



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월25일
(11) 등록번호 10-2678514
(24) 등록일자 2024년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 487/14 (2006.01) H10K 50/00 (2023.01)
H10K 99/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
C07D 487/14 (2013.01)
H10K 50/00 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2018-0155054
(22) 출원일자 2018년12월05일
심사청구일자 2021년10월20일
(65) 공개번호 10-2020-0068274
(43) 공개일자 2020년06월15일
(56) 선행기술조사문헌
CN102030701 A*
CN103304568 A*
KR1020060051418 A
KR1020060128009 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
이나연
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
민혜리
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
(74) 대리인
네이트특허법인

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 김상인

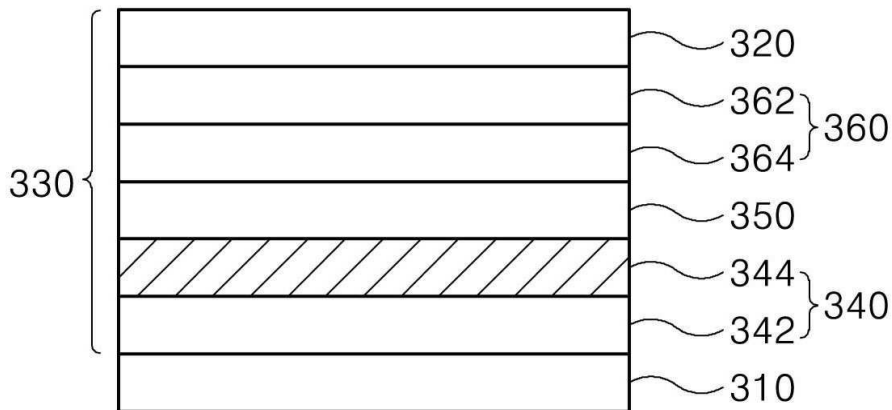
(54) 발명의 명칭 유기 화합물, 이를 포함하는 발광다이오드 및 발광장치

(57) 요약

본 발명은 카바졸 모이어티 또는 플루오렌 모이어티를 가지는 축합 방향족 고리를 가지며, 정공 이동 특성이 우수한 작용기로 치환된 유기 화합물과, 이를 이용한 발광다이오드 및 발광장치에 관한 것이다. 본 발명의 유기 화합물은 용액 공정을 이용하여 발광다이오드에 도입될 수 있으며, 매우 깊은(deep) HOMO 에너지 준위를 가지고 있다. 본 발명의 유기 화합물을 정공이동층에 적용하면, 정공이동층과 발광물질층 사이의 HOMO 에너지 준위의 밴드 갭을 줄일 수 있어서, 발광물질층으로 정공과 전자가 균형 있게 주입될 수 있다. 이에 따라, 발광 효율이 향상되고 저-전압 구동이 가능한 발광다이오드 및 발광장치를 구현할 수 있다.

대표도 - 도2

300



(52) CPC특허분류

H10K 85/631 (2023.02)

H10K 85/657 (2023.02)

H10K 85/6572 (2023.02)

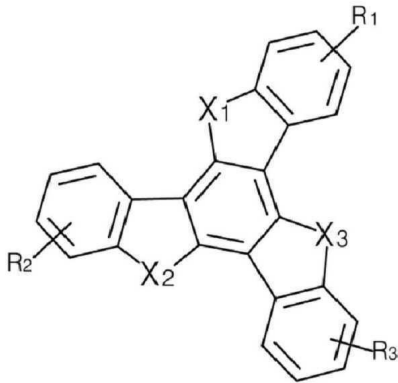
명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물.

[화학식 1]



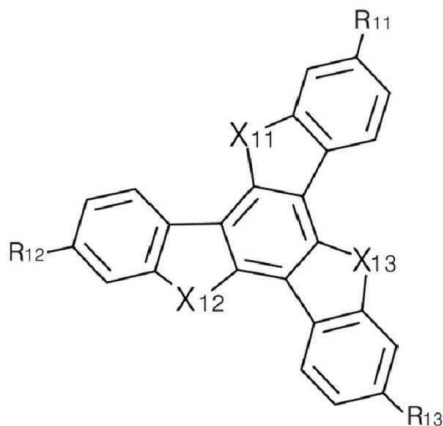
화학식 1에서, R₁ 내지 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 카바졸일기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁ 내지 X₃은 각각 독립적으로 CR₅R₆ 또는 NR₇이며, R₅ 내지 R₇은 각각 독립적으로 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 유기 화합물.

[화학식 2]



화학식 2에서, R₁₁ 내지 R₁₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기로 치환된 카바졸일기; 치환되지 않거나 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬

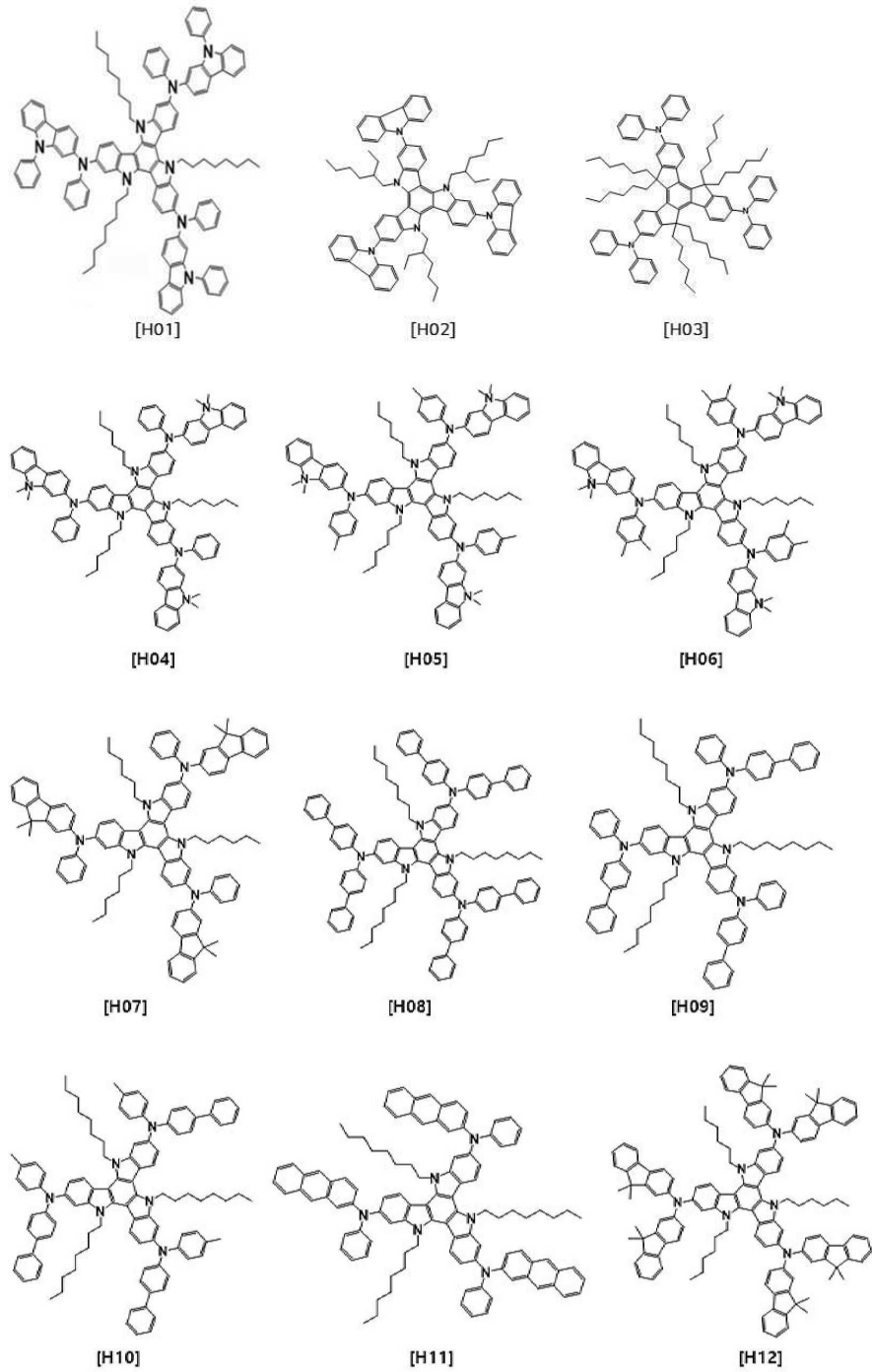
기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 독립적으로 CR₁₅R₁₆ 또는 NR₁₇이며, R₁₅ 내지 R₁₇은 각각 독립적으로 C₁~C₁₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

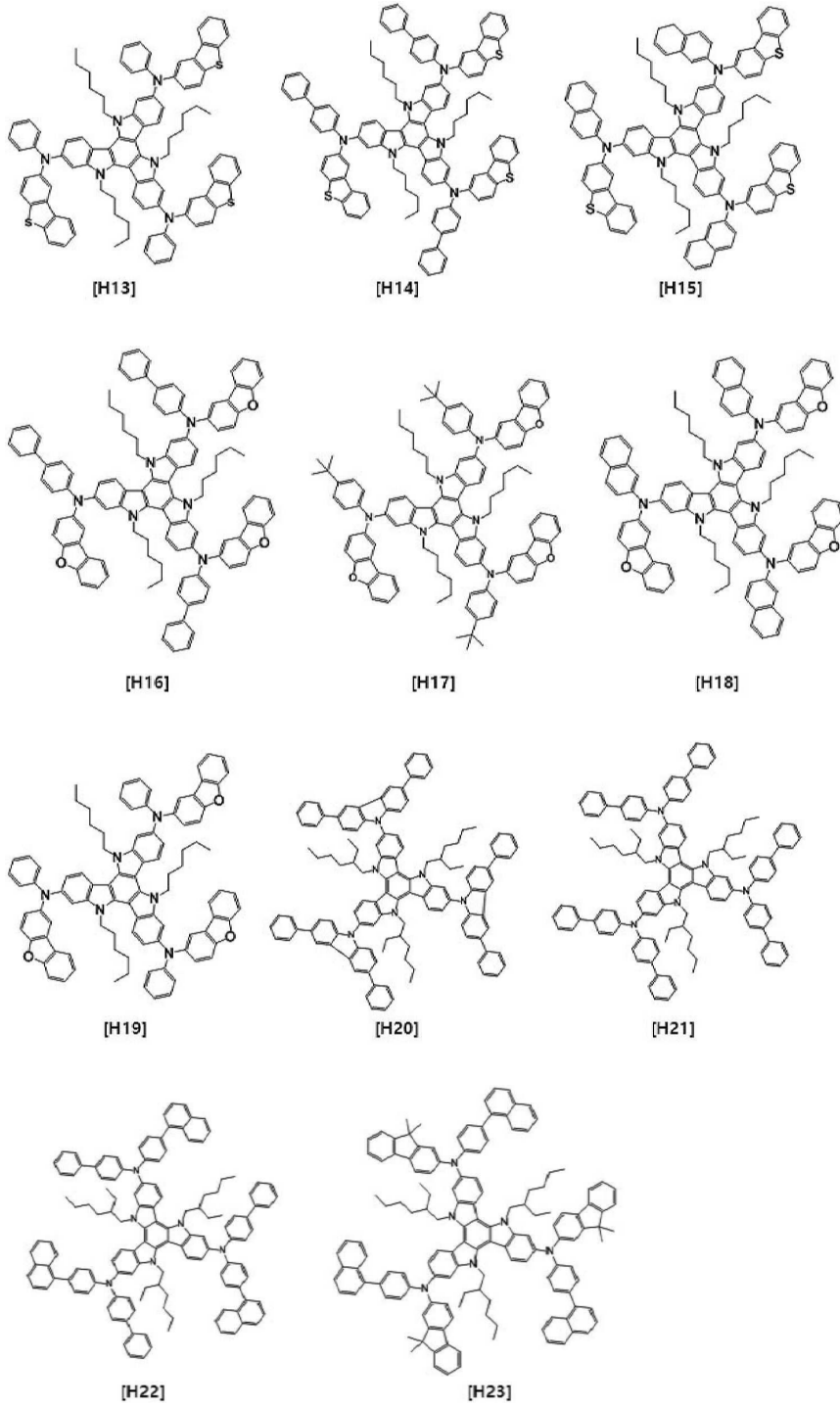
청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 유기 화합물은 하기 화학식 3으로 표시되는 어느 하나의 화합물을 포함하는 유기 화합물.

[화학식 3]





청구항 4

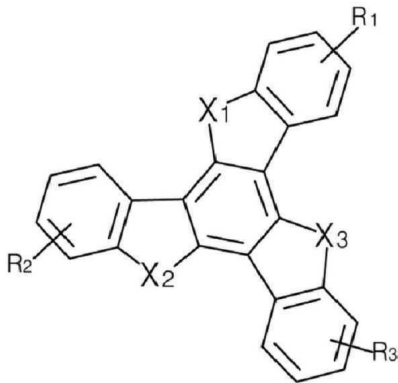
서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극;

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 발광물질층; 및

상기 발광물질층과 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극 중에서 어느 하나의 전극 사이에 위치하며, 유기 재료로 이루어지는 정공이동층을 포함하는 발광층을 포함하고,

상기 정공이동층은, 하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

[화학식 1]



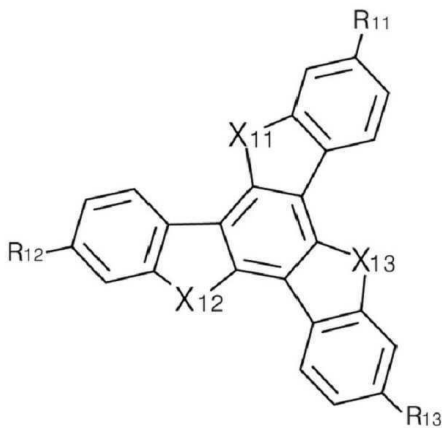
화학식 1에서, R₁ 내지 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 카바졸일기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁ 내지 X₃은 각각 독립적으로 CR₅R₆ 또는 NR₇이며, R₅ 내지 R₇은 각각 독립적으로 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

[화학식 2]



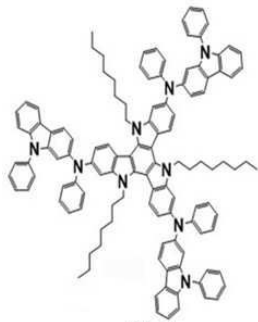
화학식 2에서, R₁₁ 내지 R₁₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기로 치환된 카바졸일기; 치환되지 않거나 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 독립적으로 CR₁₅R₁₆ 또는 NR₁₇이며, R₁₅ 내지 R₁₇은 각각 독립적으로 C₁~C₁₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

청구항 6

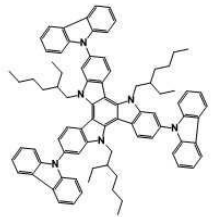
제 4항에 있어서,

상기 유기 화합물은 하기 화학식 3으로 표시되는 어느 하나의 화합물을 포함하는 발광다이오드.

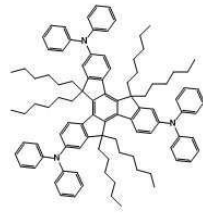
[화학식 3]



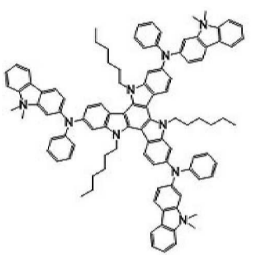
[H01]



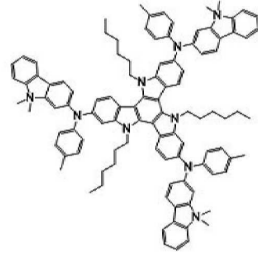
[H02]



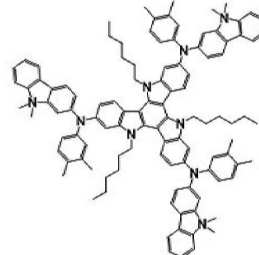
[H03]



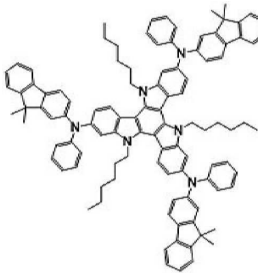
[H04]



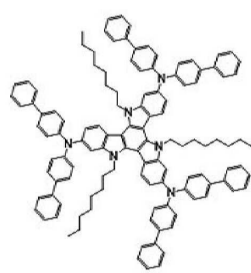
[H05]



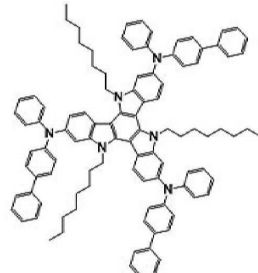
[H06]



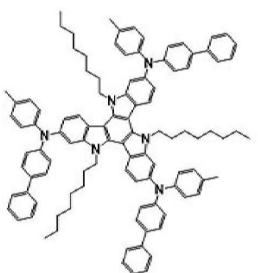
[H07]



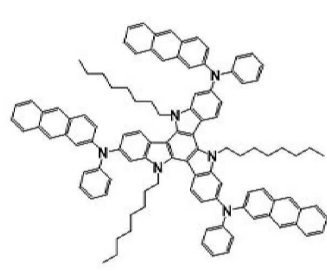
[H08]



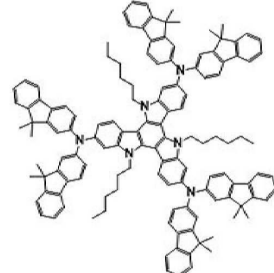
[H09]



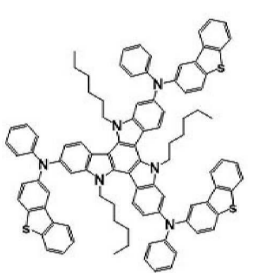
[H10]



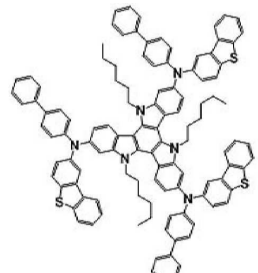
[H11]



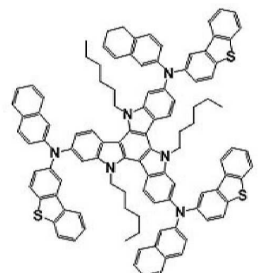
[H12]



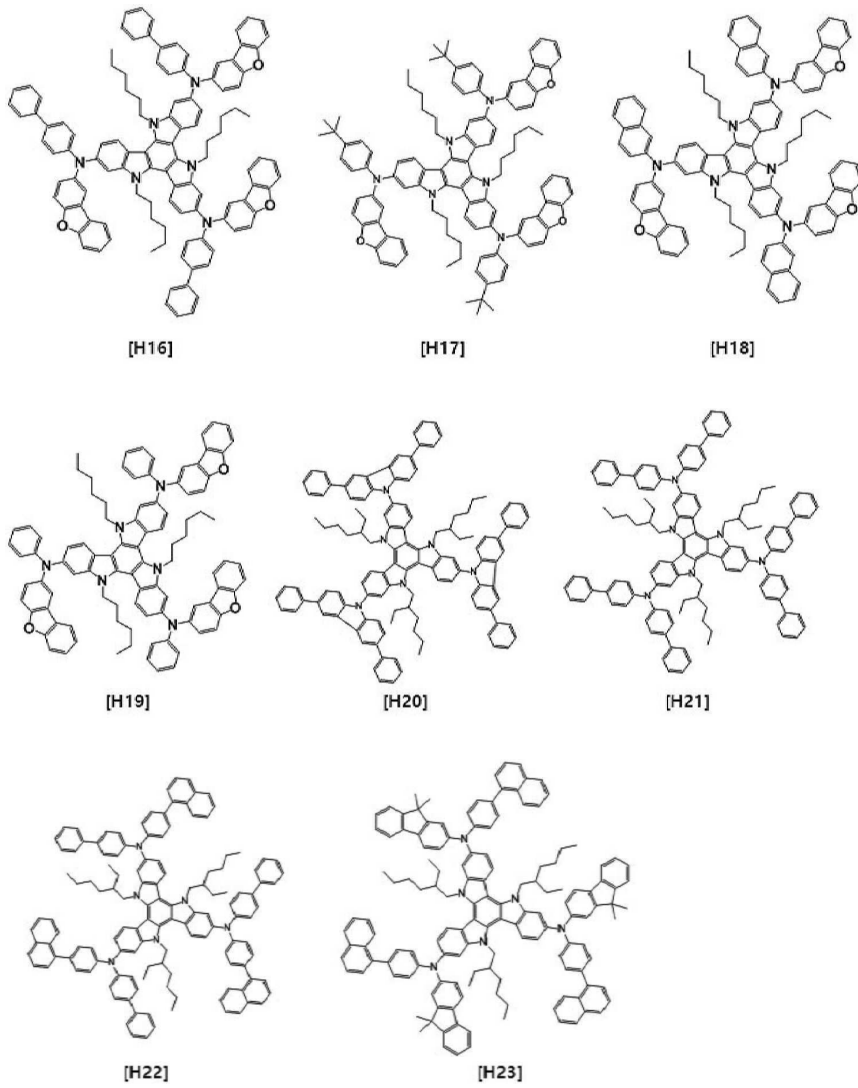
[H13]



[H14]



[H15]



청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 정공이동층은 상기 발광물질층과 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극 중에서 양극(anode)으로 기능하는 전극 사이에 위치하고,

상기 정공이동층은 상기 양극과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 정공주입층과, 상기 정공주입층과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 정공수송층을 포함하는 발광다이오드.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 정공수송층은 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 9

제 8항에 있어서,

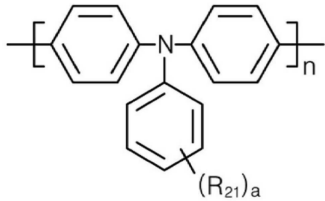
상기 유기 화합물은 상기 정공수송층의 도펀트로 사용되는 발광다이오드.

청구항 10

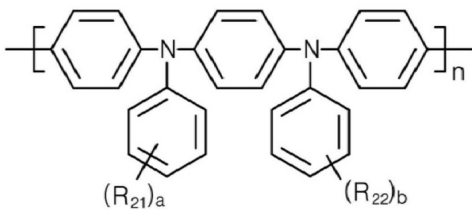
제 9항에 있어서,

상기 정공수송층은 하기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 호스트를 포함하는 발광다이오드.

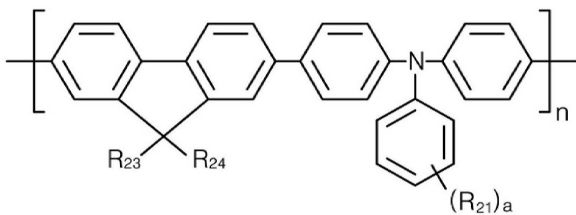
[화학식 4]



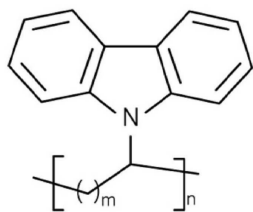
[화학식 5]



[화학식 6]



[화학식 7]



화학식 4 내지 화학식 6에서, R₂₁ 내지 R₂₄는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기, 치환되지 않거나 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 치환되지 않거나 치환된 C₅~C₃₀ 호모 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기임; a와 b는 각각 1 내지 4의 정수임; 화학식 7에서 m은 1 내지 10의 정수임; 화학식 4 내지 7에서 n은 1 이상의 정수임.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 정공수송층은 상기 정공주입층과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 정공수송층과, 상기 제 1 정공수

송층과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 제 2 정공수송층을 포함하는 발광다이오드.

청구항 12

제 11항에 있어서,

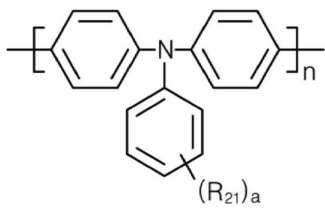
상기 제 2 정공수송층은 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

청구항 13

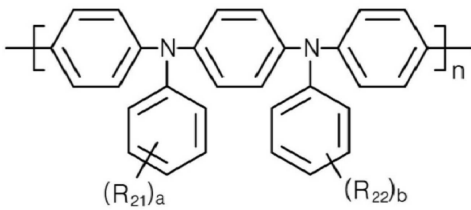
제 11항에 있어서,

상기 제 1 정공수송층은 하기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 물질을 포함하는 발광다이오드.

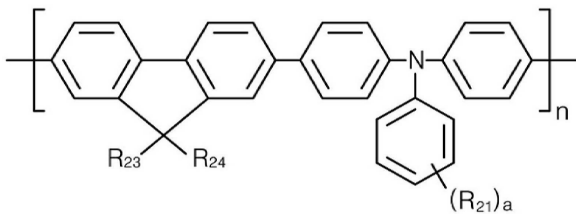
[화학식 4]



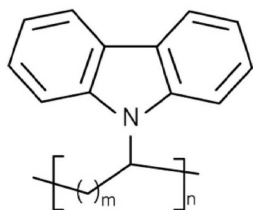
[화학식 5]



[화학식 6]



[화학식 7]



화학식 4 내지 화학식 6에서, R₂₁ 내지 R₂₄는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₁-C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기, 치환되지 않거나 치환된 C₁-C₂₀ 알콕시기, 치환되지 않거나 치환된 C₅-C₃₀ 호모 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C₄-C₃₀ 헤테로 아릴기임; a와 b는 각각 1 내지 4의 정수임; 화학식 7에서 m은 1 내지 10의 정수임; 화학식 4 내지 7에서 n은 1 이상의 정수임.

청구항 14

제 4항에 있어서,
상기 발광물질층은 무기 발광 입자를 포함하는 발광다이오드.

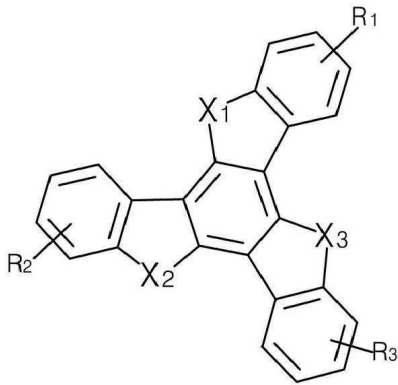
청구항 15

기판; 및
상기 기판 상에 위치하며, 제 4항 내지 제 14항 중에서 어느 하나의 청구항에 기재된 발광다이오드를 포함하는 발광장치.

청구항 16

하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물.

[화학식 1]

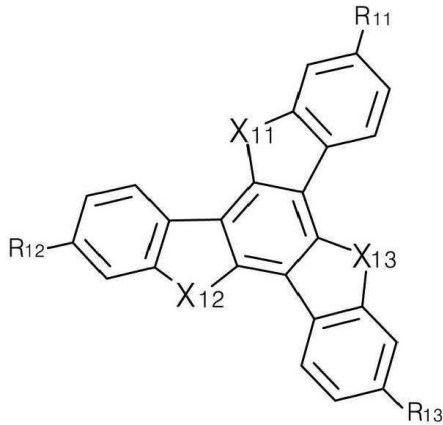


화학식 1에서, R₁ 내지 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임, 상기 R₁ 내지 R₃인 상기 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기는 카바졸일기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 인돌로카바졸일기, 인데노카바졸일기, 벤조퓨라노카바졸일기, 또는 벤조티에노카바졸일기임; X₁ 내지 X₃은 각각 독립적으로 CR₅R₆ 또는 NR₇이며, R₅ 내지 R₇은 각각 독립적으로 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

청구항 17

제 16항에 있어서,
상기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함하는 유기 화합물.

[화학식 2]



화학식 2에서, R₁₁ 내지 R₁₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환된 C₁₀~C₃₀ 축합 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임, 상기 R₁₁ 내지 R₁₃인 상기 C₁₀~C₃₀ 축합 헤테로 아릴기는 카바졸일기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 인돌로카바졸일기, 인데노카바졸일기, 벤조푸라노카바졸일기 또는 벤조티에노카바졸일기임; X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 독립적으로 CR₁₅R₁₆ 또는 NR₁₇이며, R₁₅ 내지 R₁₇은 각각 독립적으로 C₁~C₁₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

청구항 18

서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극;

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 발광물질층; 및

상기 발광물질층과 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극 중에서 어느 하나의 전극 사이에 위치하는 정공 이동층을 포함하는 발광층을 포함하고,

상기 정공이동층은, 청구항 제 16항 또는 제 17항에 기재된 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 화합물에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 용액 공정이 가능하며 전하 이동 특성이 향상된 유기 화합물과, 이를 이용하여 발광 효율이 향상된 발광다이오드 및 발광장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 처리하여 표시하는 디스플레이(display) 분야를 비롯한 다양한 분야의 기술 역시 급속하게 발전하고 있다. 이에 종래의 음극선관(Cathode Ray Tube, CRT)을 대신하는 다양한 평판표시장치가 개발되고 있다. 평판표시장치 중에서도 유기발광다이오드(organic light emitting diode; OLED) 표시장치는 박형 구조가 가능하고 소비 전력이 적어 액정표시장치(LCD)를 대체하는 차세대 표시장치로서 사용되고 있다.

[0003] 유기발광다이오드 표시장치에서 발광 휘도를 높이기 위하여 발광다이오드의 전류 밀도를 증가시키거나 구동 전압을 높이는 경우, 유기발광다이오드에 사용된 유기 물질의 열분해에 따른 열화로 인하여 유기발광다이오드의 수명이 짧아지는 문제가 있다. 또한, OLED는 국제전기통신연합(International Telecommunication Union; ITU)에서 4K/UHD의 규격과 관련하여 ITU-R Recommendation BT.2020(Rec.2020 또는 BT.2020)에서 요구하는 높은 수준의 색-재현율을 구현하는데 어려움이 있다.

[0004] 최근에는 양자점(quantum dots; QDs)과 같은 무기 발광 입자를 표시장치에 이용하고자 하는 노력이 진행되고 있

다. 양자점은 불안정한 상태의 전자가 전도대(conduction band)에서 가전자대(valence band)로 내려오면서 발광하는 무기 발광 입자이다. 양자점은 흡광계수(extinction coefficient)가 매우 크고 무기 입자 중에서는 양자효율(quantum yield)도 우수하므로 강한 형광을 발생시킨다. 또한, 양자점의 크기에 따라 발광 파장이 변경되므로, 양자점의 크기를 조절하면 가시광선 전 영역대의 빛을 얻을 수 있으므로 다양한 컬러를 구현할 수 있다.

[0005] 즉, 양자점을 발광물질층(EML)으로 사용하면, 개별 화소의 색 순도를 높일 수 있을 뿐만 아니라, 높은 순도의 레드(R), 블루(B), 그린(G) 발광으로 구성된 백색광을 구현하여 Rec. 2020 표준을 달성할 수 있다. 이에 양자점을 발광 소재로 이용하는 양자점 발광다이오드(Quantum Dot Light Emitting Diode, QLED)가 주목을 받고 있다.

[0006] 종래의 유기발광다이오드 및 양자점 발광다이오드를 구성하는 발광층 사이의 계면이나 발광층 표면에서 결함이 발생하여 원하는 수준의 발광 효율을 구현하는데 한계로 작용하였다. 뿐만 아니라, 정공과 전자의 상대적인 이동도 차이에 기인하여 전하의 불균형(charge un-balancing)이 발생하여 발광 효율이 저하되는 문제가 발생한다.

[0007] 한편, 용액 공정을 이용하여 발광다이오드를 구성하는 다수의 적층 박막을 형성할 때, 상부 층을 형성하기 위해 사용된 용매에 하부 층이 녹는 경우, 상부 층과 하부 층간의 계면에서 재료의 혼합이 일어날 수 있다. 즉, 용액 공정을 통하여 제조되는 발광다이오드의 인접한 발광층을 형성할 때, 인접한 발광층을 구성하는 각각의 발광 재료 및/또는 전하 수송 재료를 모두 분산, 용해시킬 수 있는 상용(compatible) 용매를 사용할 수 없다. 용액 공정을 적용하고자 하는 발광다이오드에서 각각의 발광층에 대하여 사용할 수 있는 용매의 종류가 제한된다. 따라서, 제한적으로 사용되는 용매에 분산, 용해될 수 있으며, 적절한 에너지 준위를 가지는 재료를 개발할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

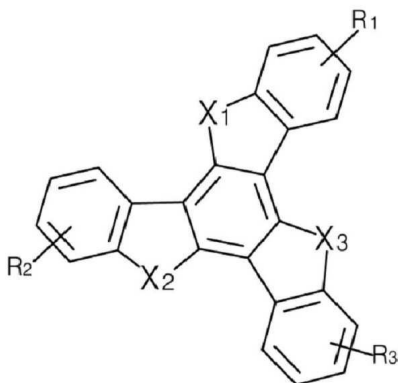
[0008] 본 발명의 목적은 전하 이동 속도를 향상시켜 발광물질층으로 전하가 균형 있게 주입될 수 있는 유기 화합물과, 이를 이용한 발광다이오드 및 발광장치를 제공하고자 하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 발광 효율이 향상되고, 저-전압 구동을 구현할 수 있는 유기 화합물과, 이를 이용한 발광다이오드 및 발광장치를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 일 측면에 따르면, 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 제공한다.

[0011] [화학식 1]



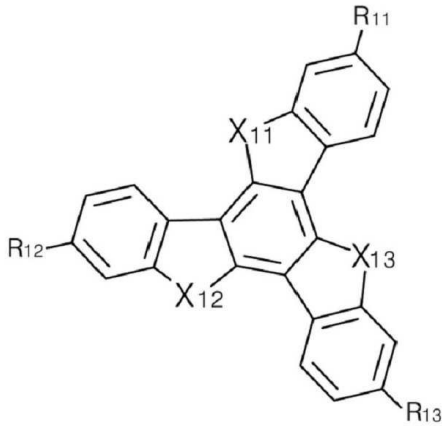
[0012]

[0013] 화학식 1에서, R₁ 내지 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁ 내지 X₃은 각각 독립적으로

CR₅R₆ 또는 NR₇이며, R₅ 내지 R₇은 각각 독립적으로 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

[0014] 일례로, 상기 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다.

[0015] [화학식 2]



[0016]

[0017] 화학식 2에서, R₁₁ 내지 R₁₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환된 C₁₀~C₃₀ 축합 아릴기; 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환된 C₁₀~C₃₀ 축합 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 독립적으로 CR₁₅R₁₆ 또는 NR₁₇이며, R₁₅ 내지 R₁₇은 각각 독립적으로 C₁~C₁₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

[0018] 다른 측면에서, 본 발명은 서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극; 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 발광물질층; 및 상기 발광물질층과 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극 중에서 어느 하나의 전극 사이에 위치하며, 유기 재료로 이루어지는 정공이동층을 포함하는 발광층을 포함하고, 상기 정공이동층은, 전술한 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드를 제공한다.

[0019] 일례로, 상기 유기 화합물은 정공수송층에 도입될 수 있다.

[0020] 상기 유기 화합물은 정공수송층의 도펀트로 도입되거나, 또는 발광물질층에 가깝게 위치하는 정공수송층에 도입될 수 있다.

[0021] 다른 측면에서, 본 발명은 기관; 및 상기 기관 상에 위치하며, 상기 유기 화합물이 적용된 발광다이오드를 포함하는 발광장치, 예를 들어, 발광다이오드 표시장치 또는 발광조명장치를 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 구조적으로 안정적인 축합 방향족 고리를 코어로 하고, 정공 이동 특성이 우수한 유기 화합물과, 상기 유기 화합물을 포함하는 발광다이오드 및 발광장치를 제안한다. 본 발명에 따른 유기 화합물은 용액 공정이 가능할 뿐만 아니라, 축합 방향족 고리를 포함하고 있어, 정공 수송 특성이 우수하다.

[0023] 본 발명의 유기 화합물을 정공이동층에 적용하여, 정공이동층과 발광물질층 사이의 에너지 밴드갭을 줄일 수 있다. 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공이동층에 적용하여 발광물질층으로 정공과 전자가 균형 있게 주입된다. 이에 따라, 정공과 전자가 발광물질층에서 소멸되지 않고 재결합하여, 효율적으로 엑시톤을 형성하면서 발광에 기여할 수 있다. 이에 따라 발광 효율이 향상되고, 저-전압 구동이 가능하여 소비 전력을 감소시킬 수 있는 발광다이오드 및 발광장치를 구현, 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 발광다이오드를 포함하는 발광장치의 일례로서, 발광다이오드 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도로서, 정상 구조

(normal structure)를 가지는 발광다이오드를 보여준다.

도 3은 종래 발광다이오드를 구성하는 전극과 전극 사이에 위치하는 발광층을 구성하는 재료들의 에너지 준위를 개략적으로 나타낸 다이어그램이다.

도 4는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 구성하는 전극과 발광층을 구성하는 재료들의 에너지 준위를 개략적으로 나타낸 다이어그램이다.

도 5는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도로서, 정상 구조(normal structure)를 가지는 발광다이오드를 보여준다.

도 6은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도로서, 반전 구조(inverted structure)를 가지는 발광다이오드를 보여준다.

도 7은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드를 구성하는 전극과 발광층을 구성하는 재료들의 에너지 준위를 개략적으로 나타낸 다이어그램이다.

도 8은 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도로서, 반전 구조(inverted structure)를 가지는 발광다이오드를 보여준다.

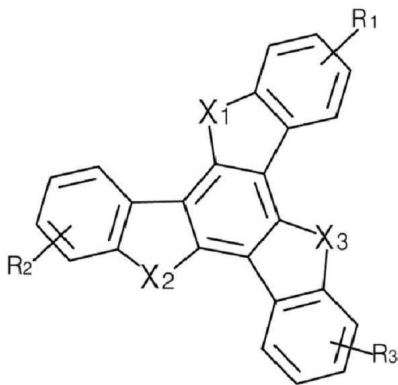
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 설명한다.

[0026] [유기 화합물]

[0027] 발광다이오드에서 전하 수송 재료로 사용되는 화합물은 전하 이동도가 우수하여야 하며, 발광물질층으로 전하를 균형 있게 주입할 수 있어야 한다. 이러한 목적과 관련해서, 전하 이동 재료는 적절한 에너지 준위를 가져야 한다. 또한, 증착 공정보다는 용액 공정을 통하여 박막을 형성할 수 있다면, 재료의 낭비를 줄일 수 있다. 본 발명의 일 측면에 따른 유기 화합물은 이러한 특성을 충족할 수 있는데, 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0028] [화학식 1]



[0029]

[0030] 화학식 1에서, R₁ 내지 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 작용기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁ 내지 X₃은 각각 독립적으로 CR₅R₆ 또는 NR₇이며, R₅ 내지 R₇은 각각 독립적으로 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

[0031] 본 명세서에서 '치환되지 않은' 또는 '치환되지 않거나'란, 수소 원자가 치환된 것을 의미하며, 이 경우 수소 원자는 경수소, 중수소 및 삼중수소가 포함된다.

[0032] 본 명세서에서 '치환된'에서 치환기는 예를 들어, 치환되지 않거나 할로젠 원자, 시아노기 및/또는 니트로기로 치환된 C₁~C₂₀ 알킬기, 치환되지 않거나 할로젠 원자, 시아노기 및/또는 니트로기로 치환된 C₁~C₂₀ 알콕시기, 할

로겐 원자, 시아노기, $-CF_3$ 와 같은 알킬할라이드기, 치환되지 않거나 할로겐 원자, 시아노기 및/또는 니트로기로 각각 치환된 하이드록시기, 카르복시기, 카르보닐기, 아미노기, $C_1\sim C_{10}$ 알킬 아미노기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴 아미노기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴 아미노기, 니트로기, 하이드라질기(hydrazyl group), 술폰산기, $C_1\sim C_{20}$ 알킬 실릴기, $C_1\sim C_{20}$ 알콕시 실릴기, $C_3\sim C_{30}$ 사이클로알킬 실릴기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴 실릴기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로아릴 실릴기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기 등을 들 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0033] 본 명세서에서 '헤테로 방향족 고리', '헤테로 사이클로알킬렌기', '헤테로 아릴렌기', '헤테로 아릴알킬렌기', '헤테로 아릴옥실렌기', '헤테로 사이클로알킬기', '헤테로 아릴기', '헤테로 아릴알킬기', '헤테로 아릴옥실기', '헤테로 아릴 아미노기' 등에서 사용된 용어 '헤테로'는 이들 방향족 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.

[0034] 하나의 예시적인 실시형태에 따르면, 화학식 1에서 R_1 내지 R_3 를 구성하거나, 이들 작용기에 치환될 수 있는 $C_5\sim C_{30}$ 아릴기는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 1개 이상의 $C_1\sim C_{10}$ 알킬기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기 등으로 치환된 페닐기, 바이페닐기, 터페닐기, 테트라페닐기, 나프틸기, 안트라세닐기, 인데닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 아줄레닐기, 파이레닐기, 플루오레닐기, 테트라세닐기, 인다세닐기 또는 스파이로 플루오레닐기와 같은 축합되지 않거나 축합된(fused) 아릴기를 포함할 수 있다.

[0035] 다른 선택적인 실시형태에서, R_1 내지 R_3 가 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 $C_1\sim C_{10}$ 알킬기로 치환된 $C_5\sim C_{30}$ 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 $C_5\sim C_{30}$ 아릴기는 각각 치환되지 않거나 1개 이상의 알킬기로 치환된 1개 내지 3개의 방향족 고리로 이루어지는 아릴기일 수 있다. 질소 원자에 치환되는 방향족 고리의 개수가 많아지면, 전체 유기 화합물에서 공액화(conjugated) 구조가 지나치게 길어져서 유기 화합물의 에너지 밴드갭이 지나치게 줄어들 수 있다. 예를 들어, R_1 내지 R_3 가 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 아릴기는 페닐기, 바이페닐기, 나프틸기, 안트라세닐기, 인데닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 아줄레닐기, 파이레닐기, 터페닐기, 플루오레닐기 중에서 적어도 하나일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 하나의 예시적인 실시형태에서, R_1 내지 R_3 가 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 아릴기 중에서 적어도 하나는 축합되어 있거나 2개 이상의 방향족 고리를 포함할 수 있다.

[0036] 다른 예시적인 실시형태에 따르면, 화학식 1에서 R_1 내지 R_3 를 구성하거나, 이들 작용기에 치환될 수 있는 $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 1개 이상의, $C_1\sim C_{10}$ 알킬기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기 등으로 치환된 피롤릴기, 피리디닐기, 피리미디닐기, 피라지닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 테트라지닐기, 이미다졸릴기, 피라졸릴기, 인돌릴기, 카바졸릴기, 벤조카바졸릴기, 디벤조카바졸릴기, 인돌로카바졸릴기, 인데노카바졸릴기, 벤조푸라노카바졸릴기, 벤조티에노카바졸릴기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 퀴녹살리닐기, 시놀리닐기, 퀴나졸리닐기, 프탈라지닐기, 퀴녹살리닐기, 시놀리닐기, 퀴나졸리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 벤조이소퀴놀리닐기, 벤조퀴나졸리닐기, 벤조퀴녹살리닐기, 카바졸릴기, 벤조카바졸릴기, 디벤조카바졸릴기, 인돌로카바졸릴기, 인데노카바졸릴기, 벤조푸라노카바졸릴기, 벤조티에노카바졸릴기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 벤조푸라닐기, 디벤조푸라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조티오페닐기와 같은 축합 아릴기일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0037] 예를 들어, R_1 내지 R_3 가 $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기인 경우, R_1 내지 R_3 는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 1개 이상의 $C_1\sim C_{10}$ 알킬기, $C_5\sim C_{30}$ 아릴기, $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기로 치환된 인돌릴기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 퀴녹살리닐기, 시놀리닐기, 퀴나졸리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 벤조이소퀴놀리닐기, 벤조퀴나졸리닐기, 벤조퀴녹살리닐기, 카바졸릴기, 벤조카바졸릴기, 디벤조카바졸릴기, 인돌로카바졸릴기, 인데노카바졸릴기, 벤조푸라노카바졸릴기, 벤조티에노카바졸릴기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 벤조푸라닐기, 디벤조푸라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조티오페닐기와 같은 축합 아릴기일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0038] 다른 선택적인 실시형태에서, R_1 내지 R_3 가 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 $C_1\sim C_{10}$ 알킬기로 치환된 $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 $C_4\sim C_{30}$ 헤테로 아릴기는 각각 치환되지 않거나 1개 이상의 알킬기로 치환된 1개 내지 3개의 방향족 고리로 이루어지는 헤테로 아릴기일 수 있다. 예를

들어, R₁ 내지 R₃가 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기는 피롤일기, 피리디닐기, 피리미디닐기, 피라지닐기, 피리다지닐기, 퓨라닐기, 티오펜닐기, 인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜닐기, 카바졸일기, 아크리디닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜닐기일 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 하나의 예시적인 실시형태에서, R₁ 내지 R₃가 헤테로 아릴 아미노기인 경우, 질소 원자에 치환될 수 있는 헤테로 아릴기 중에서 적어도 하나는 축합되어 있거나 2개 이상의 방향족 고리를 포함할 수 있다.

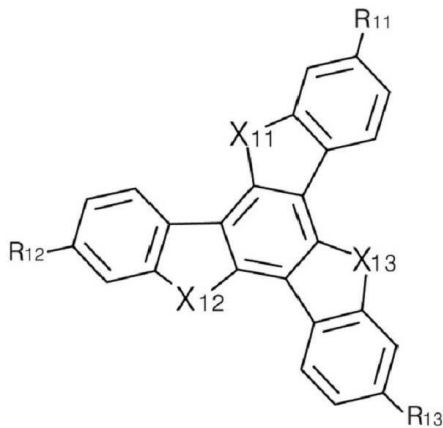
[0039] 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1에서 R₁ 내지 R₃ 및/또는 X₁ 내지 X₃은 각각 동일하거나 상이할 수 있다.

[0040] 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 카바졸 모이어티 또는 플루오렌 모이어티를 포함하는 축합 방향족 고리의 코어를 가지고 있어서, 최고점유분자궤함수(highest occupied molecular orbital; HOMO) 에너지 준위가 낮다(deep). 뒤에서 살펴보는 바와 같이, 화학식 1의 유기 화합물을 정공이동층에 도입하면, 정공이동층과 발광물질층 사이의 HOMO 에너지 밴드갭을 줄일 수 있다. 또한, 정공 이동 특성이 우수할 뿐만 아니라, 용액 공정을 적용하여 발광다이오드에 도입할 수 있다.

[0041] 따라서, 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 발광다이오드에 적용하여 발광물질층으로 정공과 전자가 균형 있게 주입되도록 유도할 수 있다. 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 발광다이오드에 적용할 경우, 양극과 음극에서 각각 주입된 정공과 전자는 소실되지 않고 발광물질층으로 주입되어 유효한 엑시톤을 형성할 수 있으며, 발광물질층과 인접한 전하이동층의 계면이 아니라 발광 재료가 위치하는 영역에서 발광을 구현할 수 있다. 따라서, 화학식 1로 표시되는 유기 화합물을 사용하여, 발광 효율이 향상되고 저-전압 구동이 가능한 발광다이오드를 제조할 수 있다.

[0042] 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1로 표시되는 유기 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다.

[0043] [화학식 2]



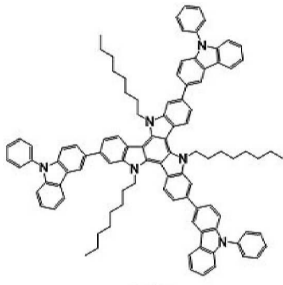
[0044]

[0045] 화학식 2에서, R₁₁ 내지 R₁₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환된 C₁₀~C₃₀ 축합 아릴기; 치환되지 않거나 C₅~C₃₀ 아릴기 또는 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환된 C₁₀~C₃₀ 축합 헤테로 아릴기; 치환되지 않거나 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₅~C₃₀ 아릴 아미노기; 또는 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기임; X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 독립적으로 CR₁₅R₁₆ 또는 NR₁₇이며, R₁₅ 내지 R₁₇은 각각 독립적으로 C₁~C₁₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임.

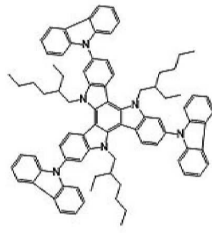
[0046] 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 2에서 R₁₁ 내지 R₁₃ 및/또는 X₁₁ 내지 X₁₃은 각각 동일하거나 상이할 수 있다.

[0047] 보다 구체적으로 살펴보면, 정공 이동 특성이 우수하고, 매우 낮은 HOMO 에너지 준위를 가지며, 용액 공정이 가능한 본 발명의 유기 화합물은 하기 화학식 3으로 표시되는 H01 내지 H15 중에서 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

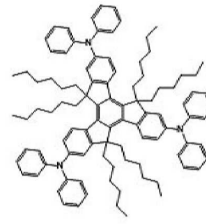
[0048] [화학식 3]



[H01]

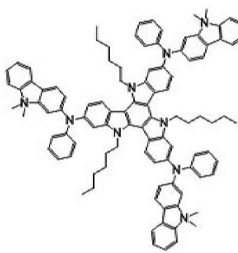


[H02]

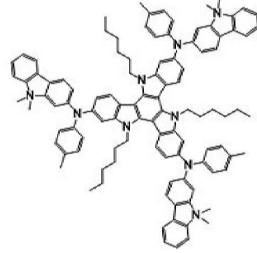


[H03]

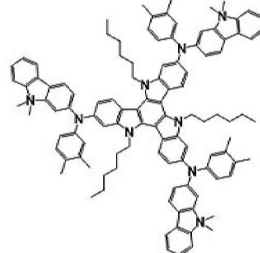
[0049]



[H04]

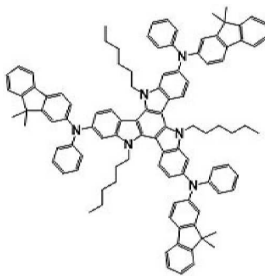


[H05]

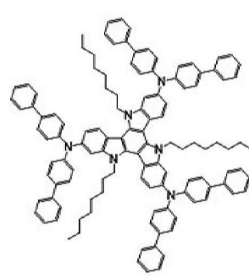


[H06]

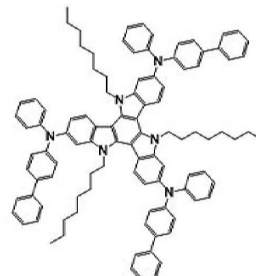
[0050]



[H07]

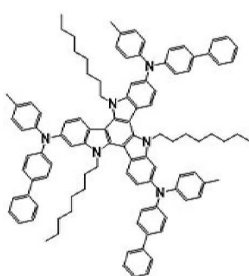


[H08]

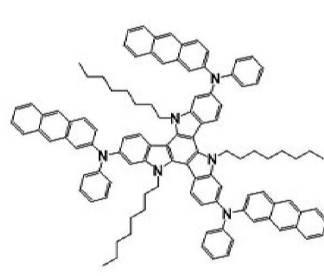


[H09]

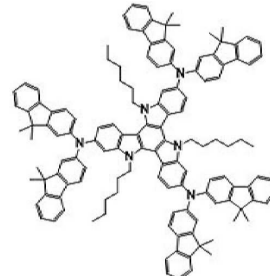
[0051]



[H10]

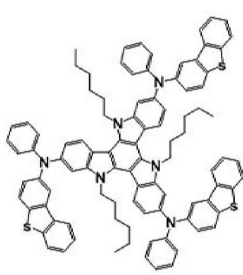


[H11]

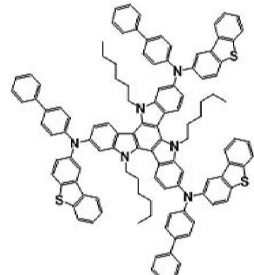


[H12]

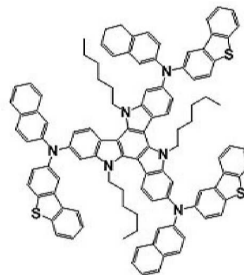
[0052]



[H13]

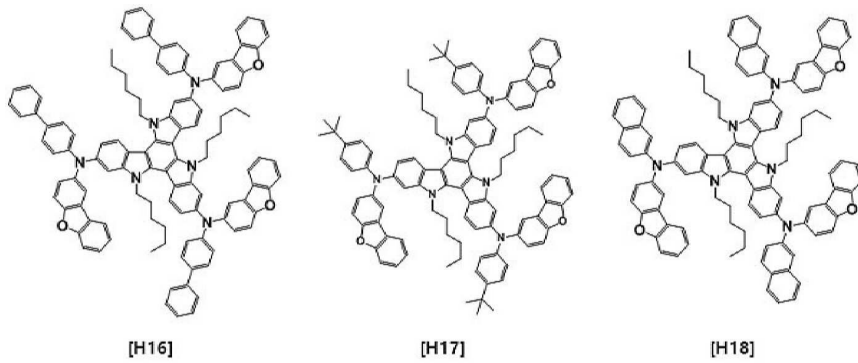


[H14]

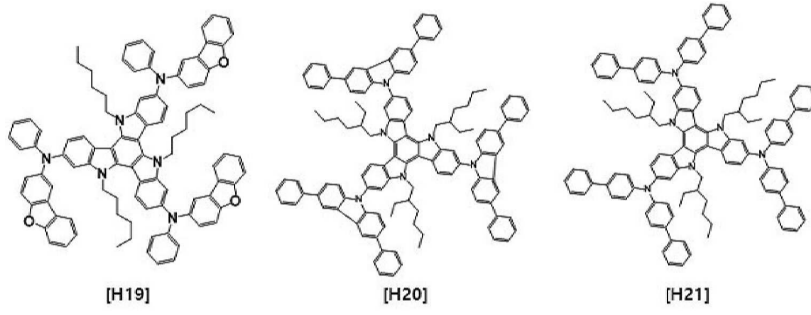


[H15]

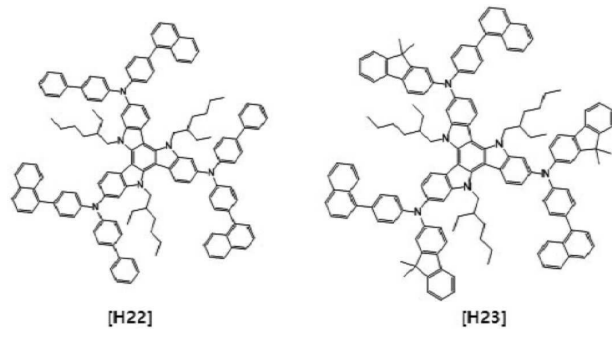
[0053]



[0054]



[0055]



[0056]

[0057] [발광다이오드 및 발광장치]

[0058] 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 HOMO 에너지 준위가 낮고, 정공 이동도가 우수하며, 용액 공정이 가능하다. 따라서 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 발광다이오드에 적용할 수 있다. 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물이 적용된 발광다이오드는 표시장치나 조명장치와 같은 발광 장치에 적용될 수 있다. 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 발광장치의 일례로서, 발광다이오드 표시 장치를 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0059] 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.

[0060] 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), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(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.

[0061] 기판(102) 상에 버퍼층(104)이 형성되고, 버퍼층(104) 상에 박막트랜지스터(Tr)가 형성된다. 버퍼층(104)은 생략될 수 있다.

[0062] 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 않

음)이 형성될 수 있다. 차광패턴(도시하지 않음)은 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.

[0063] 반도체층(110) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(120)이 기판(102) 전면에 형성된다. 게이트 절연막(120)은 실리콘산화물(SiO_x) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다.

[0064] 게이트 절연막(120) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(130)이 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 패터닝 될 수도 있다.

[0065] 게이트 전극(130) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(140)이 기판(102) 전면에 형성된다. 층간 절연막(140)은 실리콘산화물(SiO_x) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기절연물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기절연물질로 형성될 수 있다.

[0066] 층간 절연막(140)은 반도체층(110)의 양측 상면을 노출하는 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(142, 144)을 갖는다. 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(142, 144)은 게이트 전극(130)의 양측에서 게이트 전극(130)과 이격되어 위치한다. 도 1에서 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(142, 144)은 게이트 절연막(120) 내에도 형성되는 것으로 도시되어 있다. 이와 달리, 게이트 절연막(120)이 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝 될 경우, 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(142, 144)은 층간 절연막(140) 내에만 형성된다.

[0067] 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 콘택홀(142, 144)을 통해 반도체층(110)의 양측과 접촉한다.

[0068] 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.

[0069] 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.

[0070] 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 층(230)과 각각 중첩되게 배치될 수 있다. 컬러 필터(도시하지 않음)를 채택함으로써, 발광다이오드 표시장치(100)는 풀-컬러를 구현할 수 있다.

[0071] 예를 들어, 발광다이오드 표시장치(100)가 하부 발광 타입인 경우, 발광다이오드(100)에 대응하는 층간 절연막(140) 상부에 광을 흡수하는 컬러 필터(도시하지 않음)가 위치할 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 발광다이오드 표시장치(100)가 상부 발광 타입인 경우, 컬러 필터(도시하지 않음)는 발광다이오드(200)의 상부, 즉 제 2 전극(220) 상부에 위치할 수도 있다.

[0072] 소스 전극(152)과 드레인 전극(154) 상부에는 평탄화층(160)이 기판(102) 전면에 형성된다. 평탄화층(160)은 상면이 평탄하며, 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(154)을 노출하는 드레인 콘택홀(162)을 갖는다. 여기서, 드레인 콘택홀(162)은 제 2 반도체층 콘택홀(144) 바로 위에 형성된 것으로 도시되어 있으나, 제 2 반도체층 콘택홀(144)과 이격되어 형성될 수도 있다.

[0073] 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 순차적으로 위치하는 발광 유닛(230) 및 제 2 전극(220)을 포함할 수 있다.

- [0074] 제 1 전극(210)은 각 화소영역 별로 분리되어 형성된다. 뒤에서 살펴보는 바와 같이, 제 1 전극(210)은 양극(anode) 또는 음극(cathode)일 수 있으며, 일함수 값이 비교적 큰 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(210)은 ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO₂, In₂O₃, Cd:ZnO, F:SnO₂, In:SnO₂, Ga:SnO₂ 및 AZO와 같은 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물을 포함한다. 필요에 따라, 제 1 전극(210)은 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브를 포함할 수 있다.
- [0075] 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.
- [0076] 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 중앙을 노출한다.
- [0077] 제 1 전극(210) 상에는 발광층(발광 유닛, 230)이 형성된다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광 유닛(230)은 발광물질층과, 전하이동층 및 전하제어층을 포함할 수 있다. 일례로, 발광 유닛(230)은 도 2, 도 5, 도 6 및 도 7에 나타낸 바와 같이, 제 1 전하이동층(340, 440, 540, 640), 발광물질층(350, 450, 550, 650) 및/또는 2 전하이동층(360, 460, 560, 660)을 포함할 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 제 1 전하이동층(340, 440) 또는 제 2 전하이동층(560, 660)에 도입될 수 있다. 발광층(230)을 발광물질층 및 전하이동층의 구성 및 위치 관계 등에 대해서는 후술한다.
- [0078] 발광층(230)이 형성된 기판(102) 상부로 제 2 전극(220)이 형성된다. 제 2 전극(220)은 표시영역의 전면에 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어질 수 있으며, 음극 또는 양극일 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(220)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg을로 이루어질 수 있다.
- [0079] 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.
- [0080] 계속해서, 본 발명에 따른 유기 화합물이 적용될 수 있는 발광다이오드에 대하여 설명한다. 도 2는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드(300)는 제 1 전극(310)과, 제 1 전극(310)과 마주하는 제 2 전극(320)과, 제 1 전극(310)과 제 2 전극(320) 사이에 위치하며, 발광물질층(Emitting material layer; EML, 350)을 포함하는 발광층(330)을 포함한다. 발광 유닛인 발광층(330)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(350) 사이에 위치하는 제 1 전하이동층(charge transfer layer 1; CTL1, 340)과, 발광물질층(350)과 제 2 전극(320) 사이에 위치하는 제 2 전하이동층(charge transfer layer 2; CTL2, 360)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0081] 제 1 전극(310)은 정공 주입 전극과 같은 양극(anode)일 수 있다. 제 1 전극(310)은 유리 또는 고분자 소재를 포함할 수 있는 기판(도 1 참조) 상에 형성될 수 있다. 일례로, 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), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO), 주석산화물(SnO₂), 인듐산화물(In₂O₃), 카드뮴:산화아연(Cd:ZnO), 불소:산화주석(F:SnO₂), 인듐:산화주석(In:SnO₂), 갈륨:산화주석(Ga:SnO₂) 및 알루미늄:산화아연(Al:ZnO; AZO)을 포함하는 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물을 포함할 수 있다. 선택적으로, 제 1 전극(310)은 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브(Carbon nanotube, CNT)를 더욱 포함할 수 있다.
- [0082] 본 실시형태에서, 제 2 전극(320)은 전자 주입 전극과 같은 음극(cathode)일 수 있다. 일례로 제 2 전극(320)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(310)과 제 2 전극(320)은 각각 5 내지 300 nm, 바람직하게는 10 내지 200 nm의 두께로 형성될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0083] 하나의 예시적인 실시형태에서, 하부 발광 타입의 발광다이오드인 경우에, 제 1 전극(310)은 ITO, IZO, ITZO, AZO와 같은 투명 도전성 금속으로 이루어질 수 있으며, 제 2 전극(320)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al,

BaF₂/Al, Al, Mg, Ag:Mg 합금 등을 사용할 수 있다.

- [0084] 제 1 전하이동층(340)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(350) 사이에 위치한다. 제 1 전하이동층(340)은 발광물질층(350)으로 정공을 공급하는 정공이동층(hole transfer layer)일 수 있다. 일례로, 제 1 전하이동층(340)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(350) 사이에서 제 1 전극(310)에 인접하게 위치하는 정공주입층(hole injection layer; HIL, 342)과, 제 1 전극(310)과 발광물질층(350) 사이에서 발광물질층(350)에 인접하게 위치하는 정공수송층(hole transport layer; HTL, 344)을 포함한다.
- [0085] 정공주입층(342)은 제 1 전극(310)에서 발광물질층(350)으로 정공의 주입을 용이하게 한다. 일례로, 정공주입층(342)은 폴리(에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌설포네이트(poly(ethylenedioxythiophene):polystyrenesulfonate; PEDOT:PSS); 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(tetrafluoro-tetracyano-quinodimethane; F4-TCNQ)이 도핑된 4,4',4"-트리스(디페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4"-tris(diphenylamino)triphenylamine; TDATA); 예를 들어 F4-TCNQ가 도핑된 아연 프탈로시아닌(zinc phthalocyanine; ZnPc)과 같은 p-도핑된 프탈로시아닌; F4-TCNQ가 도핑된 N,N'-디페닐-N,N'-비스(1-나프틸)-1,1'-바이페닐-4,4"-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphtyl)-1,1'-biphenyl-4,4"-diamine; α-NPD); 헥사아자트리페닐렌-헥사니트릴(hexaazatriphenylene-hexanitriple; HAT-CN) 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 일례로 F4-TCNQ와 같은 도펀트는 호스트에 대하여 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있다. 정공주입층(342)은 발광다이오드(300)의 구조 및 형태에 따라 생략될 수 있다.
- [0086] 정공수송층(344)은 제 1 전극(310)에서 발광물질층(350)으로 정공을 전달한다. 정공수송층(344)은 상기 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공 수송 물질로 포함할 수 있다. 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공수송층(344)에 도입하여 정공과 전자가 균형 있게 발광물질층(350)으로 주입될 수 있는데, 이에 대해서는 후술한다.
- [0087] 도 2에서, 정공이동층일 수 있는 제 1 전하이동층(340)은 정공주입층(342)과 정공수송층(344)으로 구분되어 있다. 이와 달리, 제 1 전하이동층(340)은 하나의 층으로 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 제 1 전하이동층(340)은 정공주입층(342)이 생략되고 정공수송층(344)만으로 이루어질 수도 있고, 전술한 정공 수송 유기물에 정공주입 물질(일례로 PEDOT:PSS)이 도핑되어 이루어질 수도 있다.
- [0088] 정공주입층(342) 및 정공수송층(344)을 포함하는 제 1 전하이동층(340)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법과 같은 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating), 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 정공주입층(342)과 정공수송층(344)의 두께는 각각 10 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 10 nm 내지 100 nm일 수 있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0089] 발광물질층(350)은 무기 발광 입자 또는 유기 발광 재료로 이루어질 수 있다. 발광물질층(350)이 무기 발광 입자로 이루어지는 경우, 무기 발광 입자는 양자점(quantum dots, QDs) 또는 양자막대(quantum rods, QRs)와 같은 나노 무기 발광 입자로 이루어질 수 있다. 양자점 또는 양자막대는 불안정한 상태의 전자가 전도대 에너지 준위에서 가전자대 에너지 준위로 내려오면서 발광하는 무기 입자이다.
- [0090] 이들 나노 무기 발광 입자는 흡광 계수(extinction coefficient)가 매우 크고 무기 입자 중에서는 양자 효율(quantum yield)도 우수하므로 강한 형광을 발생시킨다. 또한, 나노 무기 발광 입자의 크기에 따라 발광 파장이 변경되므로, 나노 무기 발광 입자의 크기를 조절하면 가시광선 전 영역대의 빛을 얻을 수 있으므로 다양한 컬러를 구현할 수 있다. 즉, 양자점 또는 양자 막대와 같은 나노 무기 발광 입자를 발광물질층(350)의 발광 재료로 사용하면, 개별 화소의 색 순도를 높일 수 있어서, 높은 순도의 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 발광으로 구성된 백색광을 구현할 수 있다.
- [0091] 하나의 예시적인 실시형태에서, 양자점 또는 양자막대는 단일 구조를 가질 수도 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 양자점 또는 양자막대는 코어(core)/셸(shell)의 이중 구조를 가질 수 있다. 이때, 셸은 하나의 셸로 이루어질 수도 있고, 다수의 셸(multi shells)로 이루어질 수도 있다.
- [0092] 코어 및/또는 셸로 합성될 수 있는 반응 전구체의 반응성과, 코어 및/또는 셸을 합성하기 위한 반응 전구체의 주입 속도, 반응 온도, 양자점 또는 양자막대의 외층에 연결되는 리간드의 종류 등에 따라, 나노 무기 발광 입자의 성장 정도 및 결정 구조 등을 조절할 수 있고, 이에 따라 나노 무기 발광 입자의 에너지 밴드갭이 조절되

면서 다양한 파장대의 광 방출을 유도할 수 있다.

- [0093] 예를 들어, 양자점 또는 양자막대는 코어의 에너지 밴드갭(energy bandgap)이 셸의 에너지 밴드갭에 의해 둘러싸인 구조의 발광 입자인 타입-I 코어/셸 구조를 가질 수 있다. 타입-I 코어/셸 구조의 경우, 전자와 정공이 코어를 향해 이동하여 코어 내에서 전자와 정공의 재결합이 이루어지면서 에너지를 빛으로 발산하기 때문에, 코어의 두께에 따라 발광 파장을 조절할 수 있다.
- [0094] 다른 예시적인 실시형태에서, 양자점 또는 양자막대는 코어의 밴드갭 에너지와 셸의 밴드갭 에너지가 어긋나게(staggered) 존재하여, 전자와 정공이 코어와 셸 중에서 서로 반대 방향으로 이동하는 발광 입자인 타입 II 코어/셸 구조를 가질 수도 있다. 타입 II 코어/셸 구조의 경우, 셸의 두께와 밴드갭의 위치에 따라 발광 파장을 조절할 수 있다.
- [0095] 또 다른 예시적인 실시형태에서, 양자점 또는 양자막대는 코어의 에너지 밴드갭이 셸)의 에너지 밴드갭보다 큰 구조의 발광 입자인 리버스 타입-I(reverse type-I) 코어/셸 구조를 가질 수 있다. 리버스 타입-I 코어/셸 구조의 경우, 셸의 두께에 따라 발광 파장을 조절할 수 있다.
- [0096] 일례로, 양자점 또는 양자 막대가 타입-I 코어/셸 구조를 이루는 경우, 코어는 실질적으로 발광이 일어나는 부분으로, 코어의 크기에 따라 양자점 또는 양자막대의 발광 파장이 결정된다. 양자구속효과(quantum confine effect)를 받기 위해서 코어는 각각의 소재에 따라 엑시톤 보어 반경(exciton Bohr radius)보다 작은 크기를 가져야 하며, 해당 크기에서 광학적 밴드갭(optical band gap)을 가져야 한다.
- [0097] 양자점 또는 양자막대를 구성하는 셸은 코어의 양자구속효과를 촉진하고 양자점 또는 양자막대의 안정성을 결정한다. 단일 구조의 콜로이드 양자점 또는 양자막대의 표면에 드러난 원자들은 내부 원자들과 달리 화학 결합에 참여하지 못한 전자상태(lone pair electron)를 가지고 있다. 이들 표면 원자들의 에너지 준위는 양자점 또는 양자막대의 전도대(conduction band edge)와 가전자대(valence band edge) 사이에 위치하여 전하들을 트랩(trap)할 수 있어 표면 결함(surface defect)이 형성된다. 표면 결함에 기인하는 엑시톤의 비-발광 결합 과정(non-radiative recombination process)으로 인하여 양자점 또는 양자막대의 발광 효율이 감소할 수 있으며, 트랩된 전하들이 외부 산소 및 화합물과 반응하여 양자점 또는 양자 막대의 화학적 조성의 변형을 야기하거나, 양자점 또는 양자막대의 전기적/광학적 특성이 영구적으로 상실될 수 있다.
- [0098] 코어의 표면에 셸이 효율적으로 형성될 수 있기 위해서는, 셸을 구성하는 재료의 격자 상수(lattice constant)는 코어를 구성하는 재료의 격자 상수와 비슷하여야 한다. 코어의 표면을 셸로 에워싸으로써, 코어의 산화를 방지하여 양자점 또는 양자막대의 화학적 안정성을 향상시키고, 물이나 산소와 같은 외부 인자에 의한 코어의 광 퇴화 현상을 방지할 수 있다. 또한, 코어 표면에서의 표면 트랩에 기인하는 엑시톤의 손실을 최소화하고, 분자 진동에 의한 에너지 손실을 방지하여, 양자 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0099] 하나의 예시적인 실시형태에서, 코어 및 셸은 양자 구속 효과를 가지는 반도체 나노 결정, 금속 산화물 나노 결정일 수 있다. 일례로, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 반도체 나노 결정은, 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 IV-VI족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 I-III-VI족 화합물 반도체 나노 결정 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0100] 구체적으로, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 MgS, MgSe, MgTe, CaS, CaSe, CaTe, SrS, SrSe, SrTe, BaS, BaSe, BaTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnSeS, ZnTeSe, ZnO, CdS, CdSe, CdTe, CdSeS, CdZnS, CdSeTe, CdO, HgS, HgSe, HgTe, CdZnTe, HgCdTe, HgZnSe, HgZnTe, CdS/ZnS, CdS/ZnSe, CdSe/ZnS, CdSe/ZnSe, ZnSe/ZnS, ZnS/CdSZnS, CdS/CdZnS/ZnS, ZnS/ZnSe/CdSe 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정은 AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, Ga₂O₃, GaAs, GaSb, InN, In₂O₃, InP, InAs, InSb, AlGaAs, InGaAs, InGaP, AlInAs, AlInSb, GaAsN, GaAsP, GaAsSb, AlGaP, InGaP, InAsSb, InGaSb, AlGaInP, AlGaAsP, InGaAsP, InGaAsSb, InAsSbP, AlInAsP, AlGaAsN, InGaAsN, InAlAsN, GaAsSbN, GaInNAsSb 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0101] 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 IV-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 TiO₂, SnO₂, SnS, SnS₂, SnTe, PbO, PbO₂, PbS, PbSe, PbTe, PbSnTe 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 또한, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 I-III-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 AgGaS₂, AgGaSe₂, AgGaTe₂, AgInS₂,

CuInS₂, CuInSe₂, Cu₂SnS₃, CuGaS₂, CuGaSe₂ 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.

- [0102] 필요에 따라, 코어 및/또는 셸은 InP/ZnS, InP/ZnSe, GaP/ZnS와 같이 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정 및 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정과 같이 상이한 족의 화합물 반도체 나노 결정이 다수의 층을 형성할 수도 있다.
- [0103] 또한, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 금속 산화물 나노 결정은 주기율표 II족 또는 III족 금속 산화물 결정일 수 있다. 일례로, 코어 및/또는 셸에 적용될 수 있는 금속 산화물 나노 결정은 MgO, CaO, SrO, BaO, Al₂O₃ 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0104] 필요한 경우, 코어 및/또는 셸을 구성하는 반도체 나노 결정은 Eu, Er, Tb, Tm, Dy과 같은 희토류 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑(doping)되거나 도핑되지 않거나, 또는 Mn, Cu, Ag, Al, Mg과 같은 전이 금속 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑될 수 있다.
- [0105] 예를 들어, 양자점 또는 양자막대를 구성하는 코어는 ZnSe, ZnTe, CdSe, CdTe, InP, ZnCdS, Cu_xIn_{1-x}S, Cu_xIn_{1-x}Se, Ag_xIn_{1-x}S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 또한, 양자점 또는 양자막대를 구성하는 셸은 ZnS, GaP, CdS, ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, ZnS/ZnSe/CdSe, GaP/ZnS, CdS/CdZnS/ZnS, ZnS/CdSZnS, Cd_xZn_{1-x}S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0106] 한편, 양자점 또는 양자막대는 균질 합금(homogeneous alloy) 양자점/양자막대 또는 경도 합금(gradient alloy) 양자점/양자막대와 같은 합금 양자점/양자막대(alloy QDs/alloy QRs; 일례로, CdS_xSe_{1-x}, CdSe_xTe_{1-x}, Zn_xCd_{1-x}Se)일 수도 있다.
- [0107] 발광물질층(350)이 양자점 또는 양자막대와 같은 무기 발광 입자로 이루어지는 경우, 용매에 양자점 또는 양자막대를 포함하는 용액을 이용한 공정을 통하여 제 1 전하이동층(340), 예를 들어 정공수송층(344) 상에 도포된 뒤에, 용매를 휘발시킴으로써 발광물질층(350)을 형성한다.
- [0108] 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광물질층(350)은 용매에 발광 나노 입자인 양자점 또는 양자막대가 포함된 분산액을 코팅하는 용액 공정을 통하여 제 1 전하이동층(340) 상에 코팅하고, 용매를 휘발시켜 형성할 수 있다. 발광물질층(350)을 형성하는 방법으로서 스핀 코팅, 드롭 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 롤 코팅, 플로 코팅, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합할 수 있다.
- [0109] 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광물질층(350)은 440 nm, 530 nm, 620 nm의 PL 발광 특성을 가지는 나노 무기 발광 입자인 양자점 또는 양자막대를 포함하여 백색 발광다이오드를 제작할 수 있다. 선택적으로, 발광물질층(350)은 적색, 녹색, 청색 중 어느 하나의 색을 가지는 발광 나노 입자인 양자점 또는 양자막대를 포함하며, 그 중 어느 하나의 색으로 개별적으로 발광하도록 구현될 수 있다.
- [0110] 다른 선택적인 실시형태에서, 발광물질층(350)은 유기 발광 재료로 이루어질 수 있다. 발광물질층(350)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 통상적으로 사용되는 유기 발광 재료라면 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 발광물질층(350)은 적색, 녹색 및/또는 청색을 발광하는 유기 발광 재료로 이루어질 수 있으며, 형광 재료 또는 인광 재료를 포함할 수 있다. 또한, 발광물질층(350)을 구성하는 유기 발광 재료는 호스트(host) 및 도펀트(dopant)를 포함할 수 있다. 유기 발광 재료가 호스트-도펀트 시스템으로 이루어지는 경우, 도펀트는 호스트 중량에 대하여 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0111] 발광물질층(350)에 사용되는 유기 호스트는 통상적으로 사용하는 물질이라면 특별히 한정되지 않는다. 일례로, 발광물질층(350)에 사용되는 유기 호스트는 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum; Alq₃), TCTA, PVK, 4,4'-비스(N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐(4,4'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl; CBP), 4,4'-비스(9-카바졸릴)-2,2'-디메틸바이페닐(4,4'-Bis(9-carbazolyl)-2,2'-dimethylbiphenyl; CDBP), 9,10-디(나프탈렌-2-일)안트라센(9,10-di(naphthalene-2-yl)anthracene; ADN), 3-터르부틸-9,10-디(나프탈렌-2-일)안트라센(3-tert-butyl-9,10-di(naphthalene-2-yl)anthracene; TBADN), 2-메틸-9,10-비스(나프탈렌-2-일)안트라센(2-methyl-9,10-bis(naphthalene-2-yl)anthracene; MADN), 1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠(1,3,5-tris(N-phenylbenzimidazole-2-yl)benzene, TPBi), 디스티릴아릴렌(distyrylarylene; DSA), mCP, 1,3,5-트리스(카바졸-9-일)벤젠(1,3,5-tris(carbazol-9-yl)benzene; TCP) 등으

로 이루어질 수 있다.

- [0112] 발광물질층(350)이 적색을 발광할 때, 발광물질층(350)에 포함되는 도펀트는 5,6,11,12-테트라페닐나프탈렌(5,6,11,12-tetraphenyl-naphthalene; 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)이리듐(III)(Bis[1-(9,9-dimethyl-9H-fluoren-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-fluoren-2-yl)-quinoline](acetylacetonate)iridium(III); Ir(fliq)₂(acac)), 비스(2-페닐퀴놀린)(2-(3-메틸페닐)피리디네이트)이리듐(III)(Bis-(2-phenylquinoline)(2-(3-methylphenyl)pyridinate)iridium(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.
- [0113] 발광물질층(350)이 녹색을 발광할 때, 발광물질층(350)에 포함되는 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-톨릴)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.
- [0114] 발광물질층(350)이 청색을 발광할 때, 발광물질층(350)에 포함되는 도펀트는 4,4'-비스[4-(di-p-톨릴아미노)스트릴]바이페닐(4,4'-bis[4-(di-p-tolylamino)styryl]biphenyl; DPAVBi), 페릴렌(perylene), 2,5,8,11-테트라-터르-부틸페릴렌(2,5,8,11-tetra-tert-butylpherylene; TBPe), 비스(3,5-디플루오로-2-(2-피리딜)페닐-(2-카르복시피리딜)이리듐(III)(bis(3,5-difluoro-2-(2-pyridyl)phenyl-(2-carboxypyridyl)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.
- [0115] 필요에 따라, 발광물질층(350)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 발광물질층(350)은 지연형광 물질을 포함할 수 있다.
- [0116] 발광물질층(350)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 발광물질층(350)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법을 포함하는 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅, 드롭 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 롤 코팅, 플로 코팅, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다.
- [0117] 일례로, 발광물질층(350)은 5 내지 300 nm, 바람직하게는 10 내지 200 nm의 두께로 형성될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0118] 예시적인 실시형태에 따르면, 발광물질층(350)은 양자점 또는 양자막대와 같은 무기 발광 입자를 포함할 수 있다. 발광다이오드(300)의 전류 밀도를 증가시키거나 구동 전압을 높여서 휘도를 높이는 경우, 유기 발광 물질이 분해(degradation)될 수 있다. 발광을 구현하고자 하는 경우에 유기 발광 물질로 이루어지는 발광물질층이 쉽게 분해되면서 발광 수명이 저하될 수 있다.
- [0119] 한편, 제 2 전하이동층(360)은 발광물질층(350)과 제 2 전극(320) 사이에 위치한다. 본 실시형태에서, 제 2 전하이동층(360)은 발광물질층(350)으로 전자를 공급하는 전자이동층(electron transfer layer)일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 전하이동층(360)은 제 2 전극(320)과 발광물질층(350) 사이에서 제 2 전극(320)에 인접하게 위치하는 전자주입층(electron injection layer; EIL, 362)과, 제 2 전극(320)과 발광물질층(350) 사이에서 발광물질층(350)에 인접하게 위치하는 전자수송층(electron transport layer; ETL, 364)을 포함할 수 있다.

- [0120] 전자수송층(362)은 제 2 전극(320)으로부터 발광물질층(350)으로의 전자 주입을 용이하게 한다. 예를 들어, 전자수송층(362)은 Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In, Li와 같은 금속에 불소가 도핑되거나 결합된 소재로 이루어지거나, Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 이산화티타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO), 산화주석(SnO₂), 산화텅스텐(WO₃), 산화탄탈륨(Ta₂O₃)와 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0121] 전자수송층(364)은 발광물질층(350)으로 전자를 전달한다. 전자수송층(364)은 무기물 및/또는 유기물로 이루어질 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광물질층(350)이 무기 발광 입자로 이루어지는 경우, 발광물질층(350)과의 계면 결합을 방지하여 소자를 구동할 때 안정성을 확보할 수 있도록 전자수송층(362)은 무기물로 이루어질 수 있다. 전자수송층(364)이 전자 이동도(mobility)가 우수한 무기물로 이루어지는 경우, 제 2 전극(320)에서 제공되는 전자의 전달 속도가 향상될 수 있고, 전자 농도가 크기 때문에, 발광물질층(350)으로 전자가 효율적으로 수송될 수 있다.
- [0122] 또한, 발광물질층(350)이 무기 발광 입자로 이루어지는 경우, 유기 화합물의 최고준위점유분자궤도(highest occupied molecular orbital; HOMO)에 대응되는 무기 발광 입자의 가전자대(valence band; VB) 에너지 준위는 매우 깊다(deep). 통상적으로 전자 전달 특성을 가지는 유기 화합물의 HOMO 에너지 준위는 무기 발광 입자의 가전자대(VB) 에너지 준위보다 얕다(shallow). 이 경우, 제 1 전극(310)으로부터 무기 발광 입자로 이루어지는 발광물질층(350)으로 주입된 정공이 유기 화합물로 이루어지는 전자수송층(364)을 지나 제 2 전극(320)으로 누설(leakage)되는 문제가 발생할 수 있다.
- [0123] 따라서, 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자수송층(364)은 가전자대(VB) 에너지 준위가 상대적으로 깊은(deep) 무기물로 이루어질 수 있다. 바람직하게는, 가전자대(VB) 에너지 준위와, 유기 화합물의 최저준위비점유분자궤도(lowest unoccupied molecular orbital; LUMO) 에너지 준위에 대응되는 전도대(conduction band) 에너지 준위 사이의 에너지 밴드갭(Eg)이 넓은 무기물을 전자수송층(364)의 소재로 사용할 수 있다. 이 경우, 무기 발광 재료로 이루어질 수 있는 발광물질층(350)으로 주입된 정공이 전자수송층(364)으로 누설되지 않으며, 제 2 전극(320)으로부터 제공되는 전자가 효율적으로 발광물질층(350)에 주입될 수 있다.
- [0124] 전자수송층(364)이 무기물로 이루어지는 경우, 전자수송층(364)은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 금속산화물; Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 반도체 입자; 금속 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물을 포함한다.
- [0125] 일례로, 전자수송층(364)을 형성하는 금속산화물은 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 티타늄(Ti), 주석(Sn), 텅스텐(W), 탄탈륨(Ta), 하프늄(Hf), 알루미늄(Al), 지르코늄(Zr), 바륨(Ba) 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 금속의 산화물을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 전자수송층(364)을 형성하는 금속산화물은 티타늄산화물(TiO₂), 아연산화물(ZnO), 아연마그네슘산화물(ZnMgO), 아연칼슘산화물(ZnCaO), 지르코늄산화물(ZrO₂), 주석산화물(SnO₂), 주석마그네슘산화물(SnMgO), 텅스텐산화물(WO₃), 탄탈륨산화물(Ta₂O₃), 하프늄산화물(HfO₃), 알루미늄산화물(Al₂O₃), 바륨티타늄산화물(BaTiO₃), 바륨지르코늄산화물(BaZrO₃) 및 이들의 조합을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0126] 전자수송층(364)을 형성할 수 있는 다른 무기물은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 CdS, ZnSe, ZnS와 같은 반도체 입자; Si₃N₄와 같은 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물을 포함한다.
- [0127] 한편, 전자수송층(364)이 유기물로 이루어지는 경우, 전자수송층(364)은 옥사졸계 화합물, 이소옥사졸계 화합물, 트리아졸계 화합물, 이소티아졸계 화합물, 옥사디아졸계 화합물, 티아디아졸계 화합물, 페난트롤린(phenanthroline)계 화합물, 페릴렌(perylene)계 화합물, 벤조옥사졸계 화합물, 벤조티아졸계 화합물, 벤즈이미다졸계 화합물, 트리아진계 화합물이나 알루미늄 착물과 같은 유기물을 사용할 수 있다. 구체적으로, 전자수송층(364)을 구성할 수 있는 유기 물질은 3-(바이페닐-4-일)-5-(4-테트라부틸페닐)-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(3-(biphenyl-4-yl)-5-(4-tertbutylphenyl)-4-phenyl-4H-1,2,4-triazole, TAZ), 바소큐프로인(bathocuproine, 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; BCP), 2,2',2''-(1,3,5-벤자인트리일)-트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1H-benzimidazole); TPBi), 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum; Alq₃), 비스(2-메틸-8-퀴놀리나토)-4-페닐페놀레이트 알루미늄(III) (bis(2-methyl-8-quinolinato)-4-phenylphenolatealuminum (III); Balq), 비스(2-메틸-퀴놀리나토)(트

리페닐실록시) 알루미늄(III)(bis(2-methyl-quinolinato)(tripnehylsiloxy) aluminum (III); Salq) 및 이들의 조합으로 구성되는 소재에서 선택될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

- [0128] 제 1 전하이동층(340)과 유사하게, 도 2에서 제 2 전하이동층(360)은 전자주입층(362)과 전자수송층(364)의 2층으로 도시하였으나, 제 2 전하이동층(360)은 전자수송층(364)의 1층으로만 이루어질 수도 있다. 또한, 전술한 무기물로 이루어지는 전자 수송 재료에 세슘카보네이트를 블렌딩한 전자수송층(364)의 1층으로 제 2 전하이동층(360)을 형성할 수도 있다.
- [0129] 전자주입층(362) 및/또는 전자수송층(364)을 포함하는 제 2 전하이동층(360)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법과 같은 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅, 드롭 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 몰 코팅, 플로 코팅, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 형성될 수 있다. 일례로, 전자주입층(362) 및 전자수송층(364)은 각각 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0130] 한편, 제 1 전하이동층(340)을 구성하는 정공수송층(344)이 유기물로 이루어지고, 제 2 전하이동층(360)이 무기물로 이루어지는 혼성 전하이동층을 도입하는 경우, 발광다이오드(300)의 발광 특성이 향상될 수 있다.
- [0131] 선택적인 실시형태에서, 정공이 발광물질층(350)을 지나 제 2 전극(320)으로 이동하거나, 전자가 발광물질층(350)을 지나 제 1 전극(310)으로 이동하는 경우, 소자의 수명과 효율에 감소를 가져올 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 발광다이오드(300)는 발광물질층(350)에 인접하여 적어도 1개의 엑시톤 차단층이 위치할 수 있다.
- [0132] 예를 들어, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 양자점 발광다이오드(300)는 정공수송층(344)과 발광물질층(350) 사이에 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(electron blocking layer, EBL, 도시하지 않음)이 위치할 수 있다. 일례로, 전자차단층(도시하지 않음)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, 트리-p-톨릴아민(tri-p-tolylamine), 1,1-비스(4-(N,N-디(p-톨릴)아미노)페닐)사이클로헥산(1,1-bis(4-(N,N'-di(ptolyl)amino)phenyl)cyclohexane; TAPC), m-MTDATA, 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(1,3-bis(N-carbazolyl)benzene;mCP), 3,3'-비스(N-카바졸릴)-1,1'-바이페닐(3,3'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl; mCBP), Poly-TPD, 프탈로시아닌구리(copper phthalocyanine; CuPc), DNTPD 및/또는 1,3,5-트리스[4-(디페닐아미노)페닐]벤젠(1,3,5-tris[4-(diphenylamino)phenyl]benzene; TDAPB) 등으로 이루어질 수 있다.
- [0133] 또한, 발광물질층(350)과 전자수송층(364) 사이에 제 2 엑시톤 차단층으로서 정공차단층(hole blocking layer, HBL, 도시하지 않음)이 위치하여 발광물질층(350)과 전자수송층(364) 사이에서의 정공의 이동을 방지할 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공차단층(도시하지 않음)의 소재로서 전자수송층(364)에 사용될 수 있는 옥사졸계 화합물, 이소옥사졸계 화합물, 트리아졸계 화합물, 이소티아졸계 화합물, 옥사디아졸계 화합물, 티아디아졸계 화합물, 페난트롤린(phenanthroline)계 화합물, 페릴렌(perylene)계 화합물, 벤즈사졸계 화합물, 벤조티아졸계 화합물, 벤즈이미다졸계 화합물, 트리아진계 화합물이나 알루미늄 착물과 같은 유기물을 사용할 수 있다.
- [0134] 예를 들어 정공차단층(도시하지 않음)은 발광물질층(350)에 사용된 소재와 비교해서 HOMO 에너지 준위가 깊은 (낮은) 2,9-디메틸-4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; BCP), BAlq, Alq3, PBD, 스파이로-PBD 및/또는 Liq 등으로 이루어질 수 있다.
- [0135] 전술한 바와 같이, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 카바졸 모이어티 또는 플루오렌 모이어티를 가지는 축합 방향족 고리를 가지고 있어 HOMO 에너지 준위가 낮다. 또한 정공 이동 특성이 우수한 작용기로 치환되어 정공 전달 특성이 우수하다. 이에 따라 발광다이오드(300)에서 정공과 전자가 균형 있게 발광물질층(350)으로 주입될 수 있는데, 이에 대하여 설명한다.
- [0136] 도 3은 종래 발광다이오드를 구성하는 전극과 전극 사이에 위치하는 발광층을 구성하는 재료들의 에너지 준위를 개략적으로 나타낸 다이어그램이다. 발광다이오드는 정공 주입 전극(제 1 전극)과 전자 주입 전극(제 2 전극) 사이에 형성된 발광물질층(EML)에 전하 캐리어를 주입하면 전자(electron, e^-)와 정공(hole, h^+)이 쌍을 이룬 후 소멸하면서 빛을 내는 소자이다. 발광물질층(EML)은 발광 재료로 이루어지는데, 제 1 전극과 제 2 전극에서 각각 주입된 정공(h^+)과 전자(e^-)가 발광물질층(EML)에서 만나 엑시톤(Exciton)을 형성한다. 이 에너지에 의하여 발광물질층(EML)에 포함된 발광 재료가 여기 상태(excited state)가 되는데, 발광 재료가 여기 상태에서 바

다상태(ground state)로 에너지 전이가 발생하고, 발생한 에너지를 빛으로 방출하여 발광한다.

[0137] 한편, 정공주입층(HIL) 및 정공수송층(HTL)은 제 1 전극으로부터 발광물질층(EML)으로 양전하 캐리어인 정공(h^+)을 주입, 전달하고, 전자수송층(ETL)은 제 2 전극으로부터 발광물질층(EML)으로 음전하 캐리어인 전자(e^-)를 주입, 전달한다. 정공(h^+)과 전자(e^-)를 발광물질층(EML)으로 주입, 전달할 수 있도록, 각각의 층은 적절한 밴드갭 에너지를 가지는 재료로 이루어져야 한다.

[0138] 그런데, 발광물질층(EML)을 구성하는 발광 재료의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)은 종래의 전자수송층(HTL)을 구성하는 정공 수송 재료의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)에 비하여 낮다. 특히, 발광물질층(EML)의 발광 재료로서 양자점 또는 양자막대와 같은 무기 발광 입자를 사용하는 경우, 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위에 대응되는 무기 발광 입자의 가전자대(valence band; VB) 에너지 준위(VB_{EML})은 유기 발광 재료의 HOMO 에너지 준위에 비하여 더욱 낮다.

[0139] 한편, 발광물질층(EML)을 구성하는 발광 재료의 최저준위비점유분자궤도(Lowest Unoccupied Molecular orbital; LUMO) 에너지 준위($LUMO_{EML}$)는 높다. 따라서 정공수송층(HTL)에서 발광물질층(EML)으로 정공이 수송될 때와, 전자수송층(ETL)에서 발광물질층(EML)으로 전자가 수송될 때, 발광물질층(EML)을 구성하는 발광 재료의 에너지 준위와 인접한 전자수송층 사이의 에너지 준위의 차이에 기인하는 에너지 장벽이 형성된다.

[0140] 하지만, 전자수송층(ETL)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{ETL}$)와 발광물질층(EML)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{EML}$)의 차이(ΔG_L)에 비하여, 정공수송층(HTL)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)와 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)의 차이(ΔG_H)가 훨씬 크다. 즉, 정공수송층(HTL)을 구성하는 유기 화합물의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)에 비하여 발광물질층(EML)의 발광 재료는 매우 낮은 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)를 가지고 있다.

[0141] 따라서 발광물질층(EML)으로의 전자의 이동 및 주입에 비하여, 발광물질층(EML)으로의 정공의 이동 및 주입이 지연된다. 이에 따라 발광물질층(EML)으로 양전하인 정공(h^+)과 음전하인 전자(e^-)가 균형 있게 주입될 수 없다. 특히, 발광물질층(EML)이 매우 낮은 가전자대 준위(VB_{EML})를 가지는 무기 발광 입자를 포함하는 경우, 정공(h^+)과 전자(e^-)의 주입 불균형 문제는 더욱 심각하게 나타난다.

[0142] 정공(h^+)에 비하여 전자(e^-)가 과도하게 발광물질층(EML)으로 주입되면서, 과도하게 주입된 전자(e^-)의 상당 부분은 정공(h^+)과 재결합하여 엑시톤을 형성하지 못하고 소멸된다(electron quenching). 정공(h^+)에 비하여 전자(e^-)가 과도하게 발광물질층(EML)으로 주입됨에 따라, 정공(h^+)과 전자(e^-)가 발광물질층(EML)을 구성하는 발광 재료에서 재결합되지 못하고, 발광물질층(EML)과 정공수송층(HTL)의 계면에서 재결합된다. 이에 따라, 발광다이오드의 발광 효율이 저하될 뿐만 아니라, 원하는 발광을 구현하기 위해서 높은 구동 전압이 요구되어 소비 전력을 증가시키는 원인이 되고 있다.

[0143] 하지만, 본 발명에 따르면, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공수송층에 도입하여 이러한 문제를 해결할 수 있다. 도 4는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 발광다이오드를 구성하는 전극과 발광층을 구성하는 재료들의 에너지 준위를 개략적으로 나타낸 다이어그램이다.

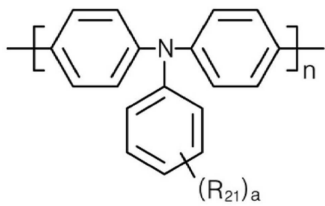
[0144] 도 4에 개략적으로 도시한 바와 같이, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공이동층, 예를 들어 정공수송층(HTL)에 적용하는 경우, 정공수송층(HTL)의 전체적인 HOMO 에너지 준위가 낮아진다(deep $HOMO_{HTL}$). 이에 따라, 정공수송층(HTL)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)와 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)의 차이($\Delta G'_H$)가 크게 감소하여 정공수송층(HTL)과 발광물질층(EML) 사이의 에너지 장벽을 제거할 수 있다. 즉, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공수송층(HTL)에 적용함으로써, 정공수송층(HTL)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)와 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)의 차이($\Delta G'_H$)는, 전자수송층(ETL)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{ETL}$) 또는 전도대(conduction band) 에너지 준위(CB_{ETL})와, 발광물질층(EML)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{EML}$)의 차이(ΔG_L)와 실질적으로 동일해진다.

[0145] 이와 같이, 화학식 1 내지 화학식 3의 유기 화합물을 정공이동층에 사용함으로써, 정공(h^+)과 전자(e^-)가 발

광물질층(EML)으로 균형 있게 주입되어 엑시톤을 형성하기 때문에, 엑시톤을 형성하지 못하고 소멸되는 전자(e^-)가 감소하거나 없어진다. 또한 발광물질층(EML)과 인접한 전하이동층(HTL, ETL)의 계면이 아니라, 발광물질층(EML)에 주입된 발광 재료에서 발광이 효율적으로 일어날 수 있다. 따라서 발광다이오드(300)의 발광 효율을 극대화할 수 있으며, 저-전압에서 구동이 가능해지므로 소비 전력을 낮출 수 있다.

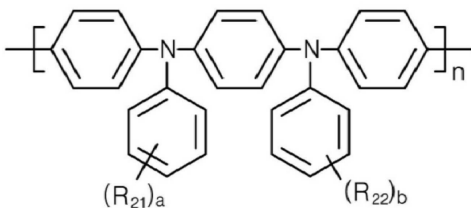
[0146] 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 정공수송층(344)에 단독으로 사용될 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 정공수송층(344)의 도펀트(dopant)로 사용될 수 있다. 이때, 정공수송층(344)의 호스트(host)는 특별히 제한되는 것은 아니지만, 정공 이동도(hole mobility)가 우수한 아릴 아민 모이어티, 플루오렌 모이어티 및/또는 카바졸 모이어티를 가지는 유기 재료를 사용할 수 있다. 일례로, 정공수송층(344)의 호스트는 하기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 유기 재료를 포함할 수 있다.

[0147] [화학식 4]



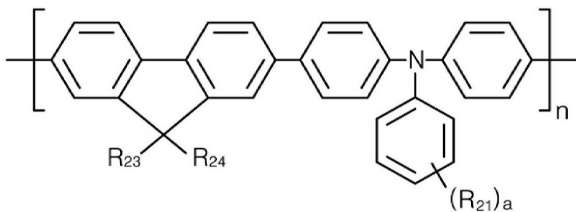
[0148]

[0149] [화학식 5]



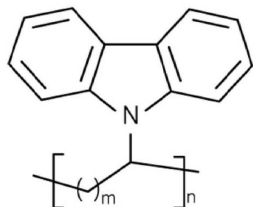
[0150]

[0151] [화학식 6]



[0152]

[0153] [화학식 7]



[0154]

[0155] 화학식 4 내지 화학식 6에서, R_{21} 내지 R_{24} 는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C_1 - C_{20} 직쇄 또는 측쇄의 알킬기, 치환되지 않거나 치환된 C_1 - C_{20} 알콕시기, 치환되지 않거나 치환된 C_5 - C_{30} 호모 아릴기 또는 치환되지 않거나 치환된 C_4 - C_{30} 헤테로 아릴기임; a와 b는 각각 1 내지 4의 정수임; 화학식 7에서 m은 1 내지 10의 정수임; 화학식 4 내지 7에서 n은 1 이상의 정수임.

[0156] 정공수송층(344)이 호스트와 도펀트로 이루어지는 경우, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 1 내지 50 중량%의 비율로 첨가될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0157] 예시적인 실시형태에서, 화학식 4 내지 화학식 6에서 R₂₁ 내지 R₂₄는 각각 독립적으로 치환되지 않거나 치환된 C₁-C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기이다. 일례로, 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 유기 화합물은 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]; poly-TPD, p-TPD), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민))](poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine)]); TFB), 폴리(N-비닐카바졸)(poly(N-vinylcarbazole); PVK), 폴리[비스(4-페닐)(2,4,6-트리메틸페닐)아민](poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]; PTAA) 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 제한되지 않는다.
- [0158] 그 외에도, 정공수송층(344)의 호스트는 비-고분자 형태의 유기 물질을 포함할 수 있다. 비-고분자 형태의 정공수송 호스트는 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘(N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine; TPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-2,7-디아미노-9,9'-스피로플루오렌(N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-2,7-diamino-9,9'-spirofluorene; spiro-TPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-9,9'-디옥틸플루오렌(N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-9,9'-dioctylfluorene; DOFL-TPD), N₂,N₇-디(나프탈렌-1-일)-9,9-디옥틸-N₂,N₇-디페닐-9H-플루오렌-2,7-디아민(N₂,N₇-Di(naphthalene-1-yl)-9,9-dioctyl-N₂,N₇-diphenyl-9H-fluorene-2,7-diamine; DOFL-NPB), N,N'-비스(4-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘(N,N'-Bis(4-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine), N¹,N⁴-디페닐-N¹,N⁴-디-m-톨릴벤젠-1,4-디아민(N¹,N⁴-diphenyl-N¹,N⁴-di-m-tolylbenzene-1,4-diamine; TTP), N,N,N',N'-테트라(3-메틸페닐)-3,3'-디메틸벤지딘(N,N,N',N'-tetra(3-methylphenyl)3,3'-dimethylbenzidien; HMTPD), 디-[4-(N,N'-디-p-톨릴-아미노)-페닐]사이클로헥산(di-[4-(N,N'-di-p-tolyl-amion)-phenyl]cyclohexane; TAPC), N₄,N₄'-비스(4-(6-((3-에틸옥세탄-3-일)메톡시)헥실)페닐)-N₄,N₄'-디페닐바이페닐-4,4'-디아민(N₄,N₄'-Bis(4-(6-((3-ethylloxetan-3-yl)methoxy)hexyl)phenyl)-N₄,N₄'-diphenylbiphenyl-4,4'-diamine; OTPD), 4,4',4"-트리스(N,N-페닐-3-메틸페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4"-tris(N,N-phenyl-3-methylphenylamino)triphenylamine) 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0159] 이때, 정공수송층(344)의 호스트로서 폴리머를 사용하고, 화학식 1 내지 화학식 3로 표시되는 유기 화합물을 도펀트로 병용하는 것이 바람직할 수 있다. 이 경우, 정공수송층(344)의 정공 이동도 특성이 향상되고, 정공수송층(344)의 HOMO 에너지 준위(HOMO_{HLL})를 낮추어(deep HOMO_{HLL}), 정공수송층(344)과 발광물질층(350) 사이의 HOMO 에너지 장벽을 낮추거나 제거할 수 있다.
- [0160] 전술한 제 1 실시형태에서는 정공수송층이 단일 층으로 이루어진 발광다이오드를 예시하였다. 이와 달리, 발광다이오드는 2개 이상의 정공수송층으로 이루어질 수 있다. 도 5는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0161] 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 발광다이오드(400)는 제 1 전극(410), 제 1 전극(410)과 마주하는 제 2 전극(420), 제 1 전극(410)과 제 2 전극(420) 사이에 위치하는 발광물질층(450)을 포함하는 발광 유닛(430)을 포함한다. 발광 유닛(430)은, 제 1 전극(410)과 발광물질층(450) 사이에 위치하는 제 1 전하이동층(440)과, 제 2 전극(420)과 발광물질층(450) 사이에 위치하는 제 2 전하이동층(460)을 포함한다.
- [0162] 본 발명의 제 2 실시형태에서, 제 1 전극(410)은 정공 주입 전극일 수 있고, 제 2 전극(420)은 전자 주입 전극일 수 있다. 제 1 전하이동층(440)은 정공이동층일 수 있고, 정공주입층(442)과 정공수송층(444)을 포함할 수 있다. 발광물질층(450)은 양자점 또는 양자막대와 같은 무기 발광 입자로 이루어지거나, 유기 호스트와 유기 도펀트와 같은 유기 발광 재료로 이루어질 수 있다. 제 2 전하이동층(460)은 전자이동층일 수 있고, 전자주입층(462)과 전자수송층(464)을 포함할 수 있다.
- [0163] 선택적인 실시형태에서, 발광다이오드(400)는 정공수송층(444)과 발광물질층(450) 사이에 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(도시하지 않음) 및/또는 발광물질층(450)과 전자수송층(464) 사이에 정공의 이동을 제어, 방지할 수 있는 정공차단층(도시하지 않음)과 같은 적어도 1개의 엑시톤 차단층을 더욱 포함할 수 있다. 정공수송층(444)을 제외한 발광층(430)의 구성은 본 발명의 제 1 실시형태에서 설명한 구성 및 기능과 실질적으로 동일하므로, 상세한 설명은 생략한다.
- [0164] 본 실시형태에서, 정공수송층(440)은 정공주입층(442)과 발광물질층(450) 사이에 위치하는 제 1 정공수송층(444a)과, 제 1 정공수송층(444a)과 발광물질층(450) 사이에 위치하는 제 2 정공수송층(444b)을 포함한다. 화학

식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 축합 아릴 고리를 포함하고 있어서 HOMO 에너지 준위가 낮다. 이러한 점을 고려할 때, 제 1 정공수송층(444a)은 다른 정공 수송 물질을 포함하고, 제 2 정공수송층(444b)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다.

[0165] 제 1 정공수송층(444a)에 포함될 수 있는 정공 수송 물질은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 정공 이동도(hole mobility)가 우수한 아릴 아민 모이어티, 플루오렌 모이어티 및/또는 카바졸 모이어티를 가지는 유기 재료를 사용할 수 있다. 일례로, 제 1 정공수송층(444a)에 사용될 수 있는 정공 수송 재료는 상기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 유기 재료를 포함할 수 있다. 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 유기물질은 p-TPD, TFB, PVK, PTAA 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0166] 선택적인 실시형태에서, 제 1 정공수송층(444a)은 비-고분자 형태의 정공 수송 물질을 포함할 수 있다. 제 1 정공수송층(444a)에 사용될 수 있는 비-고분자 형태의 정공 수송 물질은 TPD, spiro-TPD, DOFL-TPD, DOFL-NPB, TTP, HMTDP, TAPC, OTPD, 4,4',4"-트리스(N,N-페닐-3-메틸페닐아미노)트리페닐아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0167] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공수송층(444a)에 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 정공 수송 물질을 사용하고, 제 2 정공수송층(444b)에 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 이 경우, 정공수송층(444)의 정공 이동도 특성이 향상되고, 제 2 정공수송층(444a)의 낮은 HOMO 에너지 준위(HOMO_{HIL2})로 인하여, 정공수송층(444)과 발광물질층(450) 사이의 HOMO 에너지 장벽을 낮출 수 있다. 이에 따라, 정공과 전자가 발광물질층(450)으로 균형 있게 주입되어, 발광 효율을 향상시키고, 발광다이오드(400)의 소비 전력을 낮출 수 있다.

[0168] 한편, 전술한 실시형태에서는 일함수(work function)이 상대적으로 낮은 제 1 전극과 발광물질층 사이에 정공이동층이 위치하고, 일함수가 상대적으로 높은 제 2 전극과 발광물질층 사이에 전자이동층이 위치하는 정상 구조(normal structure)를 가지는 양자점 발광다이오드에 대해서 설명하였다. 발광다이오드는 정상 구조가 아닌 반전 구조(inverted structure)를 가질 수 있는데, 이에 대해서 설명한다. 도 6은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도로서, 반전 구조(inverted structure)를 가지는 발광다이오드를 보여준다.

[0169] 도 6에 나타난 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드(00)는 제 1 전극(510), 제 1 전극(510)과 마주하는 제 2 전극(520), 제 1 전극(510)과 제 2 전극(520) 사이에 위치하는 발광물질층(550)을 포함하는 발광층(530)을 포함한다. 발광층(530)은, 제 1 전극(510)과 발광물질층(550) 사이에 위치하는 제 1 전하이동층(540)과, 제 2 전극(520)과 발광물질층(550) 사이에 위치하는 제 2 전하이동층(560)을 포함한다.

[0170] 본 실시형태에서, 제 1 전극(510)은 전자 주입 전극과 같은 음극(cathode)일 수 있다. 일례로, 제 1 전극(510)은 ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO₂, In₂O₃, Cd:ZnO, F:SnO₂, In:SnO₂, Ga:SnO₂ 및 AZO와 같은 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물이거나, 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브를 포함하는 소재로 이루어질 수 있다.

[0171] 제 2 전극(520)은 정공 주입 전극과 같은 양극(anode)일 수 있다. 일례로 제 2 전극(520)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg일 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(510)과 제 2 전극(520)은 5 내지 300 nm, 바람직하게는 10 내지 200 nm의 두께로 적층될 수 있다.

[0172] 본 실시형태에서, 제 1 전하이동층(540)은 발광물질층(550)으로 전자를 공급하는 전자이동층일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 전하이동층(540)은 제 1 전극(510)과 발광물질층(550) 사이에서 제 1 전극(510)에 인접하게 위치하는 전자주입층(542)과, 제 1 전극(510)과 발광물질층(550) 사이에서 발광물질층(550)에 인접하게 위치하는 전자수송층(544)을 포함한다.

[0173] 전자주입층(542)은 Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In, Li과 같은 금속에 불소가 도핑되거나 결합된 소재로 이루어지거나, Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 TiO₂, ZnO, ZrO, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃와 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.

[0174] 전자수송층(544)은 무기물 및/또는 유기물로 이루어질 수 있다. 예시적인 실시형태에 따르면, 전하 이동도가 우수하며, 발광물질층(550)의 HOMO 에너지 준위보다 낮은 HOMO 에너지 준위(또는 가전자대 에너지 준위)를 가지는 무기물을 전자수송층(544)에 적용하는 것이 바람직할 수 있다.

- [0175] 전자수송층(544)이 무기물로 이루어지는 경우, 전자수송층(554)은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 금속산화물; Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 반도체 입자; 금속 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물을 포함한다.
- [0176] 일례로, 전자수송층(544)을 형성하는 금속산화물은 아연(Zn), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 티타늄(Ti), 주석(Sn), 텅스텐(W), 탄탈륨(Ta), 하프늄(Hf), 알루미늄(Al), 지르코늄(Zr), 바륨(Ba) 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 금속의 산화물을 포함할 수 있다.
- [0177] 보다 구체적으로, 전자수송층(544)을 형성하는 금속산화물은 티타늄산화물(TiO₂), 아연산화물(ZnO), 아연마그네슘산화물(ZnMgO), 아연칼슘산화물(ZnCaO), 지르코늄산화물(ZrO₂), 주석산화물(SnO₂), 주석마그네슘산화물(SnMgO), 텅스텐산화물(WO₃), 탄탈륨산화물(Ta₂O₃), 하프늄산화물(HfO₃), 알루미늄산화물(Al₂O₃), 바륨티타늄산화물(BaTiO₃), 바륨지르코늄산화물(BaZrO₃) 및 이들의 조합을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0178] 전자수송층(544)을 형성할 수 있는 다른 무기물은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 CdS, ZnSe, ZnS와 같은 반도체 입자; Si₃N₄와 같은 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물을 포함한다.
- [0179] 전자수송층(544)이 유기물로 이루어지는 경우, 전자수송층(544)은 옥사졸계 화합물, 이소옥사졸계 화합물, 트리아졸계 화합물, 이소티아졸계 화합물, 옥사디아졸계 화합물, 티아디아졸계 화합물, 페릴렌(perylene)계 화합물 이나 알루미늄 착물을 사용할 수 있다. 구체적으로, 전자수송층(544)을 구성할 수 있는 유기 물질은 TAZ, BCP, TPBi, Alq₃, Balq, Salq 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0180] 제 1 전하이동층(540)은 전자수송층(544)의 1층으로만 이루어질 수도 있다. 또한, 전술한 무기물로 이루어지는 전자 수송 재료에 세슘카보네이트를 블렌딩한 전자수송층(544)의 1층으로 제 1 전하이동층(540)을 형성할 수도 있다. 전자주입층(542) 및/또는 전자수송층(544)을 포함하는 제 1 전하이동층(540)은 용액 공정을 사용하여 형성될 수 있다. 일례로, 전자주입층(542) 및 전자수송층(544)은 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0181] 발광물질층(550)은 무기 발광 입자 또는 유기 발광 재료로 이루어질 수 있다. 무기 발광 입자는 양자점 또는 양자막대와 같은 나노 무기 발광 입자일 수 있다. 양자점 또는 양자막대는 단일 구조를 가지거나, 코어/셸의 이중 구조를 가질 수 있다. 이때, 셸은 하나의 셸로 이루어질 수도 있고, 다수의 셸(multi shells)로 이루어질 수도 있다. 양자점 또는 양자막대는 타입-I 코어/셸 구조, 타입 II 코어/셸 구조, 리버스 타입-I(reverse type-I) 코어/셸 구조를 가질 수 있다.
- [0182] 하나의 예시적인 실시형태에서, 코어 및 셸은 양자 구속 효과를 가지는 반도체 나노 결정, 금속 산화물 나노 결정일 수 있다. 일례로, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 반도체 나노 결정은, 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 IV-VI족 화합물 반도체 나노 결정, 주기율표 I-III-VI족 화합물 반도체 나노 결정 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0183] 구체적으로, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 MgS, MgSe, MgTe, CaS, CaSe, CaTe, SrS, SrSe, SrTe, BaS, BaSe, BaTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnSeS, ZnTeSe, ZnO, CdS, CdSe, CdTe, CdSeS, CdZnS, CdSeTe, CdO, HgS, HgSe, HgTe, CdZnTe, HgCdTe, HgZnSe, HgZnTe, CdS/ZnS, CdS/ZnSe, CdSe/ZnS, CdSe/ZnSe, ZnSe/ZnS, ZnS/CdS/ZnS, CdS/CdZnS/ZnS, ZnS/ZnSe/CdSe 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정은 AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, Ga₂O₃, GaAs, GaSb, InN, In₂O₃, InP, InAs, InSb, AlGaAs, InGaAs, InGaP, AlInAs, AlInSb, GaAsN, GaAsP, GaAsSb, AlGaN, AlGaP, InGaN, InAsSb, InGaSb, AlGaInP, AlGaAsP, InGaAsP, InGaAsSb, InAsSbP, AlInAsP, AlGaAsN, InGaAsN, InAlAsN, GaAsSbN, GaInAsSb 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0184] 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 IV-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 TiO₂, SnO₂, SnS, SnS₂, SnTe, PbO, PbO₂, PbS, PbSe, PbTe, PbSnTe 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 또한, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 주기율표 I-III-VI족 화합물 반도체 나노 결정은 AgGaS₂, AgGaSe₂, AgGaTe₂, AgInS₂,

CuInS₂, CuInSe₂, Cu₂SnS₃, CuGaS₂, CuGaSe₂ 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.

- [0185] 필요에 따라, 코어 및/또는 셸은 InP/ZnS, InP/ZnSe, GaP/ZnS와 같이 주기율표 III-V족 화합물 반도체 나노 결정 및 주기율표 II-VI족 화합물 반도체 나노 결정과 같이 상이한 족의 화합물 반도체 나노 결정이 다수의 층을 형성할 수도 있다.
- [0186] 또한, 코어 및/또는 셸을 형성할 수 있는 금속 산화물 나노 결정은 주기율표 II족 또는 III족 금속 산화물 결정일 수 있다. 일례로, 코어 및/또는 셸에 적용될 수 있는 금속 산화물 나노 결정은 MgO, CaO, SrO, BaO, Al₂O₃ 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0187] 필요한 경우, 코어 및/또는 셸을 구성하는 반도체 나노 결정은 Eu, Er, Tb, Tm, Dy과 같은 희토류 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑(doping)되거나 도핑되지 않거나, 또는 Mn, Cu, Ag, Al, Mg과 같은 전이 금속 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑될 수 있다.
- [0188] 예를 들어, 양자점 또는 양자막대를 구성하는 코어는 ZnSe, ZnTe, CdSe, CdTe, InP, ZnCdS, Cu_xIn_{1-x}S, Cu_xIn_{1-x}Se, Ag_xIn_{1-x}S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 또한, 양자점 또는 양자막대를 구성하는 셸은 ZnS, GaP, CdS, ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, ZnS/ZnSe/CdSe, GaP/ZnS, CdS/CdZnS/ZnS, ZnS/CdSZnS, Cd_xZn_{1-x}S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0189] 한편, 양자점 또는 양자막대는 균질 합금(homogeneous alloy) 양자점/양자막대 또는 경도 합금(gradient alloy) 양자점/양자막대와 같은 합금 양자점/양자막대(alloy QDs/alloy QRs; 일례로, CdS_xSe_{1-x}, CdSe_xTe_{1-x}, Zn_xCd_{1-x}Se)일 수도 있다.
- [0190] 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광물질층(550)은 용매에 발광 나노 입자인 양자점 또는 양자 막대가 포함된 분산액을 코팅하는 용액 공정을 통하여 제 1 전하이동층(540) 상에 코팅하고, 용매를 휘발시켜 형성할 수 있다. 발광물질층(550)을 형성하는 방법으로서 스핀 코팅, 드롭 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 롤 코팅, 플로 코팅, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합할 수 있다.
- [0191] 발광물질층(550)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 발광물질층(550)은 적색, 녹색 및/또는 청색을 발광하는 유기 발광 재료로 이루어질 수 있으며, 형광 재료 또는 인광 재료를 포함할 수 있다. 또한, 발광물질층(550)을 구성하는 유기 발광 재료는 호스트(host) 및 도펀트(dopant)를 포함할 수 있다. 유기 발광 재료가 호스트-도펀트 시스템으로 이루어지는 경우, 도펀트는 호스트 중량에 대하여 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 필요에 따라, 발광물질층(550)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 발광물질층(550)은 지연형광 물질을 포함할 수 있다.
- [0192] 발광물질층(550)이 유기 발광 재료로 이루어지는 경우, 발광물질층(550)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법을 포함하는 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅, 드롭 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 롤 코팅, 플로 코팅은 물론이고, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다. 일례로, 발광물질층(550)은 5 내지 300 nm, 바람직하게는 10 내지 200 nm의 두께로 형성될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0193] 한편, 본 발명의 제 3 실시형태에서, 제 2 전하이동층(560)은 발광물질층(550)으로 정공을 공급하는 정공이동층일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 전하이동층(560)은 제 2 전극(520)과 발광물질층(550) 사이에서 제 2 전극(520)에 인접하게 위치하는 정공주입층(562)과, 제 2 전극(520)과 발광물질층(550) 사이에서 발광물질층(550)에 인접하게 위치하는 정공수송층(564)을 포함한다.
- [0194] 정공주입층(562)은 PEDOT:PSS, F4-TCNQ이 도핑된 TDATA, 예를 들어 F4-TCNQ가 도핑된 ZnPc와 같은 p-도핑된 프탈로시아닌, F4-TCNQ가 도핑된 α-NPD, HAT-CN 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 물질로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 일례로 F4-TCNQ와 같은 도펀트는 호스트에 대하여 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있다. 정공주입층(562)은 발광다이오드(500)의 구조 및 형태에 따라 생략될 수 있다.
- [0195] 정공수송층(564)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 포함한다. 일례로, 정공수송층(564)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물로만 이루어질 수 있다. 다른 선택적인 실시형태에서, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 정공수송층(564)의 도펀트로 사용될 수 있다. 이 경우, 정공수송층(564)은 호스트로 사용될 수 있는 다른 정공 수송 물질을 포함한다.

- [0196] 정공수송층(564)의 호스트는 특별히 제한되지 않지만, 정공 이동도가 우수한 아릴 아민 모이어티, 플루오렌 모이어티 및/또는 카바졸 모이어티를 가지는 고분자 재료일 수 있다. 일례로, 정공수송층(564)의 호스트는 상기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 고분자 유기 재료일 수 있다. 정공수송층(564)의 호스트로 사용될 수 있는 고분자 유기 재료는 p-TPD, TFB, PVK, PTAA 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 제한되지 않는다.
- [0197] 다른 선택적인 실시형태에서, 정공수송층(564)의 호스트는 비-고분자 유기 물질을 포함한다. 비-고분자 형태의 정공 수송 호스트는 TPD, spiro-TPD, DOFL-TPD, DOFL-NPB, TTP, HMTPD, TAPC, OTPD, 4,4',4"-트리스(N,N-페닐-3-메틸페닐아미노)트리페닐아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0198] 도 6에서, 정공이동층일 수 있는 제 2 전하이동층(560)은 정공주입층(562)과 정공수송층(564)으로 구분되어 있다. 이와 달리, 제 2 전하이동층(560)은 하나의 층으로 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 제 2 전하이동층(560)은 정공주입층(562)이 생략되고 정공수송층(564)만으로 이루어질 수도 있고, 전술한 정공 수송 유기물에 정공 주입 물질(일례로 PEDOT:PSS)이 도핑되어 이루어질 수도 있다.
- [0199] 정공주입층(562) 및 정공수송층(564)을 포함하는 제 2 전하이동층(560)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법과 같은 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating), 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 정공주입층(562)과 정공수송층(564)의 두께는 각각 10 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 10 nm 내지 100 nm일 수 있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0200] 제 1 및 제 2 실시형태와 유사하게, 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드(500)는 발광물질층(550)에 인접하여 적어도 1개의 엑시톤 차단층이 위치할 수 있다. 예를 들어, 발광다이오드(500)는 발광물질층(550)과 정공수송층(564) 사이에 위치하여 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(도시하지 않음) 및/또는 전자수송층(544)과 발광물질층(550) 사이에 위치하여 정공의 이동을 제어, 방지할 수 있는 정공차단층(도시하지 않음)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0201] 본 발명의 제 3 실시형태에 따른 발광다이오드(500)에서 제 2 전극(520)과 발광물질층(550) 사이에 위치하는 제 2 전하이동층(560)을 구성하는 정공수송층(564)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 포함하고 있다. 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물은 HOMO 에너지 준위가 매우 낮다. 이에 따라, 도 7에 개략적으로 도시한 바와 같이, 정공수송층(HTL)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)와 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)의 차이($\Delta G'_H$)가 크게 감소하여 정공수송층(HTL)과 발광물질층(EML) 사이의 에너지 장벽을 제거할 수 있다.
- [0202] 즉, 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 정공수송층(HTL)에 적용함으로써, 정공수송층(HTL)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{HTL}$)와 발광물질층(EML)의 HOMO 에너지 준위($HOMO_{EML}$)의 차이($\Delta G'_H$)는, 전자수송층(ETL)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{ETL}$)와 발광물질층(EML)의 LUMO 에너지 준위($LUMO_{EML}$)의 차이(ΔG_L)와 동일해지거나 큰 차이를 갖지 않는다. 정공(h^+)과 전자(e^-)가 발광물질층(EML)으로 균형 있게 주입되어 엑시톤을 형성하기 때문에, 엑시톤을 형성하지 못하고 소멸되는 전자(e^-)가 감소하거나 없어진다. 또한 발광물질층(EML)과 인접한 전하이동층(HTL, ETL)의 계면이 아니라, 발광물질층(EML)에 주입된 발광 소재에서 발광이 효율적으로 일어난다. 이에 따라, 발광다이오드(500)의 발광 효율을 극대화할 수 있으며, 저-전압에서 구동이 가능해지므로 소비 전력을 낮출 수 있다.
- [0203] 전술한 제 3 실시형태에서는 정공수송층이 단일 층으로 이루어진 발광다이오드를 예시하였다. 이와 달리, 발광다이오드는 2개 이상의 정공수송층으로 이루어질 수 있다. 도 8은 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0204] 도 8에 도시한 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 발광다이오드(600)는 제 1 전극(610), 제 1 전극(610)과 마주하는 제 2 전극(620), 제 1 전극(610)과 제 2 전극(620) 사이에 위치하는 발광물질층(650)을 포함하는 발광층(630)을 포함한다. 발광층(630)은 제 1 전극(610)과 발광물질층(650) 사이에 위치하는 제 1 전하이동층(640)과, 제 2 전극(620)과 발광물질층(650) 사이에 위치하는 제 2 전하이동층(660)을 포함한다.
- [0205] 본 발명의 제 4 실시형태에서, 제 1 전극(610)은 전자 주입 전극일 수 있고, 제 2 전극(620)은 정공 주입 전극일 수 있다. 제 1 전하이동층(640)은 전하이동층일 수 있고, 전자주입층(642)과 전자수송층(644)을 포함할 수

있다. 발광물질층(650)은 양자점 또는 양자막대와 같은 무기 발광 입자로 이루어지거나, 호스트와 도펀트와 같은 유기 발광 재료로 이루어질 수 있다. 제 2 전하이동층(660)은 정공이동층일 수 있고, 정공주입층(662)과 정공수송층(664)을 포함할 수 있다.

[0206] 선택적인 실시형태에서, 발광다이오드(600)는 정공수송층(664)과 발광물질층(650) 사이에 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(도시하지 않음) 및/또는 발광물질층(650)과 전자수송층(644) 사이에 정공의 이동을 제어, 방지할 수 있는 정공차단층(도시하지 않음)과 같은 적어도 1개의 엑시톤 차단층을 더욱 포함할 수 있다. 이들의 구성은 본 발명의 제 3 실시형태에서 설명한 구성 및 기능과 실질적으로 동일하므로, 상세한 설명은 생략한다.

[0207] 본 실시형태에서, 정공수송층(660)은 정공주입층(662)과 발광물질층(650) 사이에 위치하는 제 1 정공수송층(664a)과, 제 1 정공수송층(664a)과 발광물질층(650) 사이에 위치하는 제 2 정공수송층(664b)을 포함한다. 제 1 정공수송층(664a)은 다른 정공 수송 물질을 포함하고, 제 2 정공수송층(664b)은 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 포함할 수 있다.

[0208] 제 1 정공수송층(664a)에 포함될 수 있는 정공 수송 물질은 특별히 한정되는 것은 아니지만, 정공 이동도(hole mobility)가 우수한 아릴 아민 모이어티, 플루오렌 모이어티 및/또는 카바졸 모이어티를 가지는 유기 재료를 사용할 수 있다. 일례로, 제 1 정공수송층(664a)에 사용될 수 있는 정공 수송 재료는 상기 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 어느 하나의 유기 재료를 포함할 수 있다. 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 유기물질은 p-TPD, TFB, PVK, PTAA 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0209] 선택적인 실시형태에서, 제 1 정공수송층(664a)은 비-고분자 형태의 정공 수송 물질을 포함할 수 있다. 제 1 정공수송층(664a)에 사용될 수 있는 비-고분자 형태의 정공 수송 물질은 TPD, spiro-TPD, DOFL-TPD, DOFL-NPB, TTP, HMTPD, TAPC, OTPD, 4,4',4"-트리스(N,N-페닐-3-메틸페닐아미노)트리페닐아민 등을 포함하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

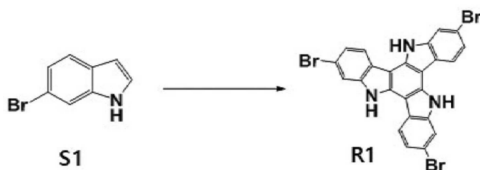
[0210] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 정공수송층(664a)에 화학식 4 내지 화학식 7로 표시되는 정공 수송 물질을 사용하고, 제 2 정공수송층(664b)에 화학식 1 내지 화학식 3으로 표시되는 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 이 경우, 정공수송층(664)의 정공 이동도 특성이 향상되고, 제 2 정공수송층(664a)의 낮은 HOMO 에너지 준위(HOMO_{HL2})로 인하여, 정공수송층(660)과 발광물질층(650) 사이의 HOMO 에너지 장벽을 낮출 수 있다.

[0211] 이하, 예시적인 실시형태를 통하여 본 발명을 설명하지만, 본 발명이 하기 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되지 않는다.

[0212] 합성예 1: 화합물 H01의 합성

[0213] (1) 중간체 R1 합성

[0214] [반응식 1-1]

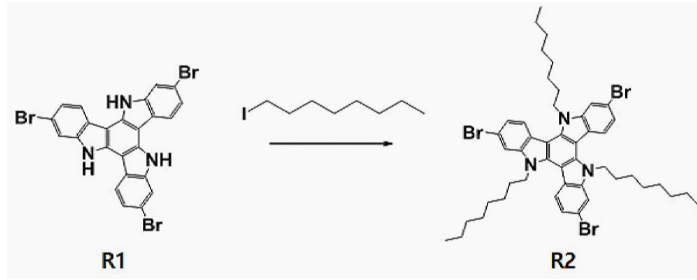


[0215]

[0216] 500 mL 둥근바닥 플라스크에 S1(6.00g, 30.6 mmol), Br₂ (10.70g, 67.0 mmol), AcOH (128.5g)을 교반시켰다. 반응이 종료되면 용매를 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후 감압 증류하였다. silica gel column 후 용매를 감압 증류하여, 중간체 R1 (17.8g)을 얻었다.

[0217] (2) 중간체 R2 합성

[0218] [반응식 1-2]

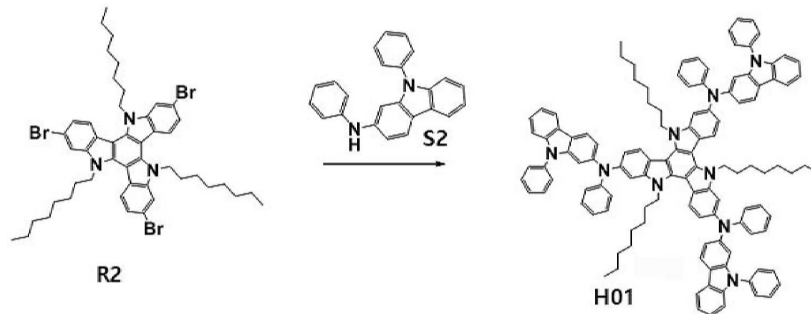


[0219]

[0220] 중간체 R1(8.9g, 1.53 mmol)과 1-iodooctane (12.86g, 53.6 mmol), K₂CO₃ (8.46g, 61.2 mmol)을 DMF에 녹인 후, 가열 교반시켰다. 반응이 종료되면 용매를 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후 감압 증류하였다. silica gel column 후 용매를 감압 증류하여, 중간체 R2 (14.1g)을 얻었다.

[0221] (3) 화합물 H01 합성

[0222] [반응식 1-3]



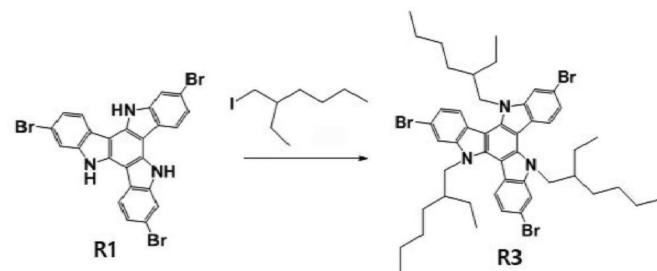
[0223]

[0224] 100 mL 등근바닥 플라스크에 중간체 R2 (7.0g, 7.7 mmol), S2 (9.32g, 25.2 mmol), 2M K₂CO₃ (70g)을 Dioxane 140 mL에 녹여 가열, 교반하였다. 반응이 종결되면, Dioxane을 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후, 농축하였다. Ethyl acetate 와 n-hexane을 이용하여 column 분리하였다. 이후, Dichloromethane과 petroleum ether를 이용하여 침전액을 만든 후, 여과하여 화합물 H01 (10.8g)을 얻었다.

[0225] 합성예 2: 화합물 H02의 합성

[0226] (1) 중간체 R3 합성

[0227] [반응식 2-1]

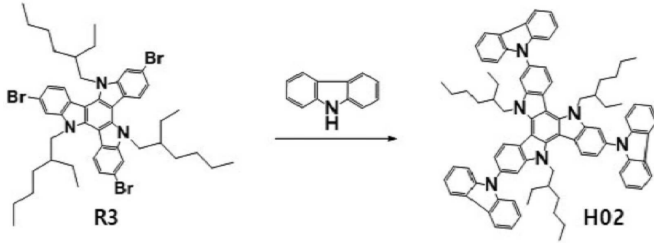


[0228]

[0229] 중간체 R1 (8.9g, 15.3 mmol)과 1-iodo-2-ethylhexane (12.86g, 53.6 mmol), K₂CO₃ (8.46g, 61.2 mmol)을 DMF에 녹인 후 가열 교반시켰다. 반응이 종료되면 용매를 제거한 후 Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후 감압 증류하였다. silica gel column 후 용매를 감압 증류하여, 중간체 R3 (12.5g)을 얻었다.

[0230] (2) 화합물 H02 합성

[0231] [반응식 2-2]



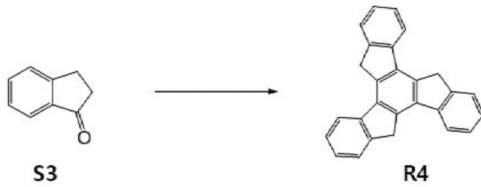
[0232]

[0233] 100 mL 둥근바닥 플라스크에 중간체 R3 (4.0g, 4.4 mmol), carbazole (0.74 g, 21.54 mmol), Pd(P(t-Bu)₃)₂ (Bis(tri-tert-butylphosphine)palladium(0))(0.28 g), t-BuONa (sodium tert-butoxide)(4 g)을 toluene 70mL에 녹여 가열, 교반하였다. 반응이 종결되면 toluene 용매를 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후, 농축하였다. Ethyl acetate 와 n-hexane을 이용하여 column 분리하였다. 이후, Dichloromethane와 petroleum ether를 이용하여 침전액을 만든 후, 여과하여 화합물 H02 (6.8g)을 얻었다.

[0234] 합성예 3: 화합물 H03의 합성

[0235] (1) 중간체 R4 합성

[0236] [반응식 3-1]

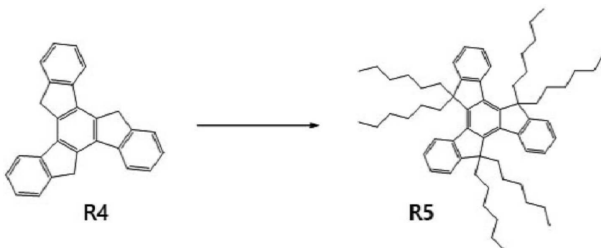


[0237]

[0238] 500 mL 둥근바닥 플라스크에 S3 (30.0g, 22.70 mmol), 농축 HCl (conc. HCl, 24.83 g, 68.10 mmol), AcOH (450 g)을 교반시켰다. 반응이 종료되면 과량의 물을 사용하여 생성된 고체를 여과하여, 중간체 R4 (40g)를 얻었다.

[0239] (2) 중간체 R5 합성

[0240] [반응식 3-2]

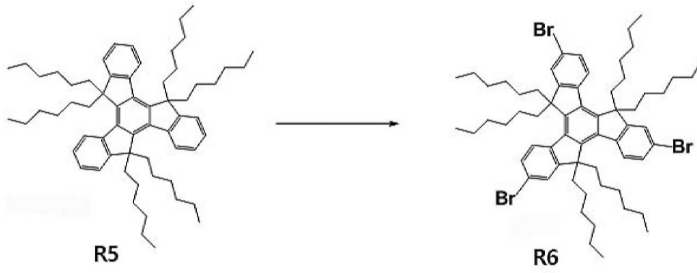


[0241]

[0242] 중간체 R4(10g, 2.92 mmol)과 1-bromohexane (11.97g, 7.3 mmol), KOH (1.63g), KI(0.5g)을 DMSO에 녹인 후 실온에서 overnight하였다. 반응이 종료되면 용매를 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후 감압 증류하였다. silica gel column 후 용매를 감압 증류하여, 중간체 R5 (16.85g)을 얻었다.

[0243] (3) 중간체 R6 합성

[0244] [반응식 3-3]

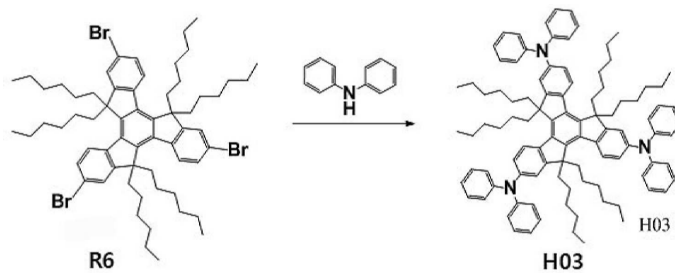


[0245]

[0246] 250 mL 둥근바닥 플라스크에 중간체 R5 (4.0g, 0.47 mmol), Br₂ (4.9g, 1.56 mmol), Pd(P(t-Bu)₃)을 chloroform 100 mL에 녹여 교반하였다. 반응이 종결되면 용매를 제거하고, Dichloromethane과 물을 사용하여 추출한 후, silica gel column으로 분리하여 중간체 R6 (3.5g)을 얻었다.

[0247] (4) 화합물 H03 합성

[0248] [반응식 3-4]



[0249]

[0250] 100 mL 둥근바닥 플라스크에 중간체 R6 (3.0g, 0.322 mmol), diphenylamine (2.53g, 1.5 mmol), Pd(P(t-Bu)₃)₂ (0.07g), t-BuONa (2.18g)을 Toluene 100 mL에 녹여 교반하였다. 반응이 종결되면 용매를 제거하고, silica gel column으로 분리하여 화합물 H03 (3.06g)을 얻었다.

[0251] 실시예 1: 발광다이오드 제조

[0252] 합성예 1에 따라 합성된 화합물 H01을 정공수송층에 적용한 발광다이오드를 제조하였다. ITO glass의 발광 면적이 3 mm X 3 mm 크기가 되도록 patterning한 후 세정하였다. 이어서 다음과 같은 순서에 따라 발광층 및 음극을 적층하였다. 정공주입층(PEDOT:PSS을 스핀 코팅(5000 rpm)하고, 150°C에서 30분 가열; 두께 20 내지 40 nm), 정공수송층(화합물 H1(8 mg/mL in toluene)을 스핀 코팅(4000 rpm) 하고, 170°C에서 30분 가열; 두께 10 내지 30 nm), 발광물질층(적색 양자점 InP/ZnSe/ZnS(10 mg/mL in hexane)을 스핀 코팅(2000 rpm)하고, 80°C에서 1시간 가열; 두께 10 내지 30 nm), 전자수송층(ZnO(25 mg/mL in ethanol)을 스핀 코팅(4000 rpm)하고 80°C에서 30분 가열; 두께 30 내지 50 nm).

[0253] 전하이동층 및 발광물질층이 적층된 기판을 진공 챔버로 이송한 뒤에 10⁻⁶ Torr에서 음극(Al, 두께 80 nm)을 증착하였다. 증착 후 피막 형성을 위해 증착 챔버에서 건조 박스 내로 옮기고 후속적으로 UV 경화 에폭시 및 수분 게터를 사용하여 인캡슐레이션을 하였다.

[0254] 실시예 2 내지 3: 발광다이오드 제조

[0255] 정공수송층의 재료로서 화합물 H01을 대신하여 합성예 2에서 합성된 화합물 H02 (실시예 2), 합성예 3에서 합성된 화합물 H03 (실시예 3)을 각각 사용한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0256] 비교예 1 내지 2: 발광다이오드 제조

[0257] 정공수송층의 재료로서 화합물 H01을 대신하여 p-TPD(비교예 1), TFB(비교예 2)를 각각 사용한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0258] 실험예 1: 발광다이오드의 발광 특성 평가

[0259] 실시예 1 내지 3과, 비교예 1 내지 2에서 각각 제조된 발광다이오드를 외부 전력 공급원에 연결하고, 본 발명에

서 제조된 모든 소자들의 EL 특성을 일정한 전류 공급원 (KEITHLEY) 및 광도계 PR 650 를 사용하여 실온에서 평가하였다. 구체적으로, 실시예 1 내지 3과, 비교예 1 내지 2에서 각각 제조된 발광다이오드의 구동 전압(V), 전류 효율(cd/A), 외부양자효율(external quantum efficiency, EQE) 및 발광 파장에 대한 색 좌표를 측정하였다. 측정 결과를 표 1에 나타낸다

표 1

발광다이오드의 발광 특성

샘플	HTL	10 mA/cm ²				
		V	cd/A	EQE(%)	CIE _x	CIE _y
비교예 1	p-TPD	9.2	0.75	1.13	0.675	0.320
비교예 2	TFB	7.1	1.67	2.15	0.662	0.321
실시예 1	H01	4.87	4.39	5.95	0.679	0.319
실시예 2	H02	4.86	4.17	5.65	0.679	0.319
실시예 3	H03	5.34	3.87	5.70	0.681	0.312

[0260]

[0261]

표 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층에 도입한 발광다이오드는 종래의 정공 수송 물질인 p-TPD 또는 TFB를 정공수송층에 도입한 발광다이오드에 비하여 발광 효율이 향상되었다. 구체적으로, 종래의 정공 수송 물질을 정공수송층에 도입한 비교예의 발광다이오드와 비교하여, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층에 도입한 발광다이오드는 구동 전압이 최대 47.2% 감소하였고, 전류효율과 외부 양자효율은 각각 최대 485.3%, 426.5% 향상되었다. 색 좌표 값은 큰 차이가 없어서, 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공수송층에 도입하여 원하는 발광을 구현할 수 있다.

[0262]

실시예 4 내지 6: 발광다이오드 제조

[0263]

정공 수송 물질로서, 화합물 H01을 단독으로 사용한 것을 대신하여, TFB:H01을 1:1의 부피 비율로 도핑(실시예 4), TFB:H02를 1:1의 부피 비율로 도핑(실시예 5), TFB:H03을 1:1의 부피 비율로 도핑(실시예 6)한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0264]

비교예 3 내지 4: 발광다이오드 제조

[0265]

정공 수송 물질로서, 화합물 H01을 단독으로 사용한 것을 대신하여, TFB: CBP(4,4'-Bis(N-carbazoyl)-1,1'-biphenyl)를 1:1의 부피 비율로 도핑(비교예 3), TFB: TCTA(Tris(3-carbazoly)-9-yl-phenyl)amine)를 1:1의 부피 비율로 도핑(비교예 4)한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 발광다이오드를 제조하였다.

[0266]

실험예 2: 발광다이오드의 발광 특성 평가

[0267]

실시예 4 내지 6과, 비교예 1 내지 4에서 각각 제조된 발광다이오드의 발광 특성을 실험예 1과 동일한 절차에 따라 평가하였다. 측정 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

발광다이오드의 발광 특성

샘플	HTL	10 mA/cm ²				
		V	cd/A	EQE(%)	CIE _x	CIE _y
비교예 1	p-TPD	9.2	0.75	1.13	0.675	0.320
비교예 2	TFB	7.1	1.67	2.15	0.662	0.321
비교예 3	TFB:CBP	10.9	0.56	0.85	0.678	0.316
비교예 4	TFB:TCTA	10.8	0.88	1.52	0.677	0.319
실시예 4	TFB:H01	4.37	3.54	5.16	0.678	0.316
실시예 5	TFB:H02	5.21	4.03	5.47	0.681	0.318
실시예 6	TFB:H03	4.55	3.54	5.13	0.681	0.318

[0269]

표 2에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층의 도펀트로 도입한 발광다이오드는 종래의 정공 수송 물질을 정공수송층에 도입하거나, 종래의 정공 수송 물질을 도펀트로 도입한 발광다이오드에 비교해서 발광 효율이 향상되었다. 구체적으로, 종래의 정공 수송 물질을 정공수송층에 도입한 비교예의 발광다

이오드와 비교하여, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층의 도펀트로 도입한 발광다이오드는 구동 전압이 최대 52.5% 감소하였고, 전류효율과 외부양자효율은 각각 최대 437.3%, 384.1% 향상되었다.

[0270] 또한, 종래의 정공 수송 물질을 정공수송층의 도펀트로 도입한 비교예의 발광다이오드와 비교하여, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층의 도펀트로 도입한 발광다이오드는 구동 전압이 최대 59.9% 감소하였고, 전류효율과 외부양자효율은 각각 최대 619.6%, 543.5% 향상되었다. 색 좌표 값은 큰 차이가 없어서, 본 발명에 따른 유기 화합물을 정공수송층에 도입하여 원하는 발광을 구현할 수 있다.

[0271] 실험예 1 및 실험예 2의 평가 결과에 비추어 볼 때, 본 발명에 따라 합성된 유기 화합물을 정공수송층에 적용하여, 저-전압 구동이 가능하며, 발광 효율 및 양자 효율이 크게 개선된 발광다이오드 및 발광장치를 구현할 수 있다는 것을 확인하였다.

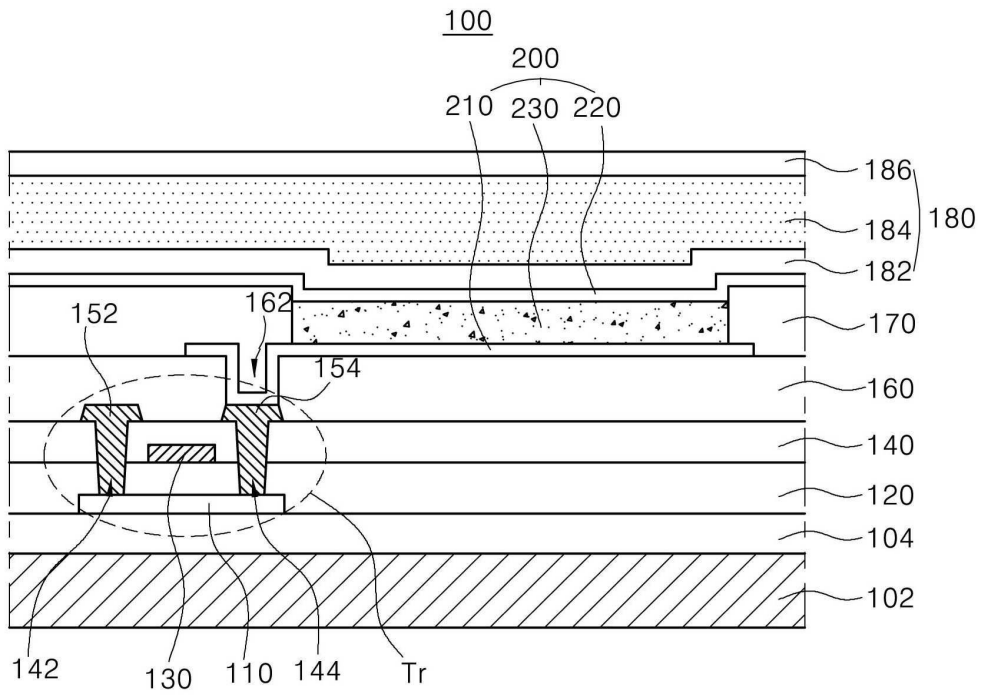
[0272] 상기에서는 본 발명의 예시적인 실시형태 및 실시예에 기초하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명이 상기 실시 형태 및 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되는 것은 아니다. 오히려 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 전술한 실시형태 및 실시예를 토대로 다양한 변형과 변경을 용이하게 추고할 수 있다. 하지만, 이러한 변형과 변경은 모두 본 발명의 권리범위에 속한다는 점은, 첨부하는 청구범위에서 분명하다.

부호의 설명

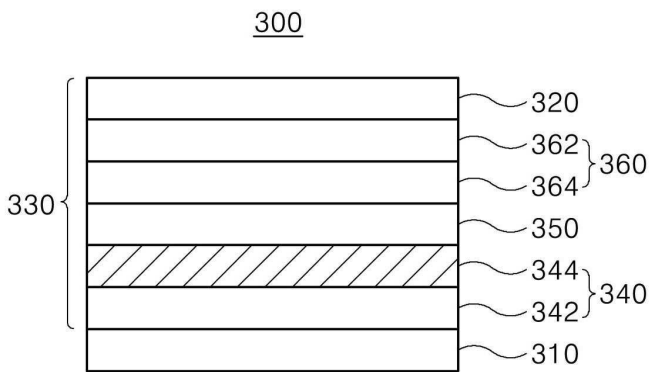
- [0273] 100: 발광다이오드 표시장치
 200, 300, 400, 500, 600: 발광다이오드
 210, 310, 410, 510, 610: 제 1 전극
 230, 330, 430, 530, 630: 발광층(발광 유닛)
 340, 440, 540, 640: 제 1 전하이동층
 342, 442, 562, 662: 정공주입층
 344, 444, 564, 664: 정공수송층
 444a, 664a: 제 1 정공수송층
 444b, 664b: 제 2 정공수송층
 350, 450, 550, 650: 발광물질층
 360, 460, 560, 660: 제 2 전하이동층
 362, 462, 542, 642: 전자주입층
 364, 464, 544, 644: 전자수송층

도면

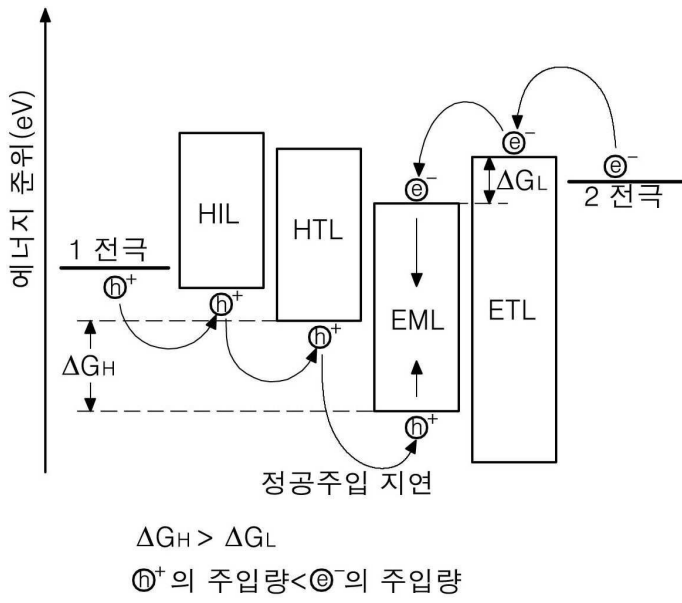
도면1



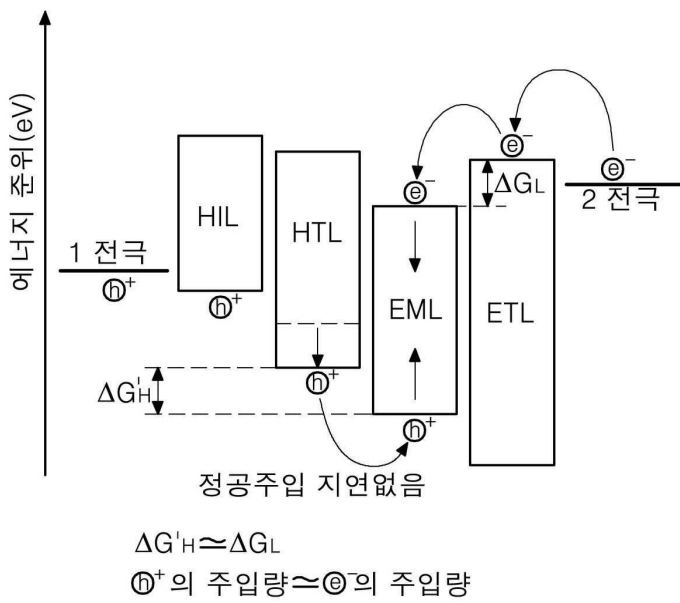
도면2



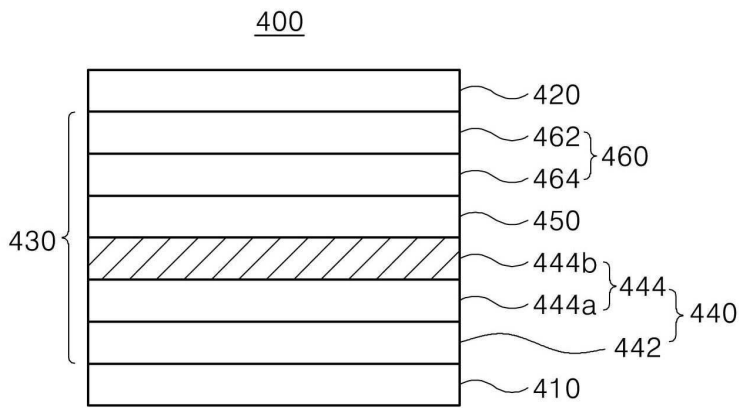
도면3



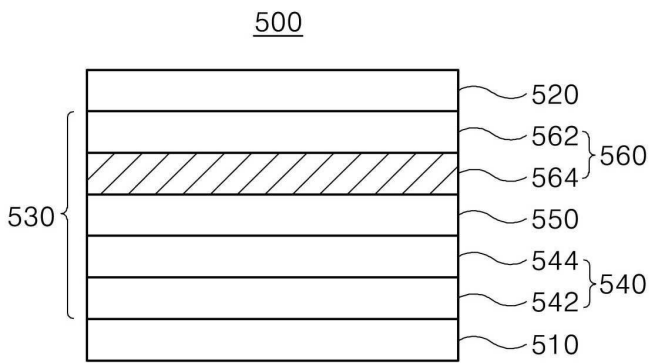
도면4



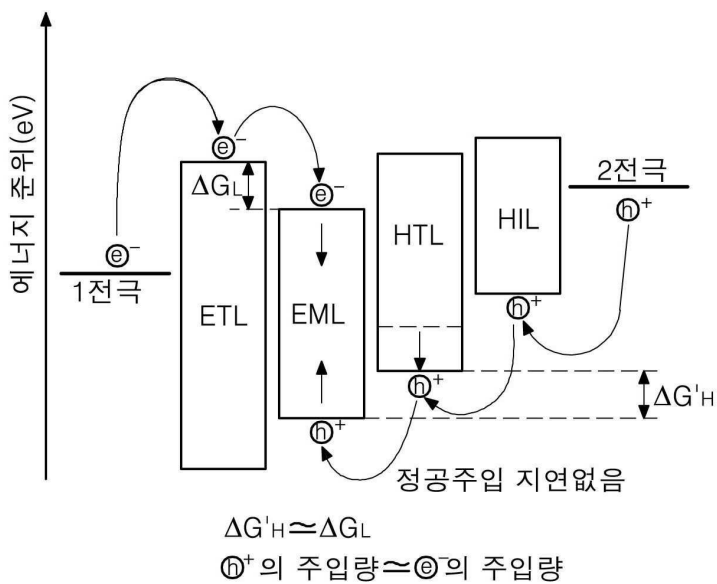
도면5



도면6



도면7



도면8

