



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월04일
(11) 등록번호 10-2672452
(24) 등록일자 2024년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 307/91 (2006.01) C07D 333/76 (2006.01)
C07D 409/12 (2006.01) H10K 50/00 (2023.01)
H10K 99/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
C07D 307/91 (2013.01)
C07D 333/76 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0167004
(22) 출원일자 2018년12월21일
심사청구일자 2021년11월22일
(65) 공개번호 10-2020-0077777
(43) 공개일자 2020년07월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120066076 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
장소영
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
박희준
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
네이트특허법인

전체 청구항 수 : 총 28 항

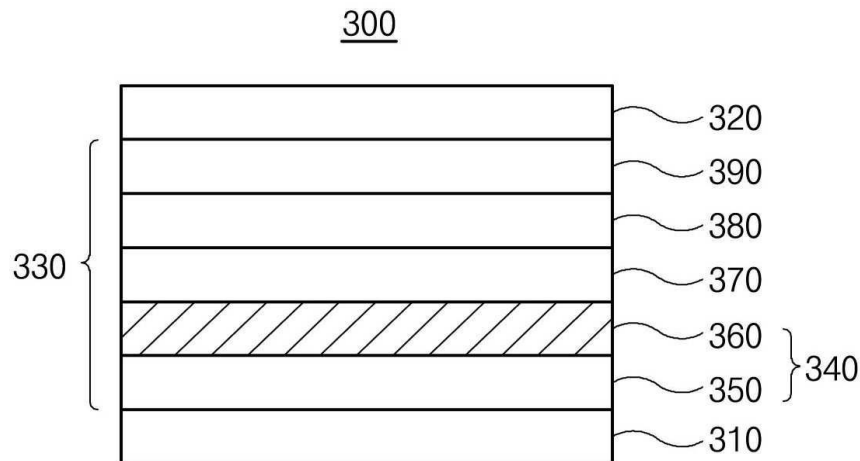
심사관 : 이민영

(54) 발명의 명칭 유기 화합물, 이를 포함하는 발광다이오드 및 유기발광장치

(57) 요약

본 발명은 테트라페닐 모이어티와, 적어도 하나의 산소 및/또는 황이 고리 원자로 도입된 적어도 하나의 축합 헥테로 아릴기 모이어티가 직접 또는 간접적으로 연결된 유기 화합물과, 이를 도입한 발광다이오드 및 발광장치에 관한 것이다. 본 발명의 유기 화합물은 내열 특성 및 정공 이동 특성이 양호하다. 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공이동층, 전자차단층 및/또는 전하생성층 등에 도입하여 저-전압 구동이 가능하며, 발광 효율이 향상된 발광다이오드 및 발광장치를 제조할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C07D 409/12 (2013.01)

H10K 50/00 (2023.02)

H10K 85/6574 (2023.02)

H10K 85/6576 (2023.02)

(72) 발명자

서정대

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

유선근

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

신지철

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

김상범

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180074172 A*

KR1020190029424 A*

KR100938524 B1

KR1020090093690 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

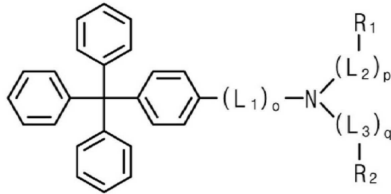
명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl), 디벤조티오펜닐기(dibenzothiophenyl), 잔테닐기(xanthenyl), 벤조크로메닐기(benzochromenyl), 티안트레닐기(thianthrenyl), 페녹사지닐기(phenoxazinyl), 페노티아지닐기(phenothiazinyl) 및 페녹사티닐기(phenoxathinyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 C₅~C₃₀ 아릴렌기임; o는 1 내지 2의 정수임; p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의 정수임; 상기 치환된에서 치환기는 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁~C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 아민기, C₁~C₂₀ 알킬치환 아민기, C₅~C₃₀ 아릴치환 아민기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴치환 아민기, 니트로기, 하이드라질기, 술폰산기, C₁~C₂₀ 알킬 실릴기, C₃~C₃₀ 사이클로알킬 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴 실릴기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기임.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오펜닐기(dibenzothiophenyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기이고, 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 1항에서 정의된 것과 동일한 유기 화합물.

청구항 3

제 1항에 있어서,

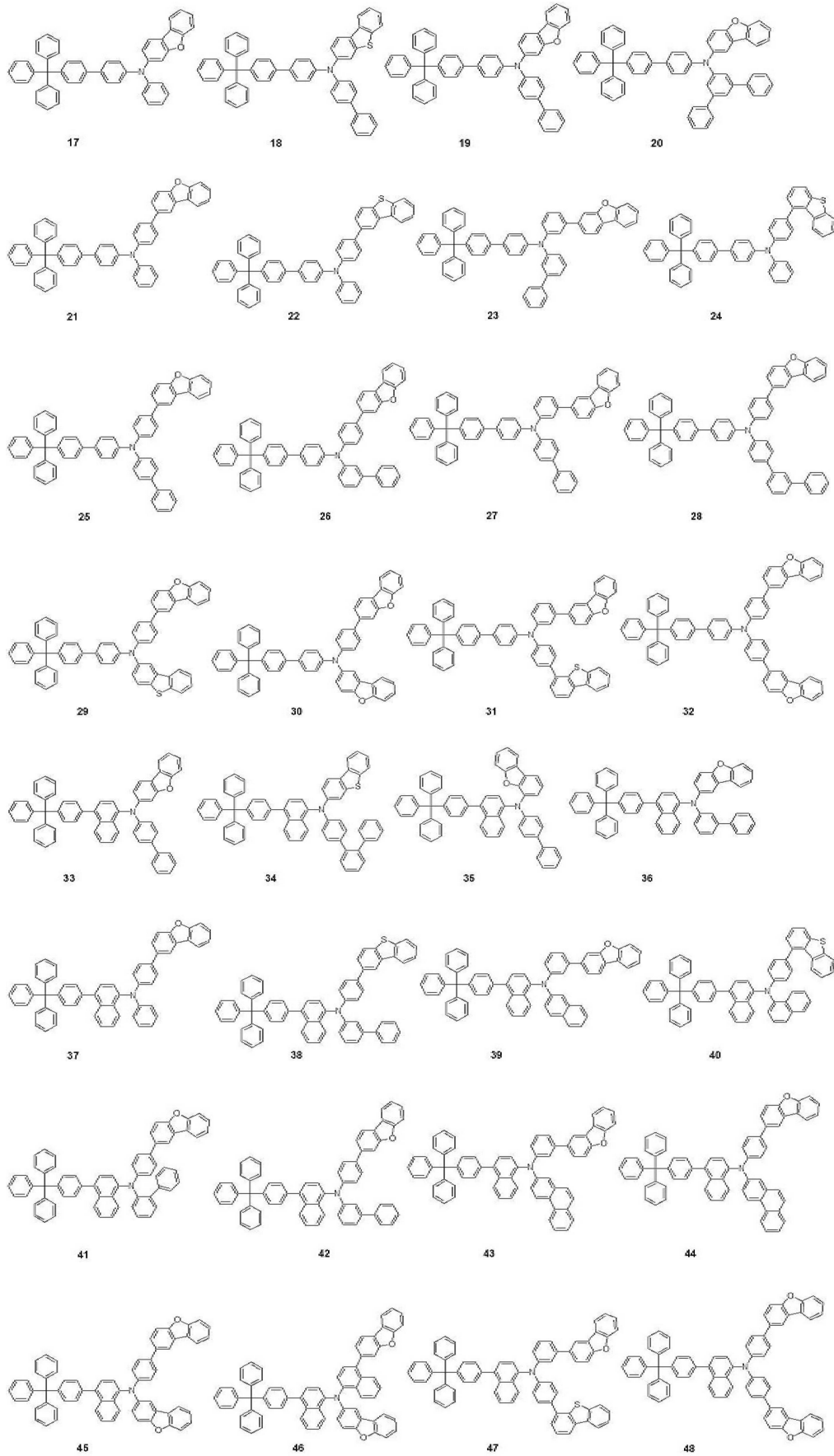
상기 (L₁)_o, (L₂)_p 및 (L₃)_q는 각각 독립적으로 1개 또는 2개의 방향족 고리로 이루어지는 유기 화합물.

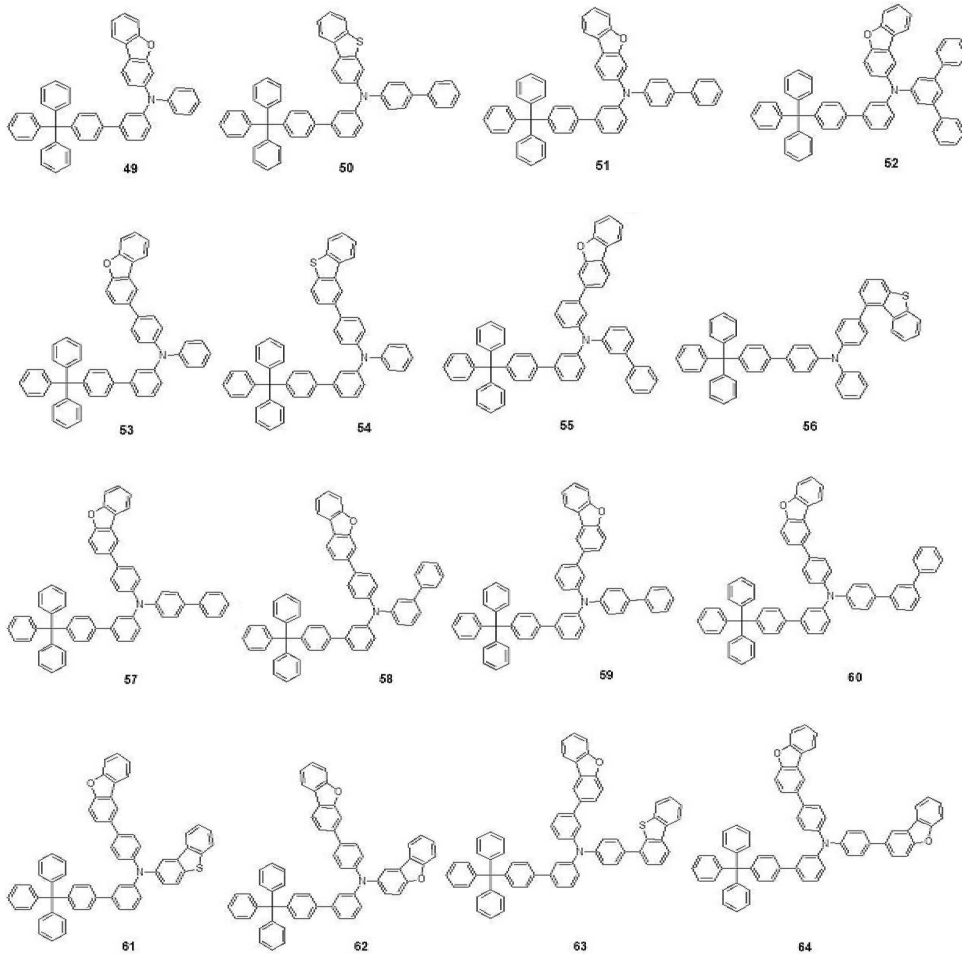
청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 어느 하나의 유기 화합물을 포함하는 유기 화합물.

[화학식 2]





청구항 5

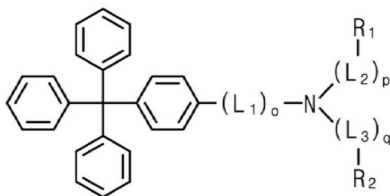
서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극;

상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하는 발광물질층; 및

상기 제 1 전극과 상기 발광물질층 사이에 위치하며, 하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 정공이동층

을 포함하는 발광다이오드.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조푸라닐기(dibenzofuranyl), 디벤조티오펜기(dibenzothiophenyl), 잔테닐기(xanthenyl), 벤조크로메닐기(benzochromenyl), 티안트레닐기(thianthrenyl), 페녹사지닐기(phenoxazinyl), 페노티아지닐기(phenothiazinyl) 및 페녹사티닐기(phenoxathinyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 C₅~C₃₀ 아릴렌기임; o는 1 내지 2의 정수임; p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의

정수임; 상기 치환된에서 치환기는 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁-C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁-C₂₀ 알콕시기, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 아민기, C₁-C₂₀ 알킬치환 아민기, C₅-C₃₀ 아릴치환 아민기, C₄-C₃₀ 헤테로아릴치환 아민기, 니트로기, 하이드라질기, 술폰산기, C₁-C₂₀ 알킬실릴기, C₃-C₃₀ 사이클로알킬 실릴기, C₅-C₃₀ 아릴 실릴기, C₄-C₃₀ 헤테로아릴 실릴기, C₅-C₃₀ 아릴기 또는 C₄-C₃₀ 헤테로 아릴기임.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조푸라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오페닐기(dibenzothiophenyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기이고 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 5항에서 정의된 것과 동일한 발광다이오드.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 (L₁)_o, (L₂)_p 및 (L₃)_q는 각각 독립적으로 1개 또는 2개의 방향족 고리로 이루어지는 발광다이오드.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 정공이동층은,

정공주입층과,

상기 정공주입층과 상기 발광물질층 사이에 위치하며, 상기 유기 화합물을 포함하는 정공수송층을 포함하는 발광다이오드.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 유기 화합물은 상기 정공수송층의 호스트로 사용되는 발광다이오드.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 정공수송층은,

상기 정공주입층과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 정공수송층과, 상기 제 1 정공수송층과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 제 2 정공수송층을 포함하고,

상기 제 2 정공수송층은 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 11

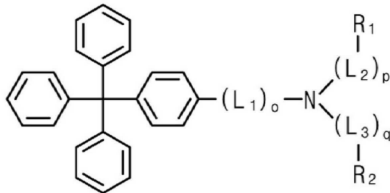
서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극;

상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하는 발광물질층; 및

상기 제 1 전극과 상기 발광물질층 사이에 위치하며, 하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 전자차단층

을 포함하는 발광다이오드.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl), 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl), 잔테닐기(xanthenyl), 벤조크로메닐기(benzochromenyl), 티안트레닐기(thianthrenyl), 페녹사지닐기(phenoxaziny), 페노티아지닐기(phenothiaziny) 및 페녹사티닐기(phenoxathiny)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 C₅~C₃₀ 아릴렌기임; o는 1 내지 2의 정수임; p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의 정수임; 상기 치환된에서 치환기는 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁~C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 아민기, C₁~C₂₀ 알킬치환 아민기, C₅~C₃₀ 아릴치환 아민기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴치환 아민기, 니트로기, 하이드라질기, 술폰산기, C₁~C₂₀ 알킬 실릴기, C₃~C₃₀ 사이클로알킬 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴 실릴기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기임.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기이고, 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 11항에서 정의된 것과 동일한 발광다이오드.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 (L₁)_o, (L₂)_p 및 (L₃)_q는 각각 독립적으로 1개 또는 2개의 방향족 고리로 이루어지는 발광다이오드.

청구항 14

서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극;

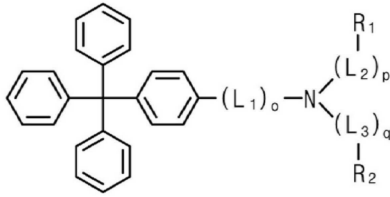
상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극 사이에 위치하며, 제 1 발광물질층을 포함하는 제 1 발광 유닛;

상기 제 1 발광 유닛과 상기 제 2 전극 사이에 위치하며, 제 2 발광물질층을 포함하는 제 2 발광 유닛; 및

상기 제 1 및 제 2 발광 유닛 사이에 위치하며, 하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 P타입 전하 생성층

을 포함하는 발광다이오드.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl), 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl), 잔테닐기(xanthenyl), 벤조크로메닐기(benzochromenyl), 티안트레닐기(thianthrenyl), 페녹사지닐기(phenoxazinyl), 페노티아지닐기(phenothiazinyl) 및 페녹사티닐기(phenoxathinyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 C₅~C₃₀ 아릴렌기임; o는 1 내지 2의 정수임; p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의 정수임; 상기 치환된에서 치환기는 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁~C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 아민기, C₁~C₂₀ 알킬치환 아민기, C₅~C₃₀ 아릴치환 아민기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴치환 아민기, 니트로기, 하이드라질기, 술폰산기, C₁~C₂₀ 알킬 실릴기, C₃~C₃₀ 사이클로알킬 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴 실릴기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기임.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl) 로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가지는 헤테로 아릴기이고, 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 14항에서 정의된 것과 동일한 발광다이오드.

청구항 16

제 14항에 있어서,

상기 (L₁)_o, (L₂)_p 및 (L₃)_q는 각각 독립적으로 1개 또는 2개의 방향족 고리로 이루어지는 발광다이오드.

청구항 17

제 14항에 있어서,

상기 P타입 전하생성층은, 상기 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 있는 발광다이오드.

청구항 18

제 14항에 있어서,

상기 P타입 전하생성층과 상기 제 1 발광 유닛 사이에 위치하는 N타입 전하생성층을 더욱 포함하는 발광다이오드.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기 제 1 발광 유닛은, 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 정공이동층을 더욱 포함하고,

상기 제 2 발광 유닛은, 상기 제 2 발광물질층과 상기 P타입 전하생성층 사이에 위치하는 제 2 정공이동층을 더욱 포함하는 발광다이오드.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 제 1 정공이동층과 상기 2 정공이동층 중에서 적어도 어느 하나는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 21

제 19항에 있어서,

상기 제 1 정공이동층은 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 정공주입층 및 제 1 정공수송층을 포함하고,

상기 제 2 정공이동층은 상기 제 2 발광물질층과 상기 P타입 전하생성층 사이에 위치하는 제 2 정공수송층을 포함하며,

상기 제 1 정공수송층 및 상기 제 2 정공수송층 중에서 적어도 어느 하나는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 22

제 21항에 있어서,

상기 제 2 정공이동층은 상기 P타입 전하생성층과 상기 제 2 정공수송층 사이 또는 상기 N타입 전하생성층과 상기 P타입 전하생성층 사이에 위치하는 제 2 정공주입층을 더욱 포함하고,

상기 제 2 정공주입층은 상기 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 발광다이오드.

청구항 23

제 19항에 있어서,

상기 제 1 발광 유닛은 상기 제 1 정공이동층과 상기 제 1 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 전자차단층을 더욱 포함하고,

상기 제 2 발광 유닛은 상기 제 2 정공이동층과 상기 제 2 발광물질층 사이에 위치하는 제 2 전자차단층을 더욱 포함하고,

상기 제 1 전자차단층과 상기 제 2 전자차단층 중에서 적어도 하나는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 24

기관; 및

상기 기관 상에 위치하며, 상기 제 5항 내지 제 23항 중에서 어느 하나의 청구항에 기재된 발광다이오드를 포함하는 발광장치.

청구항 25

제 1항에 있어서,

상기 $(L_1)_o$, $(L_2)_p$ 및 $(L_3)_q$ 는 각각 독립적으로 페닐렌기 또는 나프틸렌기인 유기 화합물.

청구항 26

제 1항에 있어서,

상기 R_1 및 R_2 중에서 어느 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl)로 구성되는 군에서 선택되고, R_1 및 R_2 중에서 다른 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 페닐기, 바이페닐기, 나프틸기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜일기 및 페난트레닐기로 구성되는 군에서 선택되며, 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 1항에서 정의된 것과 동일한 유기 화합물.

청구항 27

제 5항, 제 11항 또는 제 14항에 있어서,

상기 $(L_1)_o$, $(L_2)_p$ 및 $(L_3)_q$ 는 각각 독립적으로 페닐렌기 또는 나프틸렌기인 발광다이오드.

청구항 28

제 5항, 제 11항 또는 제 14항에 있어서,

상기 R_1 및 R_2 중에서 어느 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl) 및 디벤조티오펜일기(dibenzothiophenyl)로 구성되는 군에서 선택되고, R_1 및 R_2 중에서 다른 하나는 각각 치환되지 않거나 치환된 페닐기, 바이페닐기, 나프틸기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜일기 및 페난트레닐기로 구성되는 군에서 선택되며, 상기 치환된에서 치환기는 청구항 제 5항에서 정의된 것과 동일한 발광다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 화합물에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 정공 이동 특성 및 열 안정성이 우수한 유기 화합물과, 상기 유기 화합물이 적용되어 발광 특성이 향상된 발광다이오드 및 발광장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 표시장치의 대형화에 따라 공간 점유가 적은 평면표시소자의 요구가 증대되고 있는데, 이러한 평면표시소자 중 하나로써 유기전계발광소자(organic electroluminescent diode: OLED)라고도 불리는 유기발광다이오드(organic light emitting diode; OLED) 기술이 빠른 속도로 발전하고 있다.

[0003] 유기발광다이오드는 전자 주입 전극(음극)과 정공 주입 전극(양극) 사이에 형성된 유기발광층에 전하를 주입하면 전자와 정공이 쌍을 이룬 후 소멸하면서 빛을 내는 소자이다. 플라스틱 같은 휘 수 있는(flexible) 투명 기관 위에도 소자를 형성할 수 있을 뿐 아니라, 낮은 전압에서 (10V 이하) 구동이 가능하고, 또한 전력 소모가 비교적 적으며, 색 순도가 뛰어나다는 장점이 있다.

[0004] 발광다이오드에서 높은 구동 전압과 전류 밀도는 소자를 구성하는 소재에 강한 스트레스를 인가하므로 소재의

안정성 및 소자의 수명에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 발광다이오드를 구성하는 전하 이동층의 에너지 준위를 조절하여, 발광다이오드의 발광 효율을 높이고, 소비 전력을 낮출 수 있는 소재에 대한 연구가 진행되고 있다.

발명의 내용

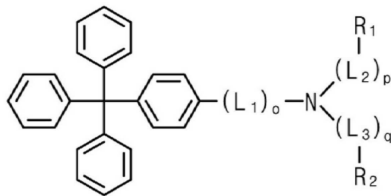
해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 전하 수송 능력과 열 안정성이 뛰어난 유기 화합물과, 상기 유기 화합물을 도입하여 저-전압 구동이 가능하며, 발광 소자의 발광 효율 및 발광 수명이 개선된 발광다이오드 및 발광장치를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 측면에 따르면, 본 발명은 테트라페닐 모이어티와, 적어도 하나의 산소 또는 황이 고리 원자로 도입되는 적어도 하나의 축합 헥테로 아릴기가 직접 또는 간접적으로 연결된 아릴 아미노기 모이어티가 직접 또는 간접적으로 연결된 유기 화합물을 제공한다. 일례로, 본 발명의 유기 화합물은 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0007] [화학식 1]



[0008]

[0009] 화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헥테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 산소(O) 또는 황(S)이 적어도 하나 고리에 포함하는 치환되지 않거나 치환된 C₁₀~C₃₀ 헥테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴렌기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헥테로 아릴렌기임; o, p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의 정수임.

[0010] 다른 측면에 따르면, 본 발명은 전술한 유기 화합물이 정공이동층, 전자차단층 및/또는 전하생성층 중에서 어느 하나의 전하제어층에 적용된 발광다이오드를 제공한다.

[0011] 상기 유기 화합물은 전술한 전하제어층에 단독으로 사용되거나, 호스트로 사용될 수 있다.

[0012] 상기 발광다이오드는 단일 발광 유닛으로 이루어지거나, 복수의 발광 유닛을 포함하는 탠덤(tandem) 구조를 가질 수 있다.

[0013] 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 전술한 유기 화합물이 정공이동층, 전자차단층 및/또는 전하생성층 중에서 어느 하나의 전하제어층에 도입된 발광다이오드가 기판 상에 배치되는 발광장치, 예를 들어 발광조명장치 또는 발광다이오드 표시장치를 제공한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 유기 화합물은 테트라페닐 메탄 모이어티를 가지고 있어서 열 안정성이 뛰어나다. 또한, 본 발명의 유기 화합물은 정공 수송 특성이 우수한 적어도 하나의 헥테로 방향족 모이어티를 포함하고 있다.

[0015] 따라서 본 발명의 유기 화합물은 발광다이오드에서 정공 수송이나 정공 주입 특성, 전하 생성 특성 및/또는 전자 차단 특성이 요구되는 전하이동층이나 전하제어층에 단독으로 또는 호스트로 적용될 수 있다.

[0016] 본 발명에 따른 유기 화합물이 가지는 우수한 정공 이동 특성 및 향상된 열 안정성을 이용하여, 본 발명의 유기 화합물로 이루어지는 정공이동층 및/또는 전자차단층을 포함하는 발광다이오드와 발광장치는 전류 밀도가 양호하여 저-전압에서도 구동될 수 있으므로 소비 전력을 감소시킬 수 있다. 저-전압 구동에 의하여 발광다이오드를 구성하는 소재에 대하여 인가되는 스트레스가 감소하기 때문에, 본 발명에 따른 유기 화합물이 적용된 발광 소자의 수명을 개선할 수 있으며, 양호한 정공 이동 특성에 기인하여 발광 효율이 향상된다.

[0017] 또한, 본 발명의 유기 화합물로 이루어지는 전하생성층 및/또는 전자차단층을 포함하는 탠덤 구조의 발광다이오드와 발광장치는 저-전압 구동에 의해 소비 전력 감소, 소자 수명 개선 및 발광 효율이 향상되며, 고 순도의 백색 구현이 가능한 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 발광다이오드를 가지는 발광장치의 일례로서, 발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 3은 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 4는 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.

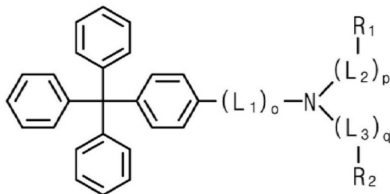
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 설명한다.

[0020] [유기 화합물]

[0021] 발광다이오드에 도입되는 유기 화합물은 우수한 발광 특성을 가지며, 소자의 구동에 의해서도 안정적인 특성을 가져야 한다. 본 발명에 따른 유기 화합물은 내열 특성이 우수한 테트라페닐 모이어티와, 정공 이동도 특성이 우수하며 적어도 하나의 산소 및/또는 황이 고리 원자로 도입된 적어도 하나의 축합 헤테로 아릴기가 직접 또는 간접적으로 연결된 아릴 아미노기 모이어티가 직접 또는 간접적으로 연결된다. 본 발명에 따른 유기 화합물은 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0022] [화학식 1]



[0023]

[0024] 화학식 1에서, R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기이며, R₁ 및 R₂ 중에서 적어도 하나는 산소(O) 또는 황(S)이 적어도 하나 고리에 포함하는 치환되지 않거나 치환된 C₁₀~C₃₀ 헤테로 아릴기임; L₁ 내지 L₃는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 아릴렌기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴렌기임; o, p, q는 각각 독립적으로 0 내지 2의 정수임.

[0025] 본 명세서에서 '치환되지 않은' 또는 '치환되지 않거나'란, 수소 원자가 치환된 것을 의미하며, 이 경우 수소 원자는 경수소, 중수소 및 삼중수소가 포함된다.

[0026] 본 명세서에서 '치환된'에서 치환기는 예를 들어, 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁~C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로겐으로 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 카르보닐기, 아민기, C₁~C₁₀ 알킬치환 아민기, C₅~C₃₀ 아릴치환 아민기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴치환 아민기, 니트로기, 하이드라질기(hydrazyl group), 술폰산기, C₁~C₂₀ 알킬 실릴기, C₁~C₂₀ 알콕시 실릴기, C₃~C₃₀ 사이클로알킬 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴 실릴기, C₄~C₃₀ 헤테로아릴 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 등을 들 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 화학식 1에서 R₁ 내지 R₁₅가 알킬기로 치환된 경우, 알킬기는 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₂₀, 바람직하게는 C₁~C₁₀ 알킬기일 수 있다.

[0027] 본 명세서에서 '헤테로 방향족 고리', '헤테로 사이클로알킬렌기', '헤테로 아릴렌기', '헤테로 아릴알킬렌기', '헤테로 아릴옥실렌기', '헤테로 사이클로알킬기', '헤테로 아릴기', '헤테로 아릴알킬기', '헤테로

아릴옥실기', '헤테로 아릴 아민기' 등에서 사용된 용어 '헤테로'는 이들 방향족(aromatic) 또는 지환족(alicyclic) 고리를 구성하는 탄소 원자 중 1개 이상, 예를 들어 1 내지 5개의 탄소 원자가 N, O, S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택된 하나 이상의 헤테로 원자로 치환된 것을 의미한다.

[0028] 하나의 예시적인 실시형태에 따르면, 화학식 1에서 R_1 및 R_2 를 각각 구성할 수 있는 $C_5\sim C_{30}$ 아릴기는 각각 독립적으로 페닐기, 바이페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 안트라세닐기, 펜탄레닐기, 인데닐기, 인데노인데닐기, 헵탈레닐기, 바이페닐레닐기, 인다세닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 벤조페난트레닐기, 디벤조페난트레닐기, 아줄레닐기, 파이레닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 크라이세닐기, 테트라페닐기, 테트라세닐기, 플레이다에닐기, 파이세닐기, 펜타페닐기, 펜타세닐기, 플루오레닐기, 인데노플루오레닐기 또는 스파이로 플루오레닐기와 같은 축합되지 않거나 축합된(fused) 아릴기일 수 있다.

[0029] 다른 예시적인 실시형태에 따르면, 화학식 1에서 R_1 및 R_2 를 각각 구성할 수 있는 $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 각각 독립적으로 피롤릴기, 피리디닐기, 피리미디닐기, 피라지닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 테트라지닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 인다졸일기, 인돌리지닐기, 피롤리지닐기, 카바졸일기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 인돌로카바졸일기, 인데노카바졸일기, 벤조퓨로카바졸일기, 벤조티에노카바졸일기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 퀴놀살리닐기, 시놀리닐기, 퀴나졸리닐기, 퀴놀졸리닐기, 퀴놀리지닐기, 퓨리닐기, 프탈라지닐기, 퀴놀살리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 벤조이소퀴놀리닐기, 벤조퀴나졸리닐기, 벤조퀴놀살리닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페리미디닐기, 페난트리디닐기, 프테리디닐기, 신놀리닐기, 나프타리디닐기, 퓨라닐기, 피라닐기, 옥사지닐기, 옥사졸일기, 옥사디아졸일기, 트리아졸일기, 디옥시닐기, 벤조퓨라닐기, 디벤조퓨라닐기, 티오파이라닐기, 잔테닐기, 크로메닐기, 이소크로메닐기, 티오아지닐기, 티오페닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조티오페닐기, 디퓨로피라지닐기, 벤조퓨로디벤조퓨라닐기, 벤조티에노벤조티오페닐기, 벤조티에노디벤조티오페닐기, 벤조티에노벤조퓨라닐기, 벤조티에노디벤조퓨라닐기 또는 N-치환된 스파이로 플루오레닐기와 같은 축합되지 않거나 축합된 헤테로 아릴기일 수 있다.

[0030] 하나의 예시적인 실시형태에서, R_1 및 R_2 가 $C_{10}\sim C_{30}$ 축합 헤테로 아릴기가 아닌 아릴기 또는 헤테로 아릴기인 경우, 바람직하게는 이들 아릴기 또는 헤테로 아릴기는 1개 내지 2개의 방향족 고리로 이루어질 수 있다. R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 방향족 고리의 개수가 많다면, 전체 유기 화합물에서 공액화(conjugated) 구조가 지나치게 길어져서, 유기 화합물의 밴드갭이 지나치게 줄어들 수 있다. 일례로, R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 방향족 작용기(예를 들어 1개 내지 3개의 페닐기, 바이페닐기 등)으로 치환된 페닐기, 바이페닐기, 나프틸기일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0031] 한편, R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 적어도 하나의 산소 및/또는 황이 적어도 하나 고리에 포함되는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 3개 이상의 헤테로 방향족 고리를 포함할 수 있다. 일례로, R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 각각 치환되지 않거나 치환된 디벤조퓨라닐기(dibenzofuranyl), 디벤조티오페닐기(dibenzothiophenyl), 잔테닐기(xanthenyl), 벤조크로메닐기(benzo-chromenyl), 티안트레닐기(thianthrenyl), 페녹사지닐기(phenoxazinyl), 페노티아지닐기(phenothiazinyl) 및 페녹사티닐기(phenoxathinyl)로 구성되는 군에서 선택되는 헤테로 방향족 모이어티를 가질 수 있다.

[0032] R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 5원자 고리의 양측으로 6원자 고리가 연결되어 견고한 화학 구조를 가짐으로써, 내열 특성이 우수한 헤테로 아릴 모이어티를 포함할 수 있다. 일례로, R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 디벤조퓨라닐 모이어티 또는 디벤조티오페닐 모이어티를 가질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 이 경우, R_1 및 R_2 를 각각 구성하는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 방향족 고리와 축합될 수 있다. 일례로, 5원자 고리의 양측으로 6원자 고리가 연결되어 견고한 화학 구조를 가지는 $C_{10}\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 각각 치환되지 않거나 치환된 피리도디벤조퓨라닐 모이어티, 피리도디벤조티오페닐 모이어티, 인데노디벤조퓨라닐 모이어티, 인데노디벤조티오페닐 모이어티, 인돌로디벤조퓨라닐 모이어티 및/또는 인돌로디벤조티오페닐 모이어티 등을 형성할 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0033] 한편, 하나의 비-제한적인 실시형태에서, 화학식 1에서 링커(연결기)인 L_1 내지 L_3 는 방향족 연결기일 수 있다. 일례로, 화학식 1에서 L_1 내지 L_3 가 치환되지 않거나 치환된 $C_5\sim C_{30}$ 아릴렌기인 경우, L_1 내지 L_3 는 각각 독립적으로 치환되거나 치환되지 않은 페닐렌기(phenylene), 바이페닐렌기(biphenylene), 터페닐렌기(terphenylene),

테트라페닐렌기(tetraphenylene), 인덴일렌기(indenylene), 나프틸렌기(naphthylene), 아줄레닐렌기(azulenylene), 인다세닐렌기(indacenylene), 아세나프틸렌기(acenaphthylene), 플루오레닐렌기(fluorenylene), 스파이로-플루오레닐렌기, 페날레닐렌기(phenalenylylene), 페난트레닐렌기(phenanthrenylene), 안트라세닐렌기(anthracenylene), 플루오란트레닐렌기(fluoranthrenylene), 트리페닐레닐렌기(triphenylenylene), 파이레닐렌기(pyrenylene), 크라이세닐렌기(chrysenylene), 나프타세닐렌기(naphthacenylene), 피세닐렌기(picenylene), 페릴레닐렌기(peryleneylene), 펜타페닐렌기(pentaphenylene), 헥사세닐렌기(hexacenylene) 등을 포함할 수 있다.

[0034] 한편, 화학식 1에서 L_1 내지 L_3 가 치환되지 않거나 치환된 C_4 - C_{30} 아릴렌기인 경우, L_1 내지 L_3 는 각각 독립적으로 치환되거나 치환되지 않은 피롤릴렌기(pyrrolylylene), 이미다졸일렌기(imidazolylene), 피라졸일렌기(pyrazolylene), 피리디닐렌기(pyridinylene), 피라지닐렌기(pyrazinylene), 피리미디닐렌기(pyrimidinylene), 피리다지닐렌기(pyridazinylene), 이소인돌일렌기(isoindolylene), 인돌일렌기(indolylene), 인다졸일렌기(indazolylene), 푸리닐렌기(purinylene), 퀴놀리닐렌기(quinolinylene), 이소퀴놀리닐렌기(isoquinolinylene), 벤조퀴놀리닐렌기(benzoquinolinylene), 프탈라지닐렌기(phthalazinylene), 나프티리디닐렌기(naphthyridinylene), 퀴녹살리닐렌기(quinoxalinylylene), 퀴나졸리닐렌기(quinazolinylylene), 벤조퀴놀리닐렌기, 벤조이소퀴놀리닐렌기, 벤조퀴나졸리닐렌기, 벤조퀴녹살리닐렌기, 시놀리닐렌기(cinnolinylene), 페난트리디닐렌기(phenanthridinylene), 아크리디닐렌기(acridinylene), 페난트롤리닐렌기(phenanthrolinylene), 페나지닐렌기(phenazinylene), 벤즈옥사졸일렌기(benzoxazolylene), 벤즈이미다졸일렌기(benzimidazolylene), 퓨라닐렌기(furanylylene), 벤조퓨라닐렌기(benzofuranylylene), 티오펜일렌기(thiophenylene), 벤조티오펜일렌기(benzothiophenylene), 티아졸일렌기(thiazolylene), 이소티아졸일렌기(isothiazolylene), 벤조티아졸일렌기(benzothiazolylene), 이소옥사졸일렌기(isoxazolylene), 옥사졸일렌기(oxazolylene), 트리아졸일렌기, 테트라졸일렌기, 옥사디아졸일렌기(oxadiazolylene), 트리아지닐렌기(triazinylene), 벤조퓨라닐렌기, 디벤조퓨라닐렌기(dibenzofuranylylene), 벤조퓨로디벤조퓨라닐렌기, 벤조티에노벤조퓨라닐렌기, 벤조티에노디벤조퓨라닐렌기, 벤조티오펜일렌기, 디벤조티오펜일렌기(dibenzothiophenylene), 벤조티에노벤조티오펜일렌기, 벤조티에노디벤조티오펜일렌기, 카바졸일렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 인돌로카바졸일렌기, 인데노카바졸일렌기, 벤조퓨로카바졸일렌기, 벤조티에노카바졸일렌기, 이미다조피리미디닐렌기(imidazopyrimidinylene) 및 이미다조피리디닐렌기(imidazopyridinylene)로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.

[0035] 하나의 예시적인 실시형태에서, L_1 내지 L_3 를 각각 구성하는 방향족 고리의 개수가 많아지면, 전체 유기 화합물에서 공액화(conjugated) 구조가 지나치게 길어져서, 유기 화합물의 밴드갭이 지나치게 줄어들 수 있다. 따라서 바람직하게는 L_1 내지 L_3 를 구성하는 방향족 고리의 개수는 1 내지 2개, 더욱 바람직하게는 1개이다. 또한 정공의 주입 및 이동 특성과 관련해서, L_1 내지 L_3 는 각각 5-원자 고리(5-membered ring) 내지 7-원자 고리(7-membered ring)일 수 있으며, 특히 6-원자 고리(6-membered ring)인 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, L_1 내지 L_3 는 치환되거나 치환되지 않은 페닐렌기, 바이페닐렌기, 나프틸렌기, 피롤릴렌기, 이미다졸일렌기, 피라졸일렌기, 피리디닐렌기, 피라지닐렌기, 피리미디닐렌기, 피리다지닐렌기, 퓨라닐렌기 또는 티오펜일렌기일 수 있다.

[0036] 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 내열 특성이 우수한 테트라페닐 메탄 모이어티와, 정공 이동 특성이 우수하며 견고한 화학 구조를 가지는 아릴 아미노 모이어티가 직접 또는 간접적으로 연결된다. 따라서 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 발광 소자에 도입하면, 발광 소자에서 정공 주입 특성 및 정공 수송 특성이 향상되므로, 정공의 주입 지연으로 인하여 소자의 구동 전압이 상승하는 것을 방지할 수 있으며, 낮은 전압에서도 충분히 소자가 구동될 수 있다. 또한 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 발광 소자에 도입하면, 발광 소자에서 정공과 전자가 균형 있게 주입될 수 있어서 발광 소자의 발광 효율을 또한 증가시킬 수 있다.

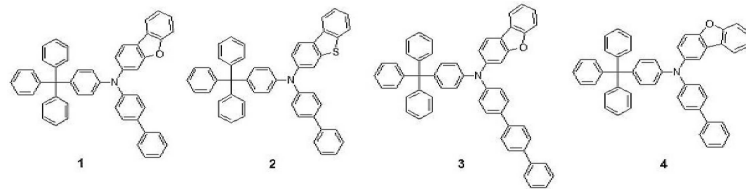
[0037] 일례로, 본 발명에 따른 유기 화합물을 발광 소자의 정공이동층이나 엑시톤 차단층 등에 적용하면, 발광물질층으로의 정공 주입이나 정공 수송 특성을 향상시킬 수 있으며, 정공이 주입되는 영역으로 전자가 이동하는 것을 방지할 수 있게 된다. 또한, 본 발명의 유기 화합물은 정공 주입 능력 및 정공 수송 능력이 매우 우수하다. 본 발명의 유기 화합물로 이루어지는 정공이동층 등에 인접하여, 최저준위비점유분자궤도(lowest unoccupied molecular orbital; LUMO) 에너지 준위가 깊은(deep) 화합물이나 정공 주입 물질을 본 발명의 유기 화합물에 도핑하여 전하생성층으로 사용하는 경우, 전자를 본 발명의 유기 화합물로 이루어지는 정공이동층 등의 반대 방향(예를 들어 양극 방향)으로 이동시키고, 이로 인하여 발생한 정공은 발광물질층 방향으로 이동시켜, 전하 생성

특성을 가질 수 있다.

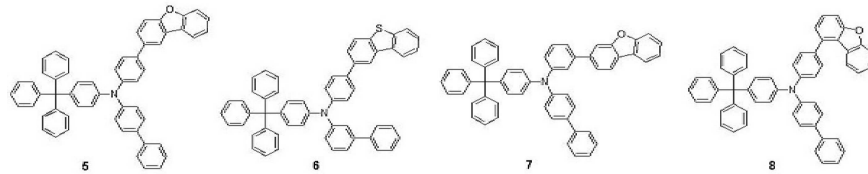
[0038] 따라서 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 발광 소자의 정공이동층, 전자차단층 및/또는 P타입 전하생성층과 같은 전하제어층에 적용될 수 있다. 이 경우, 발광물질층으로의 정공 수송 특성이 향상되면서 발광 소자의 구동 전압을 낮추어 발광 소자의 소비 전력을 감소시킬 수 있다. 또한, 발광 소자를 구성하는 소재에 인가되는 스트레스를 감소시켜, 소자의 수명 개선을 유도할 수 있으며, 소자의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0039] 보다 구체적으로, 본 발명에 따른 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

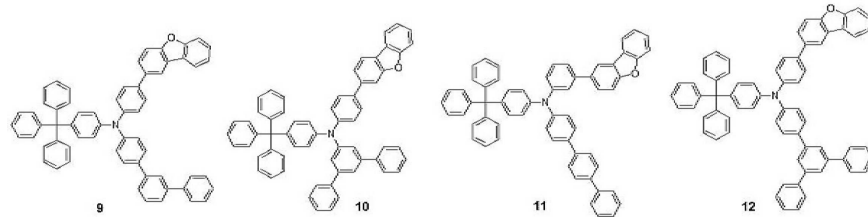
[0040] [화학식 2]



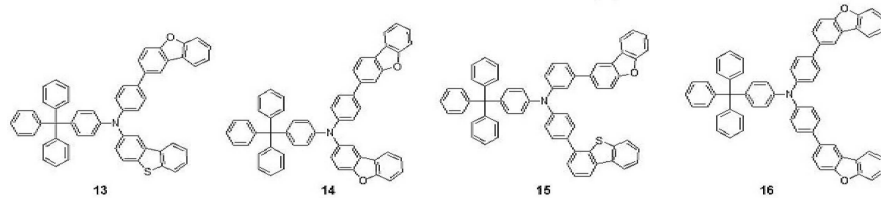
[0041]



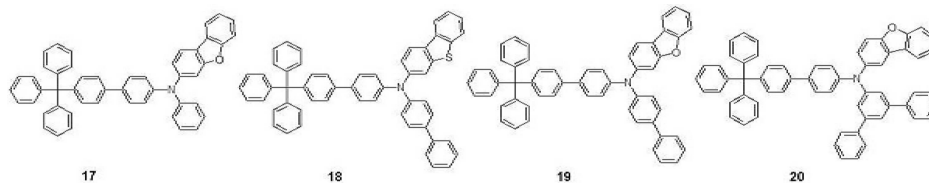
[0042]



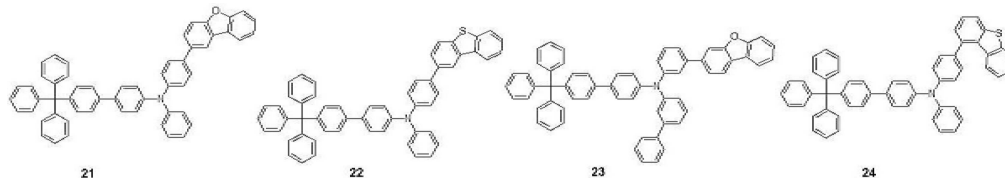
[0043]



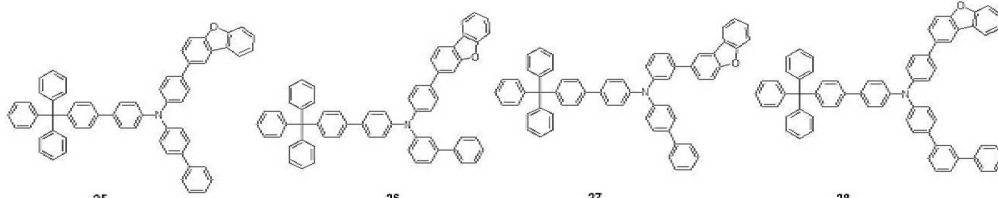
[0044]



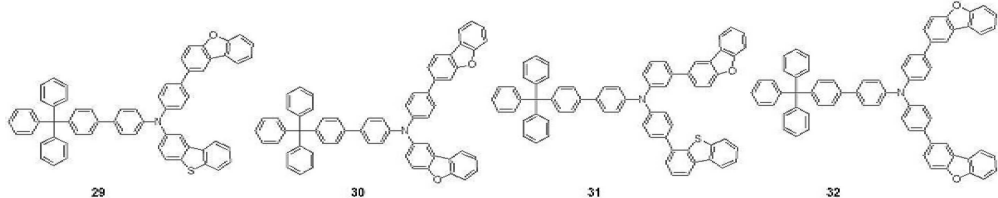
[0045]



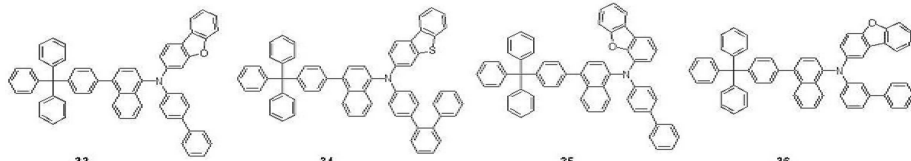
[0046]



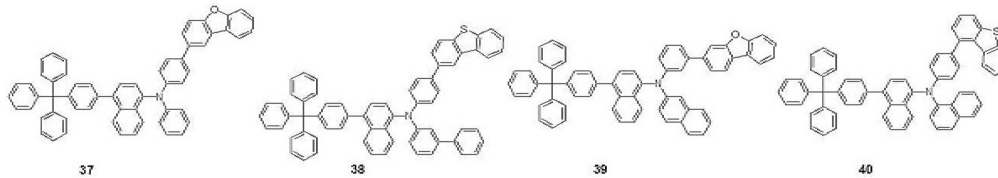
[0047]



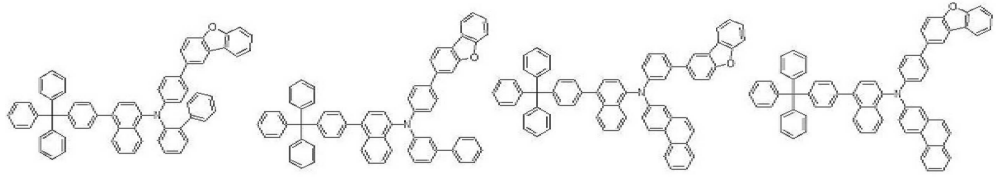
[0048]



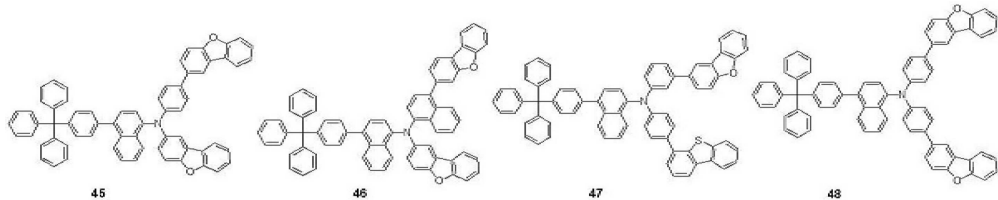
[0049]



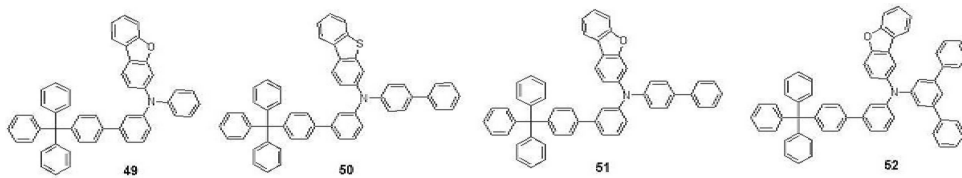
[0050]



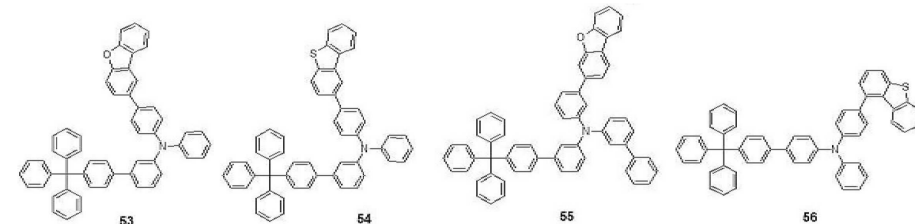
[0051]



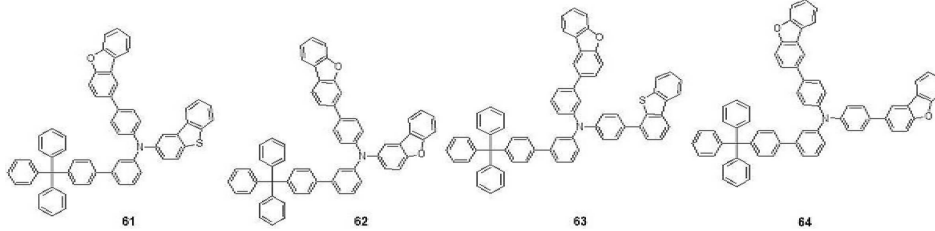
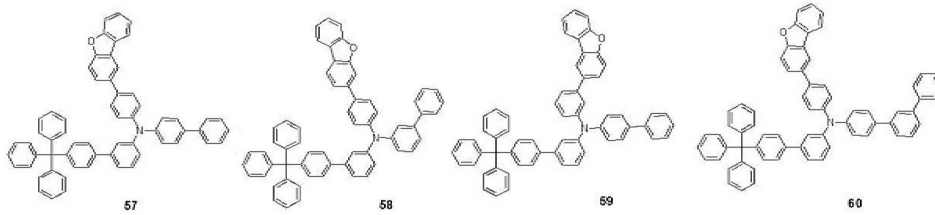
[0052]



[0053]



[0054]



[0055]

[0056]

[0057] [발광장치 및 발광다이오드]

[0058] 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물은 내열 특성 및 발광 특성이 우수하다. 따라서, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 발광다이오드를 구성하는 발광물질층에 적용하여, 구동 전압을 낮고, 발광 효율이 우수하며, 발광 수명이 크게 향상된 발광 소자를 구현할 수 있다.

[0059] 본 발명에 따른 발광다이오드는 발광다이오드 표시장치 또는 발광다이오드를 적용한 조명 장치 등의 발광장치에 적용될 수 있다. 일례로, 본 발명의 발광다이오드를 적용한 표시장치에 대해서 설명한다. 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 발광다이오드 표시장치의 개략적인 단면도이다.

[0060] 도 1에 도시한 바와 같이, 발광다이오드 표시장치(100)는 박막트랜지스터(Tr)와, 박막트랜지스터(Tr)를 덮는 평탄화층(160)과, 평탄화층(160) 상에 위치하며 박막트랜지스터(Tr)에 연결되는 발광다이오드(200)를 포함한다. 박막트랜지스터(Tr)는, 반도체층(110)과, 게이트 전극(130)과, 소스 전극(152)과, 드레인 전극(154)을 포함한다.

[0061] 기판(102)은 유리 기판, 얇은 플렉서블(flexible) 기판 또는 고분자 플라스틱 기판일 수 있다. 예를 들어, 플렉서블 기판은 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리에테르술폰(Polyethersulfone; PES), 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸테레프탈레이트(polyethylene Terephthalate; PET) 및 폴리카보네이트(polycarbonate; PC) 중 어느 하나로 형성될 수 있다. 박막트랜지스터(Tr)와, 발광다이오드(200)가 위치하는 기판(102)은 어레이 기판을 이룬다.

[0062] 기판(102) 상에 버퍼층(104)이 형성되고, 버퍼층(104) 상에 박막트랜지스터(Tr)가 형성된다. 버퍼층(104)은 생략될 수 있다.

[0063] 버퍼층(104) 상부에 반도체층(110)이 형성된다. 예를 들어, 반도체층(110)은 산화물 반도체 물질로 이루어질 수 있다. 반도체층(110)이 산화물 반도체 물질로 이루어지는 경우, 반도체층(110) 하부에 차광패턴(도시하지 않음)이 형성될 수 있다. 차광패턴은 반도체층(110)으로 빛이 입사되는 것을 방지하여 반도체층(110)이 빛에 의하여 열화되는 것을 방지한다. 이와 달리, 반도체층(110)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층(110)의 양 가장자리에 불순물이 도핑되어 있을 수 있다.

[0064] 반도체층(110) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(120)이 기판(102) 전면에 형성된다. 게이트 절연막(120)은 실리콘산화물(SiO₂) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다.

[0065] 게이트 절연막(120) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(130) 반도체층(110)의 중앙에 대응하여 형성된다. 도 1에서 게이트 절연막(120)은 기판(102) 전면에 형성되어 있으나, 게이트 절연막(120)은 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패턴링 될 수도 있다.

[0066] 게이트 전극(130) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(140)이 기판(102) 전면에 형성된다. 층간 절연막(140)은 실리콘산화물(SiO₂) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기절연물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기절연물질로 형성될 수 있다.

[0067] 층간 절연막(140)은 반도체층(110)의 양측 상면을 노출하는 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(142, 144)을 갖는다.

제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(142, 144)은 게이트 전극(130)의 양측에서 게이트 전극(130)과 이격되어 위치한다. 도 1에서 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(142, 144)은 게이트 절연막(520) 내에도 형성된 것으로 도시하였다. 이와 달리, 게이트 절연막(120)이 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝 될 경우, 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(142, 144)은 층간 절연막(140) 내에만 형성된다.

[0068] 층간 절연막(140) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 소스 전극(152)과 드레인 전극(154)이 형성된다. 소스 전극(152)과 드레인 전극(154)은 게이트 전극(130)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(142, 144)을 통해 반도체층(110)의 양측과 접촉한다.

[0069] 반도체층(110), 게이트 전극(130), 소스 전극(152) 및 드레인 전극(154)은 박막트랜지스터(Tr)를 이루며, 박막트랜지스터(Tr)는 구동 소자(driving element)로 기능한다. 도 1에 예시된 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층(110)의 상부에 게이트 전극(130), 소스 전극(152) 및 드레인 전극(154)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다. 이와 달리, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층의 하부에 게이트 전극이 위치하고, 반도체층의 상부에 소스 전극과 드레인 전극이 위치하는 역 스테거드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.

[0070] 도 1에 도시하지 않았으나, 게이트 배선과 데이터 배선이 서로 교차하여 화소영역을 정의하며, 게이트 배선과 데이터 배선에 연결되는 스위칭 소자가 더 형성된다. 상기 스위칭 소자는 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)에 연결된다. 또한, 파워 배선이 데이터 배선 또는 데이터 배선과 평행하게 이격되어 형성되며, 일 프레임(frame) 동안 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)의 게이트 전극의 전압을 일정하게 유지되도록 하기 위한 스토리지 캐패시터가 더 구성될 수 있다.

[0071] 한편, 발광다이오드 표시장치(100)는 발광다이오드(200)에서 생성된 빛을 흡수하는 컬러 필터(도시하지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컬러 필터(도시하지 않음)는 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 및 백색(W) 광을 흡수할 수 있다. 이 경우, 광을 흡수하는 적색, 녹색 및 청색의 컬러 필터 패턴이 각각의 화소영역 별로 분리되어 형성될 수 있으며, 이들 각각의 컬러 필터 패턴은 흡수하고자 하는 파장 대역의 빛을 방출하는 발광다이오드(200) 중의 발광 유닛(230)과 각각 중첩되게 배치될 수 있다. 컬러 필터(도시하지 않음)를 채택함으로써, 발광다이오드 표시장치(200)는 풀-컬러를 구현할 수 있다.

[0072] 예를 들어, 발광다이오드 표시장치(100)가 하부 발광 타입인 경우, 발광다이오드(200)에 대응하는 층간 절연막(140) 상부에 광을 흡수하는 컬러 필터(도시하지 않음)가 위치할 수 있다. 선택적인 실시형태에서, 발광다이오드 표시장치(100)가 상부 발광 타입인 경우, 컬러 필터는 발광다이오드(200)의 상부, 즉 제 2 전극(220) 상부에 위치할 수도 있다.

[0073] 소스 전극(152)과 드레인 전극(154) 상부에는 평탄화층(160)이 기판(102) 전면에서 형성된다. 평탄화층(160)은 상면이 평탄하며, 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(154)을 노출하는 드레인 컨택홀(162)을 갖는다. 여기서, 드레인 컨택홀(162)은 제 2 반도체층 컨택홀(144) 바로 위에 형성된 것으로 도시되어 있으나, 제 2 반도체층 컨택홀(144)과 이격되어 형성될 수도 있다.

[0074] 발광다이오드(200)는 평탄화층(160) 상에 위치하며 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(154)에 연결되는 제 1 전극(210)과, 제 1 전극(210) 상에 순차 적층되는 발광 유닛(230) 및 제 2 전극(220)을 포함한다.

[0075] 제 1 전극(210)은 각 화소영역 별로 분리되어 형성된다. 제 1 전극(210)은 양극(anode)일 수 있으며, 일함수 값이 비교적 큰 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(210)은 투명 도전성 산화물(transparent conductive oxide; TCO)로 이루어질 수 있다. 구체적으로, 제 1 전극(210)은 인듐-주석-산화물(indium-tin-oxide; ITO), 인듐-아연-산화물(indium-zinc-oxide; IZO), 인듐-주석-아연-산화물(indium-tin-zinc oxide; ITZO), 주석산화물(SnO), 아연산화물(ZnO), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO) 및 알루미늄:산화아연(Al:ZnO; AZO)으로 이루어질 수 있다.

[0076] 한편, 본 발명의 발광다이오드 표시장치(100)가 상부 발광 방식(top-emission type)인 경우, 제 1 전극(210) 하부에는 반사전극 또는 반사층이 더욱 형성될 수 있다. 예를 들어, 반사전극 또는 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-palladium-copper: APC) 합금으로 이루어질 수 있다.

[0077] 또한, 평탄화층(160) 상에는 제 1 전극(210)의 가장자리를 덮는 बैं크층(170)이 형성된다. बैं크층(170)은 화소영역에 대응하여 제 1 전극(210)의 증양을 노출한다.

[0078] 제 1 전극(210) 상에는 발광 유닛(230)이 형성된다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 상기 발광 유닛(230)은 도

2 내지 도 5에 각각 도시한 바와 같이,

- [0079] 정공주입층(hole injection layer; HIL), 정공수송층(hole transport layer; HTL)을 포함하는 정공이동층(hole transfer layer), 전자차단층(electron blocking layer; EBL), 발광물질층(emitting material layer, EML), 정공차단층(hole blocking layer; HBL), 전자수송층(electron transport layer; ETL) 및/또는 전자주입층(electron injection layer; EIL)을 포함할 수 있다. 또한, 발광 유닛(230)은 단층으로 이루어질 수도 있고, 2개 이상의 발광 유닛이 탠덤 구조를 형성할 수도 있다. 발광 유닛(230)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 일례로, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물은 정공이동층, 전자차단층 및/또는 전하생성층에 단독으로 사용되거나 또는 다른 물질과 배합될 수 있다.
- [0080] 발광 유닛(230)이 형성된 기관(102) 상부로 제 2 전극(220)이 형성된다. 제 2 전극(220)은 표시영역의 전면에 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어져 음극(cathode)으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(220)은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 은(Ag) 또는 이들의 합금이나 조합(예를 들어, 알루미늄-마그네슘 합금(AlMg))과 같은 반사 특성이 좋은 소재로 이루어질 수 있다.
- [0081] 제 2 전극(220) 상에는, 외부 수분이 발광다이오드(200)로 침투하는 것을 방지하기 위해, 인캡슐레이션 필름(encapsulation film, 180)이 형성된다. 인캡슐레이션 필름(180)은 제 1 무기 절연층(182)과, 유기 절연층(184)과, 제 2 무기 절연층(186)의 적층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0082] 전술한 바와 같이, 발광다이오드(200)는 발광 유닛(230)에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물이 적용된다. 이들 유기 화합물은 내열 특성 및 발광 특성이 우수하기 때문에, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 발광 유닛(230)에 적용하여, 발광다이오드(200)의 발광 효율을 향상시키고, 구동 전압을 낮추어 소비 전력을 줄이는 동시에 장 수명의 발광다이오드(200)를 구현할 수 있다.
- [0083] [발광다이오드]
- [0084] 도 2는 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드(300)는 서로 마주하는 제 1 전극(310) 및 제 2 전극(320)과, 제 1 및 제 2 전극(310, 320) 사이에 위치하는 발광 유닛(330)을 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 발광 유닛(330)은 제 1 전극(310)으로부터 순차적으로 적층되는 정공주입층(hole injection layer, HIL, 350), 정공수송층(hole transfer layer, HTL, 360)을 포함하는 정공이동층(340), 발광물질층(emissive material layer, EML, 370), 전자수송층(electron transfer layer, ETL, 380) 및 전자주입층(electron injection layer, EIL, 390)을 포함한다.
- [0085] 제 1 전극(310)은 발광물질층(370)에 정공을 공급하는 양극(anode)일 수 있다. 제 1 전극(310)은 일함수(work function) 값이 비교적 큰 도전성 물질, 예를 들어 투명 도전성 산화물(transparent conductive oxide; TCO)로 형성되는 것이 바람직하다. 예시적인 실시형태에서, 제 1 전극(310)은 인듐-주석-산화물(indium-tin-oxide; ITO), 인듐-아연-산화물(indium-zinc-oxide; IZO), 인듐-주석-아연-산화물(indium-tin-zinc oxide; ITZO), 주석산화물(SnO), 아연산화물(ZnO), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO) 및 알루미늄:산화아연(Al:ZnO; AZO)으로 이루어질 수 있다.
- [0086] 제 2 전극(320)은 발광물질층(360)에 전자를 공급하는 음극(cathode)일 수 있다. 제 2 전극(320)은 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질, 예를 들어 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 은(Ag), 또는 이들의 합금이나 조합과 같은 반사 특성이 좋은 소재로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(310)과 제 2 전극(320)은 각각 30 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0087] 정공이동층(340)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(370) 사이에 위치하는 정공주입층(350)과, 정공주입층(350)과 발광물질층(370) 사이에 위치하는 정공수송층(360)을 포함한다.
- [0088] 정공주입층(350)은 무기물인 제 1 전극(310)과 유기물인 정공수송층(360) 사이의 계면 특성을 향상시킨다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(350)은 정공 주입 물질만으로 이루어질 수 있다. 정공주입층(350)에 사용될 수 있는 정공 주입 물질은 특별히 제한되는 것은 아니지만, 예를 들어, 4,4',4"-트리스(3-메틸페닐페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4"-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine; MTDATA), 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐-아미노)트리페닐아민(4,4',4"-Tris(N,N-diphenyl-amino)triphenylamine; NATA), 4,4',4"-트리스(N-(나프탈렌-1-일)-N-페닐-아미노)트리페닐아민(4,4',4"-Tris(N-(naphthalene-1-yl)-N-phenyl-amino)triphenylamine; 1T-NATA), 4,4',4"-트리스(N-(나프탈렌-2-일)-N-페닐-아미노)트리페닐아민(4,4',4"-Tris(N-(naphthalene-2-yl)-N-phenyl-amino)triphenylamine; 2T-NATA), 프탈로시아닌구리(copper phthalocyanine; CuPc), 트리스(4-카

바조일-9-일-페닐)아민(Tris(4-carbazoyl-9-yl-phenyl)amine; TCTA), N,N'-디페닐-N,N'-비스(1-나프틸)-1,1'-바이페닐-4,4"-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphthyl)-1,1'-biphenyl-4,4"-diamine; NPD, α-NPB), 1,4,5,8,9,11-헥사아자트리페닐렌헥사카보니트릴(1,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylenehexacarbonitrile, Dipyrazino[2,3-f:2'3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile; HAT-CN), 1,3,5-트리스[4-(디페닐아미노)페닐]벤젠(1,3,5-tris[4-(diphenylamino)phenyl]benzene; TDAPB), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)폴리스티렌 술포네이트(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)polystyrene sulfonate; PEDOT/PSS), 2,3,5,6-테트라플루오로-7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane; F4TCNQ) 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민(N-(biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-fluoren-2-amine) 등에서 선택되는 어느 하나의 물질일 수 있다.

[0089] 다른 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(350)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다. 일례로, 정공주입층(350)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 이때, 정공 주입 물질은 약 0.1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0090] 필요한 경우에, 정공주입층(350)은 2개의 층으로 구분될 수 있다. 이때 제 1 전극(310) 쪽에 위치하는 제 1 정공주입층(도시하지 않음)은 전술한 정공 주입 물질로만 이루어질 수 있고, 제 1 정공주입층(도시하지 않음)과 정공수송층(360) 사이에 위치하는 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 화학식 1 내지 화학식 2의 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 발광다이오드(300)의 특성에 따라 정공주입층(350)은 생략될 수 있다.

[0091] 정공수송층(360)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(370) 사이에서 발광물질층(370)에 인접하여 위치한다. 정공수송층(360)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 하나의 예시적인 실시형태에 따르면, 정공수송층(360)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로만 이루어질 수 있다.

[0092] 다른 예시적인 실시형태에 따르면, 정공수송층(360)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 도핑되거나, 다른 정공 수송 물질에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물이 도핑되어 이루어질 수 있다.

[0093] 일례로, 정공수송층(360)에 사용될 수 있는 다른 정공 수송 물질은 NPB, TCTA, 트리스(트리플루오비닐에테르)-트리스(4-카바조일-9-일-페닐)아민(tris(trifluorovinyl ether)-tris(4-carbazoyl-9-yl-phenyl)amine; TFV-TCTA), 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민(tris[4-(diethylamino)phenyl]amine), N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, 트리-p-톨릴아민(tri-p-tolylamine), N-[1,1'-바이페닐]-4-일-9,9-디메틸-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-아민(N-[1,1'-biphenyl]-4-yl-9,9-diMethyl-N-[4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl]-amine), 1,1-비스(4-(N,N'-디(p-톨릴)아미노)페닐)사이클로헥산(1,1-bis(4-(N,N'-di(p-tolyl)amino)phenyl)cyclohexane; TAPC), 4,4',4''-트리스(3-메틸페닐페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4''-tris(3-methylphenylphenylamino)triphenylamine; m-MTDATA), 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(1,3-bis(N-carbazolyl)benzene; mCP), 4,4'-비스(N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐(4,4'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl; CBP, DCBP), 1,4-비스(디페닐아미노)벤젠(1,4-bis(diphenylamino)benzene), 4,4'-비스(3-에틸-N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐(4,4'-bis(3-ethyl-N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐벤지딘(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenylbenzidine; TPD), N,N'-비스[4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐]-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(N,N'-bis[4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl]-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine; DNTPD), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘](Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]; Poly-TPD), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민))](Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine)]), TFB), 3,5-디(9H-카바졸-9-일)-N,N-디페닐아닐린(3,5-Di(9H-carbazol-9-yl)-N,N-diphenylaniline; DCDPA), N-(비페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민(N-(biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-fluoren-2-amine), N-(바이페닐-4-일)-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)바이페닐-4-아민(N-(biphenyl-4-yl)-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)biphenyl-4-amine), N,N'-비스(페난트렌-9-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘(N,N'-bis(phenanthren-9-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine), CuPC, 4-(디벤질아미노)벤즈알데하이드-N,N-디페닐히드라존(4-(dibenzylamino)benzaldehyde-N,N-diphenylhydrazone), 4-(디메틸아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존(diphenylhydrazone(4-(dimethylamino)benzaldehyde diphenylhydrazone), 2,2'-디메틸-N,N'-디-[(1-나프틸)-

N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민(2,2'-dimethyl-N,N'-di-[(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl]-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine), 9,9-디메틸-N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐-9H-플루오렌-2,7-디아민(9,9-dimethyl-N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-9H-fluorene-2,7-diamine), N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(N,N'-di-[(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl]-1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine), 4-(디페닐아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존(4-(diphenylamino)benzaldehyde diphenylhydrazone), N,N'-디페닐-N,N'-디-p-톨릴벤젠-1,4-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-di-p-tolylbenzene-1,4-diamine), 디피라지노[2,3-f:2',3'-h]퀴녹살린-2,3,6,7,10,11-헥사카보니트릴(dipyrazino[2,3-f:2',3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile, HAT-CN6), N,N,N',N'-테트라키스(4-메톡시페닐)벤지딘(N,N,N',N'-tetrakis(4-methoxyphenyl)benzidine), N,N,N',N'-테트라키스(3-메틸페닐)-3,3'-디메틸벤지딘(N,N,N',N'-tetrakis(3-methylphenyl)-3,3'-dimethylbenzidine), N,N,N',N'-테트라키스(2-나프틸)벤지딘(N,N,N',N'-tetrakis(2-naphthyl)benzidine), 테트라-N-페닐벤지딘(tetra-N-phenylbenzidine), N,N,N',N'-테트라페닐나프탈렌-2,6-디아민(N,N,N',N'-tetraphenylnaphthalene-2,6-diamine), 틴(IV) 2,3-나프탈로시아닌 디클로라이드(tin(IV) 2,3-naphthalocyanine dichloride), 티타닐 프탈로시아닌(titanyl phthalocyanine), 1,3,5-트리스(디페닐아미노)벤젠(1,3,5-tris(diphenylamino)benzene; TDAB), 1,3,5-트리스(2-(9-에틸카바졸-3)에틸렌)벤젠(1,3,5-tris(2-(9-ethylcabazol-3)ethylene)benzene), 1,3,5-트리스[(3-메틸페닐)페닐아미노]벤젠(1,3,5-tris[(3-methylphenyl)phenylamino]benzene), 4,4',4''-트리스[2-나프틸(페닐)아미노]트리페닐아민(4,4',4''-tris[2-naphthyl(phenyl)amino]triphenylamine) 및/또는 4,4',4''-트리스[페닐(m-톨릴)아미노]트리페닐아민(4,4',4''-tris[phenyl(m-tolyl)amino]triphenylamine) 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

- [0094] 일례로, 전술한 정공 수송 물질은 정공수송층(360)의 도펀트로 사용될 수 있다. 도펀트로 사용되는 전술한 정공 수송 물질은 정공수송층(360)에 약 0.1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0095] 선택적인 실시형태에서, 정공수송층(360)은 2개의 층으로 이루어질 수 있다. 이때, 정공주입층(350)에 인접하게 위치하는 제 1 정공수송층(도시하지 않음)은 전술한 정공 수송 물질로 이루어질 수 있다. 발광물질층(370)에 인접하게 위치하는 제 2 정공수송층(도시하지 않음)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물만 이루어지거나, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 수송 물질이 배합되어 이루어질 수 있다.
- [0096] 한편, 도면에서는 정공이동층(340)이 정공주입층(350)과 정공수송층(360)으로 구분되어 있다. 하지만, 정공이동층(340)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 전술한 정공 주입 물질, 예를 들어, MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPB(NPD), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민이 도핑되는 단일층으로 이루어질 수 있다.
- [0097] 본 발명의 유기 화합물은 정공 주입 능력 및 정공 수송 능력이 우수하기 때문에, 본 발명의 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 정공이동층(340)은 정공주입층과 정공수송층의 역할을 겸할 수 있다. 다시 말하면, 제 1 전극(310)과 발광물질층(370) 사이에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑된 1층의 정공이동층(340)만 존재하더라도 정공 주입과 정공 수송 특성을 충분히 얻을 수 있다. 이때, 정공 주입 물질은 예를 들어 약 0.1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0098] 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(350) 및 정공수송층(360)은 각각 5 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 5 nm 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0099] 발광물질층(370)은 호스트와 도펀트를 포함하며, 실질적인 발광은 도펀트에서 수행될 수 있다. 일례로, 발광물질층(370)에 포함되는 청색 호스트는 안트라센계(anthracene-based) 유도체, 파이렌계(pyrene-based) 유도체 및 페릴렌계(perylene-based) 유도체로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 호스트를 포함한다. 한편, 발광물질층(370)에 포함되는 녹색(G) 호스트 및 적색(R) 호스트는 각각 카바졸계 화합물로 이루어진 인광 호스트를 포함할 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 발광물질층(370)에 사용되는 호스트는 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum; Alq₃), TCTA, PVK, mCP, CBP, 3,3-디(9H-카바졸-9-일)바이페닐(3,3-Di(9H-carbazoyl-9-yl)biphenyl; mCBP), 4,4'-비스(9-카바졸릴)-2,2'-디메틸바이페닐(4,4'-Bis(9-carbazoyl)-2,2'-dimethylbiphenyl; CDBP), 4,4'-비스(2,2'-디페닐비닐)-1,1'-바이페닐(4,4'-bis(2,2'-diphenylvinyl)-1,1'-biphenyl; DPVBi)이나, 9,10-디-(2-나프틸)안트라센(9,10-di-(2-naphtyl)anthracene; ADN), 2-터르-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(2-tert-butyl-9,10-di(2-naphthyl)anthracene; TBADN), 2-메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(2-methyl-9,10-di(2-naphtyl)anthracene; MADN), 9-(2-나프틸)-10-[3-(2-나프틸)페닐]안트라센(9-(2-

Naphthyl)-10-[3-(2-naphthyl)phenyl]anthracene)과 같은 안트라센계 호스트, 2,5,8,11-테트라-*t*-부틸페릴렌(tetra-*t*-butylperylene), 디스티릴아릴렌(distyrylarylene; DSA), 1,3,5-트리스(카바졸-9-일)벤젠(1,3,5-tris(carbazol-9-yl)benzene; TCP), 1,3,5-트리스(*N*-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠(1,3,5-tris(*N*-phenylbenzimidazole-2-yl)benzene, TPBi) 등을 포함한다.

[0101] 발광물질층(370)이 적색(R)을 발광할 때, 발광물질층(370)에 포함되는 적색 도펀트는 5,6,11,12-테트라페닐나프탈렌(5,6,11,12-tetraphenylnaphthalene; Rubrene), 비스(2-벤조[b]티오펜-2-일-피리딘)(아세틸아세토네이트)이리듐(III)(Bis(2-benzo[b]-thiophene-2-yl-pyridine)(acetylacetonate)iridium(III); Ir(btp)₂(acac)), 비스[1-(9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-일)-이소퀴놀린](아세틸아세토네이트)iridium(III)(Bis[1-(9,9-dimethyl-9H-fluorn-2-yl)-isoquinoline](acetylacetonate)iridium(III); Ir(fliq)₂(acac)), 비스[2-(9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-일)-퀴놀린](acetylacetonate)iridium(III)(Bis[2-(9,9-dimethyl-9H-fluorn-2-yl)-quinoline](acetylacetonate)iridium(III); Ir(flq)₂(acac)), 비스(2-페닐퀴놀린)(2-(3-메틸페닐)피리디네이트)이리듐(III)(Bis-(2-phenylquinoline)(2-(3-methylphenyl)pyridinate)irideium(III); Ir(phq)₂typ), 이리듐(III)비스(2-(2,4-디플루오로페닐)퀴놀린)피코리네이트(Iridium(III)bis(2-(2,4-difluorophenyl)quinoline)picolinate; FPQIrpic) 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0102] 발광물질층(370)이 녹색(G)을 발광할 때, 발광물질층(370)에 포함되는 녹색 도펀트는 *N,N'*-디메틸-퀴나크리돈(*N,N'*-dimethyl-quinacridone; DMQA), 쿠마린 6, 9,10-비스[*N,N'*-디-(*p*-톨릴)-아미노]안트라센(9,10-bis[*N,N'*-di-(*p*-tolyl)amino]anthracene; TTPA), 9,10-비스[페닐(*m*-톨릴)아미노]안트라센(9,10-bis[phenyl(*m*-tolyl)-amino]anthracene; TPA), 비스(2-페닐피리딘)(아세틸아세토네이트)이리듐(III)(bis(2-phenylpyridine)(acetylacetonate)iridium(III); Ir(ppy)₂(acac)), 팩-트리스(2-페닐피리딘)이리듐(III)(fac-tris(phenylpyridine)iridium(III); fac-Ir(ppy)₃), 트리스[2-(*p*-톨린)피리딘]이리듐(III)(tris[2-(*p*-tolyl)pyridine]iridium(III); Ir(mppy)₃) 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0103] 발광물질층(370)이 청색(B)으로 발광할 때, 발광물질층(370)에 포함되는 청색 도펀트는 4,4'-비스(9-에틸-3-카바조비닐렌)-1,1'-바이페닐(4,4'-bis(9-ethyl-3-carbazovinylene)-1,1'-biphenyl; BCzVBi), 디페닐-[4-(2-[1,1;4,1]테트라페닐-4-일-비닐)-페닐]-아민(diphenyl-[4-(2-[1,1;4,1]terphenyl-4-yl-vinyl)-phenyl]-amine), 3,8-비스(디페닐아미노)피리렌(3,8-bis(diphenylamino)pyrene), 2,5,8,11-테트라-*tert*-부틸페릴렌(2,5,8,11-tetra-*tert*-butylperylene; TBPe), 비스(3,5-디플루오로-2-(2-피리딜)페닐-(2-카보질피리딜)이리듐(III)(bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl-(2-carbozylpyridyl)iridium(III); FirPic), *mer*-트리스(1-페닐-3-메틸이미다졸린-2-일리덴-C, C2')이리듐(III)(*mer*-tris(1-phenyl-3-methylimidazolin-2-ylidene-C, C2')iridium(III); *mer*-Ir(pmi)₃), 트리스(2-(4,6-디플루오로페닐)피리딘)이리듐(III)(tris(2-(4,6-difluorophenyl)pyridine)iridium(III); Ir(Fppy)₃) 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0104] 한편, 필요에 따라 발광물질층(370)은 지연형광(delayed fluorescent) 물질을 포함할 수 있다. 발광물질층(370)에 사용될 수 있는 지연형광 물질은 10-(4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐)-9,9-디메틸-9,10-디하이드로아크리딘(10-(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridine, DMAC-TRZ), 10,10'-(4,4'-술포닐비스(4,1-페닐렌))비스(9,9-디메틸-9,10-디하이드로아크리딘)(10,10'-(4,4'-sulfonylbis(4,1-phenylene))bis(9,9-dimethyl-9,10-dihydroacridine), DMAC-DPS), 10-페닐-10H,10'H-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(10-phenyl-10H,10'H-spiro[acridine-9,9'-anthracen]-10'-one, ACRSA), 3,6-디벤조일-4,5-디(1-메틸-9-페닐-9H-카바조일)-2-에티닐벤조니트릴(3,6-dibenzoyl-4,5-di(1-methyl-9-phenyl-9H-carbazoyl)-2-ethynylbenzonitrile, Cz-VPN), 9,9',9''-(5-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)벤젠-1,2,3-트리일)트리스(9H-카바졸(9,9',9''-(5-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)benzene-1,2,3-triyl)tris(9H-carbazole), TcZTrz), 9,9'-(5-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸)(9,9'-(5-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-1,3-phenylene)bis(9H-carbazole), DczTrz), 9,9',9'',9'''-(6-페닐-1,3,5-트리아진-2,4-디일)비스(벤젠-5,3,1-트리일)테트라키스(9H-카바졸)(9,9',9'',9'''-(6-phenyl-1,3,5-triazin-2,4-diyl)bis(benzene-5,3,1-triyl)tetrakis(9H-carbazole), DDczTrz), 비스(4-(9H-3,9'-바이카바졸-9-일)페닐)메타논(bis(4-(9H-3,9'-bicarbazol-9-yl)phenyl)methanone, CC2BP), 9'-[4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리

아진-2-일)페닐]-3,3',6,6"-테트라페닐-9,3',6',9"-터르-9H-카바졸(9'-[4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-3,3',6,6"-tetraphenyl-9,3':6',9"-ter-9H-carbazole, BDPCC-TPTA), 9'-[4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]-9,3':6',9"-터르-9H-카바졸(9'-[4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl]-9,3':6',9"-ter-9H-carbazole, BCC-TPTA), 9,9'-(4,4'-설포닐비스(4,1-페닐렌))비스(3,6-디메톡시-9H-카바졸)(9,9'-(4,4'-sulfonylbis(4,1-phenylene))bis(3,6-dimethoxy-9H-carbazole), DMOC-DPS), 9-(4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐)-3',6'-디페닐-9H-3,9'-바이카바졸(9-(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-3',6'-diphenyl-9H-3,9'-bicarbazole, DPCC-TPTA), 10-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-10H-페녹사진(10-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-10H-phenoxazine, Phen-TRZ), 9-(4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐)-9H-카바졸(9-(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-9H-carbazole, Cab-Ph-TRZ), 1,2,3,5-테트라키스(3,6-카바졸-9-일)-4,6-디시아노벤젠(1,2,3,5-Tetrakis(3,6-carbazol-9-yl)-4,6-dicyanobenzene, 4CzIPN), 2,3,4,6-테트라(9H-카바졸-9-일)-5-플루오로벤조니트릴(2,3,4,6-tetra(9H-carbazol-9-yl)-5-fluorobenzonitrile, 4CZFCN), 및/또는 10-(4-(4,6-디페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐)-10H-스파이로[아크리딘-9,9'-플루오렌](10-(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-10H-spiro[acridine-9,9'-fluorene], SpiroAC-TRZ) 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0105] 발광물질층(370)이 호스트와 도펀트를 포함하는 경우, 도펀트는 발광물질층(370) 내에 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 5 내지 50 중량%의 비율로 도핑될 수 있다. 발광물질층(370)은 10 내지 200 nm, 바람직하게는 20 내지 100 nm, 더욱 바람직하게는 30 내지 50 nm의 두께로 적층될 수 있다. 하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0106] 발광물질층(370)과 제 2 전극(320) 사이에는 전자수송층(380)과 전자주입층(390)이 순차적으로 적층될 수 있다. 전자수송층(380)을 이루는 소재는 높은 전자 이동도가 요구되는데, 원활한 전자 수송을 통하여 발광물질층(370)에 전자를 안정적으로 공급한다.

[0107] 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자수송층(380)은 옥사디아졸계(oxadiazole-base), 트리아졸계(triazole-base), 페난트롤린계(phenanthroline-base), 벤조사졸계(benzoxazole-based), 벤조티아졸계(benzothiazole-base), 벤즈이미다졸계(benzimidazole-base), 트리아진(triazine-base) 등의 유도체를 포함할 수 있다.

[0108] 보다 구체적으로, 전자수송층(380)은 Alq₃, 2-바이페닐-4-일-5-(4-터셔리-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(2-biphenyl-4-yl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole; PBD), 스파이로-PBD, 리튬 퀴놀레이트(lithium quinolate; Liq), TPBi, 비스(2-메틸-8-퀴놀리노라토-N1,08)-(1,1'-바이페닐-4-올라토)알루미늄(Bis(2-methyl-8-quinolinolato-N1,08)-(1,1'-biphenyl-4-olato)aluminum; BA1q), 4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; Bphen), 2,9-비스(나프탈렌-2-일)4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(2,9-Bis(naphthalene-2-yl)4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; NBphen), 2,9-디메틸-4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; BCP), 3-(4-바이페닐)-4-페닐-5-터르-부틸페닐-1,2,4-트리아졸(3-(4-Biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole; TAZ), 4-(나프탈렌-1-일)-3,5-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸(4-(Naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole; NTAZ), 1,3,5-트리아진(p-피리드-3-일-페닐)벤젠(1,3,5-Tri(p-pyrid-3-yl-phenyl)benzene; TpPyPB), 2,4,6-트리스(3'-(피리딘-3-일)바이페닐-3-일)1,3,5-트리아진(2,4,6-Tris(3'-(pyridin-3-yl)biphenyl-3-yl)1,3,5-triazine; TmPPPyTz), 폴리[(9,9-비스(3'-((N,N-디메틸)-N-에틸암모늄)-프로필)-2,7-플루오렌]-알트-2,7-(9,9-디옥틸플루오렌)](Poly[9,9-bis(3'-((N,N-dimethyl)-N-ethylammonium)-propyl)-2,7-fluorene]-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)); PFNBr), 트리스(페닐퀴놀살린)(tris(phenylquinoline; TPQ), 디페닐-4-트리페닐실릴-페닐포스핀옥사이드(Diphenyl-4-triphenylsilyl-phenylphosphine oxide; TPSO1) 및/또는 2-[4-(9,10-디-2-나프탈렌-2-안트라세닐)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(2-[4-(9,10-Di-2-naphthalenyl-2-anthracenyl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazole; ZADN) 등으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0109] 필요한 경우에, 전자수송층(380)은 전술한 유기 물질에 알칼리 금속 및/또는 알칼리토금속과 같은 금속이 도핑되어 이루어질 수 있다. 알칼리 금속 또는 알칼리토금속은 전술한 유기 화합물을 기준으로 대략 1 내지 20 중량%의 비율로 첨가될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 전자수송층(380)의 도펀트로 사용될 수 있는 알칼리 금속 성분은 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K) 및 세슘(Cs)와 같은 알칼리 금속 및/또는 마그네슘(Mg), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 라듐(Ra)과 같은 알칼리토금속을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 필요한 경우, 전자수송층(380)은 단층 구조가 아니라 2개 이상의 층으로 구분될 수 있다.

- [0110] 전자주입층(390)은 제 2 전극(320)과 전자수송층(380) 사이에 위치하는데, 제 2 전극(320)의 특성을 개선하여 소자의 수명을 개선할 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자주입층(390)의 소재로는 LiF, CsF, NaF, BaF₂ 등의 알칼리 할라이드계 물질 및/또는 Liq(lithium quinolate), 리튬 벤조에이트(lithium benzoate), 소듐 스테아레이트(sodium stearate) 등의 유기금속계 물질이 사용될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0111] 예를 들어, 전자수송층(380) 및 전자주입층(390)은 각각 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0112] 본 발명의 유기 화합물은 정공 주입 특성, 정공 이동 특성 및 열 안정성이 우수하다. 따라서 정공이동층(340)에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 단독으로 사용하거나 적절한 정공 주입 물질 및/또는 정공 수송 물질과 함께 사용하는 경우, 저 전압에서 발광다이오드(300)를 구동시켜 소비 전력을 낮출 수 있으며, 발광다이오드(300)의 수명을 개선하고 발광 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0113] 전술한 제 1 실시형태에서, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물은 정공이동층에 도입되었다. 이와 달리, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물은 다른 전하제어층에도 적용될 수 있다. 도 3은 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0114] 도 3에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드(400)는 서로 마주하는 제 1 전극(410)과, 제 1 및 제 2 전극(410, 420) 사이에 위치하는 발광 유닛(430)을 포함한다. 발광 유닛(430)은 발광물질층(470)을 포함하며, 제 1 전극(410)과 발광물질층(470) 사이에 위치하는 정공이동층(440)과, 정공이동층(440)과 발광물질층(470) 사이에 위치하는 제 1 엑시톤 차단층인 전자차단층(electron blocking layer; EBL, 465)과, 발광물질층(470)과 제 2 전극(420) 사이에 위치하는 전자수송층(480)과, 전자수송층(480)과 제 2 전극(420) 사이에 위치하는 전자주입층(490)을 포함한다. 발광 유닛(430)은 선택적으로 발광물질층(470)과 전자수송층(480) 사이에 위치하는 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(hole blocking layer; HBL, 475)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0115] 전술한 바와 같이, 제 1 전극(410)은 양극이며, 일함수 값이 상대적으로 큰 도전성 물질로 이루어지고, 제 2 전극(420)은 음극이며, 일함수 값이 상대적으로 작은 도전성 물질로 이루어진다. 예를 들어, 제 1 전극(410)과 제 2 전극(420)은 각각 30 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0116] 정공이동층(440)은 제 1 전극(410)과 발광물질층(470) 사이에 위치하는 정공주입층(450)과, 정공주입층(450)과 발광물질층(470) 사이에 위치하는 정공수송층(460)을 포함한다.
- [0117] 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(450)은 정공 주입 물질만을 포함할 수 있다. 일례로, 정공 주입 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0118] 다른 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(450)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 전술한 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 또 다른 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(450)은 정공 주입 물질로 이루어지는 제 1 정공주입층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 제 2 정공주입층(도시하지 않음)으로 구분될 수 있다.
- [0119] 한편, 정공수송층(460)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공수송층(460)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로만 이루어질 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 정공수송층(460)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 도핑되거나, 다른 정공 수송 물질에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0120] 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물과 함께, 정공수송층(460)의 호스트 또는 도펀트로 사용될 수 있는 다른 정공 수송 물질은 NPB, TCTA, TFV-TCTA, 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민, N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, 트리-p-톨릴아민, N-[1,1'-바이페닐]-4-일-9,9-디메틸-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-아민, TAPC, m-MTDATA, mCP, CBP, 1,4-비스(디페닐아미노)벤젠, 4,4'-비스(3-에틸-N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐벤지딘, TPD, DNTPD, Poly-TPD, TFB, DCPPA, N-(비페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, N-(바이페닐-4-일)-N-

(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)바이페닐)-4-아민, N,N'-비스(페난트렌-9-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘, CuPc, 4-(디벤질아미노)벤즈알데하이드-N,N-디페닐히드라존, 4-(디메틸아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존, 2,2'-디메틸-N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민, 9,9-디메틸-N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐-9H-플루오렌-2,7-디아민, N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐)-4,4'-디아민, 4-(디페닐아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존, N,N'-디페닐-N,N'-디-p-톨릴벤젠-1,4-디아민, HAT-CN6, N,N,N',N'-테트라키스(4-메톡시페닐)벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(3-메틸페닐)-3,3'-디메틸벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(2-나프틸)벤지딘, N,N,N',N'-테트라페닐나프탈렌-2,6-디아민, 틴(IV) 2,3-나프탈로시아닌 디클로라이드, 티타닐 프탈로시아닌, TDAB, 1,3,5-트리스(2-(9-에틸카바질-3)에틸렌)벤젠, 1,3,5-트리스[(3-메틸페닐)페닐아미노]벤젠, 4,4',4''-트리스[2-나프틸(페닐)아미노]트리페닐아민 및/또는 4,4',4''-트리스[페닐(m-톨릴)아미노]트리페닐아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0121] 선택적인 실시형태에서, 정공수송층(460)은 정공주입층(450)에 인접하게 위치하며 전술한 정공 수송 물질로만 이루어지는 제 1 정공수송층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로만 이루어지거나 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 수송 물질이 배합되어 이루어지는 제 2 정공수송층(도시하지 않음)으로 이루어질 수 있다.

[0122] 또한, 정공이동층(440)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 전술한 정공 주입 물질이 도핑되는 단일층으로 이루어질 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(450) 및 정공수송층(460)은 각각 5 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 5 nm 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0123] 한편, 정공이 발광물질층(470)을 지나 제 2 전극(220)으로 이동하거나, 전자가 발광물질층(470)을 지나 제 1 전극(410)으로 이동하는 경우, 소자의 수명과 효율에 감소를 가져올 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드(400)는 발광물질층(470)의 상부와 하부 중 적어도 한 곳에 엑시톤 차단층을 포함할 수 있다.

[0124] 예를 들어, 정공이동층(440)과 독립적으로 제 1 전극(410)과 발광물질층(470) 사이에 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(465)이 위치할 수 있다. 전술한 바와 같이, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물은 정공 주입 특성 및 정공 수송 특성이 우수하기 때문에, 전자를 차단하는 특성 또한 뛰어나다. 따라서 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자차단층(465)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로 이루어질 수 있다.

[0125] 다른 예시적인 실시형태에서, 전자차단층(465)은 TCTA, 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민(tris[4-(diethylamino)phenyl]amine), N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, TAPC, MTDATA, mCP, mCBP, CuPC, DNTPD, TDAPB, DCDPA 및/또는 2,8-비스(9-페닐-9H-카바졸-3-일)디벤조[b,d]티오펜(2,8-bis(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)dibenzo[b,d]thiophene)으로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0126] 발광물질층(470)은 호스트에 도펀트가 도핑되어 이루어질 수 있으며, 일레로, 적색(R), 녹색(G) 및/또는 청색(B)으로 발광한다. 일레로, 발광물질층(470)에 포함되는 청색 호스트는 안트라센계(anthracene-based) 유도체, 파이렌계(pyrene-based) 유도체 및 페릴렌계(perylene-based) 유도체로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 호스트를 포함한다. 한편, 발광물질층(470)에 포함되는 녹색(G) 호스트 및 적색(R) 호스트는 각각 카바졸계 화합물로 이루어진 인광 호스트를 포함할 수 있다.

[0127] 예를 들어, 발광물질층(470)에 사용되는 호스트는 Alq₃, TCTA, PVK, mCP, CBP, mCBP, CDBP, DPVBi나, ADN, TBADN, MADN, 9-(2-나프틸)-10-[3-(2-나프틸)페닐]안트라센과 같은 안트라센계 호스트, DSA, TCP, TPBi를 포함한다. 발광물질층(470)에 사용되는 적색 도펀트는 Rubrene, Ir(btp)₂(acac), Ir(fliq)₂(acac), Ir(flq)₂(acac), Ir(phq)₂typ, FPQIrpic 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 다. 발광물질층(470)에 사용되는 녹색 도펀트는 DMQA, 쿠마린 6, TTPA, TPA, Ir(ppy)₂(acac), fac-Ir(ppy)₃, Ir(mppy)₃ 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 있다. 한편, 발광물질층(470)에 사용되는 청색 도펀트는 BCzVBi, 디페닐-[4-(2-[1,1;4,1]테트라페닐-4-일-비닐)-페닐]-아민, 3,8-비스(디페닐아미노)파이렌, TBPe, FirPic, mer-Ir(pmi)₃, Ir(Fppy)₃ 등과 같은 유기 화합물 또는 유기 금속 착체를 포함할 수 있다. 선택적으로, 발광물질층(470)은 지연형광 물질을 포함할 수 있다. 하지만, 발광물질층(470)에 포함되는 도펀트가 상기 예시한 화합물로 한정되지 않는다.

- [0128] 발광물질층(470)은 10 내지 200 nm, 바람직하게는 20 내지 100 nm, 더욱 바람직하게는 30 내지 50 nm의 두께로 적층될 수 있다. 하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0129] 전자수송층(480)은 옥사디아졸계(oxadiazole-base), 트리아졸계(triazole-base), 페난트롤린계(phenanthroline-base), 벤족사졸계(benzoxazole-based), 벤조티아졸계(benzothiazole-base), 벤즈이미다졸계(benzimidazole-base), 트리아진계(triazine-base) 등의 유도체를 포함할 수 있다. 구체적으로, 전자수송층(480)은 Alq₃, PBD, 스파이로-PBD, Liq, TPBi, BAlq, Bphen, NBphen, BCP, TAZ, NTAZ, TpPyPB, TmPPyTz, PFNBr, TPQ, TPS01 및/또는 ZADN 등으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 필요한 경우, 전자수송층(480)은 전술한 화합물에 알칼리 금속 및/또는 알칼리토금속과 같은 금속이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0130] 전자주입층(490)은 제 2 전극(420)과 전자수송층(480) 사이에 위치한다. 전자주입층(490)의 소재는 LiF, CsF, NaF, BaF₂ 등의 알칼리 할라이드계 물질 및/또는 Liq(lithium quinolate), 리튬 벤조에이트(lithium benzoate), 소듐 스테아레이트(sodium stearate) 등의 유기금속계 물질이 사용될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0131] 예를 들어, 전자수송층(480) 및 전자주입층(490)은 각각 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0132] 선택적인 실시형태에서, 발광물질층(470)과 전자수송층(480) 사이에 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(475)이 위치하여 발광물질층(470)과 전자수송층(480) 사이에서 정공의 이동을 방지한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공차단층(475)은 전자수송층(480)에 사용될 수 있는 옥사디아졸계, 트리아졸계, 페난트롤린계, 벤족사졸계, 벤조티아졸계, 벤즈이미다졸계, 트리아진계 등의 유도체가 사용될 수 있다.
- [0133] 예를 들어, 정공차단층(475)은 발광물질층(470)에 사용된 소재와 비교해서 HOMO 에너지 준위가 낮은 BCP, BAlq, Alq₃, PBD, 스파이로-PBD, Liq, 비스-4,6-(3,5-디-3-피리딜페닐)-2-메틸피리미딘(bis-4,6-(3,5-di-3-pyridylphenyl)-2-methylpyrimidine; B3PYMPM), 비스[2-(디페닐포스포노)페닐]에테르옥사이드(Bis[2-(diphenylphosphino)phenyl]teeth oxide; DPEPO), 9-(6-(9H-카바졸-9-일)피리딘-3-일)-9H-3,9'-바이카바졸, TSP01 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물로 이루어질 수 있다.
- [0134] 한편, 본 발명에 따른 유기 화합물은 전술한 단층 구조를 가지는 발광다이오드 이외에도 탠덤(tandem) 구조를 가지는 발광다이오드에 적용되어 발광 효율을 향상시키거나, 저 전압에서 백색(W) 발광을 구현할 수 있다. 도 4는 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따라 탠덤 구조를 가지는 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0135] 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드(500)는 서로 마주하는 제 1 전극(510) 및 제 2 전극(520)과, 제 1 및 제 2 전극(510, 520) 사이에 위치하는 제 1 발광 유닛(하부 발광 유닛, 530)과, 제 1 발광 유닛(530)과 제 2 전극(520) 사이에 위치하는 제 2 발광 유닛(상부 발광 유닛, 630)과, 제 1 및 제 2 발광 유닛(530, 630) 사이에 위치하는 전하생성층(610)을 포함한다.
- [0136] 전술한 바와 같이, 제 1 전극(510)은 양극이며, 일함수 값이 상대적으로 큰 도전성 물질로 이루어지고, 제 2 전극(520)은 음극이며, 일함수 값이 상대적으로 작은 도전성 물질로 이루어진다. 예를 들어, 제 1 전극(510)과 제 2 전극(520)은 각각 30 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0137] 제 1 발광 유닛(530)은, 정공이동층(540)과, 제 1 발광물질층(하부 발광물질층, 570)과, 제 1 전자수송층(하부 전자수송층, 580)을 포함한다. 예를 들어, 정공이동층(540)은 제 1 정공주입층(하부 정공주입층, 550)과 제 1 정공수송층(하부 정공수송층, 560)을 포함할 수 있다.
- [0138] 제 1 정공주입층(550)은 제 1 전극(510)과 제 1 발광물질층(570) 사이에 위치한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(550)은 정공 주입 물질만으로 이루어질 수 있다. 일례로, 정공 주입 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등을 포함할 수 있다.
- [0139] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(550)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 전술한 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 이때, 정공 주입 물질은 약 0.1 내지 50 중량%의 비율로 도핑될 수 있다. 또 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(550)은 정공 주입 물질로 이루어지는 제 1 정공

주입층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 제 2 정공주입층(도시하지 않음)으로 구분될 수 있다.

- [0140] 제 1 정공수송층(560)은 제 1 정공주입층(550)과 제 1 발광물질층(570) 사이에 위치하고, 제 1 발광물질층(570)은 제 1 정공수송층(560)과 제 1 전자수송층(580) 사이에 위치하며, 제 1 전자수송층(580)은 제 1 발광물질층(570)과 전하생성층(610) 사이에 위치한다.
- [0141] 도 4에서 제 1 발광 유닛(530)을 구성하는 정공이동층(540)이 제 1 정공주입층(540)과 제 1 정공수송층(560)으로 구분되어 있다. 하지만, 정공이동층(540)은 1층으로 이루어질 수 있는데, 이 경우에는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0142] 제 2 발광 유닛(630)은 제 2 정공수송층(상부 정공수송층, 660)과, 제 2 발광물질층(상부 발광물질층, 670)과, 제 2 전자수송층(상부 전자수송층, 680)과, 전자주입층(690)을 포함한다.
- [0143] 제 2 발광물질층(670)은 제 2 정공수송층(660)과 제 2 전극(520) 사이에 위치하고, 제 2 전자수송층(680)은 제 2 발광물질층(670)과 제 2 전극(520) 사이에 위치하며, 전자주입층(690)은 제 2 전자수송층(680)과 제 2 전극(520) 사이에 위치한다.
- [0144] 제 1 발광물질층(560) 및 제 2 발광물질층(660)은 각각 호스트(host)에 도펀트(dopant)가 도핑되어 이루어질 수 있으며, 서로 다른 색을 발광한다. 제 1 및 제 2 발광물질층(560, 660)은 각각 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 황색(Y) 및/또는 황록색(YG)을 발광할 수 있다. 일례로, 제 1 발광물질층(570)은 청색(B), 적색(R), 녹색(G) 또는 황색(Yellow, Y)을 발광하고, 제 2 발광물질층(670)은 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 황록색(YG) 발광물질층 중 어느 하나일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 발광물질층(570)은 청색을 발광하고, 제 2 발광물질층(670)은 청색보다 장파장인 녹색, 황록색(yellow-green; YG) 또는 오렌지색을 발광할 수 있다. 예를 들어, 제 2 발광물질층(670)이 황록색 발광물질층을 구성하는 경우, 제 2 발광물질층(670)의 호스트 물질로서 CBP가 사용될 수 있고, Ir(2-phq)₃와 같은 도펀트를 사용할 수 있다.
- [0145] 본 발명의 제 3 실시형태에 따르면, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로만 이루어질 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 도핑되거나, 다른 정공 수송 물질에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0146] 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물과 함께, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660) 중에서 어느 하나의 호스트 또는 도펀트로 사용될 수 있는 다른 정공 수송 물질은 NPB, TCTA, TFV-TCTA, 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민, N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, 트리-p-톨릴아민, N-[1,1'-바이페닐]-4-일-9,9-디메틸-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-아민, TAPC, m-MTDATA, mCP, CBP, 1,4-비스(디페닐아미노)벤젠, 4,4'-비스(3-에틸-N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐벤지딘, TPD, DNTPD, Poly-TPD, TFB, DCDPA, N-(비페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, N-(바이페닐-4-일)-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)바이페닐-4-아민, N,N'-비스(페난트렌-9-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘, CuPc, 4-(디벤질아미노)벤즈알데하이드-N,N'-디페닐히드라존, 4-(디메틸아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존, 2,2'-디메틸-N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민, 9,9-디메틸-N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐-9H-플루오렌-2,7-디아민, N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민, 4-(디페닐아미노)벤즈알데하이드 디페닐히드라존, N,N'-디페닐-N,N'-디-p-톨릴벤젠-1,4-디아민, HAT-CN6, N,N,N',N'-테트라키스(4-메톡시페닐)벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(3-메틸페닐)-3,3'-디메틸벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(2-나프틸)벤지딘, N,N,N',N'-테트라페닐나프탈렌-2,6-디아민, 틴(IV) 2,3-나프탈로시아닌 디클로라이드, 티타닐 프탈로시아닌, TDAB, 1,3,5-트리스(2-(9-에틸카바졸-3)에틸렌)벤젠, 1,3,5-트리스[(3-메틸페닐)페닐아미노]벤젠, 4,4',4''-트리스[2-나프틸(페닐)아미노]트리페닐아민 및/또는 4,4',4''-트리스[페닐(m-톨릴)아미노]트리페닐아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0147] 선택적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660) 중에서 적어도 어느 하나는 전술한 정공 수송 물질로만 이루어지는 정공수송층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로만 이루어지거나, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 배합되어 이루어지는 별개의

정공수송층(도시하지 않음)으로 이루어질 수 있다. 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660)은 각각 동일한 물질로 이루어지거나, 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.

[0148] 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(550)과, 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660)은 각각 5 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 5 nm 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0149] 제 1 및 제 2 전자수송층(580, 680)은 각각 옥사디아졸계(oxadiazole-base), 트리아졸계(triazole-base), 페난트롤린계(phenanthroline-base), 벤조사졸계(benzoxazole-based), 벤조티아졸계(benzothiazole-base), 벤즈이미다졸계(benzimidazole-base), 트리아진계(triazine-base) 등의 유도체를 포함할 수 있다. 일례로, 제 1 및 제 2 전자수송층(580, 680)은 각각 Alq₃, PBD, 스파이로-PBD, Liq, TPBi, BA1q, Bphen, NBphen, BCP, TAZ, NTAZ, TpPyPB, TmPPyTz, PFNBr, TPQ, TPS01 및/또는 ZADN 등으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 필요한 경우, 제 1 및 제 2 전자수송층(580, 680)은 각각 전술한 화합물에 알칼리 금속 및/또는 알칼리토금속과 같은 금속이 도핑되어 이루어질 수 있다. 제 1 및 제 2 전자수송층(580, 680)은 각각 동일한 물질로 이루어지거나, 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.

[0150] 전자주입층(690)은 LiF, CsF, NaF, BaF₂ 등의 알칼리 할라이드계 물질 및/또는 Liq(lithium quinolate), 리튬 벤조에이트(lithium benzoate), 소듐 스테아레이트(sodium stearate) 등의 유기금속계 물질이 사용될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0151] 예를 들어, 제 1 및 제 2 전자수송층(580, 680) 및 전자주입층(690)은 각각 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0152] 전하생성층(610)은 제 1 발광 유닛(530)과 제 2 발광 유닛(630) 사이에 위치하며, 제 1 발광 유닛(530)에 인접하는 N타입 전하생성층(N-CGL, 710)과 제 2 발광 유닛(630)에 인접하는 P타입 전하생성층(P-CGL, 720)을 포함한다. N타입 전하생성층(710)은 제 1 발광 유닛(530)으로 전자(electron)를 주입해주고, P타입 전하생성층(720)은 제 2 발광 유닛(630)으로 정공(hole)을 주입해준다.

[0153] N타입 전하생성층(710)은 Li, Na, K, Cs와 같은 알칼리 금속 및/또는 Mg, Sr, Ba, Ra와 같은 알칼리토금속으로 도핑된 유기층일 수 있다. 예를 들어, N타입 전하생성층(710)에 사용되는 호스트 유기물은 4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; Bphen), MTDATA와 같은 물질일 수 있으며, 알칼리 금속 또는 알칼리토금속은 약 0.01 내지 30 중량%로 도핑될 수 있다.

[0154] P타입 전하생성층(720)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, P타입 전하생성층(720)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. P타입 전하생성층(720)의 도펀트로 사용될 수 있는 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. P타입 전하생성층(720)이 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물과 정공 주입 물질을 포함하는 경우, 정공 주입 물질은 약 0.1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0155] 한편, 도면에 도시하지는 않았으나, P타입 전하생성층(720)과 제 2 정공수송층(760) 사이 및/또는 N타입 전하생성층(710)과 P타입 전하생성층(720) 사이에 제 2 정공주입층(상부 정공주입층; 도시하지 않음)이 위치할 수 있다. 제 2 정공주입층을 채택하는 경우, P타입 전하생성층(720)에서 생성된 정공을 제 2 발광 유닛(630)으로 효율적으로 주입, 전달할 수 있다.

[0156] 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 화학식 1 내지 화학식 3의 유기 화합물을 포함할 수 있다. 하나의 선택적인 실시형태에서, 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질, 일례로 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등에서 적어도 하나 선택되는 어느 하나의 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 이때, 제 1 정공주입층(560)과 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 동일한 물질로 이루어지거나 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.

[0157] 전술한 바와 같이, 본 발명의 유기 화합물은 정공 주입 특성, 정공 이동 특성이 우수하고, 열 안정성이 뛰어나다. 특히 P타입 전하생성층(720)으로 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 경우에, 정공을 제 2 발광 유닛(630)으로 효율적으로 공급할 수 있다. 따라서, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물만으로 이루어지거나, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른

적절한 정공 주입 물질 및/또는 정공 수송 물질이 배합되거나 도핑되어 이루어질 수 있는 제 1 및 제 2 정공수송층(560, 660), P타입 전하생성층(720), 제 1 정공주입층(550) 및 제 2 정공주입층(도시하지 않음)이 채택된 탠덤 구조를 가지는 발광다이오드(500)는 저-전압에서 구동 가능하여 백색 발광 등에 이용될 수 있다. 본 발명에 따른 유기 화합물을 사용하여, 저 전압에서 발광다이오드(500)를 구동할 수 있으며, 발광다이오드(500)의 수명을 개선하고 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

- [0158] 도 5은 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드(800)는 서로 마주하는 제 1 전극(810) 및 제 2 전극(820)과, 제 1 및 제 2 전극(810, 820) 사이에 위치하는 제 1 발광 유닛(하부 발광 유닛, 830)과, 제 1 발광 유닛(830)과 제 2 전극(820) 사이에 위치하는 제 2 발광 유닛(상부 발광 유닛, 930)과, 제 1 및 제 2 발광 유닛(830, 930) 사이에 위치하는 전하생성층(910)을 포함한다.
- [0159] 전술한 바와 같이, 제 1 전극(810)은 양극이며, 일함수 값이 상대적으로 큰 도전성 물질로 이루어지고, 제 2 전극(820)은 음극이며, 일함수 값이 상대적으로 작은 도전성 물질로 이루어진다. 예를 들어, 제 1 전극(810)과 제 2 전극(820)은 각각 30 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0160] 제 1 발광 유닛(830)은, 정공이동층(840)과, 제 1 전자차단층(하부 전자차단층, 865)과, 제 1 발광물질층(하부 발광물질층, 860)과, 제 1 전자수송층(하부 전자수송층, 880)을 포함한다. 선택적으로, 제 1 발광 유닛(830)은 제 1 정공차단층(하부 정공차단층, 875)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0161] 정공이동층(840)은 제 1 정공주입층(850)과, 제 1 정공수송층(하부 정공수송층, 860)을 포함할 수 있다. 제 1 정공주입층(850)은 제 1 전극(810)과 제 1 발광물질층(870) 사이에 위치하며, 제 1 정공수송층(860)은 제 1 정공주입층(850)과 제 1 발광물질층(870) 사이에 위치하고, 제 1 전자차단층(865)은 제 1 정공수송층(860)과 제 1 발광물질층(870) 사이에 위치한다. 즉, 제 1 전극(810)과 제 1 발광물질층(870) 사이에 정공이동층(840)과 독립적으로 전자의 이동을 방지하는 제 1 전자차단층(865)이 위치할 수 있다.
- [0162] 또한, 제 1 발광물질층(870)은 제 1 전자차단층(865)과 제 1 전자수송층(880) 사이에 위치하며, 제 1 전자수송층(880)은 제 1 발광물질층(870)과 전하생성층(910) 사이에 위치한다. 또한, 제 1 정공차단층(875)은 제 1 발광물질층(870)과 제 1 전자수송층(880) 사이에 위치할 수 있다.
- [0163] 도 4에서 제 1 발광 유닛(830)을 구성하는 정공이동층(840)이 제 1 정공주입층(840)과 제 1 정공수송층(850)으로 구분되어 있다. 하지만, 정공이동층(840)은 1층으로 이루어질 수 있는데, 이 경우에는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0164] 제 2 발광 유닛(930)은 제 2 정공수송층(상부 정공수송층, 960)과, 제 2 전자차단층(상부 전자차단층, 965)과, 제 2 발광물질층(상부 발광물질층, 970)과, 제 2 전자수송층(상부 전자수송층, 980)과, 전자주입층(990)을 포함한다. 선택적으로, 제 2 발광 유닛(930)은 제 2 정공차단층(상부 정공차단층, 975)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0165] 제 2 정공수송층(960)은 전하생성층(910)과 제 2 발광물질층(870) 사이에 위치하고, 제 2 전자차단층(965)은 제 2 정공수송층(960)과 제 2 발광물질층(970) 사이에 위치한다. 즉, 전하생성층(910)과 제 2 발광물질층(970) 사이에 제 2 정공수송층(960)과 독립적으로 전자의 이동을 방지하는 제 2 전자차단층(965)이 위치할 수 있다.
- [0166] 제 2 전자수송층(980)은 제 2 발광물질층(970)과 제 2 전극(820) 사이에 위치하고, 전자주입층(990)은 제 2 전자수송층(980)과 제 2 전극(820) 사이에 위치한다. 또한, 제 2 정공차단층(975)은 제 2 발광물질층(970)과 제 2 전자수송층(980) 사이에 위치하여, 정공의 이동을 방지한다. P타입 전하생성층(1020)과 제 2 정공수송층(860) 사이 및/또는 N타입 전하생성층(1010)과 P타입 전하생성층(1020) 사이에 제 2 정공주입층(도시하지 않음)이 위치할 수 있다.
- [0167] 제 1 발광물질층(870) 및 제 2 발광물질층(970)은 각각 호스트(host)에 도펀트(dopant)가 도핑되어 이루어질 수 있으며, 서로 다른 색을 발광한다. 일례로, 제 1 발광물질층(870)은 청색(B), 적색(R), 녹색(G) 또는 황색(Yellow, Y)을 발광하고, 제 2 발광물질층(970)은 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 황록색(YG) 발광물질층 중 어느 하나일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 발광물질층(870)은 청색을 발광하고, 제 2 발광물질층(970)은 청색보다 장파장인 녹색, 황록색(yellow-green; YG) 또는 오렌지색을 발광할 수 있다. 예를 들어, 제 2 발광물질층(970)이 황록색 발광물질층을 구성하는 경우, 제 2 발광물질층(970)의 호스트 물질로서 CBP가 사용될 수 있고, Ir(2-phq)₃와 같은 도펀트를 사용할 수 있다.
- [0168] 제 1 정공주입층(850) 및 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 각각 정공 주입 물질만으로 이루어질 수 있다. 일

례로, 정공 주입 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등을 포함할 수 있다.

- [0169] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(850) 및 제 2 정공주입층(도시하지 않음) 중에서 적어도 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 전술한 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. 이때, 정공 주입 물질은 약 0.1 내지 50 중량%의 비율로 도핑될 수 있다. 또 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공주입층(850) 및 제 2 정공주입층(도시하지 않음) 중에서 적어도 하나는 정공 주입 물질로 이루어지는 정공주입층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 별개의 정공주입층(도시하지 않음)으로 구분될 수 있다. 제 1 정공주입층(850) 및 제 2 정공주입층(도시하지 않음)은 동일한 물질로 이루어지거나 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.
- [0170] 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물만 이루어질 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 도핑되거나, 다른 정공 수송 물질에 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물이 도핑되어 이루어질 수 있다.
- [0171] 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물과 함께, 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960) 중에서 어느 하나의 호스트 또는 도펀트로 사용될 수 있는 다른 정공 수송 물질은 전술한 실시형태 1 내지 3과 동일할 수 있다.
- [0172] 선택적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960) 중에서 적어도 어느 하나는 각각 전술한 정공 수송 물질로만 이루어지는 정공수송층(도시하지 않음)과, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물만 이루어지거나, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 정공 수송 물질이 배합되어 이루어지는 별개의 정공수송층(도시하지 않음)으로 이루어질 수 있다. 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960)은 각각 동일한 물질로 이루어지거나, 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.
- [0173] 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 전자차단층(865, 965) 중에서 적어도 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물로 이루어질 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 전자차단층(865, 965) 중에서 적어도 어느 하나는 다른 전자 차단 물질을 포함할 수 있다. 다른 전자 차단 물질은 TCTA, 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민, N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민, TAPC, MTDATA, mCP, mCBP, CuPC, DNTPD, TDAPB, DCDPA 및/또는 2,8-비스(9-페닐-9H-카바졸-3-일)디벤조[b,d]티오펜 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 제 1 및 제 2 전자차단층(865, 965)은 동일한 물질로 이루어지거나, 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.
- [0174] 제 1 및 제 2 전자수송층(880, 980)은 각각 옥사디아졸계(oxadiazole-base), 트리아졸계(triazole-base), 페난트롤린계(phenanthroline-base), 벤조사졸계(benzoxazole-based), 벤조티아졸계(benzothiazole-base), 벤즈이미다졸계(benzimidazole-base), 트리아진계(triazine-base) 등의 유도체를 포함할 수 있다. 일례로, 제 1 및 제 2 전자수송층(880, 980)은 각각 Alq₃, PBD, 스파이로-PBD, Liq, TPBi, BA1q, Bphen, NBphen, BCP, TAZ, NTAZ, TpPyPB, TmPPPyTz, PFNBr, TPQ, TPSO1 및/또는 ZADN 등으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 필요한 경우, 제 1 및 제 2 전자수송층(880, 980)은 각각 전술한 화합물에 알칼리 금속 및/또는 알칼리토금속과 같은 금속이 도핑되어 이루어질 수 있다. 제 1 및 제 2 전자수송층(880, 980)은 각각 동일한 물질로 이루어지거나, 서로 다른 물질로 이루어질 수 있다.
- [0175] 전자주입층(990)은 LiF, CsF, NaF, BaF₂ 등의 알칼리 할라이드계 물질 및/또는 Liq(lithium quinolate), 리튬 벤조에이트(lithium benzoate), 소듐 스테아레이트(sodium stearate) 등의 유기금속계 물질이 사용될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0176] 전하생성층(910)은 제 1 발광 유닛(830)과 제 2 발광 유닛(930) 사이에 위치하며, 제 1 발광 유닛(830)에 인접하는 N타입 전하생성층(1010)과 제 2 발광 유닛(930)에 인접하는 P타입 전하생성층(1020)을 포함한다. N타입 전하생성층(1010)은 제 1 발광 유닛(830)으로 전자(electron)를 주입해주고, P타입 전하생성층(1020)은 제 2 발광 유닛(930)으로 정공(hole)을 주입해준다.
- [0177] N타입 전하생성층(1010)은 Li, Na, K, Cs와 같은 알칼리 금속 또는 Mg, Sr, Ba, Ra와 같은 알칼리토 금속으로

도핑된 유기층일 수 있다. N타입 전하생성층(1010)에 사용되는 호스트 유기물은 Bphen, MTDATA와 같은 물질일 수 있으며, 알칼리 금속 또는 알칼리토 금속은 약 0.01 내지 30 중량%로 도핑될 수 있다.

[0178] P타입 전하생성층(1020)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, P타입 전하생성층(1020)은 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어질 수 있다. P타입 전하생성층(1020)의 도펀트로 사용될 수 있는 물질은 MTDATA, NATA, 1T-NATA, 2T-NATA, CuPc, TCTA, NPD(NPB), HAT-CN, TDAPB, PEDOT/PSS, F4TCNQ 및/또는 N-(바이페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-(4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐)-9H-플루오렌-2-아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. P타입 전하생성층(1020)이 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물과 정공 주입 물질을 포함하는 경우, 정공 주입 물질은 약 0.1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

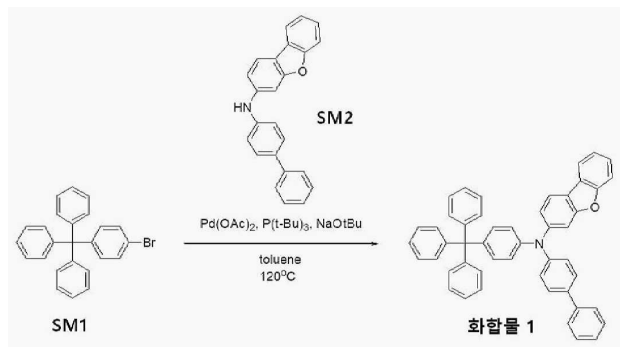
[0179] 전술한 바와 같이, 본 발명의 유기 화합물은 정공 주입 특성, 정공 이동 특성이 우수하고, 열 안정성이 뛰어나다. 특히, P타입 전하생성층(1020)이 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 정공 주입 물질이 도핑되어 이루어지는 경우에, 정공을 제 2 발광 유닛(930)으로 효율적으로 공급할 수 있다. 따라서 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 단독으로 사용하거나, 화학식 1 내지 화학식 2로 표시되는 유기 화합물에 다른 적절한 정공 주입 물질 및/또는 정공 수송 물질이 배합되거나 도핑되어 이루어질 수 있는 제 1 및 제 2 정공수송층(860, 960), P타입 전하생성층(1020), 제 1 정공주입층(850), 제 2 정공주입층(도시하지 않음) 및/또는 전자차단층(865, 965)이 채택된 탠덤 구조의 발광다이오드(800)는 저-전압에서 구동 가능한 백색 발광에 이용될 수 있다. 본 발명에 따른 유기 화합물을 사용하여, 저 전압에서 발광다이오드(800)를 구동할 수 있으며, 발광다이오드(800)의 수명을 개선하고 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0180] 또한, 도 4 내지 도 5에서 P타입 전하생성층이 화학식 1 내지 화학식 2의 유기 화합물을 포함하는 것으로 설명하였으나, 도 1 내지 도 2에서와 같이 정공주입층, 정공수송층 및/또는 전자차단층이 화학식 1 내지 화학식 2의 유기 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 도 4 내지 도 5에서 제 1 및 제 2 발광 유닛이 적층되고 그 사이에 전하생성층이 위치하는 것으로 설명하였으나, 추가적인 발광 유닛과 발광 유닛들 사이에 위치하는 전하생성층을 더 포함할 수 있다.

[0181] 이하, 예시적인 실시형태를 통하여 본 발명을 설명하지만, 본 발명이 하기 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되지 않는다.

[0182] 합성예 1: 화합물 1의 합성

[0183] [반응식 1]

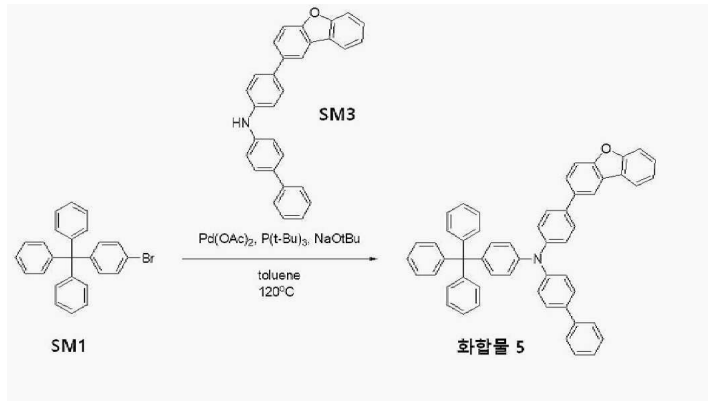


[0184]

[0185] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM2 (6.7 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (Palladium(II) acetate, 0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (Tri-tert-butylphosphine, 0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (sodium tert-butoxide, 7.7 g, 80 mmol)을 톨루엔 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 1 (12.0 g, 수율: 92 %)을 얻었다.

[0186] 합성예 2: 화합물 5의 합성

[0187] [반응식 2]

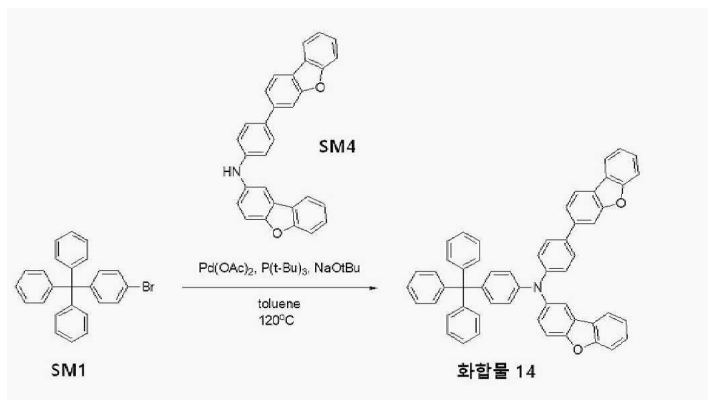


[0188]

[0189] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM3 (8.2 g, 20 mmol), Pd(OAc)² (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마그네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 5 (13.1 g, 수율: 90 %)을 얻었다.

[0190] 합성예 3: 화합물 14의 합성

[0191] [반응식 3]



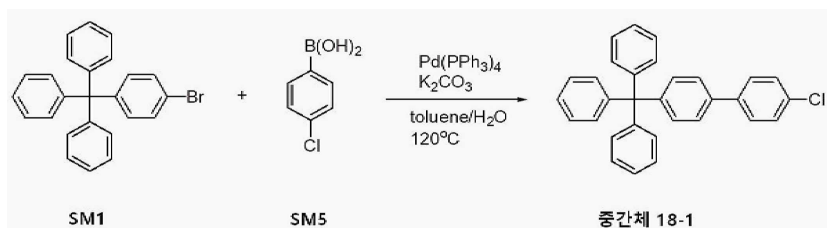
[0192]

[0193] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM4 (8.5 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene) 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마그네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 14 (12.9 g, 수율: 87 %)을 얻었다.

[0194] 합성예 4: 화합물 18의 합성

[0195] (1) 중간체 18-1 합성

[0196] [반응식 4-1]

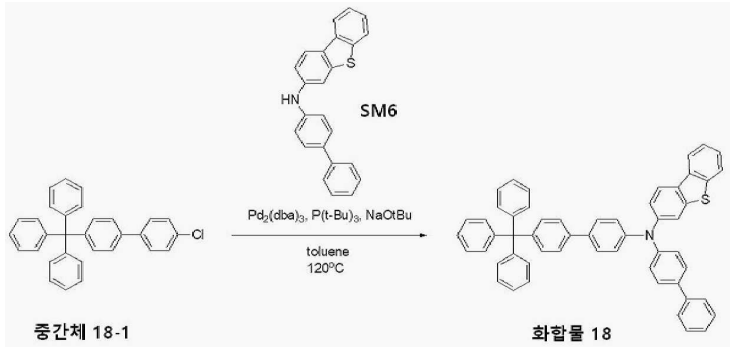


[0197]

[0198] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM5 (3.1 g, 20 mmol), Pd(PPh₃)₄ (Tetrakis(triphenylphosphine)palladium(0), 1.2 g, 1 mmol), K₂CO₃ (8.3 g, 60 mmol)을 toluene 200 mL와 물 50 mL 혼합용매에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 18-1 (7.3 g, 수율: 85 %)을 얻었다.

[0199] (2) 화합물 18 합성

[0200] [반응식 4-2]

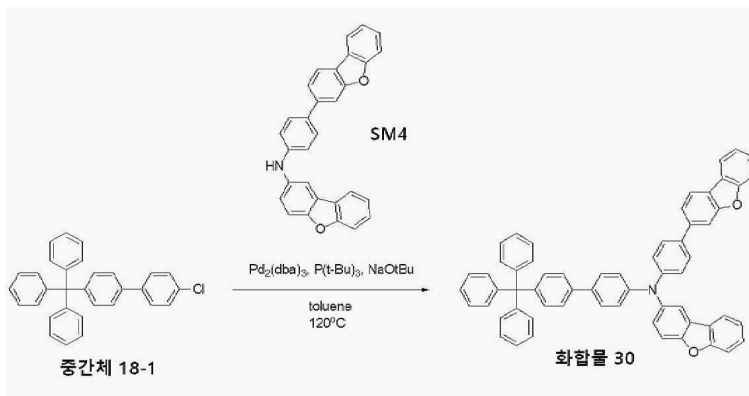


[0201]

[0202] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 18-1 (8.62 g, 20 mmol), SM6 (7.0 g, 20 mmol), Pd₂(dba)₃ (Tris(dibenzylideneacetone)dipalladium(0), 1.83 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 18 (11.9 g, 수율: 80 %)을 얻었다.

[0203] 합성예 5: 화합물 30의 합성

[0204] [반응식 5]



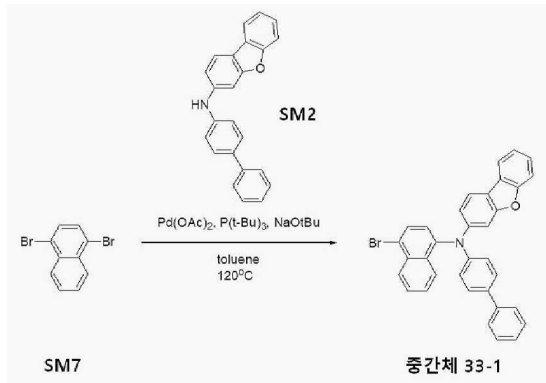
[0205]

[0206] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 18-1 (8.62 g, 20 mmol), SM4 (8.51 g, 20 mmol), Pd₂(dba)₃ (1.83 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 30 (13.6 g, 수율: 83 %)을 얻었다.

[0207] 합성예 6: 화합물 33의 합성

[0208] (1) 중간체 33-1 합성

[0209] [반응식 6-1]

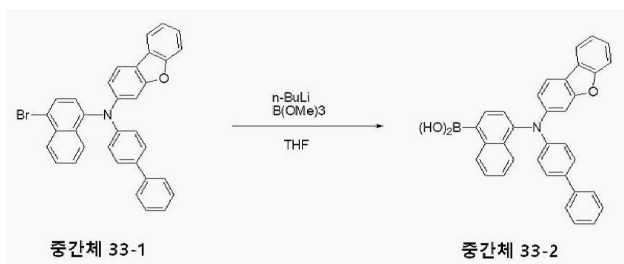


[0210]

[0211] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM7 (5.7 g, 20 mmol), SM2 (6.7 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 33-1 (8.1 g, 수율: 75 %)을 얻었다.

[0212] (2) 중간체 33-2 합성

[0213] [반응식 6-2]

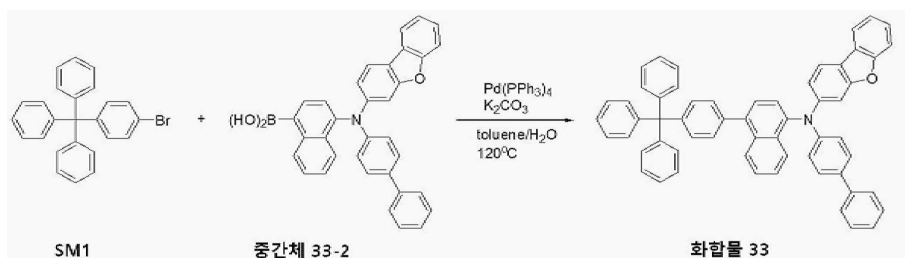


[0214]

[0215] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 33-1 (10.8 g, 20 mmol) 을 THF 200 mL에 녹인 후 온도를 -78°C로 낮춘다. n-BuLi (2.5 M, 8 mL) 을 적가하고 30분 동안 교반한 후, B(OMe)₃ (3.1 g, 30 mmol)를 추가하고 온도를 상온으로 올려서 3시간 동안 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 33-2 (8.6 g, 수율: 85 %)을 얻었다.

[0216] (3) 화합물 33 합성

[0217] [반응식 6-3]



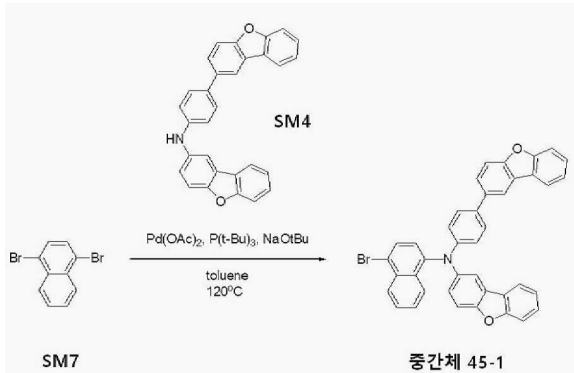
[0218]

[0219] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), 중간체 33-2 (10.1 g, 20 mmol), Pd(PPh₃)₄ (1.2 g, 1 mmol), K₂CO₃ (8.3 g, 60 mmol)을 toluene) 200 mL 와 물 50 mL 혼합용매에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 33 (13.7 g, 수율: 88 %)을 얻었다.

[0220] 합성예 7: 화합물 45의 합성

[0221] (1) 중간체 45-1 합성

[0222] [반응식 7-1]

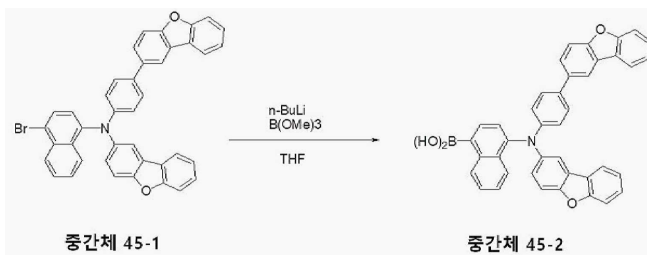


[0223]

[0224] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM7 (5.7 g, 20 mmol), SM4 (8.5 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 45-1 (9.8 g, 수율: 78 %)을 얻었다.

[0225] (2) 중간체 45-2 합성

[0226] [반응식 7-2]

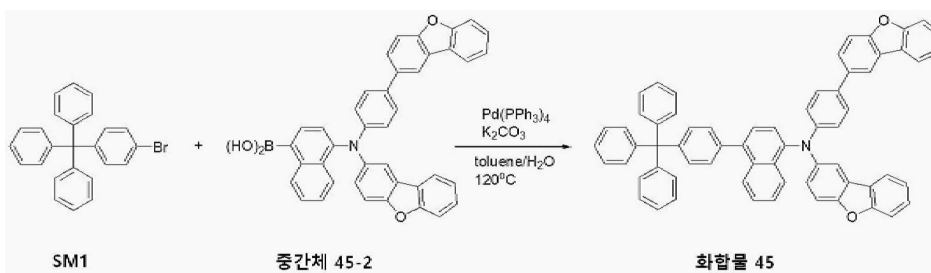


[0227]

[0228] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 45-1 (12.6 g, 20 mmol) 을 THF 200 mL에 녹인 후 온도를 -78°C로 낮춘다. n-BuLi (2.5 M, 8 mL) 을 적가하고 30분 동안 교반한 후 B(OMe)₃ (3.1 g, 30 mmol)를 추가 하고 온도를 상온으로 올려서 3시간 동안 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제 하여 중간체 45-2 (10.8 g, 수율: 91 %)을 얻었다.

[0229] (3) 화합물 45 합성

[0230] [반응식 7-3]



[0231]

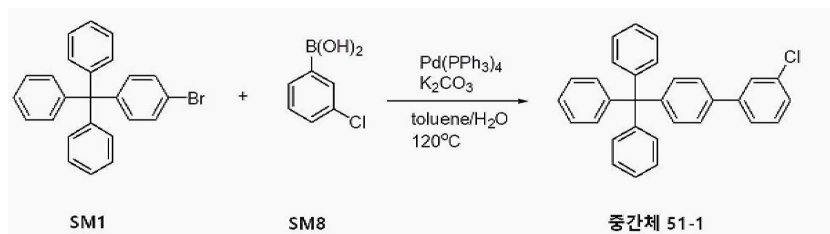
[0232] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), 중간체 45-2 (11.9 g, 20 mmol), Pd(PPh₃)₄ (1.2 g, 1 mmol), K₂CO₃ (8.3 g, 60 mmol)을 toluene 200 mL 와 물 50 mL 혼합용매에 녹인 후 12시간

동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 45 (15.3 g, 수율: 88 %)을 얻었다.

[0233] 합성예 8: 화합물 51의 합성

[0234] (1) 중간체 51-1 합성

[0235] [반응식 8-1]

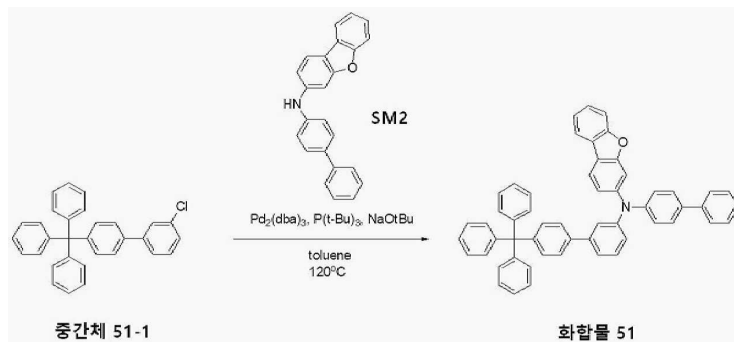


[0236]

[0237] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM8 (3.1 g, 20 mmol), Pd(PPh₃)₄ (1.2 g, 1 mmol), K₂CO₃ (8.3 g, 60 mmol)을 toluene 200 mL 와 물 50 mL 혼합용매에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 51-1 (7.0 g, 수율: 81 %)을 얻었다.

[0238] (2) 화합물 51 합성

[0239] [반응식 8-2]

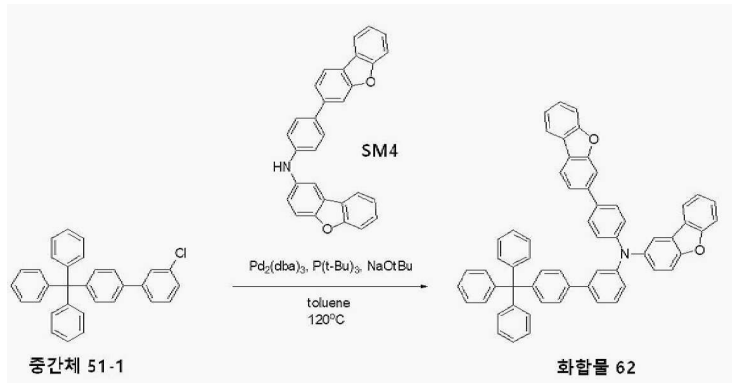


[0240]

[0241] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 51-1 (8.62 g, 20 mmol), SM2 (6.7 g, 20 mmol), Pd₂(dba)₃ (1.83 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 51 (13.1 g, 수율: 90 %)을 얻었다.

[0242] 합성예 9: 화합물 62의 합성

[0243] [반응식 9]

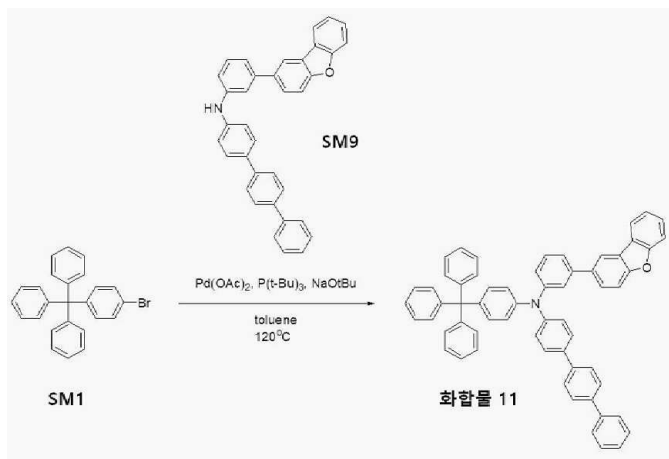


[0244]

[0245] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 51-1 (8.62 g, 20 mmol), SM4 (8.51 g, 20 mmol), Pd₂(dba)₃ (1.83 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 62 (15.3 g, 수율: 93 %)을 얻었다.

[0246] 합성예 10: 화합물 11의 합성

[0247] [반응식 10]

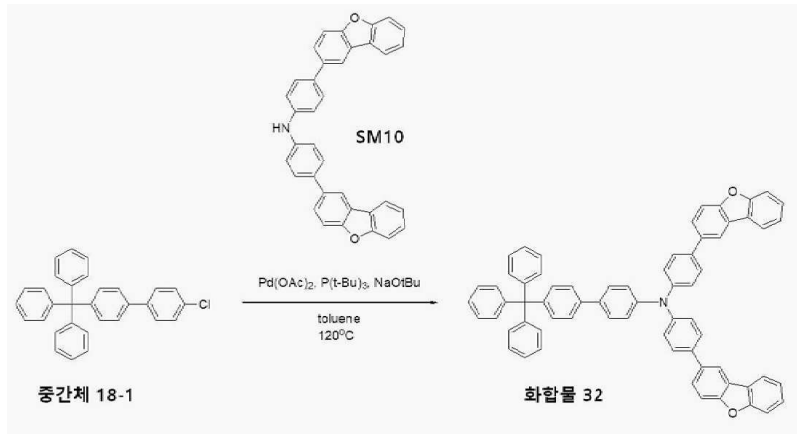


[0248]

[0249] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), SM9 (9.8 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 11 (12.9 g, 수율: 80 %)을 얻었다.

[0250] 합성예 11: 화합물 32의 합성

[0251] [반응식 11]



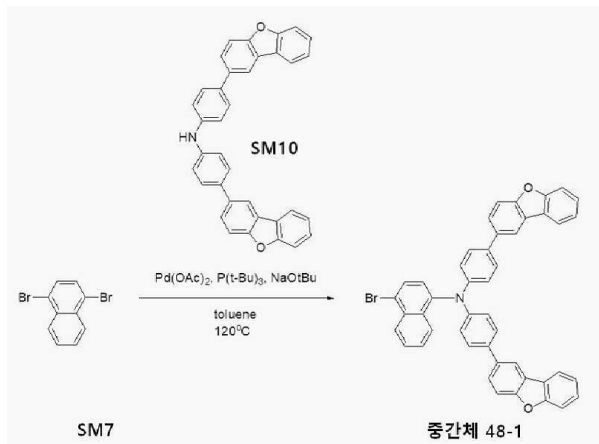
[0252]

[0253] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 18-1 (8.62 g, 20 mmol), SM10 (10.0 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 32 (12.5 g, 수율: 70 %)을 얻었다.

[0254] 합성예 12: 화합물 48의 합성

[0255] (1) 중간체 48-1 합성

[0256] [반응식 12-1]

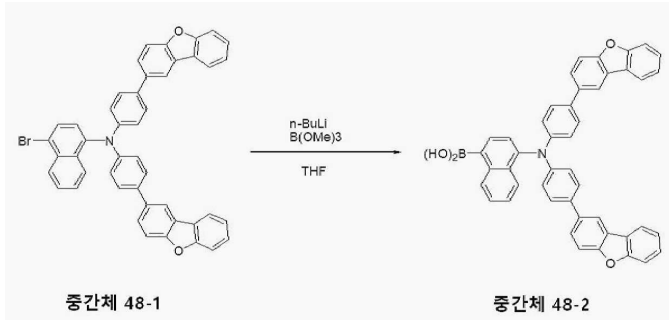


[0257]

[0258] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM7 (5.7 g, 20 mmol), SM10 (10.0 g, 20 mmol), Pd(OAc)₂ (0.45 g, 2 mmol), P(t-Bu)₃ (0.81 g, 4 mmol), NaOtBu (7.7 g, 80 mmol)을 toluene 200 mL에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 48-1 (9.5 g, 수율: 68 %)을 얻었다.

[0259] (2) 중간체 48-2 합성

[0260] [반응식 12-2]

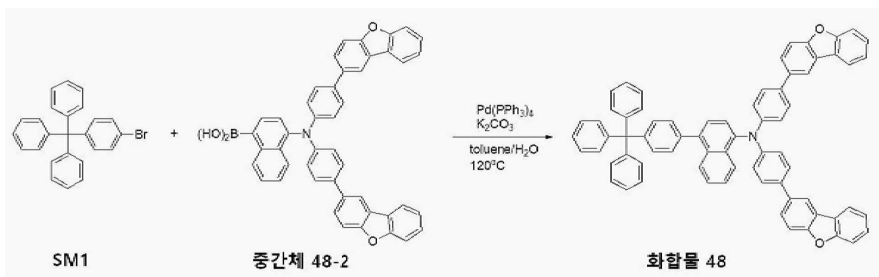


[0261]

[0262] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 중간체 48-1 (14.1 g, 20 mmol) 을 THF 200 mL에 녹인 후 온도를 -78°C 로 낮춘다. n-BuLi (2.5 M, 8 mL) 을 적가하고 30분 동안 교반한 후 $\text{B}(\text{OMe})_3$ (3.1 g, 30 mmol)를 추가하고 온도를 상온으로 올려서 3시간 동안 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 중간체 48-2 (10.7 g, 수율: 80 %)을 얻었다.

[0263] (3) 화합물 48 합성

[0264] [반응식 12-3]



[0265]

[0266] 질소 분위기에서 500 mL 둥근 바닥 플라스크에 화합물 SM1 (8.0 g, 20 mmol), 중간체 48-2 (13.4 g, 20 mmol), $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (1.2 g, 1 mmol), K_2CO_3 (8.3 g, 60 mmol)을 toluene 200 mL 와 물 50 mL 혼합용매에 녹인 후 12시간 동안 가열 환류 교반하였다. 유기층을 클로로포름으로 추출하고 물로 세척하였다. 무수황산마크네슘으로 수분을 제거하고 필터로 거른 후, 유기용매를 감압 하에서 증류, 제거하고, 컬럼으로 정제하여 화합물 48 (15.1 g, 수율: 80 %)을 얻었다.

[0267] 실험예 1: 유기 화합물의 물성 평가

[0268] 합성예 6, 합성예 11 및 합성예 12에서 각각 합성된 화합물 33, 화합물 32, 화합물 48에 대한 HOMO 에너지 준위, LUMO 에너지 준위, 여기 상태 단일항 에너지 준위(S_1) 및 여기 상태 삼중항 에너지 준위(T_1)를 각각 모의 실험을 통하여 측정하였다. 평가 결과를 하기 표 1에 나타낸다.

표 1

유기 화합물의 물성

[0269]

화합물	HOMO* (eV)	LUMO* (eV)	S_1 (eV)	T_1^* (eV)
33	-4.91	-1.28	3.05	2.42
32	-4.90	-1.29	3.04	2.42
48	-4.87	-0.98	3.19	2.76

* HOMO: Film (100 nm/ITO) by AC3;
 * LUMO: 필름 흡착 에지(edge)에서 산출;
 * T_1 : Gaussian ED-DFT(time-dependent density functional theory)에 의해 연산된 값, solution(toluene) by FP-8600;

[0270] 표 1에 나타난 바와 같이, 합성예에서 합성된 화합물의 HOMO 에너지 준위, LUMO 에너지 준위 및 에너지 밴드갭은 정공수송층이나 전자차단층과 같은 전하제어층에 사용하기에 적합하였다. 따라서 이들 화합물을 정공수송층이나 전자차단층과 같은 전하제어층에 사용하여, 저-전압 구동이 가능하며, 발광 효율 및 발광 수명이 향상된 발광 소자를 구현할 수 있을 것으로 예측되었다.

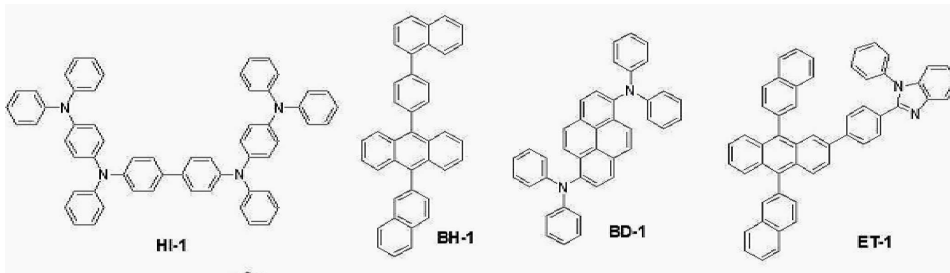
[0271] 실시예 1: 발광다이오드 제조

[0272] 합성예 1에서 합성한 화합물 1을 정공수송층에 도입한 발광다이오드를 다음과 같은 방법으로 제조하였다. ITO가 1000 Å 두께로 박막 코팅된 유리 기판을 세척하고, 이소프로필알코올, 아세톤, 메탄올 등의 용제로 초음파 세척을 하고 건조시킨다. 기판 세정 후 진공상태에서 2분 동안 O₂ 플라즈마 처리하고 상부에 다른 층들을 증착하기 위하여 증착 챔버로 이송하였다. 약 10⁻⁷ Torr 진공 하에 가열 보트로부터 증발에 의해 다음과 같은 순서로 유기물층을 증착하였다. 이때, 유기물의 증착 속도는 1 Å/s로 설정하였다.

[0273] 정공주입층(HI-1, 두께 60 nm), 정공수송층(화합물 1, 두께 80 nm), 발광물질층(호스트인 BH-1(9-(2-Naphthyl)-10-[3-(2-naphthyl)phenyl]anthracene)에 청색 도펀트인 BD-1(3,8-bis(diphenylamino)pyrene)을 5% 도핑, 두께 30 nm), 전자수송층-전자주입층(ET-1(2-[4-(9,10-Di-2-naphthalenyl-2-anthracenyl)phenyl]-1-phenyl-1H-benzimidazole: Liq (1:1), 두께: 30 nm), 음극(A1, 두께 100 nm).

[0274] CPL(capping layer)을 성막한 뒤에 유리로 인캡슐레이션 하였다. 이러한 층들의 증착 후 피막 형성을 위해 증착 챔버에서 건조 박스 내로 옮기고 후속적으로 UV 경화 에폭시 및 수분 게터(getter)를 사용하여 인캡슐레이션 하였다.

[0275] 발광다이오드를 제조하기 위하여 사용된 화합물의 구조를 아래에 나타낸다.



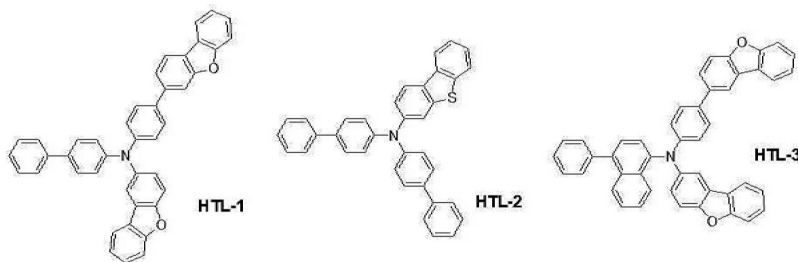
[0276]

[0277] 실시예 2 내지 9: 발광다이오드 제조

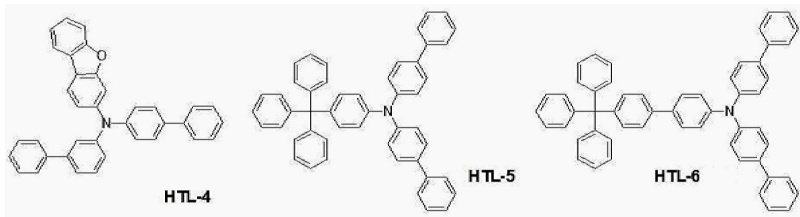
[0278] 정공수송층의 재료로서 화합물 1을 대신하여, 합성예 2에서 합성한 화합물 5(실시예 2), 합성예 3에서 합성한 화합물 14(실시예 3), 합성예 4에서 합성한 화합물 18(실시예 4), 합성예 5에서 합성한 화합물 30(실시예 5), 합성예 6에서 합성한 화합물 33(실시예 6), 합성예 7에서 합성한 화합물 45(실시예 7), 합성예 8에서 합성한 화합물 51(실시예 8), 합성예 9에서 합성한 화합물 62(실시예 9)를 각각 사용한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0279] 비교예 1 내지 7: 발광다이오드 제조

[0280] 정공수송층의 재료로서 화합물 1을 대신하여, NPB(비교예 1) 및 아래에 나타난 HTL-1(비교예 2), HTL-2(비교예 3), HTL-3(비교예 4), HTL-4(비교예 5), HTL-5(비교예 6), HTL-6(비교예 7)을 각각 사용한 것을 제외하고, 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.



[0281]



[0282]

[0283]

실험예 2: 발광다이오드의 광학적 특성 평가

[0284]

실시예 1 내지 실시예 9와, 비교예 1 내지 비교예 6에서 각각 제조한 발광 발광다이오드의 광학적 특성을 측정하였다. 9 mm²의 방출 영역을 갖는 각각의 발광다이오드를 외부전력 공급원에 연결하였으며, 전류 공급원(KEITHLEY) 및 광도계(PR 650)를 사용하여 실온에서 소자 특성을 평가하였다. 각각의 발광다이오드에 대하여 10 mA/cm²의 전류밀도에서 측정된 구동 전압(V), 전류효율(cd/A), CIE 색 좌표 및 3000 nit에서 밝기가 95%로 감소될 때까지의 시간(T₉₅)를 측정하였다. 측정 결과를 하기 표 2에 나타낸다.

표 2

발광다이오드의 광학 특성

[0285]

소자	V	cd/A	CIE(x)	CIE(y)	T ₉₅
비교예 1	4.64	100%	0.141	0.110	100%
비교예 2	4.43	108%	0.141	0.112	104%
비교예 3	4.51	107%	0.140	0.110	108%
비교예 4	4.39	110%	0.139	0.111	109%
비교예 5	4.48	108%	0.140	0.110	105%
비교예 6	4.50	109%	0.140	0.112	103%
비교예 7	4.42	107%	0.141	0.110	105%
실시예 1	4.25	119%	0.141	0.112	107%
실시예 2	4.21	117%	0.140	0.113	110%
실시예 3	4.17	124%	0.139	0.110	128%
실시예 4	4.19	122%	0.140	0.109	135%
실시예 5	4.11	129%	0.140	0.110	124%
실시예 6	4.16	126%	0.141	0.111	121%
실시예 7	4.05	119%	0.141	0.111	127%
실시예 8	4.14	124%	0.140	0.110	111%
실시예 9	4.09	135%	0.141	0.111	114%

[0286]

표 2에 나타난 바와 같이, 정공수송층에 NPB를 적용한 비교예의 발광다이오드와 비교해서, 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공수송층에 도입한 발광다이오드의 구동 전압은 최대 12.7% 감소하였고, 전류효율 및 소자 수명(T₉₅)은 각각 최대 29% 및 35% 향상되었다. 본 발명의 유기 화합물을 정공이동층에 도입하여 발광다이오드의 구동 전압을 낮추고, 발광 효율이 향상되며, 발광 수명을 개선할 수 있다는 것을 확인하였다.

[0287]

실시예 10: 발광다이오드 제조

[0288]

합성예 10에서 합성한 화합물 11을 전자차단층에 도입한 발광다이오드를 제조하였다. 정공수송층의 재료로서 화합물 1을 대신하여 NPB를 사용하고, 정공수송층과 발광물질층 사이에 전자차단층(화합물 11, 두께 10 nm)을 열 증착한 것을 제외하고, 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0289]

실시예 11 내지 12: 발광다이오드 제조

[0290]

전자차단층의 재료로서 화합물 11을 대신하여, 합성예 11에서 합성한 화합물 32(실시예 11), 합성예 12에서 합성한 화합물 48(실시예 12)을 각각 사용한 것을 제외하고 실시예 10의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0291]

비교예 7: 발광다이오드 제조

[0292]

전자차단층의 재료로서 화합물 11을 대신하여, TCTA를 사용한 것을 제외하고 실시예 10의 절차를 반복하여 발광

다이오드를 제조하였다.

[0293] 실험예 3: 발광다이오드의 광학적 특성 평가

[0294] 실시예 10 내지 실시예 12와, 비교예 7에서 각각 제조한 발광 발광다이오드의 광학적 특성을 실험예 2와 동일한 절차에 따라 측정하였다. 측정 결과를 하기 표 3에 나타낸다.

표 3

발광다이오드의 광학 특성

소자	V	cd/A	CIE(x)	CIE(y)	T ₉₅
비교예 7	4.64	100%	0.141	0.110	100%
실시예 10	4.09	107%	0.140	0.111	118%
실시예 11	4.17	110%	0.140	0.110	124%
실시예 12	4.22	119%	0.141	0.110	127%

[0296] 표 3에 나타낸 바와 같이, 전자차단층에 TCTA를 적용한 비교예의 발광다이오드와 비교해서, 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공수송층에 도입한 발광다이오드의 구동 전압은 최대 11.9% 감소하였고, 전류효율 및 소자 수명(T₉₅)은 각각 최대 19% 및 27% 향상되었다. 본 발명의 유기 화합물을 전자차단층에 도입하여 발광다이오드의 구동 전압을 낮추고, 발광 효율이 향상되며, 발광 수명을 개선할 수 있다는 것을 확인하였다.

[0297] 실험예 2 및 실험예 3의 결과를 종합하면, 본 발명의 유기 화합물을 정공이동층 및/또는 전자차단층에 도입한 발광다이오드를 이용하여, 소비 전력을 낮추고, 발광 효율 및 발광 수명이 향상된 발광다이오드 표시장치 및/또는 조명 장치와 같은 발광장치 등을 구현할 수 있다.

[0298] 상기에서는 본 발명의 예시적인 실시형태 및 실시예에 기초하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명이 상기 실시형태 및 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되는 것은 아니다. 오히려 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 전술한 실시형태 및 실시예를 토대로 다양한 변형과 변경을 용이하게 추고할 수 있다. 하지만, 이러한 변형과 변경은 모두 본 발명의 권리범위에 속한다는 점은, 첨부하는 청구범위에서 분명하다.

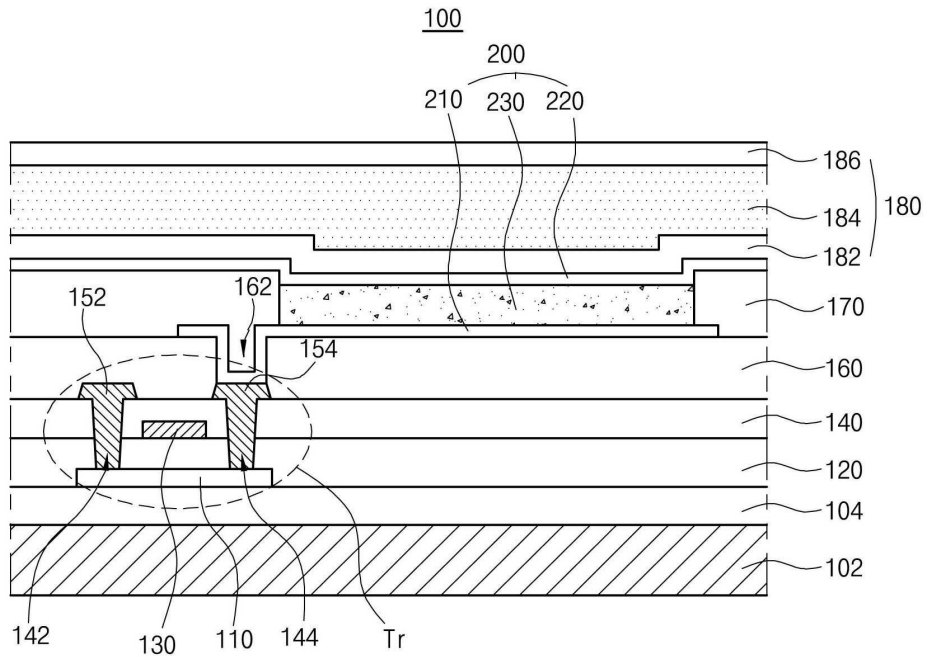
부호의 설명

- [0299] 100: 발광다이오드 표시장치
- 200, 300, 400, 500, 800: 발광다이오드
- 210, 310, 410, 510, 810: 제 1 전극
- 220, 320, 420, 520, 820: 제 2 전극
- 230, 330, 430, 530, 630, 830, 930: 발광 유닛
- 340, 440, 540, 640, 840, 940: 정공이동층
- 350, 450, 550, 850: 정공주입층
- 360, 460, 560, 660, 860, 960: 정공수송층
- 370, 470, 570, 670, 870, 970: 발광물질층
- 380, 480, 580, 680, 880, 980: 전자수송층
- 390, 490, 690, 990: 전자주입층
- 465, 865, 965: 전자차단층
- 475, 875, 975: 정공차단층
- 610, 910: 전하생성층
- 710, 1010: N타입 전하생성층

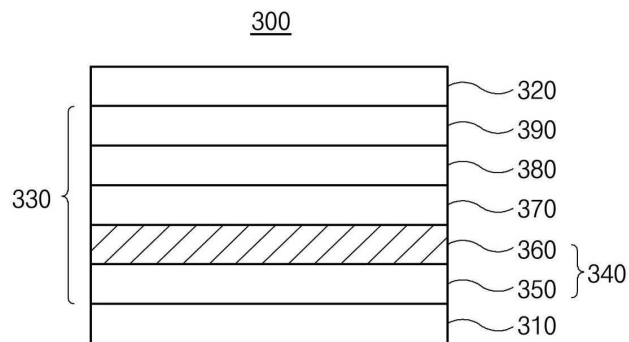
720, 1020: P타입 전하생성층

도면

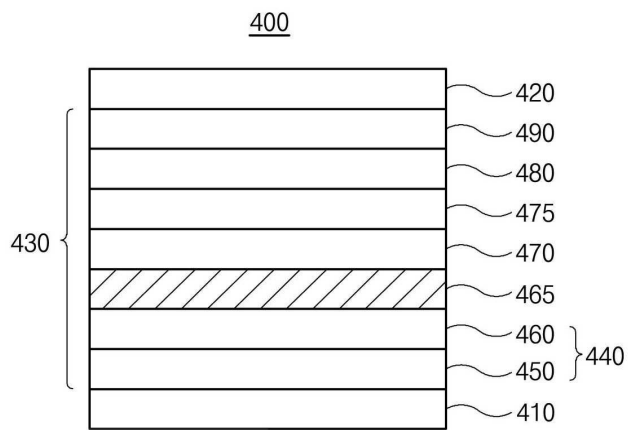
도면1



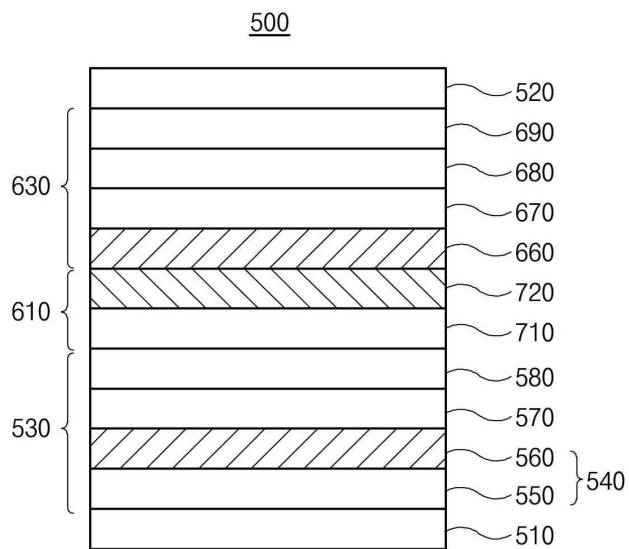
도면2



도면3



도면4



도면5

