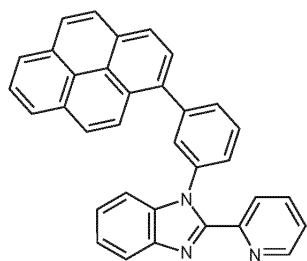
MX 27



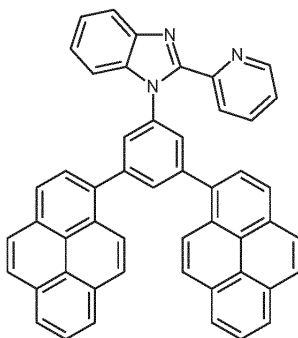
MX 28



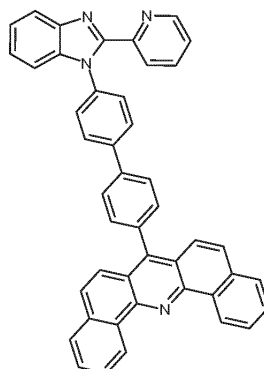
MX 29



MX 30

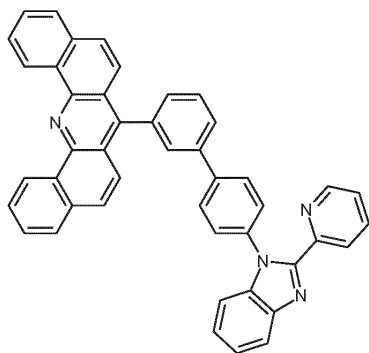


MX 31

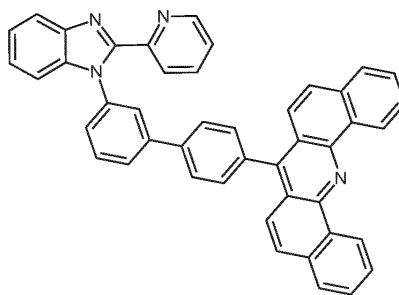


MX 32

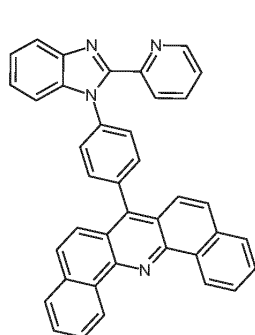
[0289]



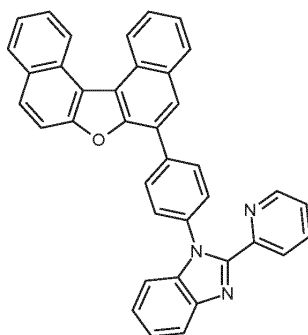
MX 33



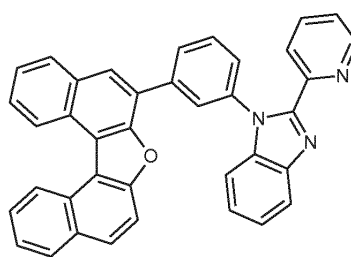
MX 34



MX 35



MX 36



MX 37;

[0290]

[0291]

- 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸, 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 물질을 포함하는 선택적인 제3 전자 수송층

[0292]

을 포함할 수 있으며;

[0293]

이로써, 제2 전자 수송층의 매트릭스 물질은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질과 상이하게 선택된다.

[0294]

또 다른 양태에 따르면, 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드일 수 있고, 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 4,7-다이페닐-2,9-다이-p-톨릴-1,10-페난트롤린 및/또는 4-(나프탈렌-1-일)-2,7,9-트리페닐피리도[3,2-h]퀴나졸린 및/또는 4,4'-비스(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)비페닐 및/또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드일 수 있다.

[0295]

또 다른 양태에 따르면, 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 하나의 매트릭스 화합물 및 하나의 도판트로 구성될 수 있고, 제2 전자 수송층은 식 Ia, Ib 및/또는 Ic에 따른 하나의 매트릭스 화합물로 구성될 수 있다.

[0296]

또 다른 양태에 따르면, 제1 전자 수송층은 하나의 매트릭스 화합물 및 하나의 도판트로 구성될 수 있고, 제2 전자 수송층은 식 Ia, Ib 및/또는 Ic에 따른 하나의 매트릭스 화합물로 구성될 수 있다.

[0297]

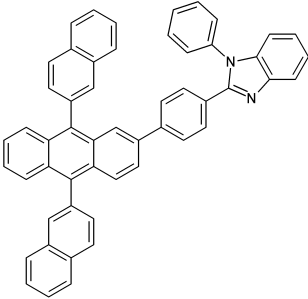
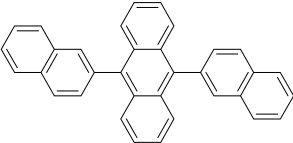
또 다른 양태에 따르면, 제2 전자 수송층은 식 Ia, Ib 및/또는 Ic에 따른 하나의 매트릭스 화합물로 구성될 수 있다.

[0298]

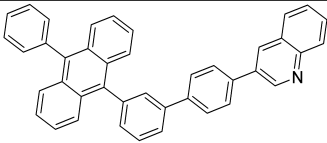
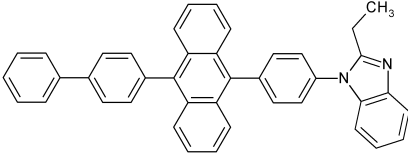
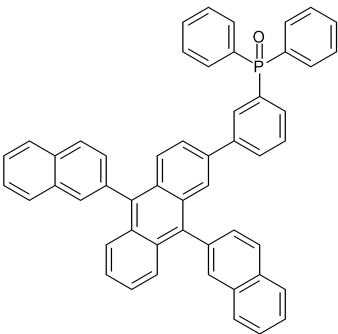
제2 전자 수송층을 제외한 전자 수송층에 사용하기에 적합할 수 있는 매트릭스 화합물은 하기 표 2에 요약되어 있다.

표 2

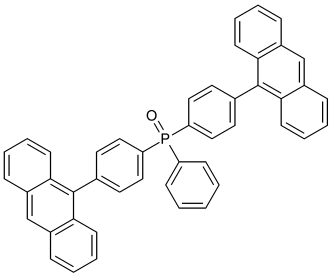
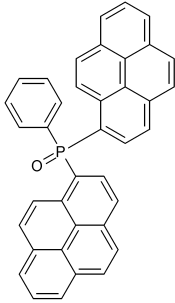
제 2 전자 수송층을 제외한, 적합하게 사용될 수 있는 매트릭스 화합물의 화학적 구조.

화합물	명칭	구조	참조
MX 1	2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸		US 6878469
MX 2	9,10-다이(2-나프틸)안트라센		US5935721

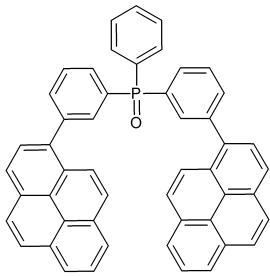
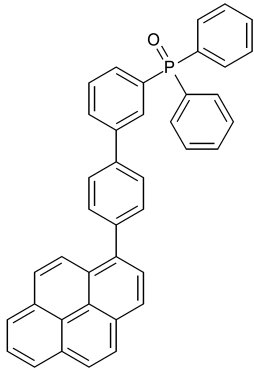
[0299]

화합물	명칭	구조	참조
MX 3	3-[3'-(10-페닐-9-안트라세닐)[1,1'-비페닐]-4-일]-퀴놀린		KR2011018195
MX 4	1-(4-(10-([1,1'-비페닐]-4-일)안트라센-9-일)페닐)-2-에틸-1H-벤조[d]이미다졸		W02010134352
MX 5	(3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드		EP13187905.8

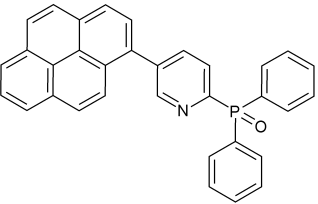
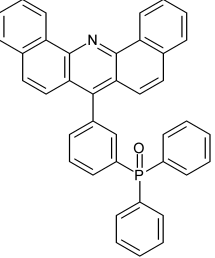
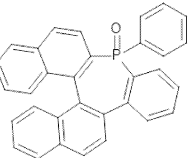
[0300]

화합물	명칭	구조	참조
MX 6	비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드		EP13187905.8
MX 7	페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드		JP4876333

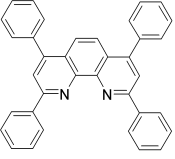
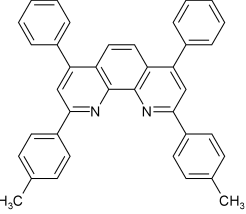
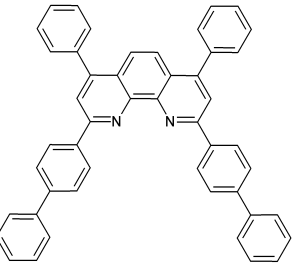
[0301]

화합물	명칭	구조	참조
MX 8	페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드		EP13187905.8
MX 9	다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드		EP13187905.8

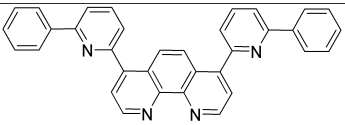
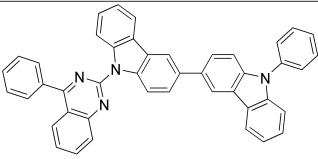
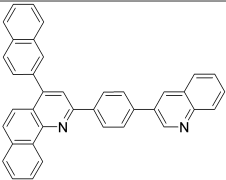
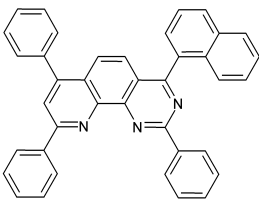
[0302]

화합물	명칭	구조	참조
MX 10	다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드		W02014167020
MX 11	(3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드		EP 2395571, W02013079217
MX 12	3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드		EP13199361.0

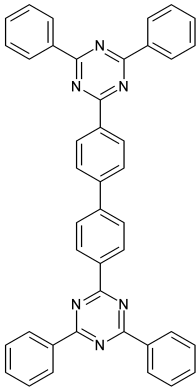
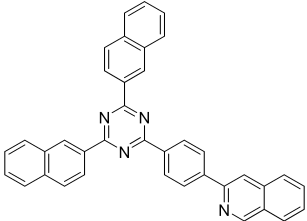
[0303]

화합물	명칭	구조	참조
MX 13	2,4,7,9-테트라페닐-1,10-페난트롤린		EP1786050
MX 14	4,7-다이페닐-2,9-다이-p-톨릴-1,10-페난트롤린		EP1786050
MX 15	2,9-다이(비페닐-4-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린		EP1786050

[0304]

화합물	명칭	구조	참조
MX 16	3,8-비스(6-페닐-2-피리디닐)-1,10-페난트롤린		CN102372708
MX 17	9-페닐-9'-(4-페닐-2-퀴나졸리닐)-3,3'-비-9H-카르바졸		KR2012102374
MX 18	4-(2-나프탈레닐)-2-[4-(3-퀴놀리닐)페닐]-벤조[h]퀴나졸린		KR2014076522
MX 19	4-(나프탈렌-1-일)-2,7,9-트리페닐피리도[3,2-h]퀴나졸린		EP1970371

[0305]

화합물	명칭	구조	참조
MX 20	4,4'-비스(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)비페닐		US6225467
MX 21	3-[4-(4,6-다이-2-나프탈레닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]-퀴놀린		US20110156013

[0306]

화합물	명칭	구조	참조
MX 22	2-[3-(6'-메틸[2,2'-비피리딘]-5-일)-5-(9-페난트레닐)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진		W02014171541
MX 23	다이페닐(4-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드		EP13187905.8

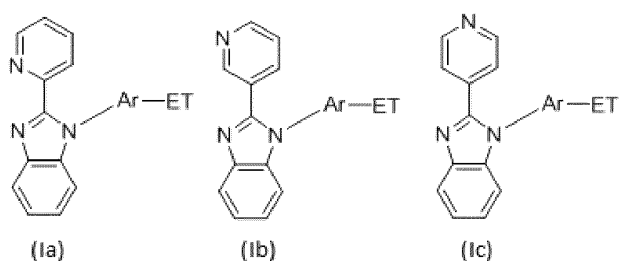
[0307]

화합물	명칭	구조	참조
MX 24	7-(나프탈렌-2-일)다이벤조[c,h]아크리딘		EP 2395571
MX 25	(3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드		W02011154131A1 and W02013079217A1
MX 26	(3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드		PCT/EP2014/07 1659

[0308]

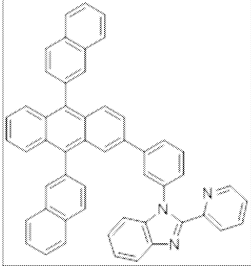
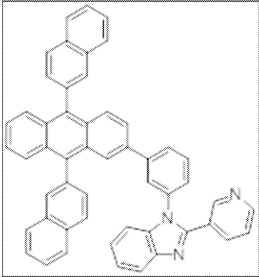
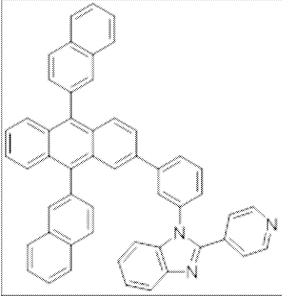
[0309]

하기 표 3에서 알 수 있듯이, 피리디닐 모이어티 내 질소 원자의 위치는 LUMO 수준에 영향을 미치지 않는다. 그 대신, LUMO 수준은 전자 수송 모이어티인 ET에 의해 지배된다. 따라서, 식 Ia, Ib 및 Ic의 화합물은 제2 전자 수송층에 적합하게 사용될 수 있다:



[0310]

표 3

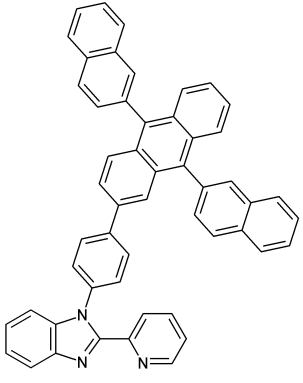
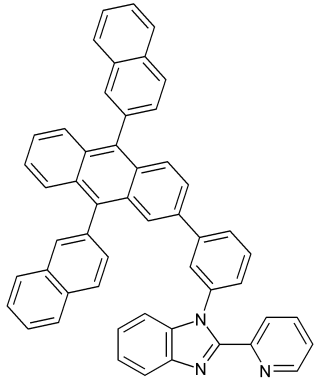
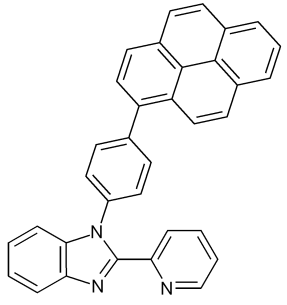
식	화학 구조	계산된 HOMO [eV]	계산된 LUMO[eV]	계산된 광학 밴드갭 [eV]
Ia		-4.97	-2.89	2.08
Ib		-4.99	-2.90	2.09
Ic		-5.05	-2.96	2.09

[0311]

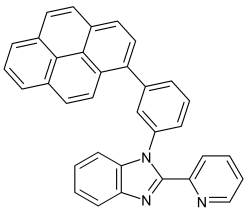
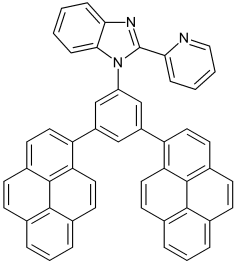
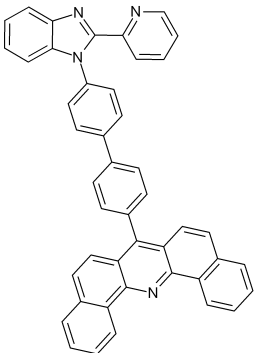
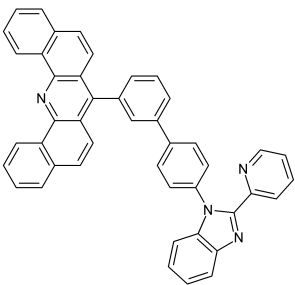
[0312] 제2 전자 수송층에 적합하게 사용될 수 있는 매트릭스 화합물은 하기 표 4에 요약되어 있다.

표 4

제 2 전자 수송층에 적합하게 사용될 수 있는 매트릭스 화합물

화합물	IUPAC 명칭	구조
MX 27	1-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸	
MX 28	1-(3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸	
MX 29	1-(4-(피렌-1-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸	

[0313]

화합물	IUPAC 명칭	구조
MX 30	1-(3-(피렌-1-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H- 벤조[d]이미다졸	
MX 31	1-(3,5-다이(피렌-1-일)페닐)- 2-(피리딘-2-일)-1H- 벤조[d]이미다졸	
MX 32	7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H- 벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'- 비페닐]-4- 일)다이벤조[c,h]아크리딘	
MX 33	7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H- 벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'- 비페닐]-3- 일)다이벤조[c,h]아크리딘	

[0314]

화합물	IUPAC 명칭	구조
MX 34	7-(3'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이벤조[c,h]아크리딘	
MX 35	7-(4-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)페닐)다이벤조[c,h]아크리딘	
MX 36	1-(4-(다이아프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸	
MX 37	1-(3-(다이아프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸	

[0315]

[0316]

유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,

[0317]

- 제1 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 30 중량% 이상 내지 약 90 중량% 이하로 포함하거나; 또는

[0318]

- 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 30 중량% 이상 내지 약 90 중량% 이하로 포함하며;

[0319]

매트릭스 화합물의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.

[0320]

유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,

[0321]

- 제1 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 35 중량% 이상 내지 약 85 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는

[0322]

- 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 35 중량% 이상 내지 약 80 중량% 이하로 포함할 수 있으며;

[0323]

매트릭스 화합물의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.

[0324]

유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,

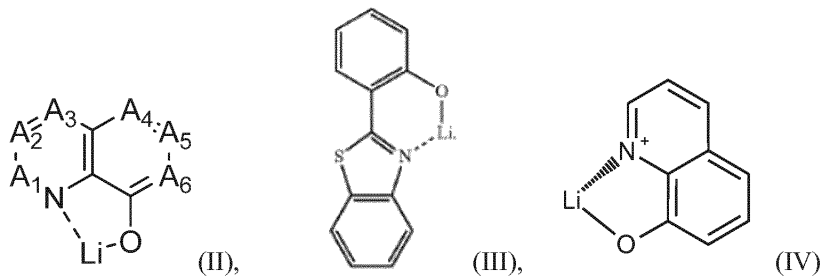
[0325]

- 제1 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 40 중량% 이상 내지 약 50 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는

- [0326] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 매트릭스 화합물을 약 40 중량% 이상 내지 약 50 중량% 이하로 포함할 수 있으며;
- [0327] 매트릭스 화합물의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0328] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0329] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는
- [0330] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하로 포함할 수 있으며;
- [0331] 리튬 할라이드 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 상응하는 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0332] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0333] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는
- [0334] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 각각 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하로 포함할 수 있으며;
- [0335] 리튬 할라이드 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 상응하는 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0336] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0337] - 제1 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하로 포함할 수 있거나; 또는
- [0338] - 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 각각 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하로 포함할 수 있으며;
- [0339] 리튬 할라이드 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 상응하는 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0340] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0341] - 제1 전자 수송층, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은
- [0342] a) 도판트 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하;
- [0343] b) 매트릭스 화합물 약 30 중량% 이상 내지 약 90 중량% 이하
- [0344] 를 포함하며;
- [0345] - 도판트가 없는 제2 전자 수송층은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층과 상이하게 선택된 매트릭스 화합물을 포함하고;
- [0346] 각각의 전자 수송층의 구성성분들의 중량%는, 총 중량% 양이 100 중량%를 넘지 않도록 선택되며, 구성성분들의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0347] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0348] - 제1 전자 수송층, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은
- [0349] a) 도판트 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하;
- [0350] b) 매트릭스 화합물 약 30 중량% 이상 내지 약 90 중량% 이하
- [0351] 를 포함하며;
- [0352] - 도판트가 없는 제2 전자 수송층은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층과 상이하게 선택된 매트릭스 화합물을 포함하거나, 또는 바람직하게는 하나의 매트릭스 물질로 구성되고;
- [0353] 각각의 전자 수송층의 구성성분들의 중량%는, 총 중량% 양이 100 중량%를 넘지 않도록 선택되며, 구성성분들의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.

- [0354] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0355] - 제1 전자 수송층, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은
- [0356] a) 도판트 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하;
- [0357] b) 매트릭스 화합물 약 35 중량% 이상 내지 약 80 중량% 이하
- [0358] 를 포함하며;
- [0359] - 도판트가 없는 제2 전자 수송층은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층과 상이하게 선택된 매트릭스 화합물을 포함하거나, 또는 바람직하게는 하나의 매트릭스 물질로 구성되고;
- [0360] 각각의 전자 수송층의 구성성분들의 중량%는, 총 중량% 양이 100 중량%를 넘지 않도록 선택되며, 구성성분들의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.

- [0361] 유기 발광 다이오드의 다양한 실시형태들에 따르면,
- [0362] - 제1 전자 수송층, 또는 제1 전자 수송층 및 제3 전자 수송층은
- [0363] a) 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 또한 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하의 LiF, LiCl, LiBr 또는 LiI로 이루어진 군으로부터 선택되는 리튬 할라이드, 바람직하게는 LiF, 리튬 퀴놀레이트, 리튬 보레이트, 리튬 페놀레이트, 리튬 피리딘올레이트 또는 리튬 시프 염기의 리튬 유기 착화합물; 바람직하게는 식 II, III 또는 IV를 가진 리튬 퀴놀레이트 착화합물:



- [0364] 상기 식에서,
- [0365] - A₁ 내지 A₆은 동일하거나, 또는 독립적으로 CH, CR, N 또는 O로부터 선택되고,
- [0366] - R은 동일하거나, 또는 독립적으로 수소, 할로젠, 탄소수 1개 내지 20개의 알킬, 아릴 또는 헤테로아릴로부터 선택되고, 보다 바람직하게는 리튬 8-하이드록시퀴놀레이트이며; 및/또는 리튬 보레이트이고, 보다 바람직하게는 리튬 보레이트는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트임;
- [0367] b) 약 30 중량% 이상 내지 약 90 중량% 이하, 바람직하게는 약 35 중량% 이상 내지 약 80 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 40 중량% 이상 내지 약 50 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 40 중량% 이상 내지 약 50 중량% 이하의, 3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이아프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, (3'-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이페닐포스핀 옥사이드, (3-(10-(나프탈렌-2-일)안트라센-9-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 및/또는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸로 이루어진 군으로부터 선택되는 매트릭스 화합물

- [0369] 을 포함하고:
- [0370] - 제2 전자 수송층은 본 발명에 따른 식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 매트릭스 물질을 포함하며; 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질과 상이하도록 선택되고; 각각의 전자 수송층의 구성성분들의 중량%는, 총 중량%가 100%를 넘지 않도록 선택되고, 구성성분들의 중량%는 상응하는 수송층의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0371] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 약 1 nm 이상 내지 약 95 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으

로 존재할 수 있다.

- [0372] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 약 3 nm 이상 내지 약 80 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으로 존재할 수 있다.
- [0373] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 보다 바람직하게는 약 6 nm 이상 내지 약 60 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으로 존재할 수 있다.
- [0374] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 약 10 nm 이상 내지 약 40 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으로 존재할 수 있다.
- [0375] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 약 8 nm 이상 내지 약 20 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으로 존재할 수 있다.
- [0376] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제1 전자 수송층 및/또는 제2 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 두께는 약 10 nm 이상 내지 약 18 nm 이하의 범위에서 동일할 수 있거나 또는 각각 독립적으로 존재할 수 있다.
- [0377] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 두께는 약 25 nm 이상 내지 약 100 nm 이하의 범위일 수 있다.
- [0378] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 두께는 약 30 nm 이상 내지 약 80 nm 이하의 범위일 수 있다.
- [0379] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 두께는 약 35 nm 이상 내지 약 60 nm 이하의 범위일 수 있다.
- [0380] 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택의 두께는 약 36 nm 이상 내지 약 40 nm 이하의 범위일 수 있다.
- [0381] 본 발명의 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 전자 수송층 스택은 2개 내지 4개의 전자 수송층, 보다 바람직하게는 2개 내지 3개의 전자 수송층을 가진다.
- [0382] 본 발명의 유기 발광 다이오드(OLED)의 다양한 실시형태들에 따르면, 제2 전자 수송층은 제1 전자 수송층 상에 직접적으로 배치될 수 있고, 선택적인 제3 전자 수송층은 제2 전자 수송층 상에 직접적으로 배치될 수 있어서, 제2 전자 수송층은 제1 전자 수송층과 제3 전자 수송층 사이에 개재된다.
- [0383] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 기판; 상기 기판 상에 형성된 애노드 전극; 상기 애노드 전극 상에 형성된 전자 수송층 스택; 마지막으로, 형성된 캐소드 전극; 및 선택적으로 상기 전자 수송층과 상기 캐소드 전극 사이에 배치된 전자 주입층을 포함하는 유기 발광 다이오드를 제공하며, 상기 전자 수송층 스택은 2개 이상의 전자 수송층들을 포함하거나 또는 이들로 이루어지고, 상기 전자 수송층 스택은 상기 애노드 전극과 상기 캐소드 전극 사이에 개재된다.
- [0384] 다양한 실시형태에 따르면, 유기 발광 다이오드(OLED)는 애노드 전극과 전자 수송층 사이에 배치되는, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층 및 정공 차단층으로 이루어진 균으로부터 선택되는 하나 이상의 층을 더 포함할 수 있다.
- [0385] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 애노드 전극과 전자 수송층 스택 사이에 배치되는, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층 및 정공 차단층으로 이루어진 균으로부터 선택되는 하나 이상의 층을 추가로 포함하는 유기 발광 다이오드를 제공한다.
- [0386] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명은 전자 수송층과 캐소드 전극 사이에 배치된 전자 주입층을 더 포함하는 유기 발광 다이오드를 제공한다.
- [0387] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 2개 이상의 전자 수송층 및 하나 이상의 전자 주입층을 포함하는 유기 발광 다이오드를 제공한다.

- [0388] 바람직하게는, 유기 발광 다이오드는 2개 내지 4개의 전자 수송층, 보다 바람직하게는 2개의 전자 수송층 또는 3개의 전자 수송층을 가진 전자 수송층 스택을 포함할 수 있다.
- [0389] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 3개 이상의 전자 수송층 및 하나 이상의 전자 주입층을 포함하는 유기 발광 다이오드를 제공한다. 보다 바람직하게는, 본 발명은 3개의 전자 수송층을 포함하고 전자 주입층을 포함하지 않는 유기 발광 다이오드를 제공할 수 있다.
- [0390] 또 다른 양태에 따르면, 전자 수송층 스택을 포함하는 유기 발광 다이오드에는 전자 주입층이 없을 수 있다.
- [0391] 본 발명의 OLED의 다양한 실시형태에 따르면, OLED는 전자 주입층을 포함하지 않을 수 있다.
- [0392] 본 발명의 OLED의 다양한 실시형태에 따르면, OLED는 전하 발생층을 포함하지 않을 수 있다.
- [0393] 본 발명의 OLED의 다양한 실시형태에 따르면, OLED는 전자 주입층 및 전하 발생층을 포함하지 않을 수 있다.
- [0394] 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 유기 발광 다이오드(OLED)의 제조 방법을 제공하며, 상기 제조 방법은
- [0395] - 3개 이상의 증착 소스; 및/또는
- [0396] - 진공 열 증발을 통한 증착; 및/또는
- [0397] - 용액 프로세싱(solution processing)을 통한 증착으로서, 바람직하게는 상기 용액 프로세싱은 스핀-코팅, 캐스팅, 프린팅 및/또는 슬롯-다이 코팅으로부터 선택되는, 증착
- [0398] 을 사용하는 유기 발광 다이오드(OLED)의 제조 방법을 제공한다.
- [0399] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명은
- [0400] - 매트릭스 화합물을 방출하기 위한 제1 증착 소스, 및
- [0401] - 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 방출하기 위한 제2 증착 소스
- [0402] 를 사용하는 방법을 제공하며,
- [0403] 상기 방법은
- [0404] - 제1 증착 소스로부터 매트릭스 화합물을 방출하고, 제2 증착 소스로부터 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 방출하여, 제1 전자 수송층을 형성하고;
- [0405] - 상기 제1 전자 수송층 상에, 제3 증착 소스로부터 매트릭스 화합물을 방출하여, 제2 전자 수송층을 형성함으로써,
- [0406] 전자 수송층 스택을 형성하는 단계를 포함하며,
- [0407] 상기 제1 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 상기 제2 전자 수송층의 매트릭스 화합물과 동일하지 않다.
- [0408] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명은
- [0409] - 상이한 매트릭스 화합물들을 방출하기 위한 제1 증착 소스 및 제3 증착 소스, 및
- [0410] - 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 방출하기 위한 제2 증착 소스 및 제4 증착 소스로서, 상기 제4 증착 소스의 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물은 제2 증착 소스에 사용되는 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물, 바람직하게는 리튬 유기 착화합물과 상이한, 제2 증착 소스 및 제4 증착 소스
- [0411] 의 사용 방법을 제공하며,
- [0412] 상기 사용 방법은
- [0413] - 제1 증착 소스로부터 매트릭스 화합물을 방출하고, 제2 증착 소스로부터 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 방출하여, 제1 전자 수송층을 형성하고;
- [0414] - 상기 제1 전자 수송층 상에, 제3 증착 소스를 통해 제1 전자 수송층과 상이한 매트릭스 화합물을 방출하여, 제2 전자 수송층을 형성하고;
- [0415] - 선택적으로, 상기 제2 전자 수송층 상에, 상기 제1 증착 소스를 통해 상기 제1 전자 수송층에 사용된 매트릭스 화합물을 방출하고, 제1 전자 수송층에 사용된 것과 상이한 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 방출

시키는 데 제4 증착 소스를 사용하여, 제3 전자 수송층을 형성함으로써,

[0416] 전자 수송층 또는 전자 수송층 스택을 형성하는 단계를 포함하고,

[0417] 이로써, 제2 전자 수송층에는 도판트가 없다.

[0418] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명의 방법은 애노드 전극 상에 발광층, 및 상기 애노드 전극과 상기 정공 수송층 스택 사이에 정공 주입층, 정공 수송층, 또는 정공 차단층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0419] 다양한 양태들에 따르면, 본 발명의 방법은

[0420] - 기관 상에 애노드 전극을 형성하고,

[0421] - 상기 애노드 전극 상에 발광층을 형성하고,

[0422] - 상기 발광층 상에, 2개 이상의 전자 수송층들을 형성하여 상기 제2 전자 수송층에는 도판트가 없고, 선택적인 제3 전자 수송층을 상기 제2 전자 수송층 상에 직접 형성하여 상기 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질이 상기 제2 전자 수송층의 매트릭스 물질과 상이하고, 상기 제3 전자 수송층의 매트릭스 물질, 리튬 할라이드 및/또는 리튬 유기 착화합물은 상기 제1 전자 수송층의 것과 상이하거나 또는 동일하며,

[0423] - 상기 전자 수송층 스택 상에 캐소드 전극을 형성하고,

[0424] - 선택적인 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층 및 정공 차단층을 상기 애노드 전극과 상기 전자 수송층 스택 사이에 형성하고,

[0425] - 선택적인 전자 주입층을 상기 전자 수송층 또는 상기 전자 수송층 스택과 상기 캐소드 전극 사이에 형성하는,

[0426] 유기 발광 다이오드(OLED)를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0427] 다양한 양태들에 따르면, 본 방법은, 전자 주입층이 전자 수송층 스택과 캐소드 전극 사이에 형성되는 유기 발광 다이오드(OLED)의 형성 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0428] 다양한 양태들에 따르면, 본 방법은, 전자 주입층이 전자 수송층 스택과 캐소드 전극 사이에 형성되는 유기 발광 다이오드(OLED)의 형성 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0429] 다양한 양태들에 따르면, 본 방법은 유기 발광 다이오드(OLED)의 형성 단계를 추가로 포함할 수 있으며, 여기서,

[0430] - 기관 상에 애노드 전극을 형성하고,

[0431] - 상기 애노드 전극 상에 발광층을 형성하고,

[0432] - 상기 발광층 상에 적어도 제1 전자 수송층 및 제2 전자 수송층의 전자 수송층 스택을 형성하여, 제2 전자 수송층이 상기 제1 전자 수송층 상에 직접적으로 형성되고 선택적인 제3 전자 수송층이 상기 제2 전자 수송층 상에 직접적으로 형성되며,

[0433] - 상기 전자 수송층 스택 상에 캐소드 전극을 형성하고,

[0434] - 전자 주입층을 상기 전자 수송층 스택과 상기 캐소드 전극 사이에 형성하고,

[0435] - 선택적으로 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층 및 정공 차단층을 상기 애노드 전극과 상기 전자 수송층 스택 사이에 형성한다.

[0436] 다양한 양태들에 따르면, 장치는 하나 이상의 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함할 수 있다. 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함하는 장치는 예를 들어 디스플레이이다. 다양한 양태들에 따르면, 유기 발광 다이오드는 1개 초과 발광층, 예를 들어 탠덤(tandem) 또는 스택킹된(stacked) 발광 다이오드(OLED)를 포함할 수 있다.

[0437] 그러나, 본 발명의 OLED의 다양한 실시형태들에 따르면, 2개의 전자 수송층들을 포함하는 OLED는 전하 발생층을 포함하지 않을 수 있다. 그러나, 본 발명의 OLED의 다양한 실시형태들에 따르면, 3개 이상의 전자 수송층들을 포함하는 OLED는 전자 주입층 및/또는 전하 발생층을 포함하지 않을 수 있다.

[0438] 발명의 추가적인 실시형태 및/또는 이점은 하기의 설명 부분에서 설명될 것이며, 일부는 상세한 설명으로부터 명백해지거나, 발명의 실시예로부터 습득될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0439] 본 발명의 이러한 양태 및/또는 다른 양태 및 이점은, 첨부된 도면을 참조하여, 예시적인 실시형태에 대한 하기의 설명으로부터 명확해지고, 보다 용이하게 이해될 것이다:
- 도 1은 발광층 및 2개의 전자 수송층들을 포함하는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)의 개략적인 단면도이며;
- 도 2는 발광층 및 3개의 전자 수송층들을 포함하는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 OLED의 개략적인 단면도이며;
- 도 3은 발광층, 2개의 전자 수송층들 및 전자 주입층(EIL)을 포함하는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)의 개략적인 단면도이며;
- 도 4는 발광층, 2개의 전자 수송층들 및 전자 주입층을 포함하는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)의 개략적인 단면도이며;
- 도 5는 발광층, 3개의 전자 수송층들 및 전자 주입층을 포함하는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 OLED의 개략적인 단면도이며;
- 도 6은 발광층 및 2개의 전자 수송층들을 포함하고 전자 주입층(EIL)이 없는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 OLED의 개략적인 단면도이고;
- 도 7은 3개의 전자 수송층들을 포함하고 전자 주입층(EIL)이 없는, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 OLED의 개략적인 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0440] 이하, 예시적인 양태를 상세히 설명하도록 하며, 첨부된 도면에는 본 발명의 실시예가 도시되어 있으며, 도면 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호는 동일한 구성 요소를 지칭한다. 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 양태를 설명하기 위해 예시적인 실시형태가 하기와 같이 설명된다.
- [0441] 여기서, 제1 구성이 제2 구성 "상에" 형성 또는 배치되는 것으로 언급될 때, 제1 구성은 제2 구성 상에 직접 배치될 수 있거나, 하나 이상의 다른 구성이 그 사이에 배치될 수 있다. 제1 구성이 제2 구성 "상에 직접적으로" 형성되거나 배치되는 것으로 언급될 때는, 그 사이에는 다른 구성이 배치되지 않는다.
- [0442] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(100)의 개략적인 단면도이다. OLED(100)는 발광층(150), 및 제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)을 포함하는 전자 수송층 스택(ETL)(160)을 포함하고, 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 배치된다.
- [0443] 도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(100)의 개략적인 단면도이다. OLED(100)는 발광층(150), 및 제1 전자 수송층(161), 제2 전자 수송층(162) 및 제3 전자 수송층(163)을 포함하는 전자 수송층 스택(ETL)(160)을 포함하고, 이로써, 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 배치되고, 제3 전자 수송층(163)은 제2 전자 수송층(162) 상에 직접적으로 배치된다.
- [0444] 도 3은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(100)의 개략적인 단면도이다. OLED(100) 발광층(150), 전자 주입층(EIL)(180), 및 제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)을 포함하는 전자 수송층 스택(ETL)(160)을 포함하고, 이로써, 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 배치된다.
- [0445] 도 4는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(100)의 개략적인 단면도이다. OLED(100)는 기판(110), 제1 전극(120), 정공 주입층(HIL)(130), 정공 수송층(HTL)(140), 발광층(EML)(150), 전자 수송층(ETL)(160), 전자 주입층(EIL)(180) 및 제2 전극(190)을 포함한다. 전자 수송층 스택(ETL)(160)은 매트릭스 물질 및 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하는 제1 전자 수송층(161), 및 상기 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물과 서로 다르며 도판트가 없는 매트릭스 화합물을 포함하는 제2 전자 수송층(162)을 포함한다. 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 형성된다. 제1 층(161)은 EML(150) 상에 직접적으로 형성될 수 있고, 전자 주입층(EIL)(180)은 제2 전자 수송층(162) 상에 직접적으로 형성될 수 있다.
- [0446] 도 5는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 유기 발광 다이오드(100)의 개략적인 단면도이다. OLED(100)는 기판(110), 제1 전극(120), 정공 주입층(HIL)(130), 정공 수송층(HTL)(140), 발광층(EML)(150), 전자 수송층 스

택(ETL)(160), 전자 주입층(EIL)(180) 및 제2 전극(190)을 포함한다. 전자 수송층 스택(ETL)(160)은 제1 전자 수송층(161), 동일한 매트릭스 화합물들 및 2개의 서로 다른 리튬 유기 착화합물들을 포함하는 제3 전자 수송층(163)을 포함하고; 제2 전자 수송층(162)은 상기 제1 전자 수송층(161) 및 상기 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물과 상이하고 도판트가 없는 매트릭스 화합물을 포함한다. 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 형성되고, 제3 전자 층(163)은 제2 전자 층(162) 상에 직접적으로 형성된다. 제1 층(161)은 발광층(EML)(150) 상에 직접적으로 형성될 수 있다.

[0447] 기판(110)은 유기 발광 다이오드의 제조에 일반적으로 사용되는 임의의 기판일 수 있다. 광이 기판을 통해 방출되는 경우, 기판(110)은 우수한 기계적 강도, 열 안정성, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성을 가지는, 투명한 재료일 수 있으며, 예를 들어, 유리 기판 또는 투명한 플라스틱 기판일 수 있다. 광이 상부 면을 통해 방출되는 경우, 기판(110)은 투명한 재료 또는 불투명한 재료일 수 있으며, 예를 들어, 유리 기판, 플라스틱 기판, 금속 기판 또는 실리콘 기판일 수 있다.

[0448] 애노드 전극(120)은 상기 애노드 전극(120)을 형성하기 위해 사용되는 화합물을 증착 또는 스퍼터링하여 형성될 수 있다. 애노드 전극(120)을 형성하기 위해 사용되는 화합물은 정공 주입을 용이하게 하기 위해, 일-함수가 큰 화합물일 수 있다. p-도핑된 HIL이 사용되는 경우, 애노드 물질은 낮은 일 함수 재료(즉, 알루미늄)로부터 선택될 수도 있다. 애노드 전극(120)은 투명 전극 또는 반사 전극일 수 있다. 애노드 전극(120)은 인듐 틴 옥사이드(ITO), 인듐 아연 산화물(IZO), 이산화주석(SnO_2) 및 산화아연(ZnO)과 같은, 투명한 도전성 화합물로 형성될 수 있다. 애노드 전극(120)은 또한 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 은(Ag), 금(Au) 등을 사용하여 형성될 수 있다.

[0449] HIL(130)은 애노드 전극(120) 상에 진공 증착, 스핀 코팅, 프린팅, 캐스팅, 슬롯-다이 코팅, LB(Langmuir-Blodgett) 증착 등에 의해 형성될 수 있다. HIL(130)이 진공 증착을 이용하여 형성될 때, 증착 조건은 HIL(130)을 형성하는데 사용되는 화합물, 및 HIL(130)의 원하는 구조 및 열적 특성에 따라 달라질 수 있다. 그러나, 일반적으로 진공 증착을 위한 조건은 100°C 내지 500°C 의 증착 온도, 10^{-8} 내지 10^{-3} torr의 압력(1 torr는 133.322 Pa와 같음) 및 0.1 내지 10 nm/sec의 증착 속도를 포함한다.

[0450] HIL(130)이 스핀 코팅, 프린팅을 사용하여 형성될 때, 코팅 조건은 HIL(130)을 형성하는데 사용되는 화합물, 및 HIL(130)의 원하는 구조 및 열적 특성에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 코팅 조건은 약 2000 rpm 내지 약 5000 rpm의 코팅 속도, 약 80°C 내지 약 200°C 의 열처리 온도를 포함할 수 있다. 열처리는 코팅이 수행된 후에 용매를 제거한다.

[0451] HIL(130)은 HIL을 형성하기 위해 일반적으로 사용되는 임의의 화합물로 형성될 수 있다. HIL(130)을 형성하는데 사용될 수 있는 화합물의 예로는, 구리 프탈로시아닌(CuPc)과 같은 프탈로시아닌, 4,4',4''-트리스(3-메틸페닐페닐아미노)트리페닐아민(m-MTDATA), TDATA, 2T-NATA, 폴리아닐린/도데실벤젠술포산(Pani/DBSA), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시테오펜)/폴리(4-스티렌술포네이트)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/캄페술포산(Pani/CSA) 및 폴리아닐린/폴리(4-스티렌술포네이트)(PANI/PSS) 등이 있다.

[0452] HIL(130)은 p-도판트의 순수한 층일 수 있거나, 또는 p-도판트로 도핑된 정공 수송성 매트릭스 화합물로부터 선택될 수 있다. 공지된 산화 환원 도핑된 정공 수송 물질의 전형적인 예로는, HOMO 수준이 약 -5.2 eV 인, 구리 프탈로시아닌(CuPc)으로서, LUMO 수준이 약 -5.2 eV 인 테트라플루오로-테트라시아노퀴논다이메탄(F4TCNQ)으로 도핑된 구리 프탈로시아닌(CuPc); F4TCNQ로 도핑된 아연 프탈로시아닌(ZnPc)(HOMO = -5.2 eV); F4TCNQ로 도핑된 α -NPD(N,N'-비스(나프탈렌-1-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘); 2,2'-(퍼플루오로나프탈렌-2,6-다이일리덴)디마로노니트릴(PD1)로 도핑된 α -NPD; 2,2',2''-(시클로프로판-1,2,3-트리일리덴)트리스(2-(p-시아노테트라플루오로페닐)아세토니트릴)(PD2)로 도핑된 α -NPD 등이 있다. 도판트 농도는 1 중량% 내지 20 중량%, 보다 바람직하게는 3 중량% 내지 10 중량%로 선택될 수 있다.

[0453] HIL(130)의 두께는 약 1 nm 내지 약 100 nm, 예를 들어 약 1 nm 내지 약 25 nm일 수 있다. HIL(130)의 두께가 상기 범위 내에 있으면, 구동 전압을 실질적으로 증가시키지 않고, 우수한 정공 주입 특성을 가질 수 있다.

[0454] 상기 정공 수송층(HTL)(140)은 HIL(130) 상에 진공 증착, 스핀 코팅, 슬롯-다이 코팅, 프린팅, 캐스팅, LB(Langmuir-Blodgett) 증착 등으로 형성될 수 있다. HTL(140)이 진공 증착 또는 스핀 코팅에 의해 형성되는 경우, 증착 및 코팅 조건은 HIL(130)을 형성하는 경우와 유사할 수 있다. 그러나, 진공 또는 용액 증착 조건은 HTL(140)을 형성하는데 사용되는 화합물에 따라 달라질 수 있다.

[0455] HTL(140)은 HTL을 형성하기 위해 일반적으로 사용되는 임의의 화합물로 형성될 수 있다. 적합하게 사용할 수 있는 화합물은, 예를 들어 Yasuhiko Shirota and Hiroshi Kageyama, Chem. Rev. 2007, 107, 953-1010에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다. HTL(140)을 형성하는데 사용될 수 있는 화합물의 예로는, N-페닐카바졸 또는 폴리비닐카바졸과 같은 카바졸 유도체; N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-다이아민(TPD) 또는 N,N'-다이(나프탈렌-1-일)-N,N'-다이페닐벤지딘(알파-NPD); 및 4,4',4''-트리스(N-카바졸릴)트리페닐아민(TCTA)과 같은 트리페닐아민계 화합물 등이 있다. 이들 화합물들 중, TCTA는 정공을 수송할 수 있으며, 엑시톤이 EML로 확산되는 것을 억제할 수 있다.

[0456] HTL 층을 형성하는 데 바람직하게 사용될 수 있는 화합물은 표 5에 요약되어 있다.

표 5

명칭	구조	참조
N4,N4''-다이(나프탈렌-1-일)-N4,N4''-다이페닐-[1,1':4',1''-터페닐]-4,4''-다이아민		DE102012101652 A1
비페닐-4-일(9,9-다이페닐-9H-플루오렌-2-일)-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-아민		CAS 1242056-42-3
2,2',2''-(사이클로프로판-1,2,3-트리일리덴)트리스(2-(p-시아노테트라플루오로페닐)아세토니트릴)		EP 1988587 A1, EP 2180029 A1

[0457]

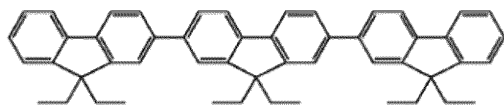
[0458] HTL(140)의 두께는 약 5 nm 내지 약 250 nm, 바람직하게는 약 10 nm 내지 약 200 nm, 보다 바람직하게는 약 20 nm 내지 약 190 nm, 보다 바람직하게는 약 40 nm 내지 약 180 nm, 보다 바람직하게는 약 60 nm 내지 약 170 nm, 보다 바람직하게는 약 80 nm 내지 약 160 nm, 보다 바람직하게는 약 100 nm 내지 약 160 nm, 보다 바람직하게는 약 120 nm 내지 약 140 nm의 범위의 두께를 가질 수 있다. HTL(140)의 바람직한 두께는 170 nm 내지 200 nm일 수 있다.

[0459] HTL(140)의 두께가 상기 범위 내인 경우, HTL(140)은 구동 전압을 실질적으로 증가시키지 않으면서, 우수한 정공 수송 특성을 가질 수 있다.

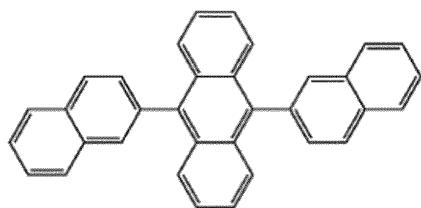
[0460] EML(150)은 HTL(140) 상에 진공 증착, 스핀 코팅, 슬롯-다이 코팅, 프린팅, 캐스팅, LB 등에 의해 형성될 수 있다. 진공 증착 또는 스핀 코팅을 이용하여 EML(150)을 형성하는 경우, 증착 및 코팅 조건은 HIL(130)을 형성하는 경우와 유사 할 수 있다. 그러나, 증착 및 코팅 조건은 EML(150)을 형성하는데 사용되는 화합물에 따라 달라질 수 있다.

[0461]

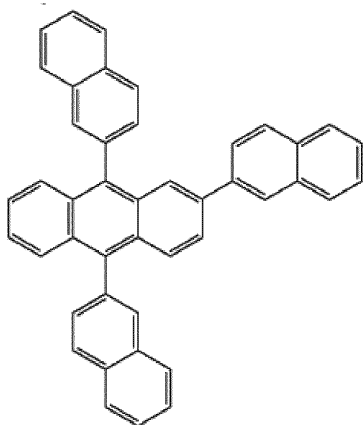
발광층(EML)(150)은 호스트와 도판트의 조합으로 형성될 수 있다. 호스트의 예로는 Alq3, 4,4'-N,N'-다이카바졸-바이페닐(CBP), 폴리(n-비닐카바졸)(PVK), 9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센(ADN), TCTA, 1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠(TPBI), 3-tert-부틸-9,10-다이-2-나프틸안트라센(TBADN), 다이스티릴아릴렌(DSA), 비스(2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸레이트)아연(Zn(BTZ)2), 하기의 E3, 식 2로 표시되는 ADN, 하기 화합물 1 및 하기 화합물 2를 들 수 있다.



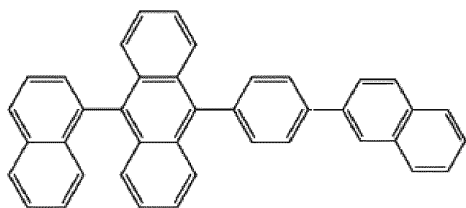
E3



식 2 (ADN)



화합물 1



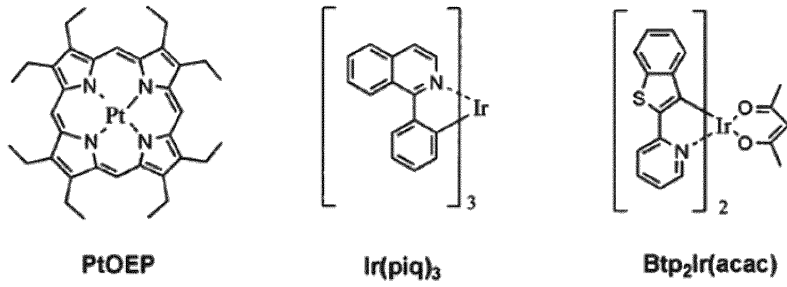
화합물 2

[0462]

[0463]

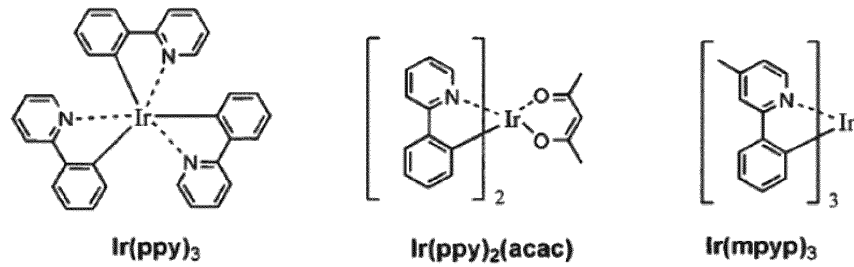
[0464] 도판트는 인광 이미터 또는 형광 이미터일 수 있다. 인광 이미터는 더 높은 효율 때문에 바람직하다.

[0465] 적색 도판트의 예로는 PtOEP, Ir(piq)₃, 및 Btp₂Ir(acac) 등이 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 이들 화합물은 인광 이미터이지만, 형광 적색 도판트가 또한 사용될 수 있다.

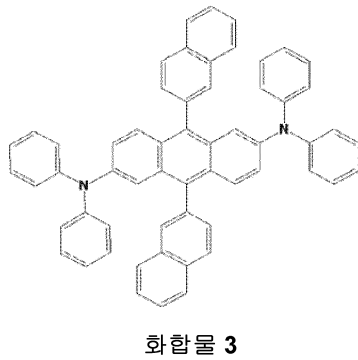


[0466]

[0467] 인광 녹색 도판트의 예로는 Ir(ppy)₃(ppy = 페닐피리딘), Ir(ppy)₂(acac), Ir(mppy)₃을 들 수 있다. 화합물 3은 형광 녹색 이미터의 예이고, 그 구조는 하기에 나타나 있다.

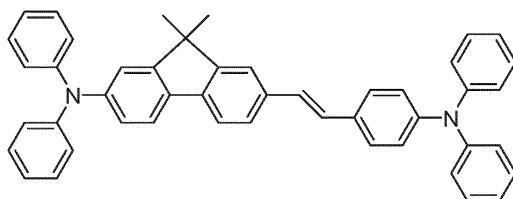
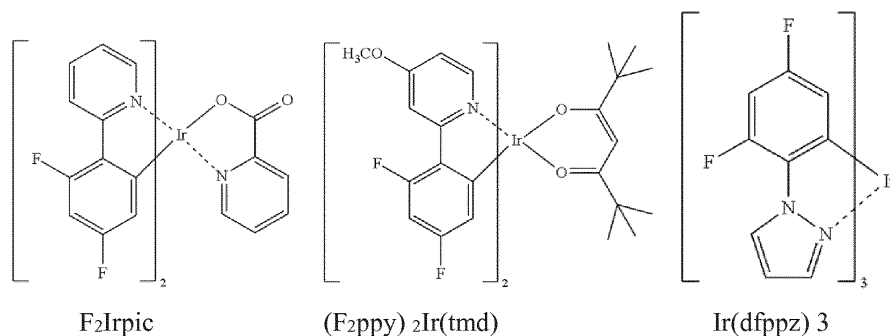


[0468]



[0469]

[0470] 인광 청색 도판트의 예로는 F₂Irpic, (F₂ppy)₂Ir(tmd) 및 Ir(dfppz)₃, ter-플루오렌을 들 수 있으며, 그 구조는 하기와 같다. 4,4'-비스(4-다이페닐아미오스티릴)비페닐(DPAVB), 2,5,8,11-테트라-tert-부틸페릴렌(TBPe) 및 하기 화합물 4는 형광 청색 도판트의 예이다.



화합물 4

[0471]

[0472]

도판트의 양은 호스트 100 중량부를 기준으로 하여 약 0.01 중량부 내지 약 50 중량부의 범위일 수 있다. EML(150)은 약 10 nm 내지 약 100 nm, 예를 들어, 약 20 nm 내지 약 60 nm의 두께를 가질 수 있다. EML(150)의 두께가 이 범위 내에 있는 경우, 구동 전압을 실질적으로 증가시키지 않으면서, 우수한 발광 특성을 가질 수 있다.

[0473]

EML(150)이 인광 도판트를 포함하는 경우, 트리플렛 엑시톤(트리plet exciton) 또는 정공이 ETL(160)로 확산되는 것을 방지하기 위해, 정공 차단층(HBL) (도면에 도시되어 있지 않음)이 EML(150) 상에 진공 증착, 스핀 코팅, 슬롯-다이 코팅, 프린팅, 캐스팅, LB 증착 등을 이용하여 형성될 수 있다. HBL이 진공 증착 또는 스핀 코팅을 사용하여 형성되는 경우, 증착 및 코팅 조건은 HIL(130)을 형성하는 조건과 유사할 수 있다. 그러나, 증착 및 코팅 조건은 HBL을 형성하는데 사용되는 화합물에 따라 달라질 수 있다. HBL을 형성하기 위해 일반적으로 사용되는 모든 화합물을 사용할 수 있다. HBL을 형성하기 위한 화합물의 예로는, 옥사디아졸 유도체, 트리아졸 유도체 및 페난트롤린 유도체 등이 있다.

[0474]

HBL은 약 5 nm 내지 약 100 nm, 예를 들어 약 10 nm 내지 약 30 nm의 두께를 가질 수 있다. HBL의 두께가 이 범위 내에 있으면, HBL은 구동 전압을 실질적으로 증가시키지 않으면서 우수한 정공 차단성을 가질 수 있다.

[0475]

ETL(160)은 EML(150) 상에 형성되거나, 또는 HBL이 형성되면 HBL 상에 형성될 수 있다.

[0476]

ETL(160)은 전자의 주입 및 수송이 균형을 이룰 수 있고 정공이 효율적으로 차단될 수 있도록, 스택 구조를 가지며, 바람직하게는 2개의 ETL층들(161/162)의 스택 구조를 갖는다. 종래의 OLED에서는, 시간에 따라 전자와 정공의 양이 달라지기 때문에, 구동이 시작된 후, 발광 영역에서 생성되는 엑시톤의 수가 줄어들 수 있다. 그 결과, 캐리어 밸런스가 유지되지 않아, OLED의 수명이 단축될 수 있다.

[0477]

그러나, ETL(160)에서, 제1 층(161) 및 제2 층(162)은 유사하거나 또는 동일한 에너지 준위를 가질 수 있다. 일반적으로, 제1 전자 수송층(161)용 매트릭스 화합물 및 제2 전자 수송층(162)용 매트릭스 화합물은 상이하다.

[0478]

적합하게 사용될 수 있는 제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)용 매트릭스 화합물은 예를 들어, 안트라센 화합물, 바람직하게는 2-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸을 포함하는 군으로부터 선택되어; 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물이 제1 전자 수송층(161) 및 선택적인 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물과 상이하게 선택된다.

[0479]

제1 전자 수송층 및 선택적인 제3 전자 수송층의 전자 층 스택의 전자 수송층에 대한 매트릭스 화합물은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, (3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)다이페닐 포스핀 옥사이드, 다이페닐(5-(피렌-1-일)피리딘-2-일)포스핀 옥사이드, 다이페닐(4'-(피렌-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)포스핀 옥사이드 및/또는 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드로

부터 선택될 수 있으며; 이로써, 제2 전자 수송층의 매트릭스 물질은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진다.

[0480] 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 안트라센 화합물은 US 6878469 B에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다.

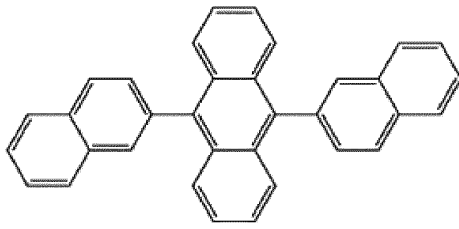
[0481] 사용될 수 있는 다른 매트릭스 화합물은 다이페닐포스핀 옥사이드, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드, 페닐 비스(3-(피렌-1-일)페닐)포스핀 옥사이드, 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드, 비스(4-(안트라센-9-일)페닐)(페닐)포스핀 옥사이드, 페닐다이(피렌-1-일)포스핀 옥사이드이다.

[0482] 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 다이페닐포스핀 옥사이드 화합물은 EP 2395571 A1, WO 2013079217 A1, EP 13187905, EP 13199361 및 JP 2002063989 A1에 개시되어 있으며, 원용에 의해 포함된다. 사용될 수 있는 다른 적합한 매트릭스 화합물은 페난트롤린 화합물, 바람직하게는 2,4,7,9-테트라페닐-1,10-페난트롤린 및 2,9-다이(비페닐-4-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린이다. 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 페난트롤린 화합물은 EP 1786050 A1에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다.

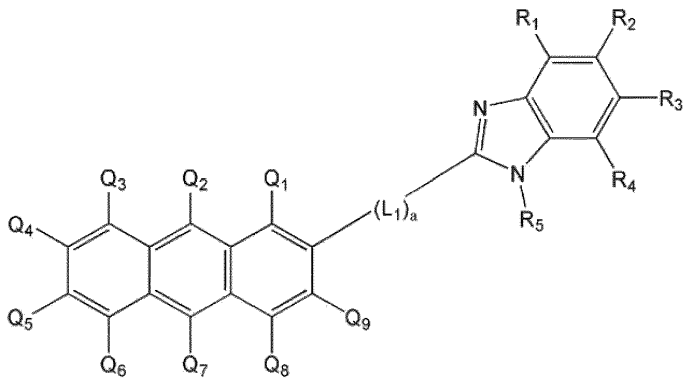
[0483] 사용될 수 있는 다른 적합한 매트릭스 화합물은 피리도[3,2-h]퀴나졸린 화합물, 바람직하게는 4-(나프탈렌-1-일)-2,7,9-트리페닐피리도[3,2-h]퀴나졸린이다. 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 피리도[3,2-h]퀴나졸린 화합물은 EP1970371에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다. 사용될 수 있는 다른 적합한 매트릭스 화합물은 트리아진 화합물, 바람직하게는 4,4'-비스(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)비페닐이다. 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 트리아진 화합물은 US6225467에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다. 사용될 수 있는 다른 적합한 매트릭스 화합물은 아크리딘 화합물, 바람직하게는 7-(나프탈렌-2-일)다이벤조[c,h]아크리딘이다. 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있는 아크리딘 화합물은 EP 2395571에 개시되어 있고 원용에 의해 포함된다.

[0484] 제1 전자 수송층(161) 및/또는 제3 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물은 안트라센계 화합물, 다이페닐포스핀 옥사이드 화합물, 트리아진 화합물, 퀴놀라진 화합물 또는 페난트롤린계 화합물과 같이 전자를 효율적으로 수송하는 화합물일 수 있으며, 바람직하게는 표 2에 언급된 매트릭스 화합물일 수 있으며; 이로써 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물, 바람직하게는 표 4에 언급된 매트릭스 화합물이 제1 전자 수송층(161) 및 선택적인 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물과 상이하게 선택된다.

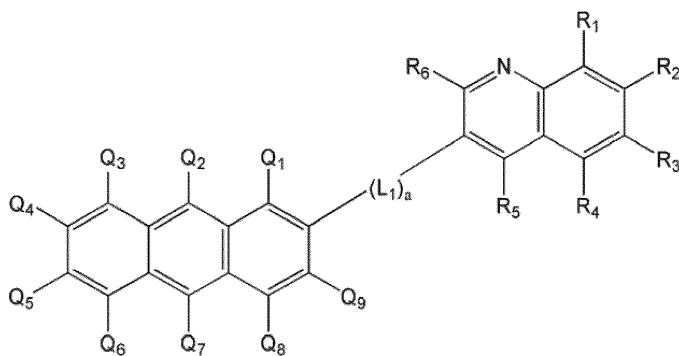
[0485] 예를 들어, 제1 전자 수송층 및/또는 제3 전자 수송층의 매트릭스 화합물은 ADN 및 식 2로 지칭되는 화합물, 식 3로 표시되는 화합물 및 식 4로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며; 이로써 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물이 제1 전자 수송층(161) 및 선택적인 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물과 상이하게 선택된다:



식 2 (ADN)



식 3



식 4

[0486]

[0487]

상기 식 3 및 식 4에서, R₁ 내지 R₆은 각각 독립적으로 수소 원자, 할로젠 원자, 하이드록시기, 시아노기, 치환된 또는 비치환된 C₁-C₃₀ 알킬기, 치환된 또는 비치환된 C₁-C₃₀ 알콕시기, 치환된 또는 비치환된 C₁-C₃₀ 아크릴기, 치환된 또는 비치환된 C₂-C₃₀ 알케닐기, 치환된 또는 비치환된 C₂-C₃₀ 알킬닐기, 치환된 또는 비치환된 C₆-C₃₀ 아릴기, 또는 치환된 또는 비치환된 C₃-C₃₀ 헤테로아릴기이다. 적어도 2개의 인접한 R₁ 내지 R₆ 기는 선택적으로 서로 결합되어, 포화된 또는 불포화 고리를 형성한다. L₁은 결합, 치환된 또는 비치환된 C₁-C₃₀ 알킬렌기, 치환된 또는 비치환된 C₆-C₃₀ 아릴렌기, 또는 치환된 또는 비치환된 C₃-C₃₀ 헤테로아릴렌기이다. Q₁ 내지 Q₉는 각각 독립적으로 수소 원자, 치환된 또는 비치환된 C₆-C₃₀ 아릴기, 또는 치환된 또는 비치환된 C₃-C₃₀ 헤테로아릴기이고, "a"는 1 내지 10의 정수이다.

[0488]

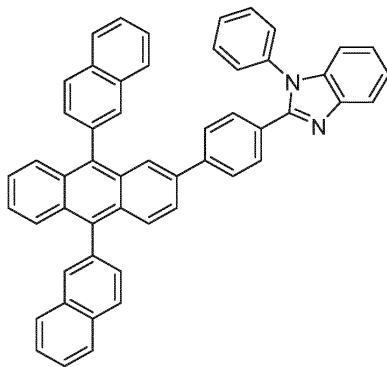
예를 들어, R₁ 내지 R₆은 각각 독립적으로 수소 원자, 할로젠 원자, 하이드록시기, 시아노기, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 부틸기, 메톡시기, 에톡시기, 프로폭시기, 부톡시기, 페닐기, 나프틸기, 안트릴기, 피리디닐기, 및 피라지닐기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0489] 특히, 식 3 및/또는 식 4에서, R_1 내지 R_4 는 각각 수소 원자일 수 있고, R_5 는 할로젠 원자, 하이드록시기, 시아노기, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 부틸기, 메톡시기, 에톡시기, 프로폭시기, 부톡시기, 페닐기, 나프틸기, 안트릴기, 피리디닐기, 및 피라지닐기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 또한, 식 4에서, R_1 내지 R_6 은 각각 수소 원자일 수 있다.

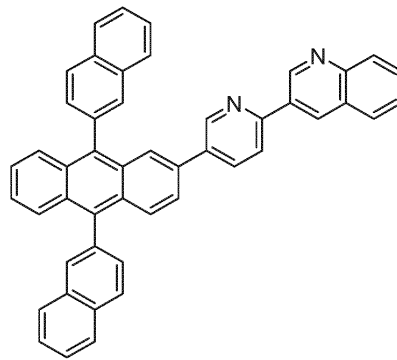
[0490] 예를 들어, 식 3 및/또는 식 4에서, Q_1 내지 Q_9 는 각각 독립적으로 수소 원자, 페닐기, 나프틸기, 안트릴기, 피리디닐기 또는 피라지닐기이다. 특히, 식 3 및/또는 식 4에서, Q_1 , Q_3 - Q_6 , Q_8 및 Q_9 는 수소 원자이고, Q_2 및 Q_7 은 각각 독립적으로 페닐기, 나프틸기, 안트릴기, 피리디닐기, 및 피라지닐기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0491] 예를 들어, 식 3 및/또는 식 4에서, L_1 은 페닐렌기, 나프틸렌기, 안트릴렌기, 피리디닐렌기, 및 피라지닐렌기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 특히, L_1 은 페닐렌기 또는 피리디닐렌기일 수 있다. 예를 들어, "a"는 1, 2 또는 3일 수 있다.

[0492] 매트릭스 화합물은 하기 화합물 5 또는 화합물 6으로부터 추가적으로 선택될 수 있다:



화합물 5



화합물 6

[0493]

[0494] 제1 전자 수송층(161)은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물의 도판트를 포함하고; 제2 전자 수송층(162)에는 도판트가 없다.

[0495] 또 다른 양태에 따르면, 제1 전자 수송층(161)은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 포함하며; 제2 전자 수송층(162)에는 도판트가 없고; 제3 전자 수송층(163)은 상기 제1 전자 수송층(161)의 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물과 동일하거나 또는 상이한 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 포함한다.

[0496] ETL 층 스택 두께는 라이트 아웃 커플링(light out coupling)이 최대화되도록 조정될 수 있다. 또한, ETL 층 스택 두께는 원하는 색상 튜닝을 위해 조정할 수 있으며, 예를 들어, 더 깊은 음영의 청색, 즉 더 작은 CIE-y를 얻기 위해 조정될 수 있다.

[0497] 제1 전자 수송층(161), 제2 전자 수송층(162) 및/또는 제3 전자 수송층(163)의 두께는 동일하거나, 또는 각각 독립적으로 약 0.1 nm 이상 내지 약 95 nm 이하, 바람직하게는 약 3 nm 이상 내지 약 80 nm 이하, 더욱 바람직하게는 약 5 nm 이상 내지 약 60 nm 이하, 더 바람직하게는 약 6 nm 이상 내지 약 40 nm 이하, 더 바람직하게는 약 8 nm 이상 내지 약 20 nm 이하, 보다 바람직하게는 약 10 nm 이상 내지 약 18 nm 이하일 수 있다.

[0498] 제1 전자 수송층(161), 제2 전자 수송층(162) 및/또는 제3 전자 수송층(163)의 두께가 이 범위 내인 경우, 바람직하게는 약 10 nm 이상 내지 약 18 nm 이하인 경우, 전자 수송층 스택(160)은 실질적으로 구동 전압을 증가시키지 않으면서, 효과적으로 전자를 주입 및 수송할 수 있다.

[0499] 청색 발광 OLED의 경우, ETL 층 스택의 두께는 10 nm 내지 50 nm이고, 바람직하게는 30 nm 내지 40 nm이다. 적색 및 녹색 발광 OLED의 경우, ETL의 두께는 20 nm 내지 100 nm이고, 바람직하게는 20 nm 내지 100 nm이고, 보다 바람직하게는 30 nm 내지 80 nm이다. 두께는 발광 효율을 최대화하도록 선택된다.

[0500] 제1 전자 수송층(161) 내의 총 리튬 유기 착화합물의 양은, 제1 전자 수송층(161)의 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내

지 약 60 중량% 이하일 수 있다.

- [0501] 금속염이 없는 제1 전자 수송층(161) 내의 총 리튬 유기 착화합물의 양은, 제1 전자 수송층(161)의 중량을 기준으로, 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하일 수 있다.
- [0502] 제3 전자 수송층(163) 내의 총 리튬 유기 착화합물의 양은, 제3 전자 수송층(163)의 중량을 기준으로, 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하일 수 있다.
- [0503] 금속염이 없는 제3 전자 수송층(163) 내의 총 리튬 유기 착화합물의 양은, 제3 전자 수송층(163)의 중량을 기준으로, 약 10 중량% 이상 내지 약 70 중량% 이하, 바람직하게는 약 20 중량% 이상 내지 약 65 중량% 이하, 더 바람직하게는 약 50 중량% 이상 내지 약 60 중량% 이하일 수 있다.
- [0504] ETL-스택(160)은 EML(150) 상에 진공 증착, 스핀 코팅, 슬롯-다이 코팅, 프린팅, 캐스팅 등에 의해 형성될 수 있다. ETL(160)이 진공 증착 또는 스핀 코팅에 의해 형성되는 경우, 증착 및 코팅 조건은 HIL(130)의 형성 조건과 유사할 수 있다. 그러나, 증착 및 코팅 조건은 ETL-스택(160)을 형성하는데 사용되는 화합물에 따라 달라질 수 있다.
- [0505] 진공 증착법을 이용하는 경우, ETL(160)의 제1 전자 수송층(161)은 매트릭스 화합물을 증착하는 제1 증착 소스, 및 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 증착하는 제2 증착 소스를 사용하여 형성될 수 있다. 제1 전자 수송층(161)의 혼합된 증착 영역이 EML(150) 상에 직접적으로 형성되도록, 제1 증착 소스 및 제2 증착 소스는 서로 상대적으로 위치된다.
- [0506] ETL(160)의 제2 전자 수송층(162)은, 매트릭스 화합물이 제1 전자 수송층 ETL(161) 및 선택적인 제2 전자 수송층 ETL(163)과 상이하기 때문에 제3 증착 소스를 사용하여 형성될 수 있다.
- [0507] 제1 ETL(161) 및 제3 ETL(163)을 형성하는 데 사용되는 화합물이 동일한 경우, 동일한 증착 소스들이 사용될 수 있다.
- [0508] 제1 ETL(161) 및 제3 ETL(163)을 형성하는 데 사용되는 화합물이 동일하지 않은 경우, 추가적인 증착 소스들이 제3 ETL(163)에 사용될 수 있다.
- [0509] 제2 전자 수송층(162)이 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 형성되도록, 증착 소스들은 서로 상대적으로 위치한다.
- [0510] 스택을 형성하는 프로세스는 종래 방법과 비교하여 보다 간단하고 신속하게 수행된다. 특히, 복수의 ETL 층이 하나의 챔버에서 거의 동시에 증착될 수 있기 때문에, 각 층을 형성한 후에 챔버를 비울(exhausted) 필요가 없다.
- [0511] 캐소드로부터 전자의 주입을 용이하게하는 EIL(180)은 ETL(160) 상에 형성될 수 있으며, 바람직하게는 제2 전자 수송층(162) 상에 직접적으로 형성될 수 있다. EIL(180)을 형성하기 위한 재료의 예로는, 당업계에서 잘 알려진 KF, LiF, NaCl, CsF, Li₂O, Ca, Ba, Yb, Mg 등이 있다. EIL(180)을 형성하는 증착 및 코팅 조건은, 증착 및 코팅 조건은 EIL(180)을 형성하는데 사용되는 화합물에 따라 달라질 수 있으나, HIL(130)의 형성 조건과 유사할 수 있다.
- [0512] 일 양태에 따르면, 전자 주입층은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환되고 리튬 할라이드로 도핑되거나 또는 리튬 유기 착화합물, 바람직하게는 리튬 테트라(1H-피라졸-1-일)보레이트로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있다.
- [0513] 일 양태에 따르면, 전자 주입층은 아릴, 헤테로아릴 또는 알킬 기로 치환로 치환되고 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 이루어진 군으로부터 선택되는 금속 원소로 도핑된 포스핀 옥사이드 화합물, 바람직하게는 (3-(다이벤조[c,h]아크리딘-7-일)페닐)다이페닐포스핀 옥사이드 또는 3-페닐-3H-벤조[b]다이나프토[2,1-d:1',2'-f]포스페핀-3-옥사이드의 매트릭스 화합물을 포함할 수 있다.
- [0514] 일 양태에 따르면, 전자 주입층은 금속 할라이드 또는 금속 유기 착화합물, 바람직하게는 LiQ, AlQ₃, ZrQ₄, KF

또는 LiF로 구성될 수 있으며, 여기서, Q는 8-하이드록시퀴놀레이트이다.

- [0515] 일 양태에 따르면, 전자 주입층은 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속, 바람직하게는 Li, Cs, Mg, Ca, Yb 또는 Sm으로 구성될 수 있다.
- [0516] 바람직한 실시형태에 따르면, 2개의 전자 수송층들(161/162)의 전자 수송층 스택은 전자 주입층(180)을 함유할 수 있다.
- [0517] 바람직한 실시형태에 따르면, 3개의 전자 수송층들의 전자 수송층 스택(161/162/163)은 전자 주입층(180)을 함유하지 않을 수 있다.
- [0518] EIL(180)의 두께는 약 0.1 nm 내지 10 nm의 범위, 예를 들어 0.5 nm 내지 9 nm, 또는 약 0.5 nm 내지 5 nm의 범위일 수 있다. EIL(180)의 두께가 이 범위 내인 경우, EIL(180)은 구동 전압을 실질적으로 증가시키지 않으면서, 만족스러운 전자 주입 특성을 가질 수 있다.
- [0519] 캐소드 전극(190)은 EIL(180)이 존재하는 경우, EIL(180) 상에 형성된다. 캐소드 전극(190)은 전자 주입 전극인 캐소드일 수 있다. 제2 전극(190)은 금속, 합금, 전기 전도성 화합물 또는 이들의 혼합물로 형성될 수 있다. 제2 전극(190)은 낮은 일 함수를 가질 수 있다. 예를 들어, 제2 전극(190)은 리튬(Li), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄(Al)-리튬(Li), 칼슘(Ca), 바륨(Ba), 이테르븀(Yb), 마그네슘(Mg)-인듐(In), 마그네슘(Mg)-은(Ag) 등으로 형성될 수 있다. 추가적으로, 제2 전극(190)은 ITO 또는 IZO와 같은 투명한 도전성 물질로 형성될 수 있다.
- [0520] 캐소드 전극(190)의 두께는 약 5 nm 내지 1000 nm의 범위, 예를 들어 10 nm 내지 100 nm의 범위일 수 있다. 캐소드 전극(190)이 5 nm 내지 50 nm의 범위 내의 두께를 가지는 경우, 금속 또는 금속 합금이 사용되더라도 전극은 투명할 것이다.
- [0521] ETL(160)의 층들이 유사하거나 동일한 에너지 준위를 갖기 때문에, 전자들의 주입 및 수송이 조절될 수 있고, 정공이 효율적으로 차단될 수 있다. 따라서, OLED(100)는 긴 수명을 가질 수 있다.
- [0522] 도 6 및 도 7은 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른 OLED(200)의 개략적인 단면도이다. 도 7 및 도 8의 OLED(200)는 전자 주입층(EIL)(180)을 가지지 않는다.
- [0523] 도 6 및 도 7을 참조하면, OLED(200)는 기관(110), 제1 전극(120), HIL(130), HTL(140), EML(150), ETL(160) 및 제2 전극(190)을 포함한다. 도 6의 ETL 스택(160)은 제1 ETL 층(161) 및 제2 ETL 층(162)을 포함한다. 도 7의 ETL 스택(160)은 제1 ETL 층(161), 제2 ETL 층(162) 및 제3 ETL 층(163)을 포함한다.
- [0524] 도 6의 전자 수송층 스택(160)은 제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)을 포함하고, 제1 전자 수송층(161) 및 제2 전자 수송층(162)은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하고, 이로써, 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물은 제1 전자 수송층(161)의 매트릭스 화합물과 상이하고, 추가적으로
- [0525] - 제1 전자 수송층은 하나 이상의 리튬 유기 착화합물을 도판트로서 포함하고,
- [0526] - 제2 전자 수송층에는 도판트가 없으며; 상기 제1 전자 수송층은 애노드에 가장 가깝게 배치되고, 상기 제2 전자 수송층은 캐소드에 가장 가깝게 배치된다.
- [0527] 도 7의 전자 수송층 스택(160)은 3개 이상의 전자 수송층들(161, 162 및 163)을 포함하며, 제1 전자 수송층(161), 제2 전자 수송층(162) 및 제3 전자 수송층(163)은 하나 이상의 매트릭스 화합물을 포함하여, 제2 전자 수송층(162)의 매트릭스 화합물은 제1 전자 수송층(161) 및 제3 전자 수송층(163)의 매트릭스 화합물과 상이하고, 추가적으로
- [0528] - 제1 전자 수송층(161)은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 도판트로서 포함하며,
- [0529] - 제3 전자 수송층(163)은 리튬 할라이드 또는 리튬 유기 착화합물을 도판트로서 포함하고,
- [0530] - 제2 전자 수송층(162)에는 도판트가 없으며;
- [0531] 상기 제1 전자 수송층(161)은 애노드에 가장 가깝게 배치되고, 상기 제3 전자 수송층(163)은 캐소드에 가장 가깝게 배치된다.
- [0532] ETL의 층들(161 및 162) 또는 ETL의 층들(161 및 163)은 유사하거나 또는 동일한 에너지 준위를 가진다.
- [0533] OLED(200)는 OLED를 효율적으로 작동시키기 위해 충분히 감소된 낮은 전압을 가진다. 도 6 및 도 7의

OLED(200)의 기관(110), 제1 전극(120), 정공 주입층(130), 정공 수송층(140), 발광층(150) 및 전자 수송층들(161, 162)은 각각 도 4 및 도 5를 참조하여 설명된 대응되는 구성과 유사하다. OLED(200)의 구조 및 OLED(200)의 제조 방법을 도 4 및 도 5를 참조하여 설명하지만, 당업계에 공지된 다른 방법이 사용될 수 있다. 예를 들어, ETL 스택(160)은 3개 이상의 ETL 층을 포함할 수 있지만, ETL(161 및 162)의 2개의 ETL 층들 또는 ETL(161, 162 및 163)의 3개의 ETL 층들이 바람직할 수 있다.

[0534] 상기 설명에서, 본 발명의 OLED의 제조 방법은 애노드 전극(120)이 형성된 기관(110)으로 시작되며, 애노드 전극(120) 상에 발광층(150)을 형성한다. 전자 수송층(161) 또는 전자 수송층 스택(160)은 상기 발광층(150) 상에 형성되고, 여기서, 전자 수송층 스택(160)의 경우 제1 전자 수송층(161)은 발광층(150) 상에 형성되고, 제2 전자 수송층(162)은 제1 전자 수송층(161) 상에 직접적으로 형성되며, 상기 전자 수송층 스택(160) 상에, 이 경우에 상기 제2 전자 수송층(162) 상에 캐소드 전극(190)이 형성되며, 선택적으로 정공 주입층(130) 및 정공 수송층(140)이 애노드 전극(120)과 전자 수송층 스택(160) 사이에 형성되고, 선택적으로 정공 차단층이 발광층과 ETL 층 스택 사이에 형성되고, 전자 수송층(160)과 캐소드 전극(190) 사이에는 전자 주입층(180)이 형성된다.

[0535] 그러나, 본 발명의 OLED는 또한 선택적으로 전자 주입층(180)이 형성된 캐소드 전극(190)으로 시작하여 다른 방법으로 제조될 수 있다. 캐소드 전극(190) 상에, 또는 전자 주입층(180)이 존재하는 경우 전자 주입층(180) 상에, 전자 수송층 스택(160)이 형성되고, 이로써 제2 전자 수송층(162) 상에 직접적으로 제1 전자 수송층(161) 등이 형성된다.

[0536] 3개의 층의 전자 수송층 스택(160)의 경우, 제2 전자 층(162)은 제1 전자 층(161) 상에 형성되고, 제3 전자 층(163)은 제2 전자 층(162) 상에 형성된다. 그런 다음, 캐소드 전극(190)이 형성되고, 선택적인 정공 주입층(130) 및 정공 수송층(140)이 애노드 전극(120)과 전자 수송층 스택(160) 사이에 형성되고, 선택적인 정공 차단층이 발광층과 ETL 층 스택 사이에 형성되고, 선택적으로 전자 주입층(180)이 전자 수송층(160)과 캐소드 전극(190) 사이에 형성된다.

[0537] 도 4 내지 도 7에는 도시되지 않았지만, OLED(100, 200)를 밀봉하기 위해, 제2 전극(190) 상에 밀봉층이 더 형성될 수 있다. 추가적으로, 다양한 다른 변형이 적용될 수 있다.

[0538] 이하, 하나 이상의 예시적인 양태를 하기 실시예를 참조하여 상세히 설명한다. 그러나, 이들 실시예는 하나 이상의 예시적인 양태의 목적 및 범위를 제한하려는 것이 아니다.

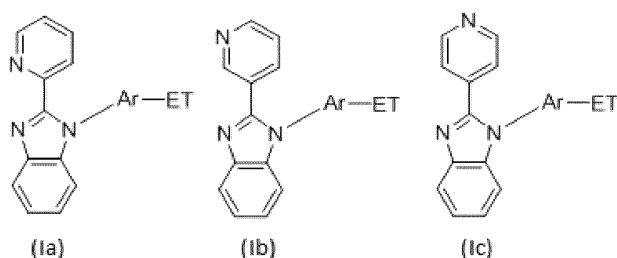
[0539] 제2 비도핑된 ETL에 적합한 매트릭스 화합물은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물로부터 선택된다.

[0540] 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물의 피리디닐 모이어티에서 질소 원자의 위치의 영향을 체크하기 위해, 에너지 준위 및 광학 밴드갭을 계산하였다.

[0541] 분자의 기하학적 최적화 및 특성 계산을, DFT-기능적 BP(B88 익스체인지, VWN(V) 및 Perdew's 1986 상관관계) 및 독일 카를스루에 소재의 TURBOMOLE GmbH(Ltd)에서 상업적으로 입수 가능한 프로그램 패키지 Turbomole-V6.5에서 실시된 바와 같은 DEF-SV(P) 베이스 세트를 사용하여 수행하였다.

[0542] 또 다른 양태는 하나 이상의 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함하는 장치에 관한 것이다. 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함하는 장치는 예를 들어 디스플레이이다.

[0543] 또 다른 양태는 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며:



[0544]

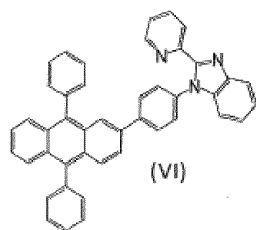
[0545] 상기 식에서,

[0546] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌 ; 또는 카르바졸릴렌이고;

[0547] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형

성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이고;

[0548] 화합물 (VI)을 배제하고:



[0549]

[0550] ET가 안트라센-9-일 기인 식 Ia, Ib 및 Ic의 화합물을 배제한다.

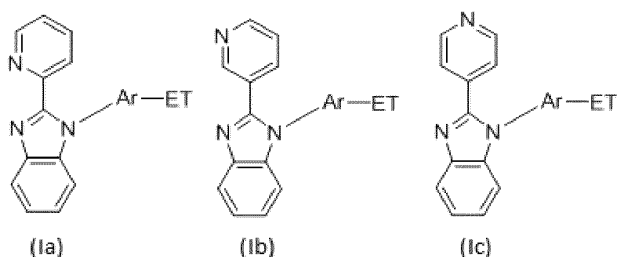
[0551] 또 다른 양태는, Ar이 아릴렌 또는 카르바졸릴렌 기로부터 선택되는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, π -전자들의 컨쥬게이션은 1-벤즈이미다졸 모이어티와 ET 사이에서 감소된다.

[0552] 또 다른 양태는, Ar이 하나 이상의 m-페닐렌기를 포함하는 화학식으로부터 선택되는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.

[0553] 또 다른 양태는, Ar이 m-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 또는 나프탈렌-2,6-다이일로 이루어진 군으로부터 선택되는, 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.

[0554] 또 다른 양태는, ET가 아크리딘, 또는 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 아크리딘 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는, 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.

[0555] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며:



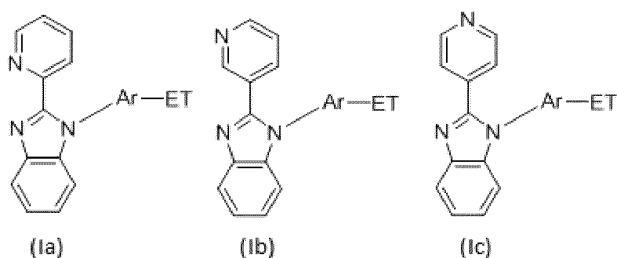
[0556]

[0557] 상기 식에서,

[0558] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;

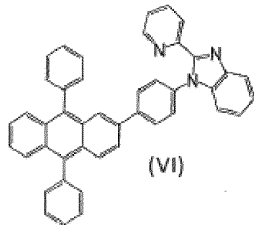
[0559] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 14 내지 26개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 14 내지 22개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이다.

[0560] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며:



[0561]

- [0562] 상기 식에서,
- [0563] Ar은 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 6 내지 18개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 6 내지 13개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴렌; 또는 카르바졸릴렌이고;
- [0564] ET는 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자, 바람직하게는 14 내지 26개의 고리-형성 탄소 원자, 보다 바람직하게는 14 내지 22개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자, 바람직하게는 20 내지 24개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 또는 비치환된 헤테로아릴기이고;
- [0565] 화합물 (VI)를 배제하고:



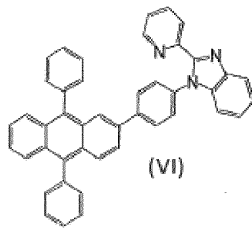
- [0566]
- [0567] ET가 안트라센-9-일 기인 식 Ia Ib 및 Ic의 화합물을 배제한다.
- [0568] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, 식 Ia, Ib 및 Ic의 Ar은
- [0569] 비치환된 아릴렌:
- [0570] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일; 또는
- [0571] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌:
- [0572] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일기, 비페닐-3,3'-다이일기, 비페닐-4,4'-다이일기, 비페닐-3,4'-다이일기, 플루오렌-2,7-다이일기, 플루오렌-3,6-다이일기, 카르바졸-3,6-다이일기, 카르바졸-2,7-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일
- [0573] 로 이루어진 군으로부터 선택되고,
- [0574] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌의 치환기는 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 12개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 5개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기로 이루어진 군으로부터 선택된다.
- [0575] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, 식 Ia, Ib 및 Ic의 Ar은
- [0576] 비치환된 아릴렌:
- [0577] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일; 또는
- [0578] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌:
- [0579] - o-페닐렌, m-페닐렌, p-페닐렌, 비페닐-2,2'-다이일, 비페닐-3,3'-다이일, 비페닐-4,4'-다이일, 비페닐-3,4'-다이일, 플루오렌-2,7-다이일, 플루오렌-3,6-다이일, 카르바졸-3,6-다이일, 카르바졸-2,7-다이일, p-터페닐-4,4'-다이일, p-터페닐-3,3'-다이일, p-터페닐-2,2'-다이일, m-터페닐-4,4'-다이일, m-터페닐-3,3'-다이일, m-터페닐

-2,2'-다이일, o-터페닐-4,4'-다이일, o-터페닐-3,3'-다이일, o-터페닐-2,2'-다이일; 나프탈렌-2,6-다이일, 나프탈렌-1,4-다이일

[0580] 로 이루어진 군으로부터 선택되고,

[0581] 치환된 아릴렌 또는 카르바졸릴렌의 치환기는 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 12개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자, 바람직하게는 1 내지 5개의 탄소 원자, 보다 바람직하게는 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기로 이루어진 군으로부터 선택되고;

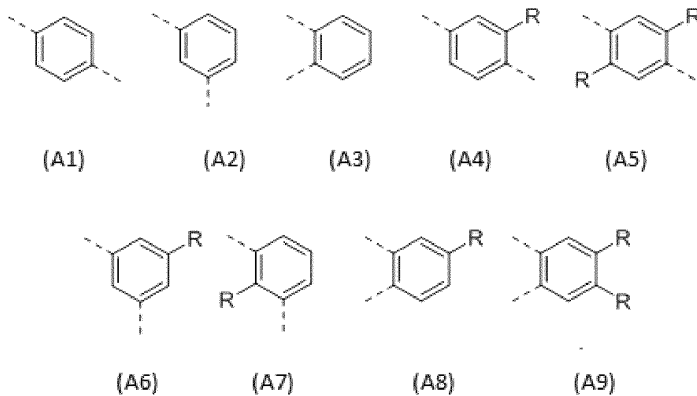
[0582] 화합물 (VI)을 배제하고:



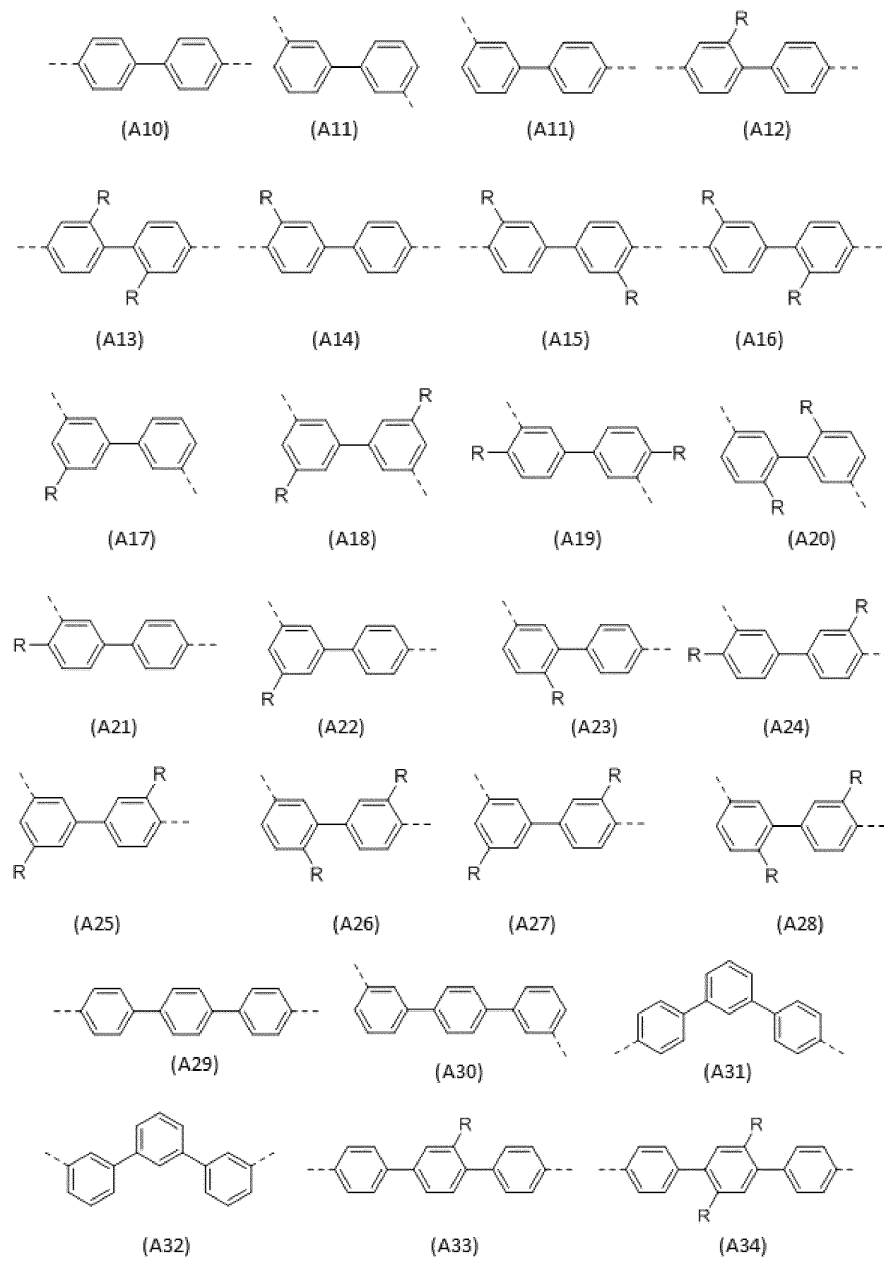
[0583]

[0584] ET가 안트라센-9-일 기인 식 Ia, Ib 및 Ic의 화합물을 배제한다.

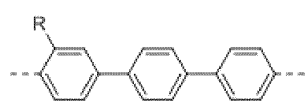
[0585] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 Ar은 A1 내지 A69로 이루어진 군으로부터 선택되며:



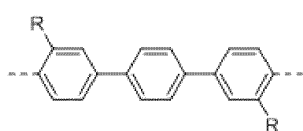
[0586]



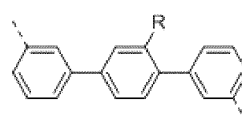
[0587]



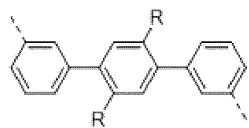
(A35)



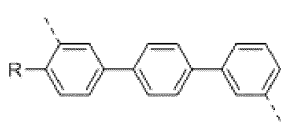
(A36)



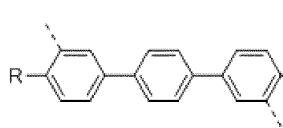
(A37)



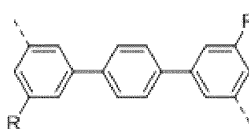
(A38)



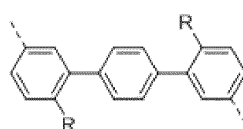
(A39)



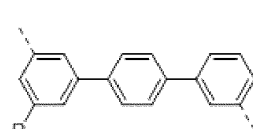
(A40)



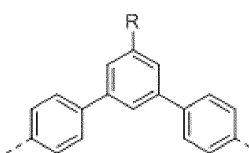
(A41)



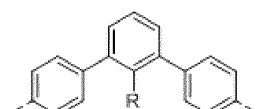
(A42)



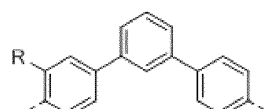
(A43)



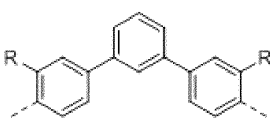
(A44)



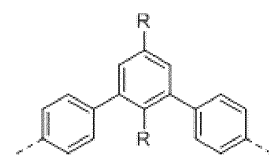
(A45)



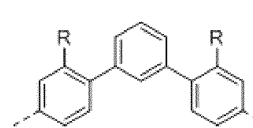
(A46)



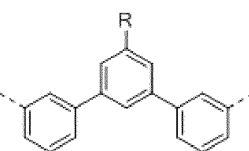
(A47)



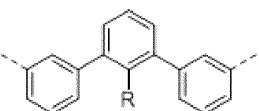
(A48)



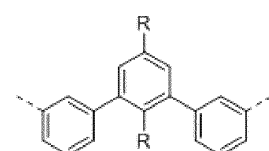
(A49)



(A50)

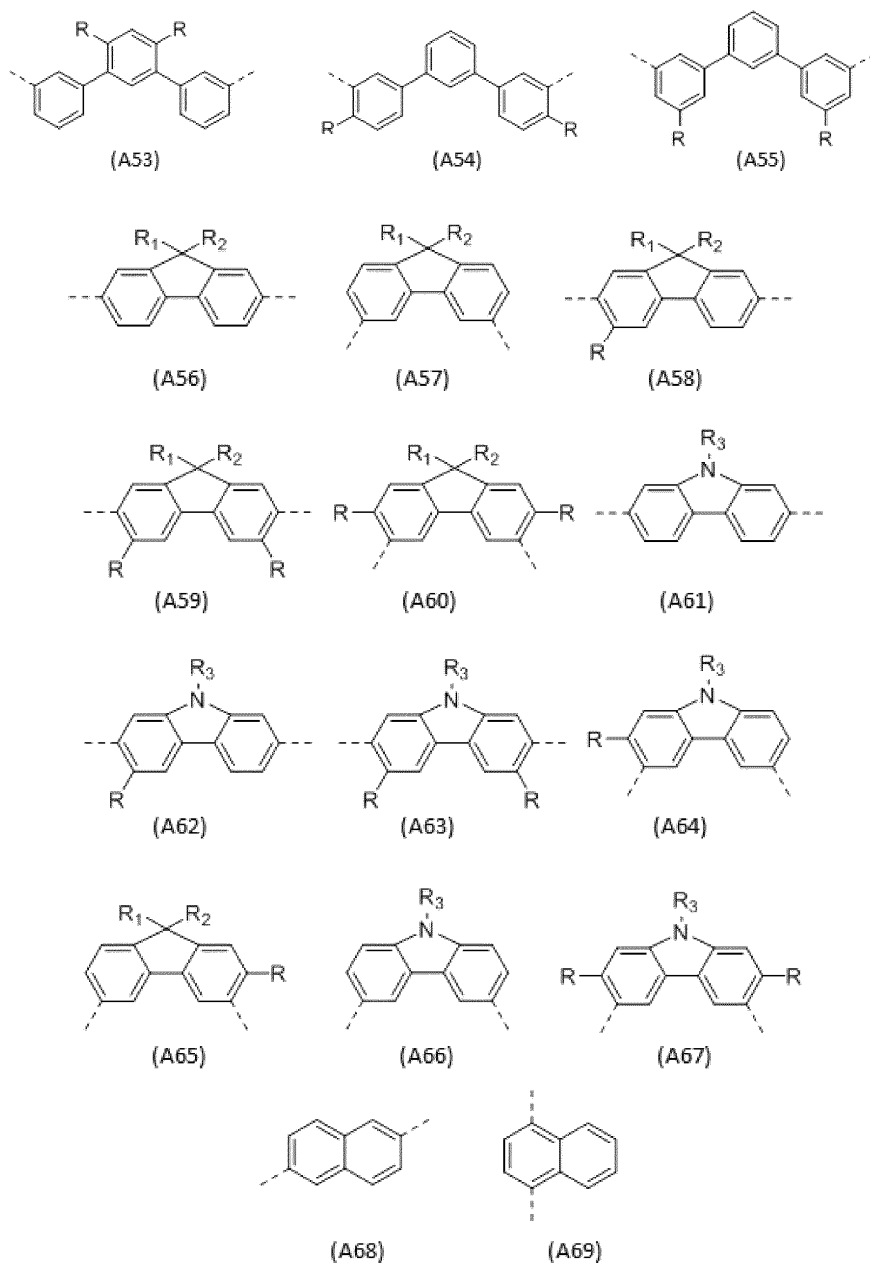


(A51)



(A52)

[0588]



[0589]

[0590]

여기서,

[0591]

R은 H, R1, R2 또는 R3이고;

[0592]

R1, R2 및 R3은 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로부터 선택된다.

[0593]

또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 ET는

[0594]

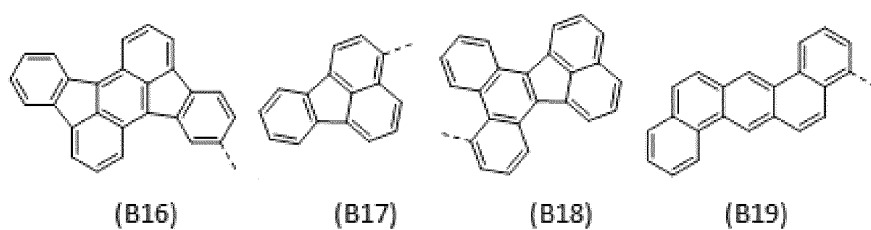
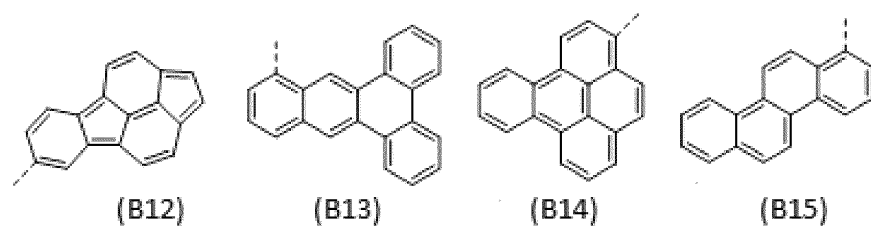
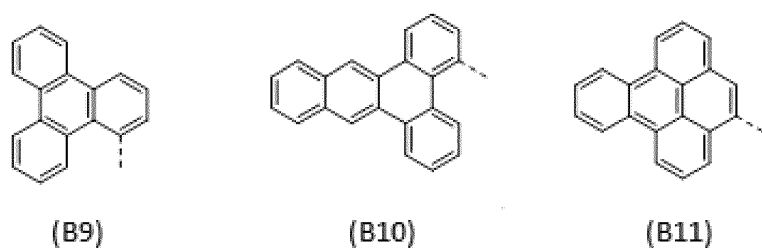
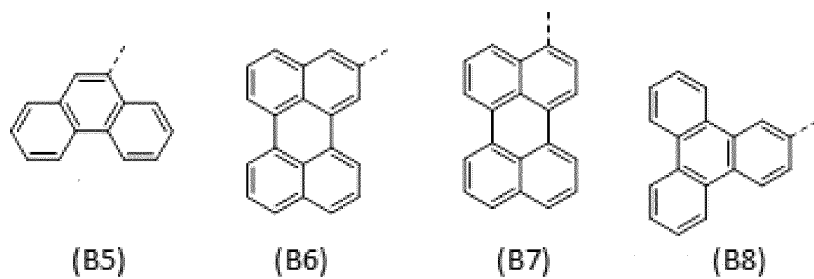
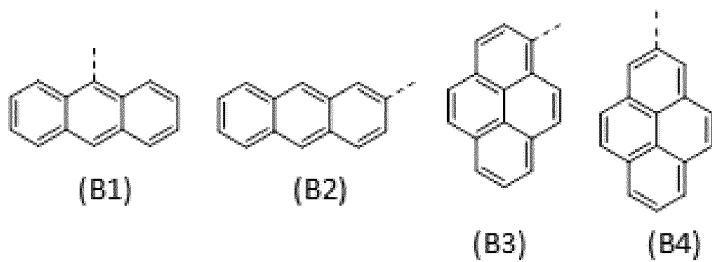
- 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 비치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진

비치환된 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며, 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 트리페닐렌-1-일, 트리페닐렌-2-일, 벤조[f]테트라렌-4-일, 벤조[e]피렌-4-일, 사이클로펜타[cd]플루오란텐-6-일, 벤조[f]테트라렌-10-일, 벤조[e]피렌-3-일, 크리스렌-1-일, 루비센-5-일, 루비센-6-일, 플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-3-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-9-일, 다이벤조[j,l]플루오란텐-10-일, 벤조[k]테트라렌-1-일, 벤조[k]테트라렌-3-일, 벤조[k]테트라렌-4-일, 벤조[k]테트라렌-7-일, 코로넨-1-일, 다이벤조[ghi,mno]플루오란텐-1-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는

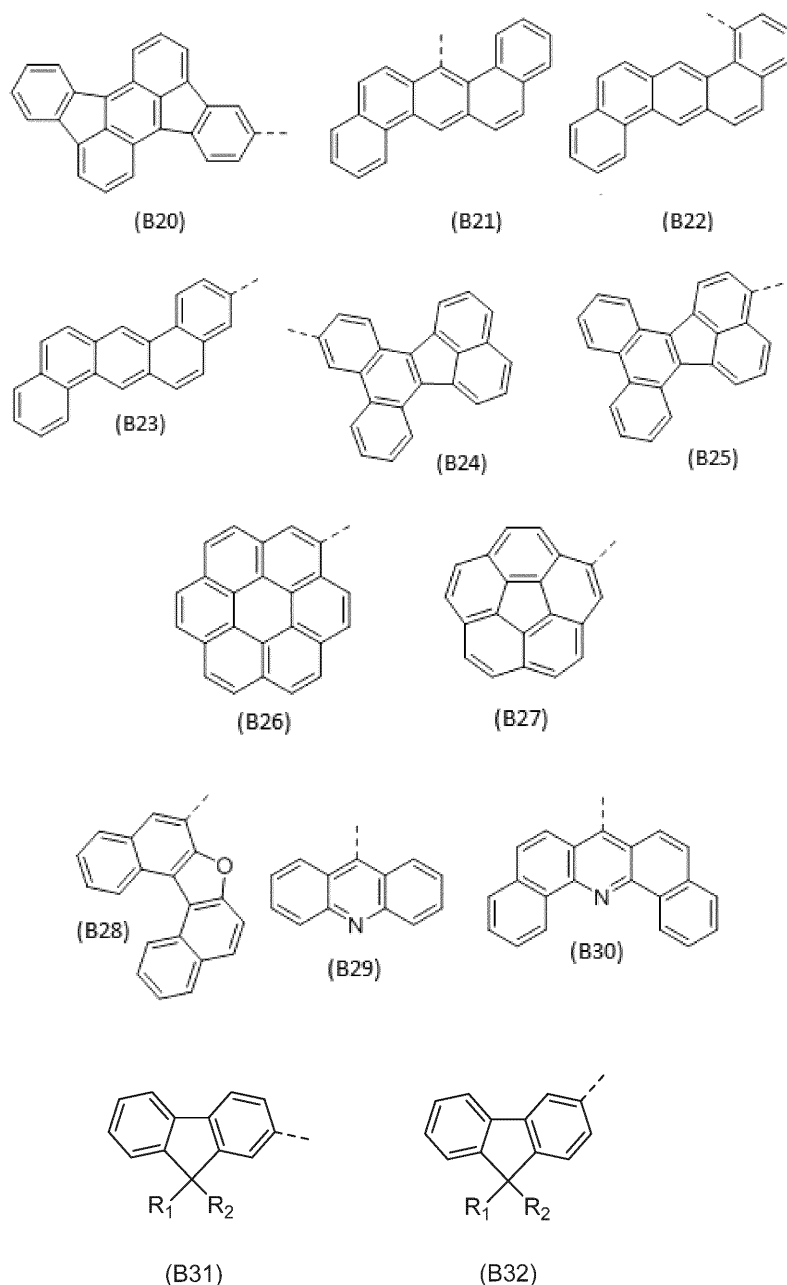
[0595] - 13 내지 40개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 치환된 아릴기; 또는 14 내지 40개의 고리-형성 원자를 가진 치환된 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며; 바람직하게는 ET는 안트라센-2-일, 안트라센-9-일, 피렌-1-일, 피렌-2-일, 페난트렌-9-일, 페릴렌-2-일, 페릴렌-3-일, 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일, 아크리딘-9-일, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일, 플루오렌-2-일, 플루오렌-3-일로 이루어진 군으로부터 선택되고,

[0596] 치환된 아릴기 또는 헤테로아릴기의 치환기는 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐 기로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0597] 또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 ET는 B1 내지 B32로 이루어진 군으로부터 선택되며:



[0598]



[0599]

[0600]

여기서,

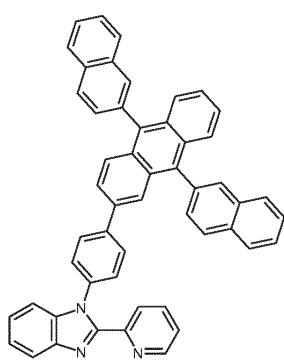
[0601]

R1 및 R2는 서로 동일하거나 또는 독립적으로, 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 15개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 20개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 20개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 바람직하게는 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 10개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 15개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 15개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 더 바람직하게는, 1 내지 6개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 5개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 14개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 14개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기; 보다 바람직하게는 1 내지 4개의 탄소 원자를 가진 선형, 분지형 또는 환형 알킬기; 1 내지 2개의 탄소 원자를 가진 알콕시기; 6 내지 10개의 고리-형성 탄소 원자를 가진 아릴기; 6 내지 10개의 고리-형성 원자를 가진 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택된다.

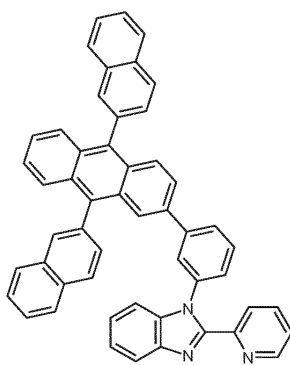
[0602]

또 다른 양태는 상기 언급된 바와 같은 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic를 가진 화합물에 관한 것이며, 여기서, B1 내지 B32의 ET 치환기는 페닐, 1-나프틸, 2-나프틸, 2-비페닐, 3-비페닐, 4-비페닐, 1-피레닐, 2-피레닐, 2-페난트레닐, 9,9'-플루오레닐 또는 9,9'-크산테닐 기로 치환된다.

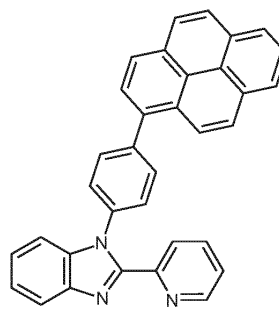
[0603] 또 다른 양태는 하기 화학식을 가진 화합물에 관한 것이다:



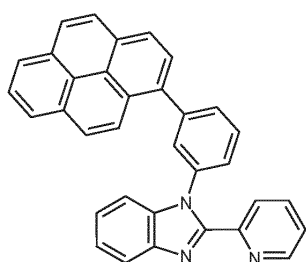
(MX 27)



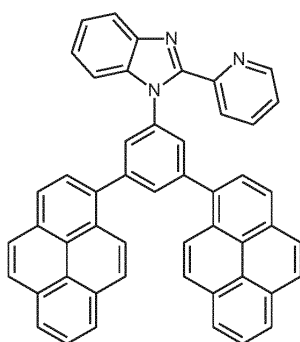
(MX 28)



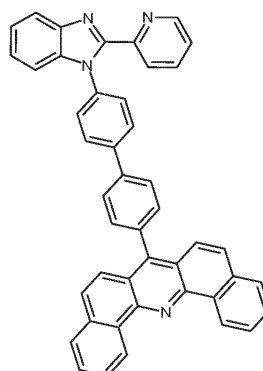
(MX 29)



(MX 30)

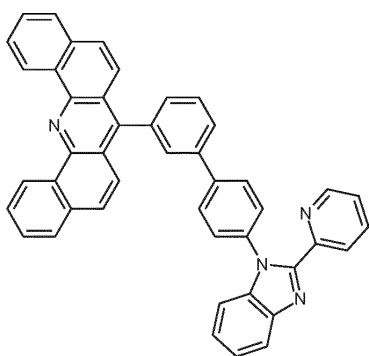


(MX 31)

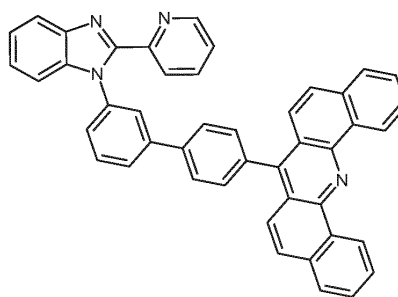


(MX 32)

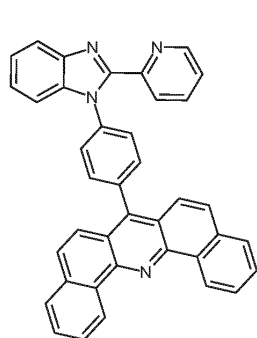
[0604]



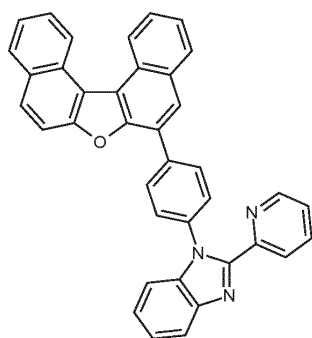
(MX 33)



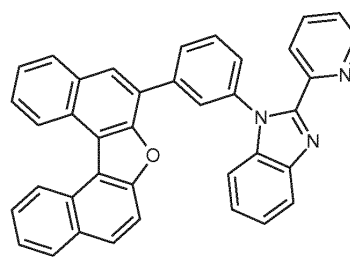
(MX 34)



(MX 35)



(MX 36)

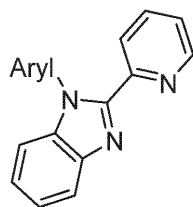


(MX 37).

[0605]

- [0606] 바람직하게는, 상기 화합물은 MX27, MX28, MX29, MX30, MX31, MX32, MX33, MX34 및 MX35로부터 선택될 수 있다.
- [0607] 보다 바람직한 화합물은 MX32, MX33, MX34 및 MX35로부터 선택될 수 있다.
- [0608] 또 다른 양태는, ET가 아크리딘 화합물, 또는 아릴 또는 헤테로아릴 기로 치환된 아크리딘 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 화학식 Ia, Ib 및 Ic의 화합물에 관한 것이다.
- [0609] ET가 다이벤조[c,h]아크리딘 기인 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic이 보다 바람직하다.
- [0610] 또 다른 양태는 식 Ia를 배제하고 화학식 Ib, Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0611] 또 다른 양태는 식 Ib를 배제하고 화학식 Ia, Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0612] 또 다른 양태는 식 Ic를 배제하고 화학식 Ia, Ib를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0613] 또 다른 양태는 식 Ib 및 Ic를 배제하고 화학식 Ia를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0614] 또 다른 양태는 식 Ia 및 Ic를 배제하고 화학식 Ib를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0615] 또 다른 양태는 식 Ia 및 Ib를 배제하고 화학식 Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0616] 또 다른 양태는 식 Ib를 배제하고 ET가 안트라센-9-일 기인, 화학식 Ia, Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0617] 또 다른 양태는 식 Ic를 배제하고 ET가 안트라센-9-일 기인, 화학식 Ia, Ib를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0618] 또 다른 양태는 식 Ib 및 Ic를 배제하고 ET가 안트라센-9-일 기인, 화학식 Ia를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0619] 또 다른 양태는 식 Ia 및 Ic를 배제하고 ET가 안트라센-9-일 기인, 화학식 Ib를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0620] 또 다른 양태는 식 Ia 및 Ib를 배제하고 ET가 안트라센-9-일 기인, 화학식 Ic를 가진 화합물에 관한 것이다.
- [0621] 식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물은 유기 반도체 층, 전하 수송층 또는 전하 주입층, 바람직하게는 전자 수송층 또는 전자 주입층에서 매트릭스 화합물로서 사용될 수 있다.
- [0622] 또 다른 양태는 본 발명에 따른 식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물의 용도에 관한 것이다.
- [0623] 식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물은 유기 반도체 층, 전하 수송층 또는 전하 주입층, 바람직하게는 전자 수송층 또는 전자 주입층에서 매트릭스 화합물(들)로서 사용될 수 있다.
- [0624] 또 다른 양태는 본 화합물의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0625] 일반적인 보론산 에스테르 합성 절차
- [0626] 온도계, 자기 교반 막대, 고무 격막(rubber septum)이 씌어진 압력-평형화 첨가 깔때기 및 아르곤 투입구가 구비된 오븐-건조된, 3-목, 1-L, 둥근-바닥 플라스크에 브로모 유도체(45.6 mmol)를 충전하고, 밀봉하고, 비운 다음, 건조 아르곤으로 다시 충전시킨다. 무수 THF(760 ml)를 상기 플라스크 내로 직접 캐슬레이션하고, 투명한 용액이 형성될 때까지 혼합물을 교반한 다음, -78℃(내부 온도)까지 냉각시킨다. 첨가 깔때기에 *n*-부틸리튬 용액(헥산 중 2.5 M, ~50 mmol, 1.1 eq)을 충전한 다음, 이를 교반된 반응 혼합물에 적가하고, 이러한 동안 내부 온도를 -78℃ 내지 -70℃에서 유지시킨다. 첨가 깔때기를 2개의 3-mL 부분의 테트라하이드로푸란으로 세척하고, 반응 혼합물을 -78℃에서 1시간 더 교반한다. 2-이소프로폭시-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란(72.96 mmol, 1.6eq)을 상기 첨가 깔때기에 캐슬레이션한 다음, -78℃에서 상기 용액에 적가한다. 생성된 혼합물을 RT까지 1.5시간 동안 도달하게 하고, 메탄올을 첨가하여 중단시킨다. 2 M 염산 수용액을 첨가하여 pH를 약 5로 조정하고, 회전 증발기를 사용하여 증발 건조한다. 잔여물을 클로로포름에 용해시키고, 물 및 염수로 세척한 다음, 마그네슘 설페이트에 걸쳐 건조하고, 증발 건조한다. 미정제 생성물을 재결정화 또는 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제한다.
- [0627] 일반적인 울만(Ullmann) 커플링 반응 절차
- [0628] 자기 교반 막대, 격막 및 환류 축합기가 장착되고 아르곤 투입구가 구비된 오븐-건조된, 2-목, 1-L, 둥근-바닥 플라스크에 2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸(0.128 mmol, 1 eq.), 요오도아릴(19.2 mmol, 1.5 eq), 구리 요오다이드(0.042 mmol, 0.33eq), 1,10-페난트롤린(0.081 mmol, 0.63eq) 및 Cs₂CO₃(0.1885 mmol, 1.45 eq)를 충전시킨다. 무수 DMF(500 ml)를 상기 반응 플라스크 내로 직접 캐슬레이션하고, 격막을 스톱퍼(stopper)로 대체

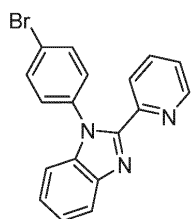
하고, 혼합물을 아르곤 하에 150℃에서 밤새 교반한다. 반응 혼합물을 RT까지 냉각시키고, 짧은 Florisil 패드 (~3 cm)를 통해 여과한 다음, 증발 건조한다. 잔여물을 클로로포름에 용해시키고, DTA 용액(1%), 물(3x) 및 염수(1x)로 세척한 다음, 마그네슘 설페이트에 걸쳐 건조하고, 증발 건조한다. 미정제 생성물을 이소프로필 알코올을 이용하여 밤새 트리투레이션하고, 여과한 다음, 건조한다. 마지막으로, 고체를 다이클로로메탄에 재용해시키고, SiO₂ 5 g으로 처리한 다음, 여과하고, 증발 건조한다.



[0629]

[0630] 1-(4-브로모페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸 (1)

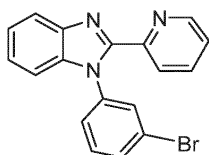
[0631] 1-요오도-4-브로모벤젠으로부터 일반적인 올만 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0632]

[0633] 1-(3-브로모페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸 (2)

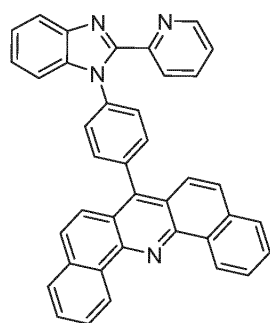
[0634] 1-요오도-4-브로모벤젠으로부터 일반적인 올만 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0635]

[0636] 7-(4-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)페닐)다이벤조[c,h]아크리딘

[0637] 7-(4-요오도페닐)다이벤조[c,h]아크리딘으로부터 일반적인 올만 커플링 절차를 사용하여 수득된다.

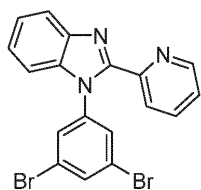


[0638]

[0639] 1-(3,5-다이브로모페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸 (3)

[0640] 2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸(3 g, 15.4 mmol, 1eq.), 3,5-다이브로모플루오로벤젠(4.3 g, 16.9 mmol, 1.1 eq), Cs₂CO₃(9.9 g, 30.6 mmol, 2 eq) 및 75 mL 건조 DMF를 압력 패드에서 조합하고, 160℃에서 2일 동안 반응시킨다. 그런 다음, 3,5-다이브로모플루오로벤젠 1 mL(8 mmole, ~0.5 eq.) 및 Cs₂CO₃ 4.5 g(13.8 mmol, 0.9 eq.)을 첨가하고, 혼합물을 160℃에서 밤새 반응시킨다. 그런 다음, 이를 400 mL 물에 붓고, 침전물을 여과에 의해 수합한다. 미정제 생성물을 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제하여, 요망되는 생성물을 담황색 분말

로서 수득한다.



[0641]

[0642]

일반적인 스즈키 커플링 반응 절차

[0643]

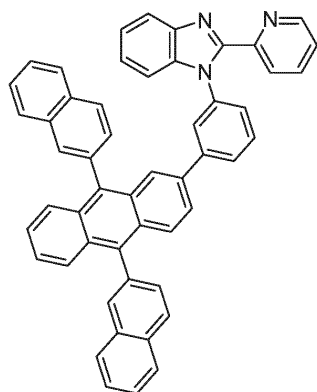
자기 교반 막대, 스톱퍼 및 환류 축합기가 장착되고 질소 투입구가 구비된 100-mL, 2-목, 둥근-바닥 플라스크에 (6.8 mmol) 보론산 에스테르 및 벤즈이미다졸-유도체(1) 또는 (2)(7.74 mmol, 1.14 eq)를 충전시킨다. 분위기를 아르곤으로 대체하고, 탈산소화된 글림(35 ml), 2 M 포타슘 카르보네이트 수용액(12 ml, 3.5 eq, 상기 용액에 아르곤 증기를 30분 동안 통과시킴으로써 탈산소화된) 및 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0)(0.204 mmol, 0.03 eq)을 이 순서대로 첨가한다. 플라스크를 밀봉하고, 혼합물을 아르곤 하에 95°C에서 밤새 교반한다. 소듐 소듐 다이에틸카르보다이티오에이트 소듐 다이에틸카르보다이티오에이트 트리하이드레이트 수용액(3%, 50 ml)을 첨가하고, 상기 혼합물을 RT에서 30분 동안 교반한다. 불균질한 혼합물을 10배 과량의 물에 붓고, 침전된 생성물을 신티드 유리 필터를 사용한 여과에 의해 수합한 다음, 상기 필터 상에서 물(3 x 20 ml) 및 메탄올(2 x 20 ml)로 세척하고, RT에서 진공 내에서 건조한다. 그런 다음, 미정제 생성물을 재결정화 또는 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제한다.

[0644]

1-(3-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

[0645]

(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)보론산 및 (2)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



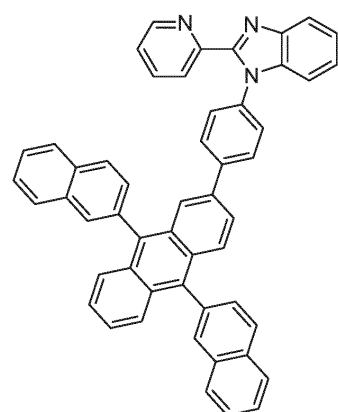
[0646]

[0647]

1-(4-(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

[0648]

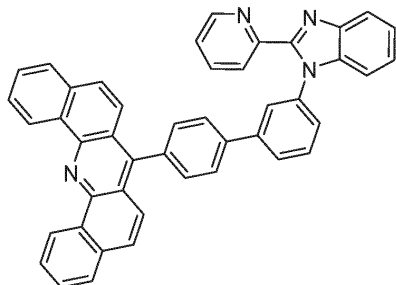
(9,10-다이(나프탈렌-2-일)안트라센-2-일)보론산 및 (1)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0649]

[0650] 7-(3'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이벤조[c,h]아크리딘

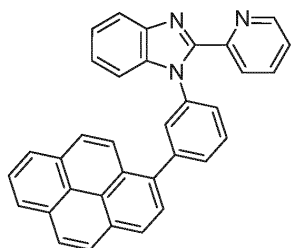
[0651] 7-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐)다이벤조[c,h]아크리딘 및 (2)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0652]

[0653] 1-(3-(피렌-1-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

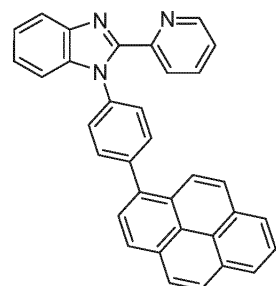
[0654] 피렌-1-일보론산 및 (2)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0655]

[0656] 1-(4-(피렌-1-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

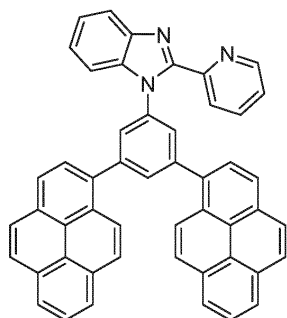
[0657] 피렌-1-일보론산 및 (2)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0658]

[0659] 1-(3,5-다이(피렌-1-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

[0660] 피렌-1-일보론산 및 (3)으로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.

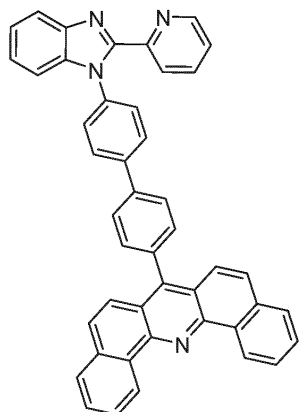


[0661]

[0662] 7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-4-일)다이벤조[c,h]아크리딘

[0663] 7-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐)다이벤조[c,h]아크리딘 및 (1)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.

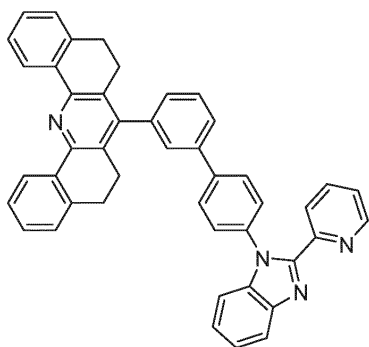
키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0664]

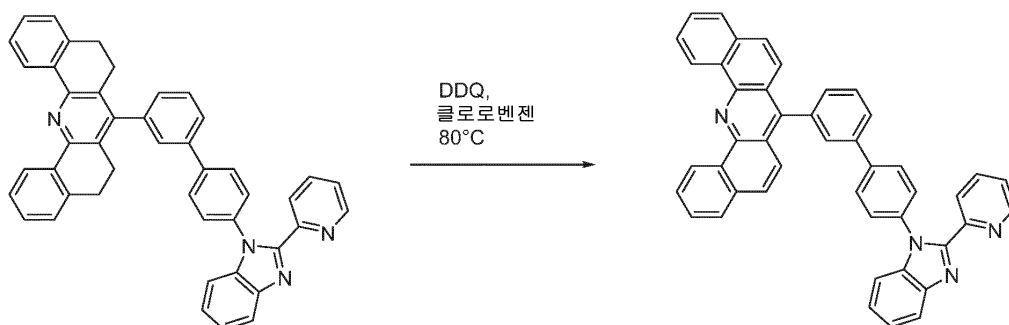
[0665] 7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)-5,6,8,9-테트라하이드로다이벤조[c,h]아크리딘

[0666] 7-(3-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐)-5,6,8,9-테트라하이드로다이벤조[c,h]아크리딘 및 (1)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0667]

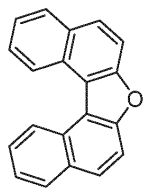
[0668] 7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)다이벤조[c,h]아크리딘



[0669]

[0670] 아르곤 분위기 하에, 7-(4'-(2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸-1-일)-[1,1'-비페닐]-3-일)-5,6,8,9-테트라하이드로다이벤조[c,h]아크리딘(3.3 g, 5.25 mmol), 4,5-다이클로로-3,6-다이옥소사이클로헥사-1,4-다이엔-1,2-다이카르보니트릴(3.58 g, 15.75 mmol, 3 eq) 및 클로로벤젠(50 ml)의 혼합물을 80℃에서 밤새 교반한다. 실온까지 냉각시킨 후, 메탄올 중 포타슘 하이드록사이드 용액(4 중량%, 250 ml)을 첨가하고, 생성 현탁액을 RT에서 30분 동안 교반한다. 침전된 생성물을 신테드 유리 필터를 사용한 여과에 의해 수합하고, 메탄올, 가열 메탄올(3 x 30 ml)로 격렬하게 세척한 다음, 건조한다. 미정제 생성물을 SiO₂ 상에 흡착시킨 다음, 이를 SiO₂ 패드(직경 ~8 cm, 두께 ~4 cm)의 상부 상에 놓고, 클로로벤젠(약 2개의 컬럼 부피, 500 ml)으로 세척한 다음, 가열 아니솔/메탄올 혼합물(4:1 vol.)로 세척한다. 아니솔 분획을 증발 건조하여, 요망되는 생성물을 황토색 고체로서 수득한다.

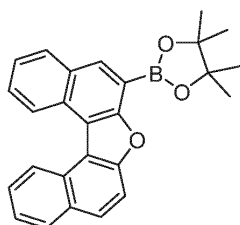
[0671] 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란



[0672]

[0673] [1,1'-비나프탈렌]-2,2'-다이올(30.0 g, 0.105 mol, 1.0 eq.)을 플라스크에 넣고, 아르곤으로 플러싱하였다. 무수 톨루엔(300 mL)을 첨가하고, 후속해서 트리플루오로메탄설폰산(11.7 mL, 0.210 mol, 2.0 eq.)을 첨가하였다. 추가의 탈기 후, 혼합물을 48시간 동안 환류시켰다. 냉각 후, 유기층을 물(500 mL)로 추출하고, MgSO₄에 걸쳐 건조한 다음, 침전될 때까지 진공 하에 환원시켰다. 그런 다음, 헥산(300 mL)을 첨가하고, 생성 현탁액을 2시간 동안 교반한 다음, 여과하였다. 이 고체를 DCM에 용해시키고, 실리카(헥산/DCM 2:1을 이용한 용리)에 걸쳐 여과하였다. 수득된 분획의 부피를 약 50 mL까지 감소시키고, 생성된 결정을 여과하여, 표제 화합물을 수득하였다.

[0674] 2-(다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란

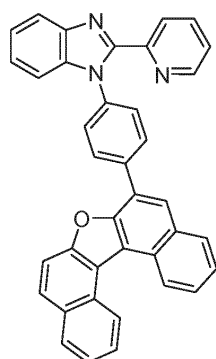


[0675]

[0676] 다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란(14.1 g, 52.6 mmol, 1.0 eq.)을 플라스크에 넣고, 아르곤으로 탈기한 다음, 무수 THF(100 mL)에 용해시켰다. 생성된 용액을 0°C까지 냉각시키고, *n*-부틸리튬(헥산 중 1.6 M, 36.2 mL, 57.8 mmol, 1.1 eq.)을 20분의 기간에 걸쳐 적가하였다. 생성된 황색 현탁액을 RT에서 밤새 교반한 다음, 2-이소프로폭시-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란(32.2 mL, 157.8 mmol, 3.0 eq.)을 적가하여 중단시켰다. 20 시간 더 교반한 다음, 혼합물을 증발 건조하여, 오렌지색 오일을 수득하였다. 미정제 물질을 실리카(헥산/DCM 9:1, 그런 다음 DCM을 이용한 용리)에 걸친 크로마토그래피에 의해 정제하여, 요망되는 물질을 수득하였다.

[0677] 1-(4-(다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸(1)

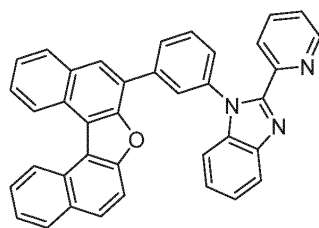
[0678] 2-(다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란 및 (1)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0679]

[0680] 1-(3-(다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)페닐)-2-(피리딘-2-일)-1H-벤조[d]이미다졸

[0681] 2-(다이나프토[2,1-b:1',2'-d]푸란-6-일)-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란 및 (1)로부터 일반적인 스즈키 커플링 절차를 사용하여 수득된다.



[0682]

[0683] 실시예

[0684] 1 또는 2개의 전자 수송층을 포함하는 실시예 1 내지 실시예 17뿐만 아니라 비교예 1 내지 비교예 7의 ETL 스택에 대한 일반적인 절차

[0685] 하부 방출 장치

[0686] 하부 방출 장치 - 실시예 1 내지 실시예 9 및 비교예 1 내지 비교예 4의 경우, 제1 전극을 제조하기 위해, 100 nm의 Ag를 갖는 $15 \text{ } \Omega/\text{cm}^2$ 유리 기판(Corning Co.로부터 입수 가능)을 50 mm x 50 mm x 0.7 mm의 크기로 절단하였고, 5분 동안 이소프로필 알콜로 초음파 세정한 후, 순수한 물로 5분 동안 세정하고, 다시 UV 오존으로 30분 동안 세정하였다.

[0687] 그런 다음, (N4,N4''-다이(나프탈렌-1-일)-N4,N4''-다이페닐-[1,1':4',1''-터페닐]-4,4''-다이아민) 92 중량% 및 2,2',2''-(사이클로프로판-1,2,3-트리일리덴)트리스(2-(p-시아노테트라플루오로페닐)아세트니트릴) 8 중량%를 ITO 전극 상에 진공 증착시켜, 두께가 10 nm인 HIL을 형성하였다. 그런 다음, (N4,N4''-다이(나프탈렌-1-일)-N4,N4''-다이페닐-[1,1':4',1''-터페닐]-4,4''-다이아민)을 상기 HIL 상에 진공 증착시켜, 두께가 130 nm인 HTL을 형성하였다. ABH113(Sun Fine Chemicals) 97 중량%를 호스트로서, 및 NUBD370(Sun Fine Chemicals) 3 중량%를 도판트로서 상기 HTL 상에 증착시켜, 두께가 20 nm인 청색 발광 EML을 형성하였다.

[0688] 하부 방출 장치의 ETL-층 스택

[0689] 이후, EML 상에 직접적으로 제1 증착 소스로부터 매트릭스 화합물 및 제2 증착 소스로부터 리튬 유기 착화합물을 증착함으로써, 실시예 1 내지 실시예 9 및 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 매트릭스 화합물을 포함하는 제1 전자 수송층(ETL1)을 증착하여, ETL-층 스택을 형성한다.

[0690] 매트릭스 화합물을 포함하는 실시예 1 내지 실시예 9 및 비교예 3의 제2 전자 수송층(ETL 2)은 제3 증착 소스 유래의 매트릭스 화합물을 증착시킴으로써 형성되는데, 왜냐하면 매트릭스 물질이 제1 전자 수송층(ETL 1)의 매트릭스 물질과 상이하기 때문이다. 비교예 1, 비교예 2 및 비교예 4에서는, 하나의 전자 수송층(ETL 1)만 형성된다. 비교예 1은 EIL을 함유하지 않는다. 비교예 2 및 비교예 4는 EIL을 함유한다. 비교예 3은 제1 ETL 및 제2 ETL을 함유하지만 EIL은 함유하지 않는다.

[0691] ETL1에 대한 리튬 유기 착화합물의 중량%는 표 6으로부터 취할 수 있으며, 이로써 매트릭스 화합물의 중량%는 각각 100 중량%이 될 때까지 첨가된다. 즉, ETL1의 리튬 유기 착화합물 및 ETL1의 매트릭스 화합물의 주어진 중량%가 ETL1 중량을 기준으로 총 100 중량%가 되도록, ETL1의 매트릭스 화합물이 중량% 양으로 첨가된다. 또한, ETL1의 두께 d(nm)는 표 6에서 취할 수 있다. 캐소드는 10^{-7} bar의 초고진공에서 증착되었다(evaporated). 따라서, 5 내지 1000 nm의 두께를 갖는 균질한 캐소드를 생성하기 위해, 0.1 내지 10 nm/s(0.01 내지 1 Å/s)의 속도로 하나 또는 여러 개의 금속의 열적 단일 동시-증착(co-evaporation)이 수행되었다. 캐소드 전극은 100 nm 알루미늄으로 형성되었다.

[0692] OLED 스택은 유리 슬라이드로 장치를 봉지함으로써 주변 조건으로부터 보호된다. 그렇게 함으로써, 추가적인 보호를 위한 게터 물질을 포함하는 캐비티가 형성된다.

[0693] 식 Ia, Ib 및 Ic의 본 발명의 화합물이 하부 방출 장치의 성능에 미치는 유익한 효과를 표 6에서 확인할 수 있다.

[0694] 상부 방출 장치

[0695] 상부 방출 장치 - 실시예 10 내지 실시예 17 및 비교예 5 내지 비교예 7 -의 경우, 애노드 전극을 유리 상 100

nm 으로부터 형성하였으며, 이를 상기 기재된 바와 동일한 방법에 의해 제조하였다.

[0696] 그런 다음, 비페닐-4-일(9,9-다이페닐-9H-플루오렌-2-일)-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-아민(CAS 1242056-42-3) 92 중량% 및 2,2',2''-(사이클로프로판-1,2,3-트리일리덴)트리스(2-(p-시아노테트라플루오로페닐)아세트니트릴) 8 중량%를 ITO 전극 상에 진공 증착시켜, 두께가 10 nm인 HIL을 형성하였다. 그런 다음, 비페닐-4-일(9,9-다이페닐-9H-플루오렌-2-일)-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-아민(CAS 1242056-42-3)을 상기 HIL 상에 진공 증착시켜, 두께가 130 nm인 HTL을 형성하였다. ABH113(Sun Fine Chemicals) 97 중량%를 호스트로서, 및 NUBD370(Sun Fine Chemicals) 3 중량%를 도판트로서 상기 HTL 상에 증착시켜, 두께가 20 nm인 청색 발광 EML을 형성하였다.

[0697] 상부 방출 장치의 ETL-층 스택

[0698] 이후, EML 상에 직접적으로 제1 증착 소스로부터 매트릭스 화합물 및 제2 증착 소스로부터 리튬 유기 착화합물을 증착함으로써, 실시예 10 내지 실시예 17 및 비교예 5 내지 비교예 6에 따른 매트릭스 화합물을 포함하는 제 1 전자 수송층(ETL1)을 증착하여, ETL-층 스택을 형성한다.

[0699] 매트릭스 화합물의 실시예 10 내지 실시예 17에 대한 제2 전자 수송층(ETL 2)은 제3 증착 소스 유래의 매트릭스 화합물을 증착시킴으로써 형성되는데, 왜냐하면 매트릭스 물질이 제1 전자 수송층(ETL 1)의 매트릭스 물질과 상이하기 때문이다. 비교예 5 내지 비교예 7에서는, 하나의 전자 수송층(ETL 1)만 형성되고, 비교예 6에서는 오로지 하나의 전자 수송층(ETL 2)만 형성된다. 비교예 5 내지 비교예 7 및 실시예 10 내지 실시예 17은 EIL을 함유한다.

[0700] ETL1용 리튬 유기 착화합물의 중량%는 표 7에서 취할 수 있으며, 이로써 매트릭스 화합물의 중량% 양은 각각 100 중량%에 더해진다.

[0701] 캐소드 전극을 13 nm 마그네슘(90 부피%) 및 은(10 부피%) 합금으로부터, 후속해서 60 nm 비페닐-4-일(9,9-다이페닐-9H-플루오렌-2-일)-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-아민(CAS 1242056-42-3)으로부터 형성하였다.

[0702] OLED 스택을, 장치를 유리 슬라이드로 캡슐화함으로써 주위 조건으로부터 보호한다. 이로써, 캐비티(catity)가 형성되며, 이러한 캐비티는 추가 보호용 게터(getter) 물질을 포함한다.

[0703] 식 Ia, Ib 및 Ic의 본 발명의 화합물이 상부 방출 장치의 성능에 미치는 유익한 효과를 표 7에서 확인할 수 있다.

[0704] 종래 기술과 비교하여, 본 발명의 실시예의 성능을 평가하기 위해, 전류 효율은 주위 조건(20℃) 하에서 측정된다. 전류 전압 측정은 Keithley 2400 소스 미터를 사용하여 수행되고, V로 기록된다. 하부 방출 장치의 경우 10 mA/cm^2 및 상부 방출 장치의 경우 10 mA/cm^2 에서, Instrument Systems의 교정 분광계(calibrated spectrometer) CAS140이 칸텔라의 CIE 좌표 및 밝기 측정을 위해 사용된다. 장치의 수명 LT는 Keithley 2400 소스 미터를 사용하여 주변 조건(20℃) 및 15 mA/cm^2 에서 측정하고 몇 시간 후에 기록된다. 장치의 밝기는 보정된 포토 다이오드를 사용하여 측정된다. 수명 LT는 장치의 밝기가 초기 값의 97%로 감소될 때까지의 시간으로 정의된다.

[0705] 하부 방출 장치에서, 방출은 주로 램버시안(Lambertian)이고, 외부 양자 효율(EQE) 퍼센트로 정량화된다. EQE 효율을 %로 확인하기 위해, 장치의 광 출력(light output)을 10 mA/cm^2 에서 보정된 포토 다이오드를 사용하여 측정한다.

[0706] 상부 방출 장치에서, 방출은 앞으로 향하며, 비-램버시안(non-Lambertian)이고, 또한 마이크로-캐비티에 크게 의존한다. 따라서, EQE 효율을 %로 확인하기 위해, 장치의 광 출력을 15 mA/cm^2 에서 보정된 포토 다이오드를 사용하여 측정한다.

[0707] 하부 방출 장치 스택

[0708] 표 6에서, 제2 ETL 또는 EIL이 없는 하부 방출 장치 스택을 제2 ETL 및 EIL을 함유하는 실시예와 비교한다.

[0709] 비교예 1 및 비교예 2(표 6 참조)는 단일 ETL을 함유하고, 비교예 3은 제1 ETL 및 제2 ETL을 함유하지만, EIL 층은 제1 ETL 및 제2 ETL을 함유하는 실시예 1 및 실시예 2와 비교된다. 비교예 1의 전압은, EIL을 추가로 함유하는 비교예 2의 전압과 유사하다. 표 6은, 비교예 2의 전압이 비교예 1과 비교하여 0.1 V만큼 증가함을 보

여준다. 표 6에서 알 수 있듯이, 비교예 1 내지 비교예 3의 경우, 전압은 매우 높고, 효율 EQE는 매우 낮다.

- [0710] 실시예 1은 제1 및 제2 ETL 및 EIL을 함유한다. 비교예 2와 비교하여, 실시예 1의 전압은 1 V만큼 감소하고, 효율 EQE는 5.9%에서 6.4%로 개선된다(표 6 참조). 제1 ETL과 EIL 사이의 제2 ETL의 삽입은 전도성 및 효율에 분명한 유익 효과를 가진다(표 6 참조).
- [0711] 실시예 2는 제1 ETL 및 제2 ETL, 및 Li 유기 착화합물 Li-2의 EIL을 함유한다. 제2 ETL을 함유하지 않는 비교예 2와 비교하여, 전압은 0.8 V만큼 개선되고, 효율 EQE는 5.9%로부터 6.5%까지 개선된다(표 6 참조). 제2 ETL이 전도성 및 효율에 미치는 유익한 효과는 EIL의 정확한 성질과는 독립적이다(표 6 참조).
- [0712] 실시예 1 내지 실시예 9는, 식 Ia, Ib 및 Ic에 따른 새로운 매트릭스 화합물이 비교예 1 내지 비교예 4와 비교하여 전도성 및 효율에 유익한 효과를 제공함을 명확하게 나타내며, 하기 표 6을 참조한다.
- [0713] ETL2와 비교하여, ETL1의 LUMO 수준의 효과
- [0714] 표 6에서 실시예 2 내지 5에서, 제1 ETL 내 매트릭스 화합물의 LUMO 수준은 -2.64 eV(실시예 2) 내지 -2.36 eV(실시예 5)로 다양하다. 전압은 4 V에서 일정하게 유지되는 한편, 효율 EQE는 실시예 2에서 6.5%로부터 실시예 5에서 7.6%로 개선된다. 전압에 미치는 제2 ETL의 유익한 효과는 ETL1의 LUMO 수준과는 독립적이다. 효율 EQE에 미치는 유익한 효과는 층 조성물에 대해 가장 두드러지며, 이때 LUMO 수준의 오프셋(offset)은 0.15 eV 이하이다.
- [0715] LUMO 수준 및 장치 성능에 미치는 상이한 Ar 기들의 효과
- [0716] 표 6에서 실시예 5 내지 6에서, 장치 성능에 미치는 Ar 기의 효과를 연구한다. 실시예 5에서, MX 28은 비도핑된 ETL로서 사용된다. MX 28에서, Ar은 메타-페닐렌이다. 실시예 6에서, MX 27이 사용되고, Ar은 파라-페닐렌이다. 두 화합물 모두의 LUMO 수준은 동일하다(-2.51 eV, 표 4 참조). 화합물 MX 28과 Ar = 메타-페닐렌의 사용은 MX 27과 Ar = 파라-페닐렌의 사용과 비교하여 전압을 더 낮추고 효율을 더 높인다(각각 4 vs 4.2 V 및 7.6 vs 6.4% EQE).
- [0717] 부가적으로, 장치 성능에 미치는 상이한 비페닐렌 Ar 기들의 효과를 연구하였다. 표 6에서 알 수 있듯이, LUMO 수준에 미치는 Ar 기의 상이한 입체이성질체들의 효과는 매우 작다: MX 34의 경우 -2.59 eV와 비교하여 MX 33의 경우 -2.57 eV.
- [0718] 장치 성능에 미치는 효과는 페닐렌으로부터 선택되는 Ar 기에서 관찰된 바와 같이 두드러지지 않는다. 효율은 MX 34와 비교하여 MX 33에서 증가되며, 표 6에서 실시예 7 및 8을 참조한다.
- [0719] 요약하자면, Ar은 바람직하게는 파라-페닐렌기보다 메타-페닐렌기로부터 선택된다. 장치 성능에 미치는 비페닐렌기의 상이한 입체이성질체들의 효과는 거의 두드러지지 않는다.
- [0720] LUMO 수준 및 장치 성능에 미치는 상이한 ET 모이어티들의 효과
- [0721] 표 6을 참조하여 실시예 5 및 실시예 7에서, 상이한 ET 모이어티들의 효과를 조사한다. 실시예 5에서, ET 모이어티는 LUMO 수준이 -2.51 eV인 안트라센-2-일 ET 모이어티이다. 실시예 7에서, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일 ET 모이어티는 -2.57 eV의 LUMO 수준으로 사용된다. 표 6에서 알 수 있듯이, 다이벤조[c,h]아크리딘-7-일 ET 모이어티와 비교하여 안트라센-2-일 ET 모이어티의 경우 효율이 증가하고 전압이 감소된다. ETL1과 비교하여 ETL2의 LUMO 수준이 더 높을수록(= 진공 수준에 더 근접할수록), 전압은 더 낮아지고, EQE 효율은 더 높아진다.
- [0722] 실시예 9에서, 피렌-1-일 모이어티를 가진 화합물 MX 29가 사용된다. LUMO 수준은, ETL1에서 MX 12의 경우 -2.22 eV인 것과 비교하여 -2.33 eV이다. 전압, 특히 효율은 ETL2가 없는 비교예 4를 증가하여 개선되며, 표 6을 참조한다.
- [0723] 요약하자면, 광범위하게 상이한 Ar 및 ET 모이어티들이, OLED의 전압을 낮추고, EQE 효율을 증가시키는 데 사용될 수 있다. 특히, 이러한 접근법은 심지어 ETL1에 사용되는 매트릭스 화합물 및 ETL2에 사용되는 식 Ia, Ib 및 Ic의 본 발명의 화합물의 광범위한 LUMO 수준에 대해서도 성공적이다. 부가적으로, 다양한 전자 주입층들이 사용될 수 있다. 이들 특징은 특히, 유기 전자 장치의 대량 생산에 유익한데, 왜냐하면 식 Ia, Ib 및 Ic의 화합물의 특성이 잔여 장치 스택을 재디자인할 필요 없이 합성 용이성 및 비용 측면에서 미세하게 조정될 수 있기 때문이다.

[0724] 하부 방출 OLED의 전압, 외부 양자 효율(EQE) 및 수명(V, 10 mA/cm²에서의 EQE; 15 mA/cm²에서의 LT)

	ETL1	중량% Li 유기 착화합 물 ^{*1}	d (ETL 1) / nm	ETL2 ^{*2}	d (ETL2) / nm	EIL	중량% Li 유기 착화합 물 ^{*3}	d (EIL) / nm	10 mA/ cm ² 에서 의 V / V	EQE ^{*4} /%	15mA/cm2 (RT)에서 의 LT / h
비교예 1	MX 11 : Li-2	55	36	-	-	-	-	-	4.6	6	150
비교예 2	MX 11 : Li-2	55	36	-	-	MX 12 : Li-1	30	3	4.7	5.9	110
비교예 3	MX 11 : Li-2	55	10	MX 28	25	-	-	-	8.9	3.9	-
비교예 4	MX 12 : Li-2	50	36	-	-	Li-2	-	1	4.6	5.7	300
실시예 1	MX 11 : Li-2	55	10	MX 28	25	MX 12 : Li-1	30	3	3.7	6.4	60
실시예 2	MX 11 : Li-2	55	10	MX 28	25	Li-2	-	1	3.9	6.5	55
실시예 3	MX 5 : Li-2	50	10	MX 28	25	Li-2	-	1	3.9	7.2	25
실시예 4	MX 6 : Li-2	50	10	MX 28	25	Li-2	-	1	3.9	6.9	35
실시예 5	MX 8 : Li-2	50	10	MX 28	25	Li-2	-	1	4	7.6	40
실시예 6	MX 8 : Li-2	50	10	MX 27	25	Li-2	-	1	4.2	6.4	65
실시예 7	MX 8 : Li-2	50	10	MX 33	25	Li-2	-	1	4.2	6.9	40
실시예 8	MX 8 : Li-2	50	10	MX 34	25	Li-2	-	1	4.1	6.7	60
실시예 9	MX 12 : Li-2	50	5	MX 29	30	Li-2	-	1	4.4	6.1	10

[0725] ^{*1} = 매트릭스 화합물 MX의 중량% 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 ETL1의 중량을 기준으로 총 100 중량%이다.

[0726] ^{*2} = 제2 전자 수송층 ETL2의 매트릭스 화합물의 중량%는 ETL2의 중량을 기준으로 100 중량%이다.

[0727] ^{*3} = 매트릭스 화합물 MX의 중량% 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 EIL의 중량을 기준으로 총 100 중량%이다.

[0728] ^{*4} = 보정된 포토 다이오드를 이용하여 광 출력 효율을 검출한다.

[0729] 상부 방출 장치 스택

[0730] 표 7에서, 제2 ETL이 없는 상부 방출 장치 스택을 제2 ETL을 함유하는 실시예와 비교한다.

[0731] 하기 표 7을 참조로 하여, 비교예 5에서, 장치는 제1 ETL 및 전자 주입층을 함유하지만, 비도핑된 제2 ETL은 함유하지 않는다. 제1 ETL은 Li 유기 착화합물 Li-2로 도핑된 매트릭스 화합물 MX 26을 함유한다. 전압은 4.8 V 이고, EQE 효율은 12.1%이다.

[0732] 하기 표 7을 참조로 하여, 비교예 6에서, 장치는 MX 33의 비도핑된 ETL 및 전자 주입층을 함유하지만, 제1 ETL은 함유하지 않는다. 전압은 5.3 V이고, EQE 효율은 9.8%이다.

[0733] 하기 표 7을 참조로 하여, 실시예 10에서, 장치는 Li 유기 착화합물 Li-2로 도핑된 MX 26을 함유하는 제1 ETL, MX 33을 함유하는 제2 ETL, 및 전자 주입층을 함유한다. 전압은 비교예 5와 비교하여 0.5 V만큼 개선되고, 비교예 6과 비교하여 1 V만큼 개선된다. EQE 효율은 비교예 5와 비교하여 12.1%로부터 12.4%로 개선되고, 비교예 6과 비교하여 9.8%로부터 12.4%로 개선된다.

[0734] 식 1a, 1b 및 1c의 화합물을 포함하는 비도핑된 제2 ETL은 비교예 5 내지 7과 비교하여 상부 방출 장치에서 전

압 및 효율에 대해 명확하게 유익한 효과를 가진다.

표 7

[0735] 상부 방출 OLED의 전압, 외부 양자 효율(EQE) 및 수명(V, 15 mA/cm²에서의 EQE; 15 mA/cm²에서의 LT)

	ETL1	중량% Li 유기 착화 합물 ^{*1}	d (ETL1) / nm	ETL2 ^{*2}	d (ETL2) / nm	EIL	중량% Li 유기 착화합 물 ^{*3}	d (EIL) / nm	10 mA 에서의 V / cm ² / V	EQE ^{*4} /%	15mA/cm ² (RT) 에서 의 LT / h
비교예 5	MX 26 : Li-2	50	36	-	-	LiQ	100	1.5	4.8	12.1	58
비교예 6	-	-	-	MX 33	36	LiQ	100	1.5	5.3	9.8	1
실시예 10	MX 26 : Li-2	50	12	MX 33	21	LiQ	100	1.5	4.3	12.4	12
실시예 11	MX 26 : Li-2	50	10	MX 33	24	LiQ	100	1.5	4.2	12.3	6
실시예 12	MX 26 : Li-2	50	6	MX 33	27	LiQ	100	1.5	4.2	13.2	3
실시예 13	MX 26 : Li-2	50	4	MX 33	30	LiQ	100	1.5	4	12.6	6
비교예 7	MX 25 : Li-2	50	36	-	-	LiQ	100	1.5	4.9	11.4	78
실시예 14	MX 25 : Li-2	50	13	MX 33	21	LiQ	100	1.5	4.3	12.8	5
실시예 15	MX 25 : Li-2	50	10	MX 33	24	LiQ	100	1.5	4.3	13	3
실시예 16	MX 25 : Li-2	50	6	MX 33	28	LiQ	100	1.5	4.2	13	3
실시예 17	MX 25 : Li-2	50	3	MX 33	30	LiQ	100	1.5	4.2	13	1

[0736] ^{*1} = 매트릭스 화합물 MX의 중량% 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 ETL1의 중량을 기준으로 총 100 중량%이다.

[0737] ^{*2} = 제2 전자 수송층 ETL2의 매트릭스 화합물의 중량%는 ETL2의 중량을 기준으로 100 중량%이다.

[0738] ^{*3} = 매트릭스 화합물 MX의 중량% 및 리튬 유기 착화합물의 중량%는 EIL의 중량을 기준으로 총 100 중량%이다.

[0739] ^{*4} = 보정된 포토 다이오드를 이용하여 광 출력 효율을 검출한다.

[0740] 상부 방출 장치에서 장치 성능에 미치는 ETL1 및 ETL2의 두께의 효과

[0741] 실시예 10 내지 13에서, 전압 및 효율에 미치는 ETL1 및 ETL2의 두께의 효과를 요약한다. ETL1의 두께를 12 nm로부터 4 nm까지 단계 감소시키고, ETL2의 두께를 21 nm로부터 30 nm까지 단계 증가시킨다. 표 7에서 알 수 있듯이, ETL1이 더 얇을수록 ETL2가 더 두꺼울수록, 전압은 더 감소된다. ETL1 및 ETL2의 두께의 총합을 대략 34 nm에서 일정하게 유지시킨다. 최저 전압은 4 nm ETL1 및 30 nm ETL2에서 달성된다(실시예 13). 최고 EQE 효율은 6 nm ETL1 및 27 nm ETL2에서 달성된다(실시예 12).

[0742] 요약하자면, 전압은 본 발명의 장치 스택을 통해, 당업계와 비교하여 거의 1 볼트만큼 감소될 수 있다. EQE 효율은 본 발명의 장치 스택에서 ETL1 및 ETL2의 두께를 맞춤으로써, 12.1%로부터 13.2%로 개선될 수 있다.

[0743] ETL1 및 ETL2의 두께의 효과는 또한, 상이한 조성의 ETL1들에 대해서도 시험되었다.

[0744] 비교예 7에서, ETL1은 매트릭스 화합물 MX 25, 및 비교예 5 및 6과 동일한 Li 금속 유기 착화합물을 함유한다. 전압은 4.9 V이고, EQE 효율은 11.4%이다.

[0745] 실시예 14에서, 식 (1a, 1b 또는 1c)의 본 발명의 화합물을 사용하여 비도핑된 ETL2를 제외하고는, 비교예 7과

동일한 장치 스택이 사용된다. 전압은 0.6 V만큼 개선되고, EQE 효율은 11.4%로부터 12.8%로 증가된다.

[0746] 실시예 14 내지 17에서, ETL1의 두께를 13 nm로부터 3 nm로 단계 감소시키고, ETL1의 두께를 21 nm로부터 30 nm로 단계 증가시킨다. ETL1 및 ETL2 두께의 총합을 대략 34 nm에서 일정하게 유지시킨다. 표 6에서 알 수 있듯이, 전압은 4.2 내지 4.3에서 안정하다. EQE 효율 또한, 12.8% 내지 13% EQE에서 안정하게 유지된다.

[0747] 요약하자면, 전압 및 효율은, ETL1 및 ETL2 두께의 총합이 동일한 범위 내에서 유지되는 한, 광범위한 ETL1 및 ETL2 두께에서 안정하게 유지된다. 이들 특징은 유기 전자 장치의 대량 생산에 매우 중요한데, 왜냐하면 ETL1의 표적 두께로부터의 편차가 ETL2 두께를 통해 보상된다면 성능에 거의 영향을 미치지 않기 때문이다. 따라서, 광범위한 공정 창이 ETL1 두께에 대해 주어진다.

[0748] 상부 방출 장치에서 장치 성능에 미치는 ETL1의 LUMO 수준의 효과

[0749] 실시예 10 및 14에서, 상이한 ETL1 조성을 가진 2개의 장치들을 비교한다. 실시예 10에서, ETL1 내 매트릭스 화합물의 LUMO 수준은 -2.46 V이다. 실시예 14에서, ETL1 내 매트릭스 화합물의 LUMO 수준은 -2.59 V이다. 알 수 있듯이, ETL1의 매우 상이한 LUMO 수준에 대해서도 동일한 전압이 달성될 수 있다. EQE 효율은 두 실시예 모두에서 당업계를 능가하여 개선된다.

[0750] 요약하자면, 화학식 Ia, Ib 및 Ic에 따른 화합물을 비도핑된 제2 ETL에 사용하는 본 발명의 장치 스택은 ETL1 및 ETL2에서 광범위한 LUMO 수준에 대해 전압 감소 및 EQE 효율 증가를 초래한다. 부가적으로, 전자 주입층의 특성은 성능에 거의 영향을 미치지 않는다. 유익한 효과는 광범위한 ETL 층 두께에 걸쳐 관찰되고, 하부 방출 장치 및 상부 방출 장치 둘 다에서 효과적이다. 결론적으로, 화학식 Ia, Ib 및 Ic에 따른 화합물을 포함하는 본 발명의 장치 스택은 대량 생산에 상당한 이점들을 제공한다.

[0751] ETL1과 비교하여 ETL2의 에너지 준위의 측정

[0752] 환원 전위를, 페로센/페로세늄(Fc/Fc^+) 산화환원 커플을 내부 참조로서 사용하여 테트라하이드로푸란(THF) 중 사이클릭 볼타메트리(cyclic voltammetry)를 통해 확인한다. 산화환원 전위를 전자 친화도 및 이온화 전위로 변환시키기 위해 간단한 규칙이 종종 사용된다: 각각 $\text{IP (eV)} = 4.84 \text{ eV} + e^* \text{Eox}$ (여기서, Eox는 볼트 대(vs.) 페로센/페로세늄(Fc/Fc^+)으로 주어짐) 및 $\text{EA (eV)} = 4.84 \text{ eV} + e^* \text{Ered}$ (Ered는 볼트 대 Fc/Fc^+ 로 주어짐)이며 (B.W. D'Andrade, Org. Electron. 6, 11-20 (2005) 참조), e^* 는 원소 전하(elemental charge)이다. 다른 참조 전극 또는 다른 산화환원 쌍이 사용되는 경우, 전기화학 전위의 보정을 위한 과정들이 알려져 있다(A.J. Bard, L.R. Faulkner, "Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications", Wiley, 2. Ausgabe 2000 참조). 사용된 용액의 영향에 대한 정보는 N.G. Connelly et al., Chem. Rev. 96, 877 (1996)에서 확인할 수 있다. 정확하게 옳지 않더라도, 용어 "HOMO의 에너지" $E(\text{HOMO})$ 및 "LUMO의 에너지" $E(\text{LUMO})$ 를 각각 이온화 에너지 및 전자 친화도에 대한 동의어로서 사용하는 것이 보편적이다. 이온화 전위 및 전자 친화성은, 더 큰 값이 방출된 전자 또는 흡수된 전자의 더 강한 결합을 나타내도록 주어짐을 고려해야 한다. 경계 분자 오비탈(frontier molecular orbital)(HOMO, LUMO)의 에너지 규모는 이와 반대이다. 따라서, 어림잡으면, $\text{IP} = -E(\text{HOMO})$ 및 $\text{EA} = E(\text{LUMO})$ 이 유효하다. 주어진 전위는 고체-상태 전위에 상응한다.

표 8

[0753] 매트릭스 화합물의 LUMO 에너지 준위

매트릭스 화합물	LUMO vs THF 중 Fc/Fc^+ / V	LUMO / eV
MX 11	-2.2	-2.64
MX 12	-2.62	-2.22
MX 25	-2.25	-2.59
MX 6	-2.42	-2.42
MX 8	-2.48	-2.36
MX 5	-2.38	-2.46
MX 28	-2.33	-2.51
MX 27	-2.33	-2.51
MX 34	-2.25	-2.59
MX 29	-2.51	-2.33
MX 33	-2.27	-2.57

MX 26	-2.38	-2.46
MX 36	-2.54	-2.3

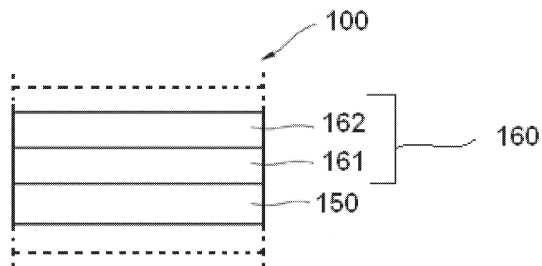
[0754] 본 발명의 기술적 효과

[0755] 본 발명에 따른 비도핑된 제2 ETL에 화학식 Ia, Ib 및/또는 Ic의 화합물을 함유하는 장치는 종래 기술의 장치와 비교하여 상당히 더 낮은 전압 및 개선된 EQE를 보여준다. 본 발명에 따른 유기 발광 다이오드(OLED)를 포함하는 장치는 동일한 휘도를 유지하면서도 더 낮은 전압에서 구동될 수 있다. 나아가, 예를 들어 휴대용 전자 장치 또는 디스플레이에서, 전력 소모가 감소되고, 배터리 수명이 연장될 수 있다.

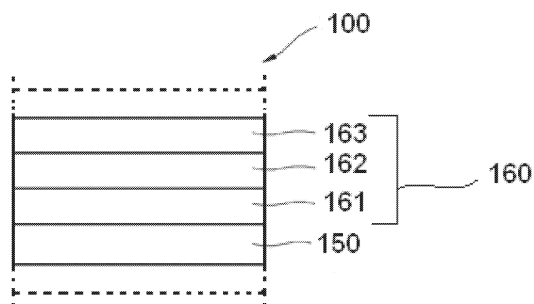
[0756] 본 발명에 따른 ETL 층 스택은 또한, 다른 발광색, 예를 들면 녹색, 적색 및 백색 발광 장치에 사용될 수 있다. 상술한 발명의 상세한 설명 및 실시예로부터, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서, 본 발명의 조성물 및 방법에 대해 변형 및 변경이 이루어질 수 있는 것임이 분명하다. 따라서, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 본 발명에 대해 이루어진 모든 변형 및/또는 실시형태들의 조합이, 첨부된 청구항의 범위 내에 있는 것으로 의도되었다.

도면

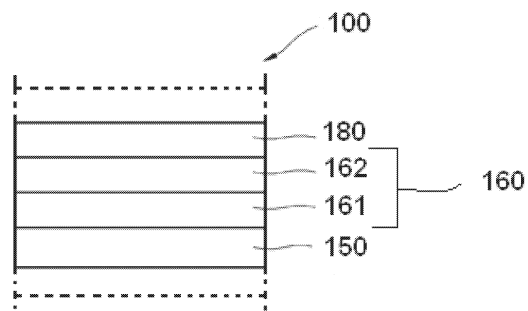
도면1



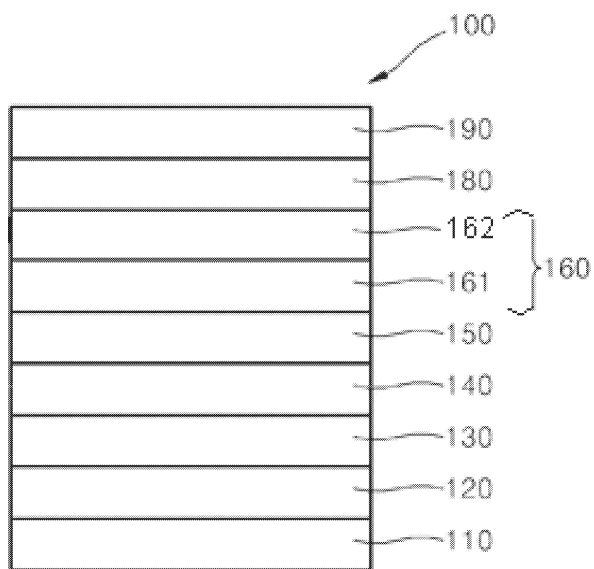
도면2



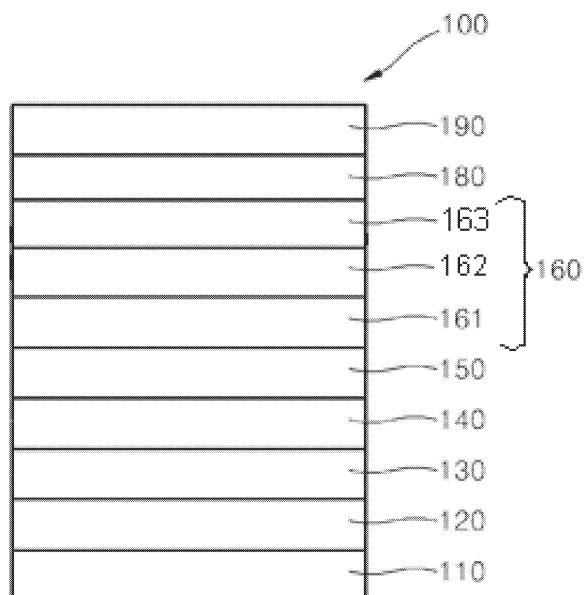
도면3



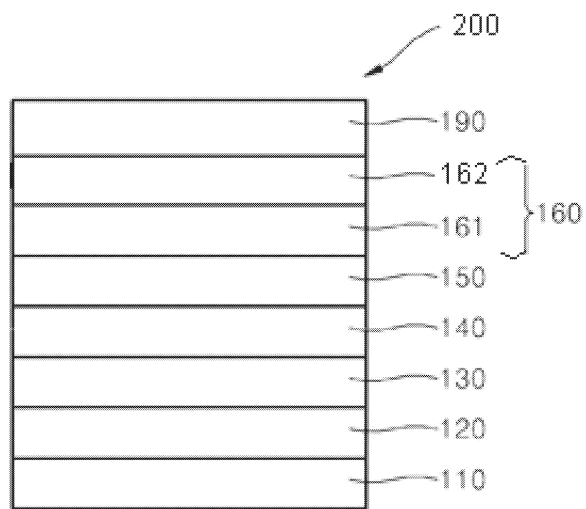
도면4



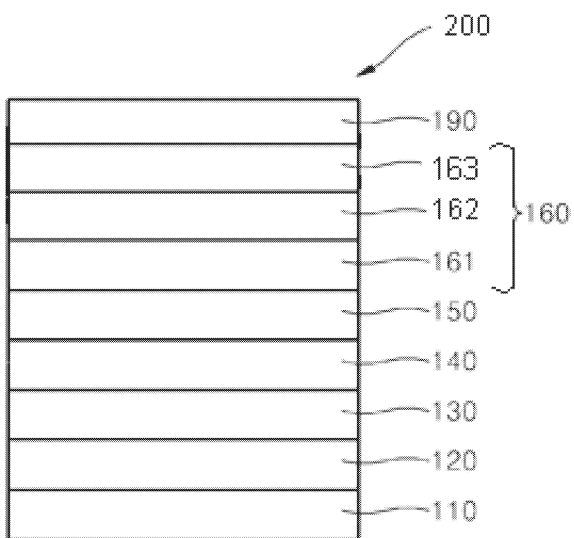
도면5



도면6



도면7



专利名称(译)	一种有机发光二极管，包括在第一电子传输层和第二电子传输层中的不同基质化合物		
公开(公告)号	KR1020180005199A	公开(公告)日	2018-01-15
申请号	KR1020177034535	申请日	2016-05-11
[标]申请(专利权)人(译)	诺瓦莱德公开股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	Nobal红geem BEHA		
[标]发明人	DENKER ULRICH 뎅커울리히 ZOELLNER MIKE 쉐이너마이크 GRAEF KATJA 그래프카티아 SENKOVSKYY VOLODYMYR 센코브스키보로디미르 WALLIKIEWITZ BODO 발리케비츠보도 SCHOLZ JOHANNES 솔츠요하네스 FREY JULIEN 프레이줄리엔		
发明人	뎅커울리히 쉐이너마이크 그래프카티아 센코브스키보로디미르 발리케비츠보도 솔츠요하네스 프레이줄리엔		
IPC分类号	H01L51/00 C09K11/06 H01L51/50		
CPC分类号	H01L51/0067 H01L51/0052 H01L51/508 H01L51/5076 H01L51/5092 C09K11/06 C09K2211/1007 C09K2211/1029 C09K2211/185 H01L51/0072 C07D401/04 C07D401/14 C07D405/14 H01L51/0003 H01L51/001 H01L51/0054 H01L51/0058 H01L51/0073 H01L51/0077 H01L51/56 H01L2251/301		
优先权	2015162788 2015-05-12 EP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明包括一种复合材料，并且发光层，和2涉及一种有机发光包括两个或更多个电子传输层，其中，第一电子传输层和第二电子传输层是至少一种基体化合物的电子传输层堆叠二极管（OLED）并且，第一电子传输层的基质化合物或基质化合物与第二电子传输层的基质化合物或基质化合物不同；另外，第一电子传输层包含卤化锂和/或锂有机络合物的掺杂剂；第二电子传输层不含掺杂剂；其中，所述第二电子传输层的第一基质中的至少一种化合物具有通式Ia，Ib和/或Ic的：其中，Ar是6至20个环-取代的或具有碳原子未取代的芳以形成亚烷基；或唑基；ET是取代或未取代的芳基，具有13至40个成环碳原子；或具有14至40个成环原子的取代或未取代的杂芳基。

