



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2021-0025159  
(43) 공개일자 2021년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C09K 11/02 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)  
H01L 51/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C09K 11/025 (2021.01)  
H01L 51/0094 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0104571  
(22) 출원일자 2019년08월26일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
삼성디스플레이 주식회사  
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)

(72) 발명자  
남민기  
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)  
정연구  
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 양자점 조성물, 발광 소자 및 이의 제조 방법

**(57) 요약**

양자점 및 레벨링제를 포함하고, 상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 하기 화학식 2로 표  
(뒷면에 계속)

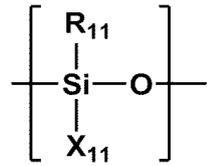
**대표도** - 도1

**10**

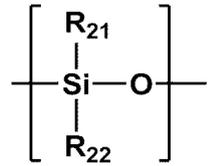
190
150
110

시되는 제2반복단위를 포함하는 양자점 조성물이 개시된다:

<화학식 1>



<화학식 2>



또한, 발광 소자 및 이의 제조 방법이 개시된다.

(52) CPC특허분류

*H01L 51/502* (2013.01)

*H01L 51/5048* (2013.01)

*Y10S 977/774* (2013.01)

(72) 발명자

**박재홍**

경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)

**김덕기**

경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)

**김성운**

경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)

## 명세서

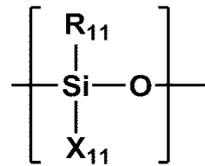
### 청구범위

#### 청구항 1

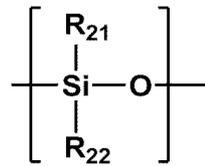
양자점; 및 레벨링제;를 포함하고,

상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위를 포함하는 양자점 조성물:

<화학식 1>



<화학식 2>



상기 화학식 1 및 2 중,

X<sub>11</sub>은 치환 또는 비치환된 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>알킬기이고;

R<sub>11</sub>, R<sub>21</sub> 및 R<sub>22</sub>는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기이다.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 양자점은 III-VI족 반도체 화합물; II-VI족 반도체 화합물; III-V족 반도체 화합물; IV-VI족 반도체 화합물; IV족 원소 또는 화합물; 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 반도체 물질을 포함하는, 양자점 조성물.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 레벨링제의 수 평균 분자량은 1,000 내지 30,000이고;

상기 레벨링제의 중량 평균 분자량은 1,000 내지 30,000이고;

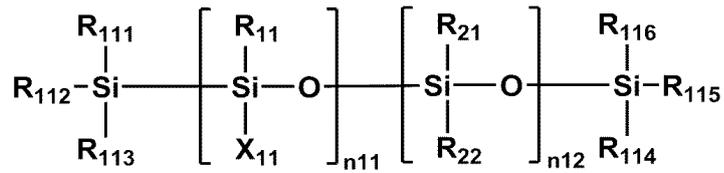
상기 레벨링제의 PDI는 1.0 내지 2.5인, 양자점 조성물.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 레벨링제는 하기 화학식 10으로 표시되는, 양자점 조성물:

<화학식 10>



상기 화학식 10 중,

R<sub>111</sub> 내지 R<sub>116</sub>은 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기이고,

X<sub>11</sub>은 치환 또는 비치환된 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>아랄킬기이고;

R<sub>11</sub>, R<sub>21</sub> 및 R<sub>22</sub>는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기이고;

n<sub>11</sub> 및 n<sub>12</sub>는 서로 독립적으로, 1 내지 3000의 정수이다.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 양자점 조성물의 점도는 1 cP 내지 10 cP이고, 상기 양자점 조성물의 표면 장력은 10 dynes/cm 내지 30 dynes/cm인, 양자점 조성물.

**청구항 6**

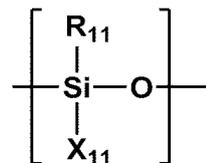
제1전극;

상기 제1전극에 대향된 제2전극;

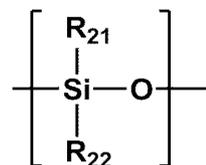
상기 제1전극과 상기 제2전극 사이에 개재된 발광층을 포함하고,

상기 발광층은 양자점 및 레벨링제를 포함하고, 상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위를 포함하는, 발광 소자:

<화학식 1>



<화학식 2>



상기 화학식 1 및 2 중,

X<sub>11</sub>은 치환 또는 비치환된 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>아랄킬기이고;

R<sub>11</sub>, R<sub>21</sub> 및 R<sub>22</sub>는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기이다.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 발광층은 제1영역 및 제2영역을 포함하고,

상기 제1영역에서의 상기 양자점의 농도와 상기 제2영역에서의 상기 양자점의 농도가 서로 상이한, 발광 소자.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 제2영역은 최대 양자점 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재된, 발광 소자.

**청구항 9**

제7항에 있어서,

상기 제1영역은 최대 레벨링제 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재된, 발광 소자.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 발광층의 일면으로부터 상기 일면과 마주보는 타면을 따라 상기 양자점의 농도가 커지는, 발광 소자.

**청구항 11**

제6항에 있어서,

상기 발광층은 정공 수송성 화합물 또는 전자 수송성 화합물을 더 포함하는, 발광 소자.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 발광층은 제1영역, 제2영역 및 제3영역을 포함하고,

상기 제3영역은 최대 정공 수송성 화합물 농도 또는 최대 전자 수송성 화합물 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제2영역은 상기 제1영역과 상기 제3영역 사이에 개재된, 발광 소자.

**청구항 13**

제6항에 있어서,

상기 제1전극이 애노드이고,

상기 제2전극이 캐소드이고,

상기 제1전극과 상기 발광층 사이에 배치된 정공 수송 영역; 및/또는 상기 발광층과 상기 제2전극 사이에 배치된 전자 수송 영역을 더 포함하고,

상기 정공 수송 영역은, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광 보조층, 전자 저지층 또는 이의 임의의 조합을 포함하고,

상기 전자 수송 영역은, 정공 저지층, 전자 수송층, 전자 주입층 또는 이의 임의의 조합을 포함하는, 발광 소자.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 전자 수송 영역은 무기 산화물 나노 입자를 포함하는, 발광 소자.

**청구항 15**

제1전극 상에 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항의 양자점 조성물을 제공하여, 발광층을 형성하는 단계; 및 상기 발광층 상에 제2전극을 제공하는 단계;를 포함하는, 발광 소자의 제조 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 양자점 조성물이 상분리됨으로써 양자점의 농도가 서로 상이한 제1영역 및 제2영역을 포함하는 상기 발광층을 형성하는, 발광 소자의 제조 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 제2영역은 최대 양자점 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재된, 발광 소자의 제조 방법.

**청구항 18**

제16항에 있어서,

상기 제1영역은 최대 레벨링제 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재된, 발광 소자의 제조 방법.

**청구항 19**

제15항에 있어서,

상기 양자점 조성물은 정공 수송성 화합물 또는 전자 수송성 화합물을 더 포함하고,

상기 양자점 조성물이 상분리됨으로써 제1영역, 제2영역 및 제3영역을 포함하는 상기 발광층을 형성하는, 발광 소자의 제조 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 제3영역은 최대 정공 수송성 화합물 농도 또는 최대 전자 수송성 화합물 농도를 갖는 위치를 포함하고,

상기 제2영역은 상기 제1영역과 상기 제3영역 사이에 개재된, 발광 소자의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 양자점 조성물, 발광 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 발광 소자는 전기 에너지가 빛 에너지로 변환되는 특성의 소자이다. 이러한 발광 소자의 예시로는, 발광층에 유기 재료를 사용하는 유기 발광 소자, 발광층에 양자점을 사용하는 양자점 발광 소자 등이 있다.

[0003] 상기 발광 소자는 기판 상부에 제1전극이 배치되어 있고, 상기 제1전극 상부에 정공 수송 영역(hole transport region), 발광층, 전자 수송 영역(electron transport region) 및 제2전극이 순차적으로 형성되어 있는 구조를 가질 수 있다. 상기 제1전극으로부터 주입된 정공은 정공 수송 영역을 경유하여 발광층으로 이동하고, 제2전극으로부터 주입된 전자는 전자 수송 영역을 경유하여 발광층으로 이동한다. 상기 정공 및 전자와 같은 캐리어들은 발광층 영역에서 재결합하여 엑시톤(exciton)을 생성한다. 이 엑시톤이 여기 상태에서 기저상태로 변하면서 광이 생성된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

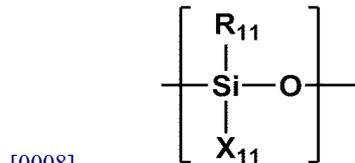
[0004] 양자점 조성물, 발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다. 구체적으로, 레벨링제를 포함하는 양자점 조성물, 레벨링제를 포함하는 발광 소자 및 상분리에 의해 발광층이 형성되는 발광 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

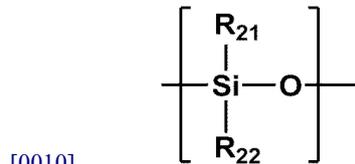
[0005] 일 측면에 따르면, 양자점; 및 레벨링제를 포함하고;

[0006] 상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위를 포함하는 양자점 조성물이 제공된다:

[0007] <화학식 1>



[0009] <화학식 2>



[0011] 상기 화학식 1 및 2 중,

[0012]  $X_{11}$ 은 치환 또는 비치환된  $C_7-C_{60}$ 아랄킬기이고;

[0013]  $R_{11}$ ,  $R_{21}$  및  $R_{22}$ 는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{20}$ 알킬기이다.

[0014] 다른 측면에 따르면, 제1전극; 상기 제1전극에 대향된 제2전극; 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이에 개재된 발광층을 포함하고, 상기 발광층은 양자점 및 상술한 레벨링제를 포함하는, 발광 소자가 제공된다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 제1전극 상에 상술한 양자점 조성물을 제공하여, 발광층을 형성하는 단계; 및 상기 발광층 상에 제2전극을 제공하는 단계;를 포함하는, 발광 소자의 제조 방법이 제공된다.

**발명의 효과**

[0016] 상기 발광 소자는 고효율 및 장수명을 가질 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0020] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0021] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0022] 이하의 실시예에서, 막, 영역, 구성 요소 등의 부분이 다른 부분 위에 또는 상에 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.

[0023] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0024] 본 명세서 중, "상온"은 약 25℃를 의미한다.

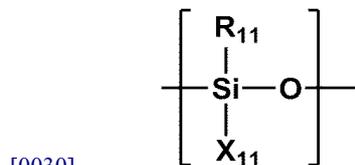
[0025] 본 명세서 중 "중간층"은 상기 발광 소자 중 제1전극과 제2전극 사이에 개재된 단일 및/또는 복수의 모든 층을 가리키는 용어이다. 상기 "중간층"의 층에 포함된 물질은 유기물 및/또는 무기물일 수 있다.

[0026] 본 명세서 중 "(중간층이) 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함한다"란, "(중간층이) 상기 화학식 1의 범주에 속하는 1종의 화합물 또는 상기 화학식 1의 범주에 속하는 서로 다른 2종 이상의 화합물을 포함할 수 있다"로 해석될 수 있다.

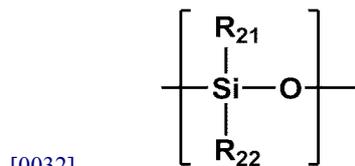
[0027] **[양자점 조성물]**

[0028] 상기 양자점 조성물은 양자점; 및 레벨링제; 를 포함하고, 상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복 단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위; 를 포함한다:

[0029] <화학식 1>



[0031] <화학식 2>



[0033] 상기 화학식 1 및 2 중,

[0034]  $X_{11}$ 은 치환 또는 비치환된  $C_7-C_{60}$ 아랄킬기이고;

[0035]  $R_{11}$ ,  $R_{21}$  및  $R_{22}$ 는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{20}$ 알킬기이다.

[0036] 예를 들어, 상기 화학식 1 중,  $X_{11}$ 은 벤질기, *o*-메틸-벤질기, *m*-메틸-벤질기, *p*-메틸-벤질기 또는 나프틸메틸기 일 수 있다.

[0037] 예를 들어, 상기 화학식 1 및 2 중,  $R_{11}$ ,  $R_{21}$  및  $R_{22}$ 는 서로 독립적으로, 메틸기, 에틸기, *n*-프로필기, 이소프로필기, *n*-부틸기, *sec*-부틸기, *tert*-부틸기, *n*-펜틸기, 이소펜틸기, 2-메틸부틸기, *sec*-펜틸기, *tert*-펜틸기, *neo*-펜틸기, 3-펜틸기 및 3-메틸-2-부틸기 중에서 선택될 수 있다.

[0038] 상기 레벨링제는 하기 화학식 10으로 표시될 수 있다:



의 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0061] 예를 들어, 상기 II-VI족 반도체 화합물은 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe, MgSe, MgS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe, HgZnTe, MgZnSe, MgZnS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0062] 예를 들어, 상기 III-V족 반도체 화합물은 GaN, GaP, GaAs, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InGaP, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0063] 예를 들어, 상기 IV-VI족 반도체 화합물은 SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0064] 예를 들어, 상기 IV족 원소 또는 화합물은 Si, Ge 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 단일원소 화합물; 및 SiC, SiGe, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0065] 이때, 이원소 화합물, 삼원소 화합물 또는 사원소 화합물은 균일한 농도로 입자 내에 존재하거나, 농도 분포가 부분적으로 다른 상태로 나누어져 동일 입자 내에 존재하는 것일 수 있다.
- [0066] 한편, 상기 양자점은 균일한 단일 구조 또는 코어-셸의 이중 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 코어-셸은 상이한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 코어와 셸을 이루는 물질은 서로 다른 반도체 화합물로 이루어질 수 있다.
- [0067] 상기 양자점의 셸은 상기 코어의 화학적 변성을 방지하여 반도체 특성을 유지하기 위한 보호층 역할 및/또는 양자점에 전기 영동 특성을 부여하기 위한 차징층(charging layer)의 역할을 수행할 수 있다. 상기 셸은 단층 또는 다중층일 수 있다. 코어와 셸의 계면은 셸에 존재하는 원소의 농도가 중심으로 갈수록 낮아지는 농도 구배(gradient)를 가질 수 있다.
- [0068] 상기 양자점의 셸의 예로는 금속 또는 비금속의 산화물, 반도체 화합물 또는 이들의 조합 등을 들 수 있다. 예를 들어, 상기 금속 또는 비금속의 산화물은 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO, MnO, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CuO, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CoO, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiO 등의 이원소 화합물, 또는 MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CoMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 등의 삼원소 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 반도체 화합물은 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnSeS, ZnTeS, GaAs, GaP, GaSb, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InP, InGaP, InSb, AlAs, AlP, AlSb 등을 예시할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0069] 상기 양자점의 직경은 특별히 한정되지는 않으나, 예를 들어 약 1 nm 내지 20 nm일 수 있다. 상기 양자점의 크기를 조절함으로써, 에너지 밴드 갭의 조절이 가능하므로, 양자점 발광층에서 다양한 파장대의 빛을 얻을 수 있다. 따라서 서로 다른 크기의 양자점을 사용함으로써, 여러 파장의 빛을 방출하는 디스플레이를 구현할 수 있다.
- [0070] 구체적으로, 상기 양자점의 크기는 컬러 디스플레이를 구성할 수 있도록, 적색, 녹색 및 청색광이 방출되도록 선택될 수 있다. 또한, 상기 양자점의 크기는 다양한 색의 빛이 결합되어, 백색광을 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0071] 또한, 양자점의 형태는 구체적으로 구형, 피라미드형, 다중 가지형(multi-arm), 또는 입방체(cubic)의 나노 입자, 나노 튜브, 나노와이어, 나노 섬유, 나노 관상 입자 등의 형태일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 양자점은 약 45nm 이하, 구체적으로 약 40nm 이하, 더욱 구체적으로 약 30nm 이하의 발광 파장 스펙트럼의 반치

폭(full width of half maximum, FWHM)을 가질 수 있으며, 이 범위에서 색순도나 색재현성을 향상시킬 수 있다. 또한 이러한 양자점을 통해 발광되는 광은 전 방향으로 방출되는바, 광 시야각이 향상될 수 있다.

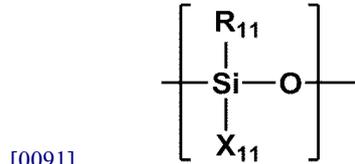
- [0073] 상기 양자점은 습식 화학 공정, 유기 금속 화학 증착 공정, 분자선 에피택시 공정 또는 이와 유사한 공정 등에 의해 합성될 수 있다.
- [0074] 상기 습식 화학 공정은 유기 용매에 전구체 물질을 넣어 입자 결정을 성장시키는 방법이다. 상기 결정이 성장할 때, 유기 용매가 자연스럽게 양자점 결정 표면에 배위된 분산제 역할을 하고, 상기 결정의 성장을 조절하기 때문에, 유기 금속 화학 증착(MOCVD, Metal Organic Chemical Vapor Deposition)이나 분자선 에피택시(MBE, Molecular Beam Epitaxy) 등의 기상 증착법보다 더 용이하고, 저비용의 공정을 통해, 무기 나노 입자의 성장을 제어할 수 있다.
- [0075] 상기 양자점 조성물 중 상기 양자점의 함량은 상기 조성물의 총 중량을 기준으로 0.1 중량% 이상 내지 20 중량% 이하, 구체적으로, 0.2 중량% 이상 내지 10 중량% 이하 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 양자점 조성물은 충분한 발광 효율을 갖는 발광 소자를 용액 공정으로 제작하는데 사용하기 적합하다.
- [0076] 상기 양자점 조성물 중 상기 레벨링제의 함량은 상기 조성물의 총 중량을 기준으로 0.01 중량% 이상 내지 10 중량% 이하, 구체적으로, 0.05 중량% 이상 내지 1 중량% 이하, 더욱 구체적으로, 0.05 중량% 내지 0.1 중량%일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 양자점 조성물은 균일한 막 형태의 양자점 발광층을 제작하기에 적합하다. 특히, 상기 양자점 발광층을 포함하는 발광 소자는 향상된 막 균일도, 향상된 전하 주입 균형 개선, 수송층에 의한 양자점 효율 영향의 개선 및/또는 양자점 공극에 기인한 전자 수송층 및 정공 수송층의 직접 접촉을 막음으로 인해 충분한 발광 효율 향상 및/또는 수명 향상을 제공할 수 있다.
- [0077] 상기 조성물은 용매를 더 포함할 수 있다. 상기 용매는 상기 양자점 및 상기 레벨링제를 적절하게 분산시킬 수 있는 것이라면 종류가 한정되는 것은 아니다.
- [0078] 예를 들어, 상기 용매는 유기 용매일 수 있다.
- [0079] 구체적으로, 상기 용매는 염소계, 에테르계, 에스테르계, 케톤계, 지방족 탄화수소계 및 방향족 탄화수소계 중 에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0080] 더욱 구체적으로, 상기 용매는 디클로로메탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1,2-트리클로로에탄, 클로로벤젠, o-디클로로벤젠, 시클로헥실벤젠; 테트라하이드로퓨란, 디옥산, 아니솔, 4-메틸아니솔, 부틸 페닐에테르; 톨루엔, 자일렌, 메시틸렌, 에틸벤젠, n-헥실벤젠, 시클로헥실벤젠, 트리메틸벤젠, 테트라하이드로나프탈렌; 시클로헥산, 메틸시클로헥산, n-헵탄, n-헥산, n-헵탄, n-옥탄, n-노난, n-데칸, 도데칸, 헥사데칸, 옥사데칸; 아세톤, 메틸에틸케톤, 시클로헥사논, 아세트페논; 아세트산에틸, 아세트산부틸, 메틸솔브아세테이트, 에틸솔브아세테이트, 메틸 벤조에이트, 에틸 벤조에이트, 부틸 벤조에이트, 3-페녹시 벤조에이트, 또는 이의 임의의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0081] 상기 양자점 조성물 중 상기 용매의 함량은 상기 조성물의 총 중량을 기준으로 80 중량% 이상 내지 99.9 중량% 이하, 구체적으로, 90 중량% 이상 내지 99.8 중량% 이하일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 양자점 조성물에서 상기 양자점 및 상기 레벨링제가 적절히 분산될 수 있고, 용액 공정에 적합한 고형분 농도를 가질 수 있다.
- [0082] 상기 조성물은 정공 수송성 화합물 또는 전자 수송성 화합물을 더 포함할 수 있다.
- [0083] 상기 정공 수송성 화합물에 대한 설명은 후술하는 정공 수송 영역에 포함되는 화합물에 대한 설명을 참조한다.
- [0084] 상기 전자 수송성 화합물에 대한 설명은 후술하는 전자 수송 영역에 포함되는 화합물에 대한 설명을 참조한다.
- [0085] 상기 양자점 조성물 중 상기 정공 수송성 화합물 또는 상기 전자 수송성 화합물의 함량은 상기 조성물의 총 중량을 기준으로 0.5 중량% 이상 내지 20 중량% 이하, 구체적으로, 0.5 중량% 이상 내지 15 중량% 이하일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0086] 상기 양자점 조성물의 점도는 1 cP 내지 10 cP일 수 있다. 상기 점도 범위를 만족하는 양자점 조성물은 용액 공정으로 발광 소자의 양자점 발광층을 제조하는데 적합할 수 있다.
- [0087] 상기 양자점 조성물의 표면 장력은 10 dynes/cm 내지 40 dynes/cm일 수 있다. 상기 표면 장력 범위를 만족하는

양자점 조성물은 용액 공정으로 발광 소자의 양자점 발광층을 제조하는데 적합할 수 있다.

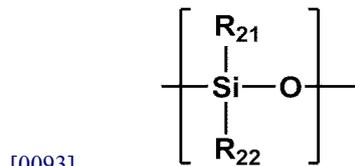
[0088] [발광 소자]

[0089] 상기 발광 소자는 제1전극; 상기 제1전극에 대향된 제2전극; 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이에 개재된 발광층을 포함하고, 상기 발광층은 양자점 및 레벨링제를 포함하고, 상기 레벨링제는 하기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위를 포함한다:

[0090] <화학식 1>



[0092] <화학식 2>



[0094] 상기 화학식 1 및 2 중,

[0095]  $X_{11}$ 은 치환 또는 비치환된  $C_7-C_{60}$ 아랄킬기이고;

[0096]  $R_{11}$ ,  $R_{21}$  및  $R_{22}$ 는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{20}$ 알킬기이다.

[0097] 일 실시예에 있어서, 상기 발광층은 제1영역 및 제2영역을 포함하고, 상기 제1영역에서의 상기 양자점의 농도와 상기 제2영역에서의 상기 양자점의 농도가 서로 상이할 수 있다. 상기 발광층은 전술한 양자점 조성물에 의해 형성될 수 있는데, 상기 양자점 조성물이 상분리됨으로써 양자점의 농도가 서로 상이한 제1영역 및 제2영역이 형성될 수 있다.

[0098] 구체적으로, 상기 제2영역은 최대 양자점 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재될 수 있다. 즉, 최대 양자점 농도를 갖는 위치는 상기 발광층의 일면에 가깝기보다는 상기 발광층의 내부에 가깝게 존재할 수 있다.

[0099] 상기 제2영역의 두께는 5 nm 내지 90 nm, 구체적으로, 10 nm 내지 50 nm일 수 있다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 발광 소자는 양자점 공극에 기인한 공통층에 의한 발광없이 우수한 소자 특성을 나타낼 수 있다.

[0100] 구체적으로, 상기 제1영역은 최대 레벨링제 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재될 수 있다. 즉, 최대 레벨링제 농도를 갖는 위치는 상기 발광층의 내부에 가깝기보다는 상기 발광층의 일면에 가깝게 존재할 수 있다.

[0101] 상기 제1영역의 두께는 0.2 nm 내지 20 nm, 구체적으로, 1 nm 내지 10 nm일 수 있다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 발광 소자는 롤-오프 현상이 감소된 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0102] 다른 실시예에 있어서, 상기 발광층의 일면으로부터 상기 일면과 마주보는 타면을 따라 상기 양자점의 농도가 커질 수 있다.

[0103] 구체적으로, 상기 양자점의 농도는 상기 발광층의 일면으로부터 상기 일면과 마주보는 타면을 따라 점진적으로 커질 수 있다. 이에 따라, 최대 양자점 농도를 갖는 위치는 상기 발광층의 타면 상에 존재할 수 있다.

[0104] 또 다른 실시예에 있어서, 상기 발광층은 정공 수송성 화합물 또는 전자 수송성 화합물을 더 포함할 수 있다.

[0105] 상기 정공 수송성 화합물에 대한 설명은 후술하는 정공 수송 영역에 포함되는 화합물에 대한 설명을 참조한다.

[0106] 상기 전자 수송성 화합물에 대한 설명은 후술하는 전자 수송 영역에 포함되는 화합물에 대한 설명을 참조한다.

[0107] 구체적으로, 상기 발광층은 제1영역, 제2영역 및 제3영역을 포함하고, 상기 제3영역은 최대 정공 수송성 화합물

농도 또는 최대 전자 수송성 화합물 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제2영역은 상기 제1영역과 상기 제3영역 사이에 개재될 수 있다. 즉, 최대 양자점 농도를 갖는 위치는 상기 발광층의 일면에 가깝기보다는 상기 발광층의 내부에 가깝게 존재할 수 있고, 최대 정공 수송성 화합물 농도 또는 최대 전자 수송성 화합물 농도를 갖는 위치는 상기 발광층의 내부에 가깝기보다는 상기 발광층의 일면과 마주보는 타면에 가깝게 존재할 수 있다.

[0108] 상기 발광층 중 상기 양자점의 함량은 60 중량% 이상 내지 99.9 중량% 이하, 구체적으로, 70 중량% 이상 내지 99 중량% 이하, 더욱 구체적으로, 80 중량% 이상 내지 98 중량% 이하일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 발광 소자는 상용화될만한 정도의 충분한 발광 효율을 가질 수 있다.

[0109] 상기 발광층 중 상기 레벨링제의 함량은 0.01 중량% 이상 내지 40 중량% 이하, 구체적으로, 0.1 중량% 이상 내지 5 중량% 이하, 더욱 구체적으로, 1 중량% 이상 내지 3중량%이하일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 전술한 범위를 만족하면, 상기 발광층은 향상된 막 균일도 및/또는 향상된 전하 주입 균형을 가질 수 있으므로, 이를 포함하는 발광 소자의 발광 효율 및/또는 수명이 향상될 수 있다.

[0110] 상기 발광층의 두께는 7 nm 내지 100 nm, 구체적으로, 15 nm 내지 50 nm일 수 있다. 전술한 범위를 만족하면, 양자점 발광층 입자 배열에 의해 발생가능한 공극 제어로 인해 상기 발광 소자는 우수한 발광 효율 및/또는 수명을 가질 수 있다.

[0111] 일 실시예에 있어서, 상기 제1전극이 애노드이고, 상기 제2전극이 캐소드이고, 상기 제1전극과 상기 발광층 사이에 배치된 정공 수송 영역; 및/또는 상기 발광층과 상기 제2전극 사이에 배치된 전자 수송 영역을 더 포함하고, 상기 정공 수송 영역은, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광 보조층, 전자 저지층 또는 이의 임의의 조합을 포함하고, 상기 전자 수송 영역은, 정공 저지층, 전자 수송층, 전자 주입층 또는 이의 임의의 조합을 포함할 수 있다.

[0112] 상기 발광 소자가 풀 컬러 발광 소자일 경우, 발광층은, 개별 부화소별로, 서로 다른 색을 방출하는 발광층을 포함할 수 있다.

[0113] 예를 들어, 상기 발광층은 개별 부화소별로, 제1색 발광층, 제2색 발광층 및 제3색 발광층으로 패터닝될 수 있다. 이 때, 상술한 발광층 중 적어도 하나의 발광층은 양자점을 반드시 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 제1색 발광층은 양자점을 포함하는 양자점 발광층이고, 상기 제2색 발광층 및 상기 제3색 발광층은 각각 유기 화합물을 포함하는 유기 발광층일 수 있다. 여기서, 제1색 내지 제3색은 서로 다른 색이며, 구체적으로, 제1색 내지 제3색은 서로 상이한 최대 발광 파장을 가질 수 있다. 제1색 내지 제3색은 서로 조합되어 백색이 될 수 있다.

[0114] 다른 예로서, 상기 발광층은 제4색 발광층을 더 포함할 수 있고, 상기 제1색 내지 제4색 발광층 중 적어도 하나의 발광층은 양자점을 포함하는 양자점 발광층이고, 나머지 발광층은 각각 유기 화합물을 포함하는 유기 발광층일 수 있는 등, 다양한 변형이 가능하다. 여기서, 제1색 내지 제4색은 서로 다른 색이며, 구체적으로, 제1색 내지 제4색은 서로 상이한 최대 발광 파장을 가질 수 있다. 제1색 내지 제4색은 서로 조합되어 백색이 될 수 있다.

[0115] 또는, 상기 발광 소자는 2 이상의 서로 같거나 다른 색을 방출하는 발광층이 서로 접촉 또는 이격되어 적층된 구조를 가질 수 있다. 상기 2 이상의 발광층 중 적어도 하나의 발광층은 양자점을 포함하는 양자점 발광층이고, 나머지 발광층은 유기 화합물을 포함하는 유기 발광층일 수 있는 등, 다양한 변형이 가능하다. 구체적으로, 상기 발광 소자는 제1색 발광층 및 제2색 발광층을 포함하고, 여기서 제1색 및 제2색은 서로 같은 색일 수도 있고, 서로 다른 색일 수도 있다. 더욱 구체적으로, 상기 제1색 및 상기 제2색은 모두 청색일 수 있다.

[0116] 상기 발광층은 양자점 외에, 유기 화합물 및 반도체 화합물 중에서 선택되는 1종 이상을 더 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0117] 구체적으로, 상기 유기 화합물은 호스트 및 도펀트를 포함할 수 있다. 상기 호스트 및 상기 도펀트에 대한 설명은 후술하는 바를 참조한다.

[0118] 구체적으로, 상기 반도체 화합물은 유기 및/또는 무기 페로브스카이트일 수 있다.

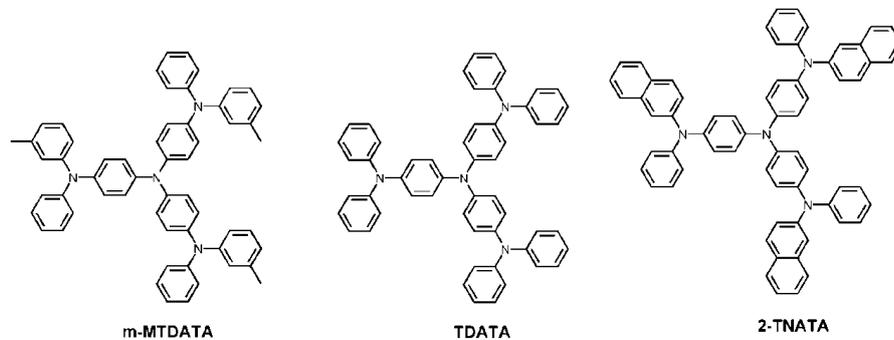
[0119] **[발광 소자의 제조 방법]**

[0120] 상기 발광 소자의 제조 방법은 제1전극 상에 양자점; 및 상기 화학식 1로 표시되는 제1반복단위 및 상기 화학식 2로 표시되는 제2반복단위를 포함하는 레벨링제;를 포함하는 양자점 조성물을 제공하여, 발광층을 형성하는 단계; 및 상기 발광층 상에 제2전극을 제공하는 단계;를 포함한다.

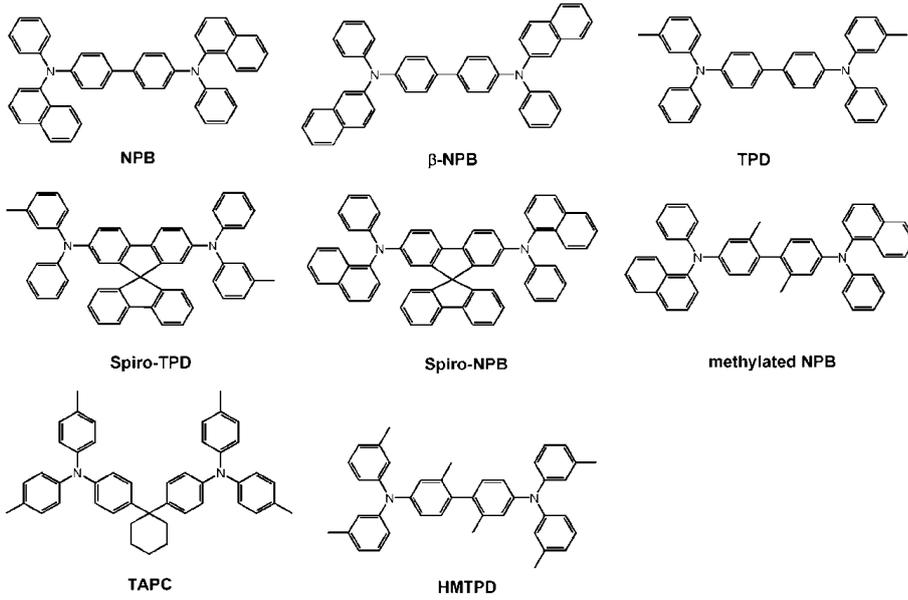
- [0121] 상기 양자점 조성물에 대한 설명은 상술한 바를 참조한다.
- [0122] 일 실시예에 있어서, 상기 양자점 조성물이 상분리됨으로써 양자점의 농도가 서로 상이한 제1영역 및 제2영역을 포함하는 상기 발광층을 형성할 수 있다.
- [0123] 구체적으로, 상기 양자점 조성물 중 상기 양자점과 상기 레벨링제가 서로 상분리가 일어나서, 상기 양자점이 하부(즉, 제1전극에 더 가까운 쪽)로 이동하고, 상기 레벨링제가 상부(즉, 제1전극에 더 먼 쪽)로 이동할 수 있다.
- [0124] 더욱 구체적으로, 상기 제2영역은 최대 양자점 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0125] 더욱 구체적으로, 상기 제1영역은 최대 레벨링제 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제1영역은 상기 발광층의 일면과 상기 제2영역 사이에 개재될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0126] 다른 실시예에 있어서, 상기 양자점 조성물은 정공 수송성 화합물 또는 전자 수송성 화합물을 더 포함하고, 상기 양자점 조성물이 상분리됨으로써 제1영역, 제2영역 및 제3영역을 포함하는 상기 발광층을 형성할 수 있다.
- [0127] 구체적으로, 상기 제3영역은 최대 정공 수송성 화합물 농도 또는 최대 전자 수송성 화합물 농도를 갖는 위치를 포함하고, 상기 제2영역은 상기 제1영역과 상기 제3영역 사이에 개재될 수 있다.
- [0128] 상기 양자점 조성물은 상기 제1전극 상에 용액 공정으로 제공될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0129] 구체적으로, 상기 용액 공정은 스핀 코팅법, 캐스팅법, 그라비아 코팅법, 바 코팅법, 롤 코팅법, 딥(dip) 코팅법, 스프레이 코팅법, 스크린 코팅법, 플렉소 프린팅법, 오프셋 프린팅법, 잉크젯 프린팅법 또는 노즐 프린팅법 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0130] 상기 양자점 조성물이 상기 제1전극 상에 제공된 이후, 진공 또는 열에 의해 건조됨으로써 발광층이 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0131] 더욱 구체적으로, 상기 용액 공정은 스핀 코팅법 또는 잉크젯 프린팅법일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0132] 상기 양자점 조성물은 상기 제1전극 상에 10 nm 내지 100 nm의 두께로 제공될 수 있다.
- [0133] [도 1에 대한 설명]
- [0134] 도 1은 본 발명의 일 실시예를 따르는 발광 소자(10)의 단면도를 개략적으로 도시한 것이다. 상기 발광 소자(10)는 제1전극(110), 중간층(150) 및 제2전극(190)을 포함한다.
- [0135] 이하, 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예를 따르는 발광 소자(10)의 구조 및 제조 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0136] [제1전극(110)]
- [0137] 도 1의 제1전극(110)의 하부 또는 제2전극(190)의 상부에는 기판이 추가로 배치될 수 있다. 상기 기판으로는, 기계적 강도, 열안정성, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기판 또는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.
- [0138] 상기 제1전극(110)은, 예를 들면, 기판 상부에, 제1전극용 물질을 증착법 또는 스퍼터링법 등을 이용하여 제공함으로써 형성될 수 있다. 상기 제1전극(110)이 애노드일 경우, 정공 주입이 용이하도록, 제1전극용 물질은, 높은 일함수를 갖는 물질 중에서 선택될 수 있다.
- [0139] 상기 제1전극(110)은 반사형 전극, 반투과형 전극 또는 투과형 전극일 수 있다. 투과형 전극인 제1전극(110)을 형성하기 위하여, 제1전극용 물질은, 산화인듐주석(ITO), 산화인듐아연(IZO), 산화주석(SnO<sub>2</sub>), 산화아연(ZnO) 및 이의 임의의 조합 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또는, 반투과형 전극 또는 반사형 전극인 제1전극(110)을 형성하기 위하여, 제1전극용 물질은, 마그네슘(Mg), 은(Ag), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag) 및 이의 임의의 조합 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0140] 상기 제1전극(110)은 단일층인 단층 구조 또는 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기

제1전극(110)은 ITO/Ag/ITO의 3층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0141] [중간층(150)]
- [0142] 상기 제1전극(110) 상부에는 중간층(150)이 배치되어 있다. 상기 중간층(150)은 발광층을 포함한다.
- [0143] 상기 중간층(150)은, 상기 제1전극(110)과 상기 발광층 사이에 개재된 정공 수송 영역(hole transport region) 및/또는 상기 발광층과 상기 제2전극(190) 사이에 개재된 전자 수송 영역(electron transport region)을 더 포함할 수 있다.
- [0144] [중간층(150) 중 정공 수송 영역]
- [0145] 상기 정공 수송 영역은, i) 단일 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조, ii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조 또는 iii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다.
- [0146] 상기 정공 수송 영역은, 정공 주입층(HIL), 정공 수송층(HTL), 발광 보조층 및 전자 저지층(EBL) 중에서 선택된 적어도 하나의 층을 포함할 수 있다.
- [0147] 예를 들어, 상기 정공 수송 영역은, 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조를 갖거나, 제1전극(110)으로부터 차례로 적층된 정공 주입층/정공 수송층, 정공 주입층/정공 수송층/발광 보조층, 정공 주입층/발광 보조층, 정공 수송층/발광 보조층 또는 정공 주입층/정공 수송층/전자 저지층의 다층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0148] 상기 정공 수송 영역은, m-MTDATA, TDATA, 2-TNATA, NPB(NPD),  $\beta$ -NPB, TPD, Spiro-TPD, Spiro-NPB, 메틸화된-NPB, TAPC, HMTPD, TCTA(4,4',4"-tris(N-carbazolyl)triphenylamine (4,4',4"-트리스(N-카바졸일)트리페닐아민)), PANI/DBSA (Polyaniline/Dodecylbenzenesulfonic acid (폴리아닐린/도데실벤젠설포닉산)), PEDOT/PSS(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/Poly(4-styrenesulfonate) (폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(4-스티렌설포네이트))), PANI/CSA (Polyaniline/Camphor sulfonic acid (폴리아닐린/캄퍼설포닉산)), PANI/PSS (Polyaniline/Poly(4-styrenesulfonate) (폴리아닐린/폴리(4-스티렌설포네이트))), 하기 화학식 201로 표시되는 화합물 및 하기 화학식 202로 표시되는 화합물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다:



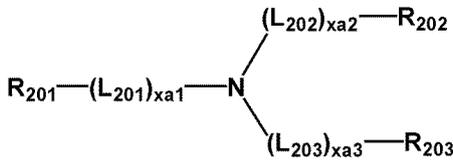
[0149]



[0150]

[0151]

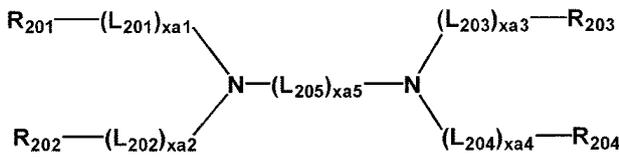
<화학식 201>



[0152]

[0153]

<화학식 202>



[0154]

[0155]

상기 화학식 201 및 202 중,

[0156]

$L_{201}$  내지  $L_{204}$ 는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴렌기, 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,

[0157]

$L_{205}$ 은,  $*-O-*$ ,  $*-S-*$ ,  $*-N(Q_{201})-*$ , 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{20}$ 알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_2$ - $C_{20}$ 알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴렌기, 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,

[0158]

$xa1$  내지  $xa4$ 는 서로 독립적으로, 0 내지 3의 정수 중에서 선택되고,

[0159]

$xa5$ 는 1 내지 10의 정수 중에서 선택되고,

[0160]

$R_{201}$  내지  $R_{204}$  및  $Q_{201}$ 은 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴옥시기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴티오기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환

된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택될 수 있다.

[0161] 예를 들어, 상기 화학식 202 중  $R_{201}$ 과  $R_{202}$ 는, 선택적으로(optionally), 단일 결합, 디메틸-메틸렌기 또는 디페닐-메틸렌기를 통하여 서로 연결될 수 있고,  $R_{203}$ 과  $R_{204}$ 는, 선택적으로, 단일 결합, 디메틸-메틸렌기 또는 디페닐-메틸렌기를 통하여 서로 연결될 수 있다.

[0162] 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 201 및 202 중,

[0163]  $L_{201}$  내지  $L_{205}$ 는 서로 독립적으로,

[0164] 페닐렌기, 펜탈레닐렌기, 인데닐렌기, 나프틸렌기, 아줄레닐렌기, 헵탈레닐렌기, 인다세닐렌기, 아세나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스퀴어로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페날레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 나프타세닐렌기, 피세닐렌기, 페릴레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 루비세닐렌기, 코로네닐렌기, 오발레닐렌기, 티오페닐렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오페닐렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오페닐렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기 및 피리디닐렌기; 및

[0165] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기,  $C_1$ - $C_{20}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{20}$ 알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기, 시클로펜테닐기, 시클로헥세닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기,  $C_1$ - $C_{10}$ 알킬기로 치환된 페닐기, -F로 치환된 페닐기, 펜탈레닐기, 인데닐기, 나프틸기, 아줄레닐기, 헵탈레닐기, 인다세닐기, 아세나프틸기, 플루오레닐기, 스퀴어로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 나프타세닐기, 피세닐기, 페릴레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 루비세닐기, 코로네닐기, 오발레닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, -Si( $Q_{31}$ )( $Q_{32}$ )( $Q_{33}$ ) 및 -N( $Q_{31}$ )( $Q_{32}$ ) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐렌기, 펜탈레닐렌기, 인데닐렌기, 나프틸렌기, 아줄레닐렌기, 헵탈레닐렌기, 인다세닐렌기, 아세나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스퀴어로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페날레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 나프타세닐렌기, 피세닐렌기, 페릴레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 루비세닐렌기, 코로네닐렌기, 오발레닐렌기, 티오페닐렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오페닐렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오페닐렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기 및 피리디닐렌기;

[0166] 중에서 선택되고,

[0167] 상기  $Q_{31}$  내지  $Q_{33}$ 은 서로 독립적으로,  $C_1$ - $C_{10}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{10}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있다.

[0168] 다른 실시예에 따르면,  $xa_1$  내지  $xa_4$ 는 서로 독립적으로, 0, 1 또는 2일 수 있다.

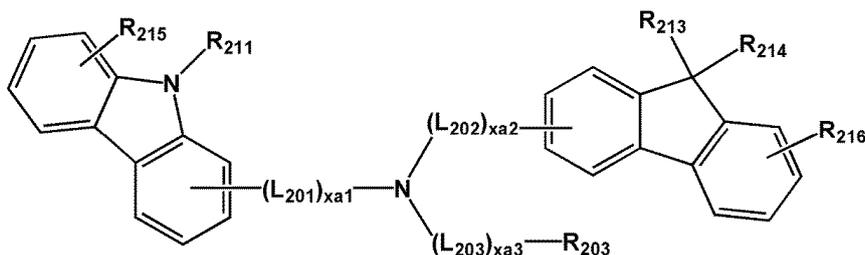
[0169] 또 다른 실시예에 따르면,  $xa_5$ 는 1, 2, 3 또는 4일 수 있다.

[0170] 또 다른 실시예에 따르면,  $R_{201}$  내지  $R_{204}$  및  $Q_{201}$ 은 서로 독립적으로, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 펜탈레닐기, 인데닐기, 나프틸기, 아줄레닐기, 헵탈레닐기, 인다세닐기, 아세나프틸기, 플루오레닐기, 스퀴어로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 나프타세닐기, 피세닐기, 페릴레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 루비세닐기, 코로네닐기, 오발레닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기; 및

[0171] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기,  $C_1$ - $C_{20}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{20}$ 알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기, 시클로펜테닐기, 시클로헥세닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기,  $C_1$ - $C_{10}$ 알킬기로 치환된 페닐기, -F로 치환된 페닐기, 펜탈레닐기, 인데닐기, 나프틸기,

아줄레닐기, 헵탈레닐기, 인다세닐기, 아세나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 나프타세닐기, 피세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 루비세닐기, 코로네닐기, 오발레닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>) 및 -N(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 펜탈레닐기, 인테닐기, 나프틸기, 아줄레닐기, 헵탈레닐기, 인다세닐기, 아세나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 나프타세닐기, 피세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 루비세닐기, 코로네닐기, 오발레닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기;

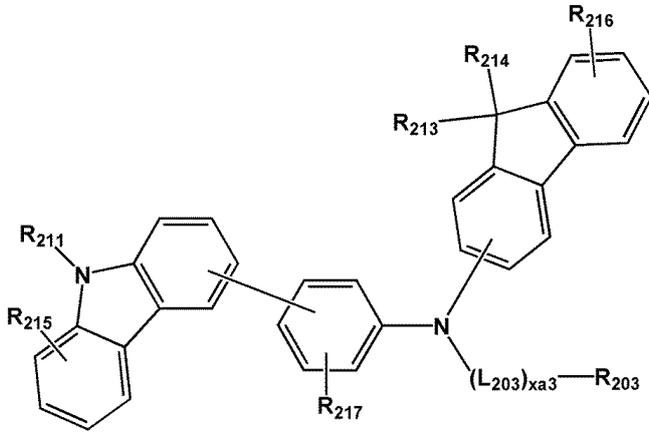
- [0172]       중에서 선택될 수 있고,
- [0173]       상기 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조한다.
- [0174]       또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 201 중 R<sub>201</sub> 내지 R<sub>203</sub> 중 적어도 하나는, 서로 독립적으로,
- [0175]       플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오페닐기; 및
- [0176]       중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기, 시클로펜테닐기, 시클로헥세닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기로 치환된 페닐기, -F로 치환된 페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오페닐기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오페닐기;
- [0177]       중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0178]       또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 202 중 i) R<sub>201</sub>과 R<sub>202</sub>은 단일 결합을 통하여 서로 연결될 수 있거나, 및/또는 ii) R<sub>203</sub>과 R<sub>204</sub>은 단일 결합을 통하여 서로 연결될 수 있다.
- [0179]       또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 202 중 R<sub>201</sub> 내지 R<sub>204</sub> 중 적어도 하나는,
- [0180]       카바졸일기; 및
- [0181]       중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기, 시클로펜테닐기, 시클로헥세닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기로 치환된 페닐기, -F로 치환된 페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오페닐기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된 카바졸일기;
- [0182]       중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0183]       상기 화학식 201로 표시되는 화합물은 하기 화학식 201A로 표시될 수 있다:
- [0184]       <화학식 201A>



[0185]

[0186] 예를 들어, 상기 화학식 201로 표시되는 화합물은 하기 화학식 201A(1)로 표시될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:

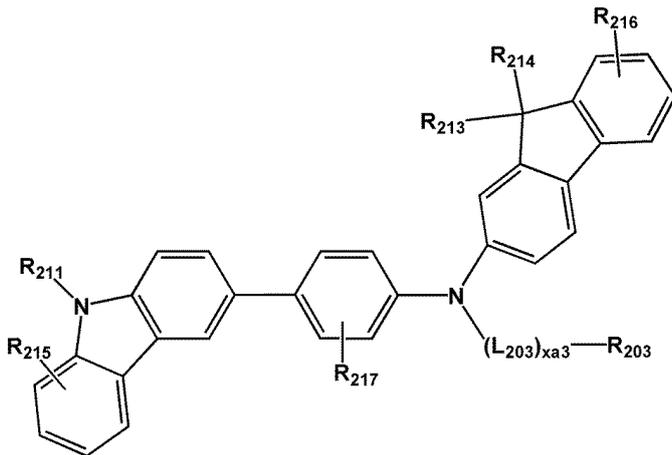
[0187] <화학식 201A(1)>



[0188]

[0189] 또 다른 예로서, 상기 화학식 201로 표시되는 화합물은 하기 화학식 201A-1로 표시될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:

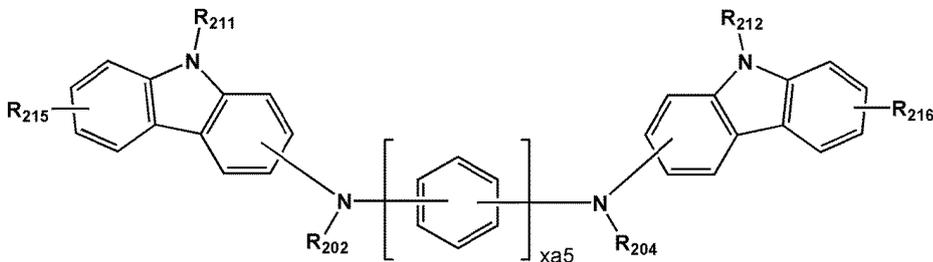
[0190] <화학식 201A-1>



[0191]

[0192] 한편, 상기 화학식 202로 표시되는 화합물은 하기 화학식 202A로 표시될 수 있다:

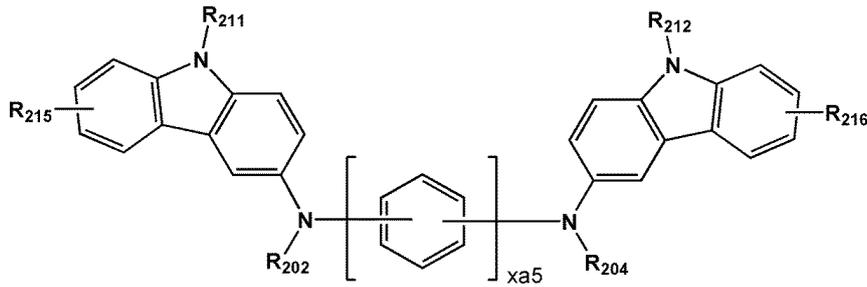
[0193] <화학식 202A>



[0194]

[0195] 또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 202로 표시되는 화합물은 하기 화학식 202A-1로 표시될 수 있다:

[0196] <화학식 202A-1>



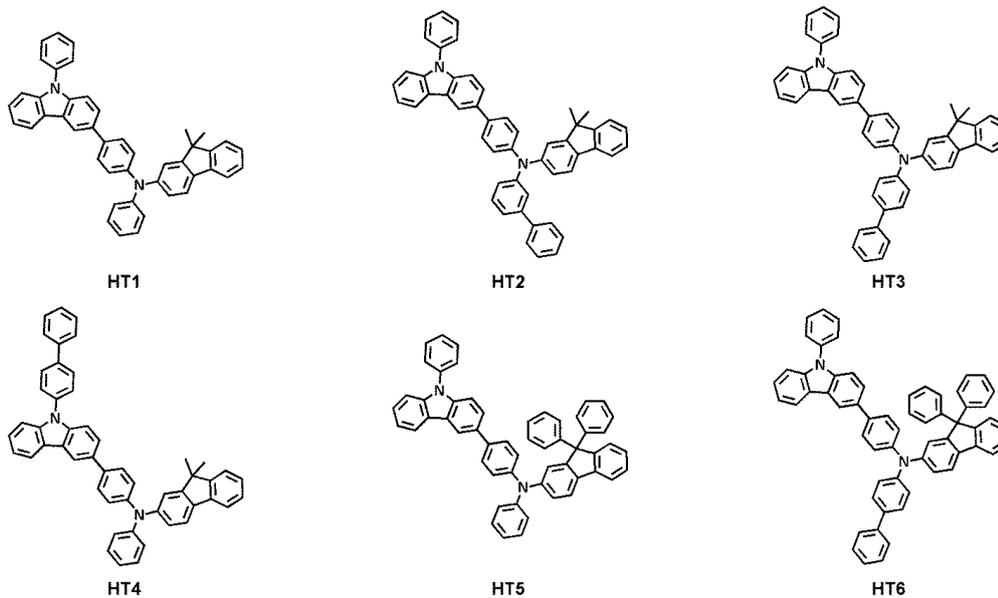
[0197]  
 [0198] 상기 화학식 201A, 201A(1), 201A-1, 202A 및 202A-1 중,

[0199] L<sub>201</sub> 내지 L<sub>203</sub>, xa1 내지 xa3, xa5 및 R<sub>202</sub> 내지 R<sub>204</sub>에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조하고,

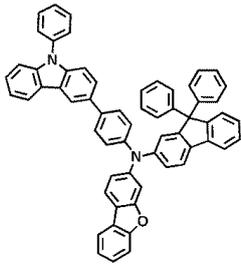
[0200] R<sub>211</sub> 및 R<sub>212</sub>에 대한 설명은 본 명세서 중 R<sub>203</sub>에 대한 설명을 참조하고,

[0201] R<sub>213</sub> 내지 R<sub>217</sub>은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기, 시클로헨테닐기, 시클로헥세닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기로 치환된 페닐기, -F로 치환된 페닐기, 펜탈레닐기, 인데닐기, 나프틸기, 아줄레닐기, 헵탈레닐기, 인다세닐기, 아세나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 나프타세닐기, 피세닐기, 페릴레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 루비세닐기, 코로네닐기, 오발레닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기 중에서 선택될 수 있다.

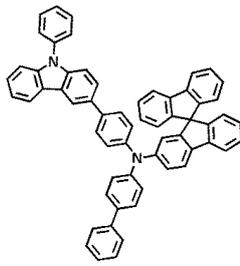
[0202] 상기 정공 수송 영역은 하기 화합물 HT1 내지 HT39 중에서 선택된 적어도 하나의 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:



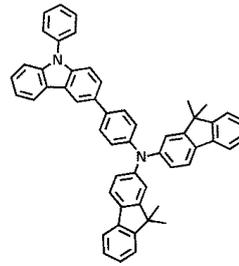
[0203]



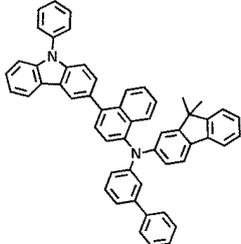
HT7



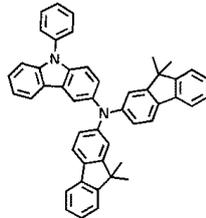
HT8



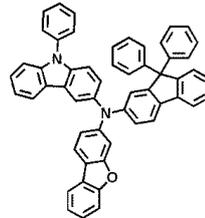
HT9



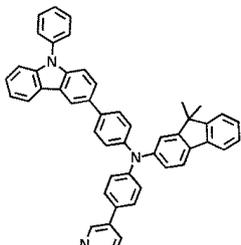
HT10



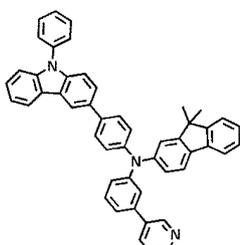
HT11



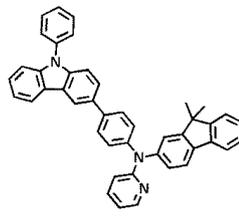
HT12



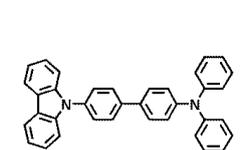
HT13



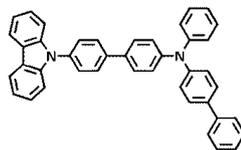
HT14



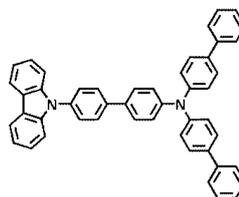
HT15



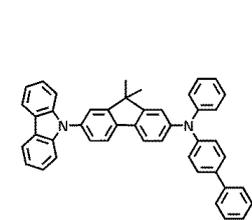
HT16



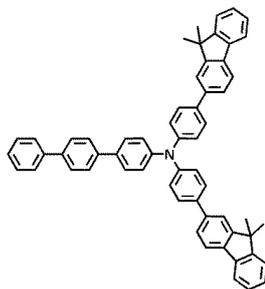
HT17



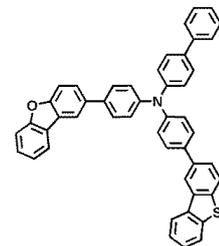
HT18



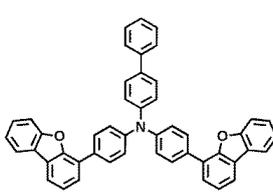
HT19



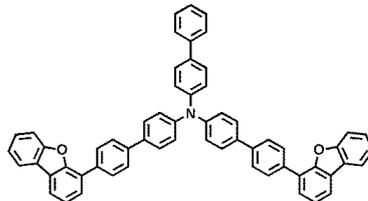
HT20



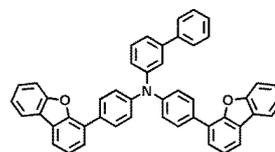
HT21



HT22



HT23

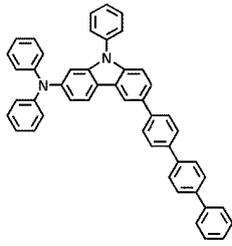


HT24

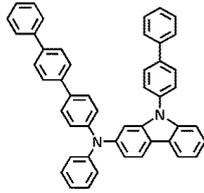
[0204]

[0205]

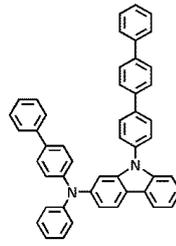
[0206]



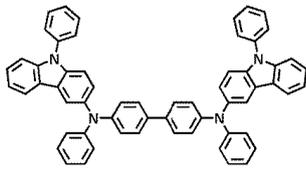
HT25



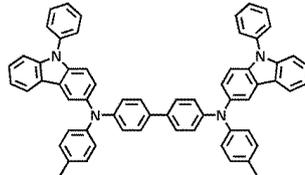
HT26



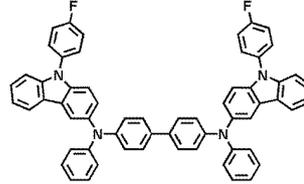
HT27



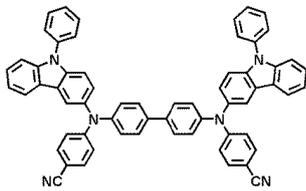
HT28



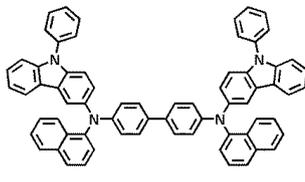
HT29



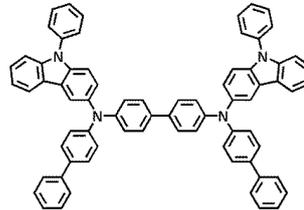
HT30



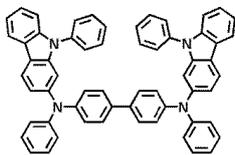
HT31



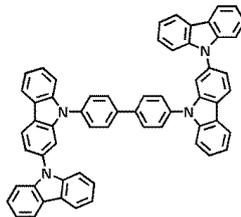
HT32



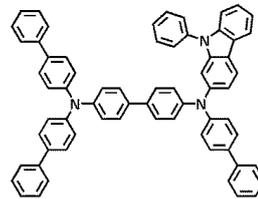
HT33



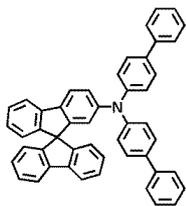
HT34



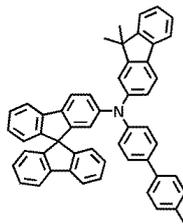
HT35



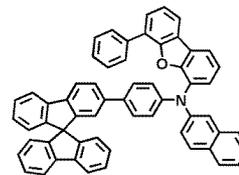
HT36



HT37



HT38



HT39

[0207]

[0208]

[0209]

[0210]

[0211]

상기 정공 수송 영역의 두께는 약 100Å 내지 약 10000Å, 예를 들면, 약 100Å 내지 약 1000Å일 수 있다. 상기 정공 수송 영역이 정공 주입층 및 정공 수송층 중 적어도 하나를 포함한다면, 상기 정공 주입층의 두께는 약 100Å 내지 약 9000Å, 예를 들면, 약 100Å 내지 약 1000Å이고, 상기 정공 수송층의 두께는 약 50Å 내지 약 2000Å, 예를 들면 약 100Å 내지 약 1500Å일 수 있다. 상기 정공 수송 영역, 정공 주입층 및 정공 수송층의 두께가 전술한 바와 같은 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 만족스러운 정도의 정공 수송 특성을 얻을 수 있다.

상기 발광 보조층은 발광층에서 방출되는 광의 파장에 따른 광학적 공진 거리를 보상하여 광 방출 효율을 증가시키는 역할을 하는 층이고, 상기 전자 저지층은 전자 수송 영역으로부터의 전자 주입을 방지하는 역할을 하는 층이다. 상기 발광 보조층 및 전자 저지층에는 상술한 바와 같은 물질이 포함될 수 있다.

[0212]

[p-도펀트]

[0213]

상기 정공 수송 영역은 상술한 바와 같은 물질 외에, 도전성 향상을 위하여 전하-생성 물질을 더 포함할 수 있다. 상기 전하-생성 물질은 상기 정공 수송 영역 내에 균일하게 또는 불균일하게 분산되어 있을 수 있다.

[0214]

상기 전하-생성 물질은 예를 들면, p-도펀트일 수 있다.

[0215]

일 실시예에 따르면, 상기 p-도펀트의 LUMO는 -3.5eV 이하일 수 있다.

[0216]

상기 p-도펀트는, 퀴논 유도체, 금속 산화물 및 시아노기-함유 화합물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0217]

예를 들어, 상기 p-도펀트는, TCNQ (Tetracyanoquinodimethane) 및 F4-TCNQ (2,3,5,6-Tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane) 등과 같은 퀴논 유도체;

[0218]

텅스텐 산화물 및 몰리브덴 산화물 등과 같은 금속 산화물;

[0219]

HAT-CN (1,4,5,8,9,11-hexaazatriphenylene-hexacarbonitrile); 및

[0220]

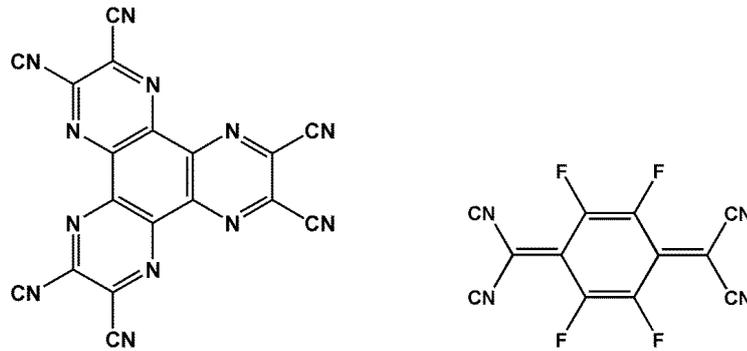
하기 화학식 221로 표시되는 화합물;

[0221]

중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:

[0222]

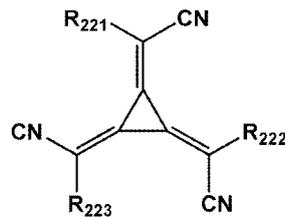
<HAT-CN> <F4-TCNQ>



[0223]

[0224]

<화학식 221>



[0225]

[0226]

상기 화학식 221 중,

[0227]

R<sub>221</sub> 내지 R<sub>223</sub>은 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되며, 상기 R<sub>221</sub> 내지 R<sub>223</sub> 중 적어도 하나는 시아노기, -F, -Cl, -Br, -I, -F로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, -Cl로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, -Br로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기 및 -I로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기 중에서 선택된 적어도 하나의 치환기를 갖는다.

[0228]

[중간층(150) 중 발광층]

[0229]

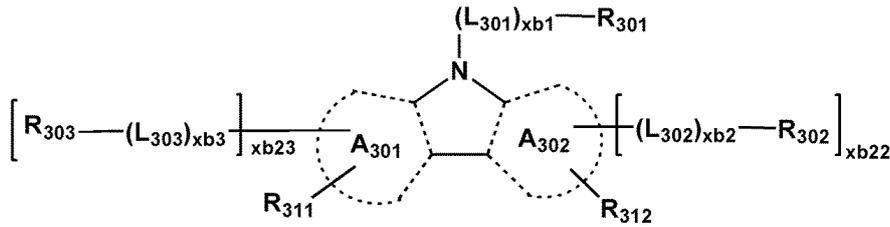
발광층에 대한 설명은 전술한 바를 참조한다.

[0230]

[발광층 중 호스트]

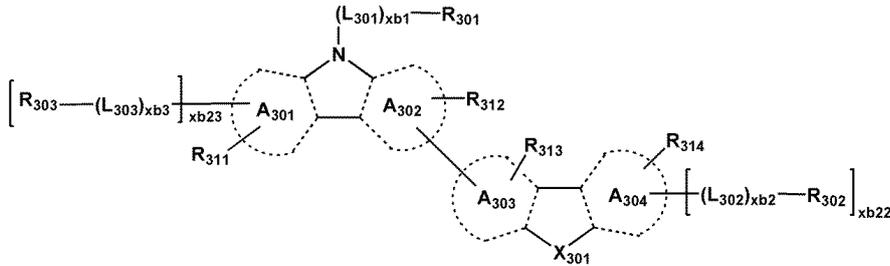
- [0231] 상기 호스트는 하기 화학식 301로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다.
- [0232] <화학식 301>
- [0233]  $[Ar_{301}]_{xb11}-[(L_{301})_{xb1}-R_{301}]_{xb21}$
- [0234] 상기 화학식 301 중,
- [0235]  $Ar_{301}$ 은 치환 또는 비치환된  $C_5-C_{60}$ 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{60}$ 헤테로시클릭 그룹이고,
- [0236]  $xb11$ 은 1, 2 또는 3이고,
- [0237]  $L_{301}$ 은, 치환 또는 비치환된  $C_3-C_{10}$ 시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{10}$ 헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_3-C_{10}$ 시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{10}$ 헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_6-C_{60}$ 아틸렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{60}$ 헤테로아틸렌기, 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,
- [0238]  $xb1$ 은 0 내지 5의 정수 중에서 선택되고,
- [0239]  $R_{301}$ 은, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{60}$ 알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_2-C_{60}$ 알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_2-C_{60}$ 알키닐기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{60}$ 알콕시기, 치환 또는 비치환된  $C_3-C_{10}$ 시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{10}$ 헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_3-C_{10}$ 시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{10}$ 헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_6-C_{60}$ 아틸기, 치환 또는 비치환된  $C_6-C_{60}$ 아틸옥시기, 치환 또는 비치환된  $C_6-C_{60}$ 아틸티오기, 치환 또는 비치환된  $C_1-C_{60}$ 헤테로아틸기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹,  $-Si(Q_{301})(Q_{302})(Q_{303})$ ,  $-N(Q_{301})(Q_{302})$ ,  $-B(Q_{301})(Q_{302})$ ,  $-C(=O)(Q_{301})$ ,  $-S(=O)_2(Q_{301})$  및  $-P(=O)(Q_{301})(Q_{302})$  중에서 선택되고,
- [0240]  $xb21$ 은 1 내지 5의 정수 중에서 선택되고,
- [0241]  $Q_{301}$  내지  $Q_{303}$ 은 서로 독립적으로,  $C_1-C_{10}$ 알킬기,  $C_1-C_{10}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0242] 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 301 중  $Ar_{301}$ 은,
- [0243] 나프탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스파이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타펜 그룹, 인데노안트라센 그룹, 디벤조퓨란 그룹 및 디벤조티오펜 그룹; 및
- [0244] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기,  $C_1-C_{20}$ 알킬기,  $C_1-C_{20}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기,  $-Si(Q_{31})(Q_{32})(Q_{33})$ ,  $-N(Q_{31})(Q_{32})$ ,  $-B(Q_{31})(Q_{32})$ ,  $-C(=O)(Q_{31})$ ,  $-S(=O)_2(Q_{31})$  및  $-P(=O)(Q_{31})(Q_{32})$  중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 나프탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스파이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타펜 그룹, 인데노안트라센 그룹, 디벤조퓨란 그룹 및 디벤조티오펜 그룹;
- [0245] 중에서 선택되고,
- [0246]  $Q_{31}$  내지  $Q_{33}$ 은 서로 독립적으로,  $C_1-C_{10}$ 알킬기,  $C_1-C_{10}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0247] 상기 화학식 301 중  $xb11$ 이 2 이상일 경우 2 이상의  $Ar_{301}$ 은 단일 결합을 통하여 서로 연결될 수 있다.
- [0248] 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 301로 표시되는 화합물은 하기 화학식 301-1 또는 301-2로 표시될 수 있다:

[0249] <화학식 301-1>



[0250]

[0251] <화학식 301-2>



[0252]

[0253] 상기 화학식 301-1 내지 301-2 중

[0254] A<sub>301</sub> 내지 A<sub>304</sub>는 서로 독립적으로, 벤젠 그룹, 나프탈렌 그룹, 페난트렌 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 피리딘 그룹, 피리미딘 그룹, 인덴 그룹, 플루오렌 그룹, 스파이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 인돌 그룹, 카바졸 그룹, 벤조카바졸 그룹, 디벤조카바졸 그룹, 퓨란 그룹, 벤조퓨란 그룹, 디벤조퓨란 그룹, 나프토피란 그룹, 벤조나프토피란 그룹, 디나프토피란 그룹, 티오펜 그룹, 벤조티오펜 그룹, 디벤조티오펜 그룹, 나프토티오펜 그룹, 벤조나프토티오펜 그룹 및 디나프토티오펜 그룹 중에서 선택되고,

[0255] X<sub>301</sub>은 0, S 또는 N-[(L<sub>304</sub>)<sub>xb4</sub>-R<sub>304</sub>]이고,

[0256] R<sub>311</sub> 내지 R<sub>314</sub>는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기 -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>), -N(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -B(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -C(=O)(Q<sub>31</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>31</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>) 중에서 선택되고,

[0257] xb<sub>22</sub> 및 xb<sub>23</sub>은 서로 독립적으로, 0, 1 또는 2이고,

[0258] L<sub>301</sub>, xb<sub>1</sub>, R<sub>301</sub> 및 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조하고,

[0259] L<sub>302</sub> 내지 L<sub>304</sub>에 대한 설명은 서로 독립적으로, 상기 L<sub>301</sub>에 대한 설명을 참조하고,

[0260] xb<sub>2</sub> 내지 xb<sub>4</sub>에 대한 설명은 서로 독립적으로, 상기 xb<sub>1</sub>에 대한 설명을 참조하고,

[0261] R<sub>302</sub> 내지 R<sub>304</sub>에 대한 설명은 서로 독립적으로, 상기 R<sub>301</sub>에 대한 설명을 참조한다.

[0262] 예를 들어, 상기 화학식 301, 301-1 및 301-2 중 L<sub>301</sub> 내지 L<sub>304</sub>는 서로 독립적으로,

[0263] 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스파이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페릴레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오펜렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오펜렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오펜렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기, 이미다졸일렌기, 피라졸일렌기, 티아졸일렌기, 이소티아졸일렌기, 옥사졸일렌기, 이소옥사졸일렌기, 티아디아졸일렌기, 옥사디아졸일렌기, 피라지닐렌기, 피리미디닐렌기, 피리다지닐렌기, 트리아지닐렌기, 퀴놀리닐렌기, 이소퀴놀리닐렌기, 벤조퀴놀리닐렌기, 프탈라지닐렌기, 나프티리디닐렌기, 퀴놀살리닐렌기, 퀴나졸리닐렌기, 시놀리닐렌기, 페난트리디닐렌기, 아크리디닐렌기, 페난트롤리닐렌기, 페나지닐렌기, 벤조이미다졸일렌기, 이소벤조티아졸일렌기, 벤조옥사졸일렌기, 이소벤조

옥사졸일렌기, 트리아졸일렌기, 테트라졸일렌기, 이미다조피리디닐렌기, 이미다조피리미디닐렌기 및 아자카바졸일렌기; 및

[0264] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴녹살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기, 아자카바졸일기, -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>), -N(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -B(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -C(=O)(Q<sub>31</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>31</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스파이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페틸레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오펜렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오펜렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오펜렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기, 이미다졸일렌기, 피라졸일렌기, 티아졸일렌기, 이소티아졸일렌기, 옥사졸일렌기, 이속사졸일렌기, 티아디아졸일렌기, 옥사디아졸일렌기, 피라지닐렌기, 피리미디닐렌기, 피리다지닐렌기, 트리아지닐렌기, 퀴놀리닐렌기, 이소퀴놀리닐렌기, 벤조퀴놀리닐렌기, 프탈라지닐렌기, 나프티리디닐렌기, 퀴녹살리닐렌기, 퀴나졸리닐렌기, 시놀리닐렌기, 페난트리디닐렌기, 아크리디닐렌기, 페난트롤리닐렌기, 페나지닐렌기, 벤조이미다졸일렌기, 이소벤조티아졸일렌기, 벤조옥사졸일렌기, 이소벤조옥사졸일렌기, 트리아졸일렌기, 테트라졸일렌기, 이미다조피리디닐렌기, 이미다조피리미디닐렌기 및 아자카바졸일렌기;

[0265] 중에서 선택되고,

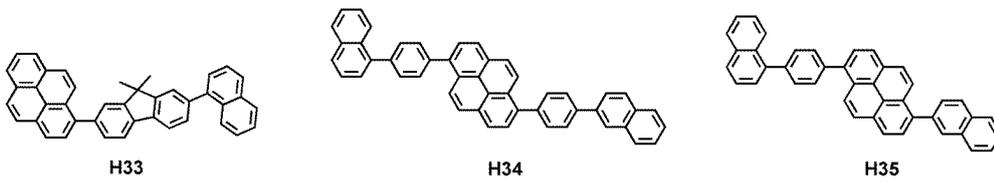
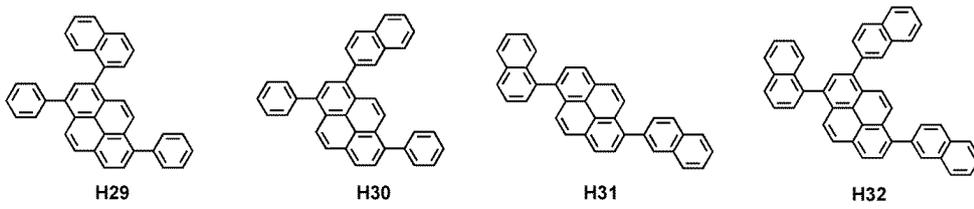
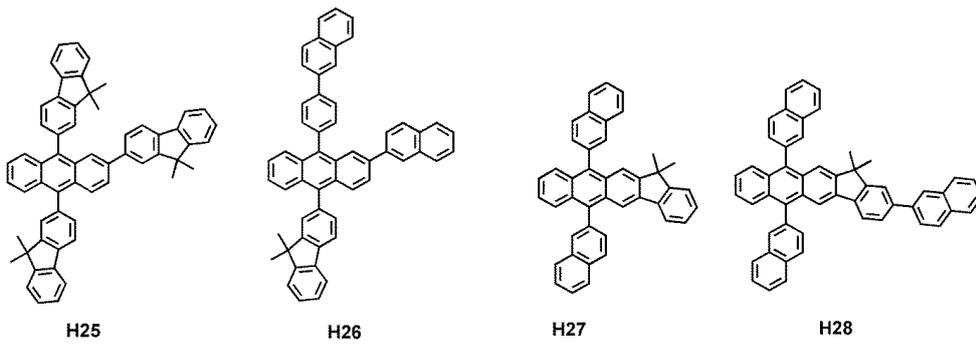
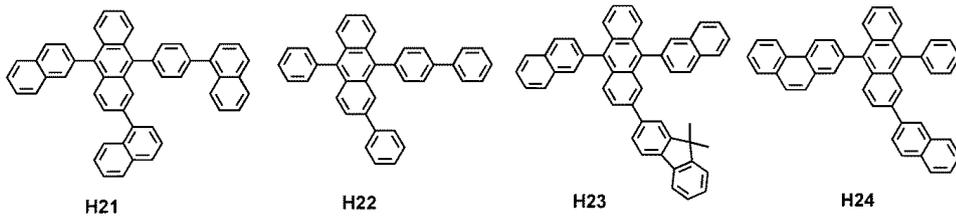
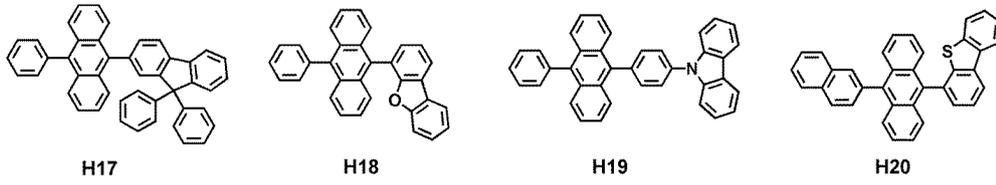
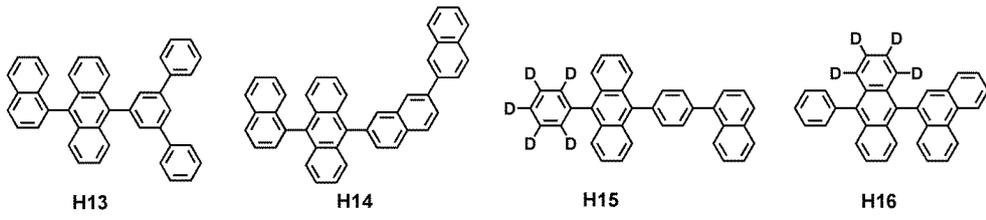
[0266] 상기 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조할 수 있다.

[0267] 다른 예로서, 상기 화학식 301, 301-1 및 301-2 중 R<sub>301</sub> 내지 R<sub>304</sub>는 서로 독립적으로,

[0268] 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴녹살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기; 및

[0269] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴녹살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기,

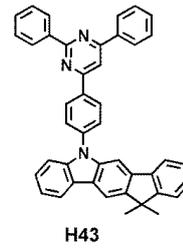
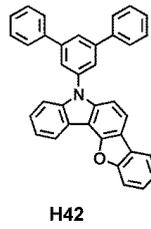
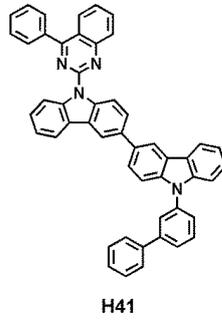
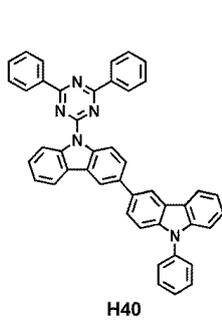
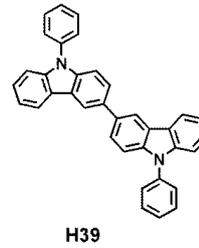
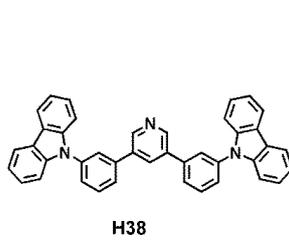
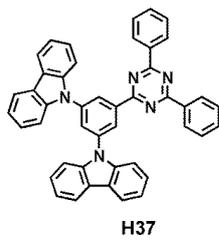
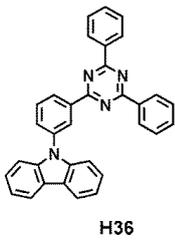




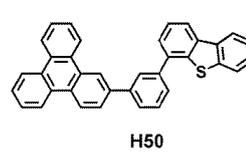
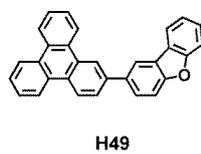
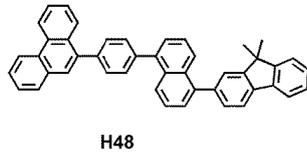
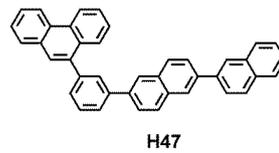
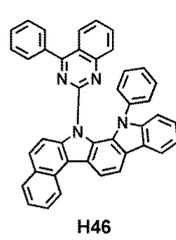
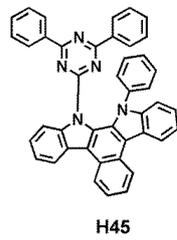
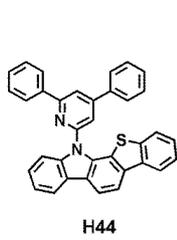
[0276]

[0277]

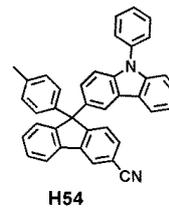
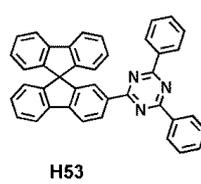
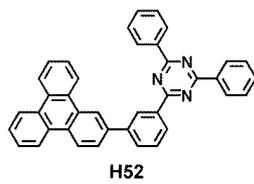
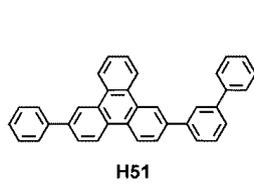
[0278]



[0279]



[0280]



[0281]

[0282]

또는, 상기 호스트는 실리콘-함유 화합물(예를 들면, 하기 실시예에서 사용된 BCPDS 등) 및 포스핀 옥사이드-함유 화합물(예를 들면, 하기 실시예에서 사용된 POPCPA 등) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0283]

상기 호스트는 1종의 화합물만을 포함하거나, 서로 상이한 2종 이상의 화합물을 포함할 수 있는 등(예를 들면, 하기 실시예의 호스트는 BCPDS 및 POPCPA로 이루어짐), 다양한 변형이 가능하다.

[0284]

[발광층 중 인광 도펀트]

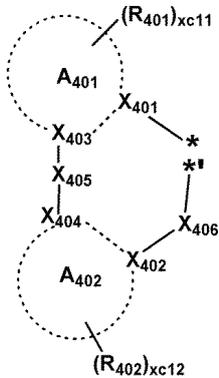
[0285]

상기 인광 도펀트는 하기 화학식 401로 표시되는 유기금속 착체를 포함할 수 있다:

[0286] <화학식 401>

[0287]  $M(L_{401})_{xc1}(L_{402})_{xc2}$

[0288] <화학식 402>



[0289]

[0290] 상기 화학식 401 및 402 중,

[0291] M은 이리듐(Ir), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 오스뮴(Os), 티탄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 유로퓸(Eu), 테르븀(Tb), 로듐(Rh) 및 톨륨(Tm) 중에서 선택되고,

[0292]  $L_{401}$ 은 상기 화학식 402로 표시되는 리간드 중에서 선택되고,  $xc1$ 은 1, 2 또는 3이고,  $xc1$ 이 2 이상일 경우 2 이상의  $L_{401}$ 은 서로 동일하거나 상이하고,

[0293]  $L_{402}$ 는 유기 리간드이고,  $xc2$ 는 0 내지 4의 정수 중에서 선택되고,  $xc2$ 가 2 이상일 경우 2 이상의  $L_{402}$ 는 서로 동일하거나 상이하고,

[0294]  $X_{401}$  내지  $X_{404}$ 는 서로 독립적으로, 질소 또는 탄소이고,

[0295]  $X_{401}$ 과  $X_{403}$ 은 단일 결합 또는 이중 결합을 통하여 연결되고,  $X_{402}$ 와  $X_{404}$ 는 단일 결합 또는 이중 결합을 통하여 연결되고,

[0296]  $A_{401}$  및  $A_{402}$ 는 서로 독립적으로,  $C_5$ - $C_{60}$ 카보시클릭 그룹 또는  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로시클릭 그룹이고,

[0297]  $X_{405}$ 는 단일 결합, \*-O-\*, \*-S-\*, \*-C(=O)-\*, \*-N(Q<sub>411</sub>)-\*, \*-C(Q<sub>411</sub>)(Q<sub>412</sub>)-\*, \*-C(Q<sub>411</sub>)=C(Q<sub>412</sub>)-\*, \*-C(Q<sub>411</sub>)=\* 또는 \*=C(Q<sub>411</sub>)=\*이고, 상기 Q<sub>411</sub> 및 Q<sub>412</sub>는, 수소, 중수소,  $C_1$ - $C_{20}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{20}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 또는 나프틸기이고,

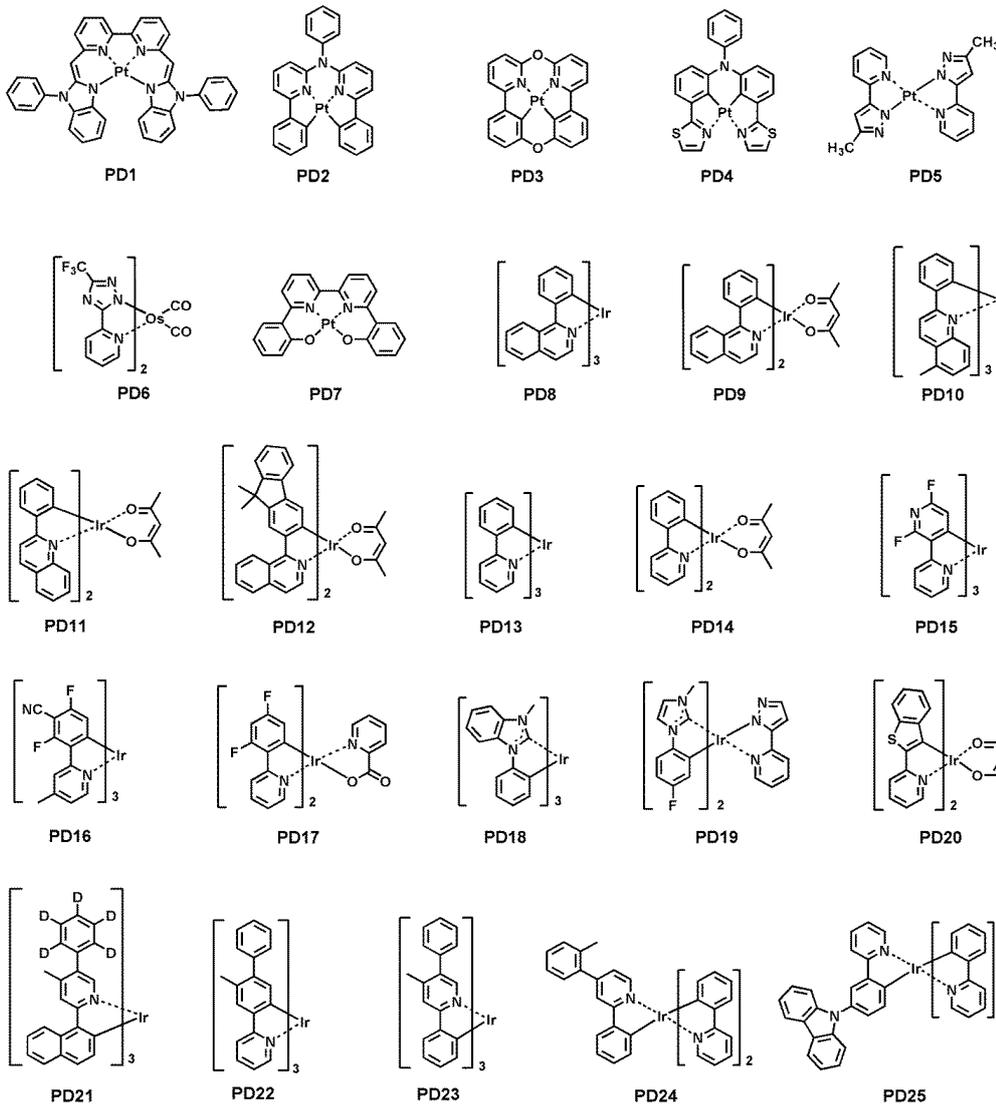
[0298]  $X_{406}$ 은 단일 결합, O 또는 S이고,

[0299]  $R_{401}$  및  $R_{402}$ 는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{20}$ 알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{20}$ 알콕시기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴옥시기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴티오기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹, -Si(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>)(Q<sub>403</sub>), -N(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>), -B(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>), -C(=O)(Q<sub>401</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>401</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>) 중에서 선택되고, 상기 Q<sub>401</sub> 내지 Q<sub>403</sub>은 서로 독립적으로,  $C_1$ - $C_{10}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{10}$ 알콕시기,  $C_6$ - $C_{20}$ 아릴기 및  $C_1$ - $C_{20}$ 헤테로아릴기 중에서 선택되고,

[0300]  $xc11$  및  $xc12$ 는 서로 독립적으로, 0 내지 10의 정수 중에서 선택되고,

- [0301] 상기 화학식 402 중 \* 및 \*'은 상기 화학식 401 중 M과의 결합 사이트이다.
- [0302] 일 구현예에 따르면, 상기 화학식 402 중 A<sub>401</sub> 및 A<sub>402</sub>는 서로 독립적으로, 벤젠 그룹, 나프탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스퀴어로-바이플루오렌 그룹, 인텐 그룹, 피롤 그룹, 티오펜 그룹, 퓨란(furan) 그룹, 이미다졸 그룹, 피라졸 그룹, 티아졸 그룹, 이소티아졸 그룹, 옥사졸 그룹, 이소옥사졸(isoxazole) 그룹, 피리딘 그룹, 피라진 그룹, 피리미딘 그룹, 피리다진 그룹, 퀴놀린 그룹, 이소퀴놀린 그룹, 벤조퀴놀린 그룹, 퀴놀살린 그룹, 퀴나졸린 그룹, 카바졸 그룹, 벤조이미다졸 그룹, 벤조퓨란(benzofuran) 그룹, 벤조티오펜 그룹, 이소벤조티오펜 그룹, 벤조옥사졸 그룹, 이소벤조옥사졸 그룹, 트리아졸 그룹, 테트라졸 그룹, 옥사디아졸 그룹, 트리아진 그룹, 디벤조퓨란(dibenzofuran) 그룹 및 디벤조티오펜 그룹 중에서 선택될 수 있다.
- [0303] 다른 구현예에 따르면, 상기 화학식 402 중 i) X<sub>401</sub>은 질소이고, X<sub>402</sub>는 탄소이거나, 또는 ii) X<sub>401</sub>과 X<sub>402</sub>가 모두 질소일 수 있다.
- [0304] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 화학식 402 중 R<sub>401</sub> 및 R<sub>402</sub>는 서로 독립적으로,
- [0305] 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기 및 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기;
- [0306] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 페닐기, 나프틸기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 아다만타닐기, 노르보나닐기 및 노르보네닐기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기 및 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기;
- [0307] 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 아다만타닐기, 노르보나닐기, 노르보네닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 피리디닐기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오펜닐기;
- [0308] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 아다만타닐기, 노르보나닐기, 노르보네닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 피리디닐기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오펜닐기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 아다만타닐기, 노르보나닐기, 노르보네닐기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 피리디닐기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 카바졸일기, 디벤조퓨라닐기 및 디벤조티오펜닐기; 및
- [0309] -Si(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>)(Q<sub>403</sub>), -N(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>), -B(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>), -C(=O)(Q<sub>401</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>401</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>401</sub>)(Q<sub>402</sub>);
- [0310] 중에서 선택되고,
- [0311] 상기 Q<sub>401</sub> 내지 Q<sub>403</sub>은 서로 독립적으로, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0312] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 화학식 401 중 xc1이 2 이상일 경우, 2 이상의 L<sub>401</sub> 중 2개의 A<sub>401</sub>은 선택적으로 (optionally), 연결기인 X<sub>407</sub>을 통하여 서로 연결되거나, 2개의 A<sub>402</sub>는 선택적으로, 연결기인 X<sub>408</sub>을 통하여 서로 연결될 수 있다 (하기 화합물 PD1 내지 PD4 및 PD7 참조). 상기 X<sub>407</sub> 및 X<sub>408</sub>은 서로 독립적으로, 단일 결합, \*-O-\*, \*-S-\*, \*-C(=O)-\*, \*-N(Q<sub>413</sub>)-\*, \*-C(Q<sub>413</sub>)(Q<sub>414</sub>)-\* 또는 \*-C(Q<sub>413</sub>)=C(Q<sub>414</sub>)-\* (여기서, Q<sub>413</sub> 및 Q<sub>414</sub>는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 또는 나프틸기임)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0313] 상기 화학식 401 중 L<sub>402</sub>는 임의의 1가, 2가 또는 3가의 유기 리간드일 수 있다. 예를 들어, 상기 L<sub>402</sub>는 할로겐, 디케톤 (예를 들면, 아세틸아세토네이트), 카르복실산(예를 들면, 피콜리네이트), -C(=O), 이소니트릴, -CN 및 포스포러스 (예를 들면, 포스핀(phosphine), 포스파이트(phosphite)) 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0314] 또는, 상기 인광 도펀트는 예를 들어, 하기 화합물 PD1 내지 PD25 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:



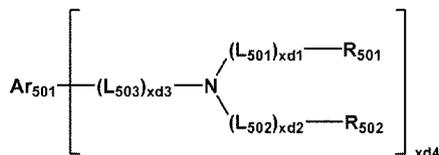
[0317]

[0318] [발광층 중 형광 도펀트]

[0319] 상기 형광 도펀트는 아릴아민 화합물 또는 스티릴아민 화합물을 포함할 수 있다.

[0320] 상기 형광 도펀트는 하기 화학식 501로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다:

[0321] <화학식 501>



[0322]

[0323] 상기 화학식 501 중,

[0324] Ar<sub>501</sub>은 치환 또는 비치환된 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로시클릭 그룹이고,

[0325] L<sub>501</sub> 내지 L<sub>503</sub>은 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴렌기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴렌기, 치환 또는 비치환된 2가 비-방향

족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,

- [0326] xd1 내지 xd3는 서로 독립적으로, 0 내지 3의 정수 중에서 선택되고,
- [0327] R<sub>501</sub> 및 R<sub>502</sub>는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, 치환 또는 비치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, 치환 또는 비치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,
- [0328] xd4는 1 내지 6의 정수 중에서 선택될 수 있다.
- [0329] 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 501 중 Ar<sub>501</sub>은,
- [0330] 나프탈렌 그룹, 헵탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스퀴이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타켄 그룹, 인데노안트라센 그룹 및 인데노페난트렌 그룹; 및
- [0331] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 나프탈렌 그룹, 헵탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스퀴이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타켄 그룹, 인데노안트라센 그룹 및 인데노페난트렌 그룹;
- [0332] 중에서 선택될 수 있다.
- [0333] 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 501 중 L<sub>501</sub> 내지 L<sub>503</sub>은 서로 독립적으로,
- [0334] 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스퀴이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페릴레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오페닐렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오페닐렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오페닐렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기; 및
- [0335] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스퀴이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페릴레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스퀴이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페릴레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오페닐렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오페닐렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오페닐렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기;
- [0336] 중에서 선택될 수 있다.
- [0337] 또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 501 중 R<sub>501</sub> 및 R<sub>502</sub>는 서로 독립적으로,
- [0338] 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스퀴이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페릴레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오페닐기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오페닐기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오페닐기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기; 및

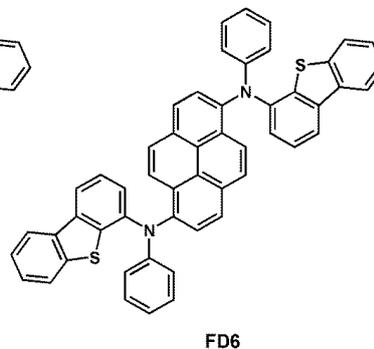
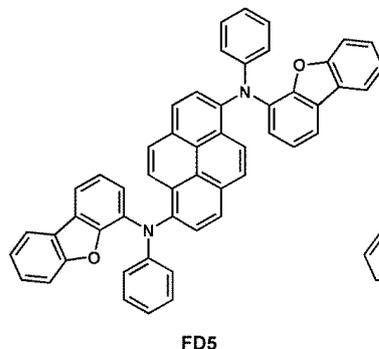
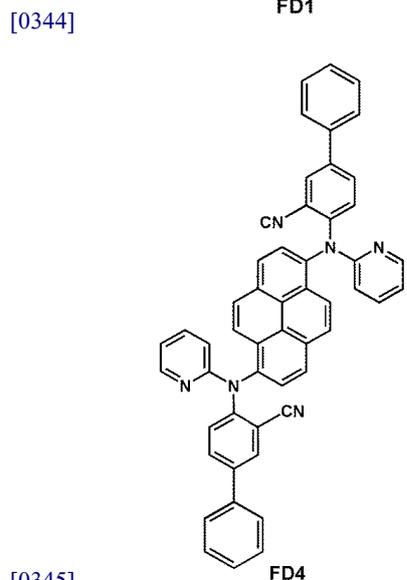
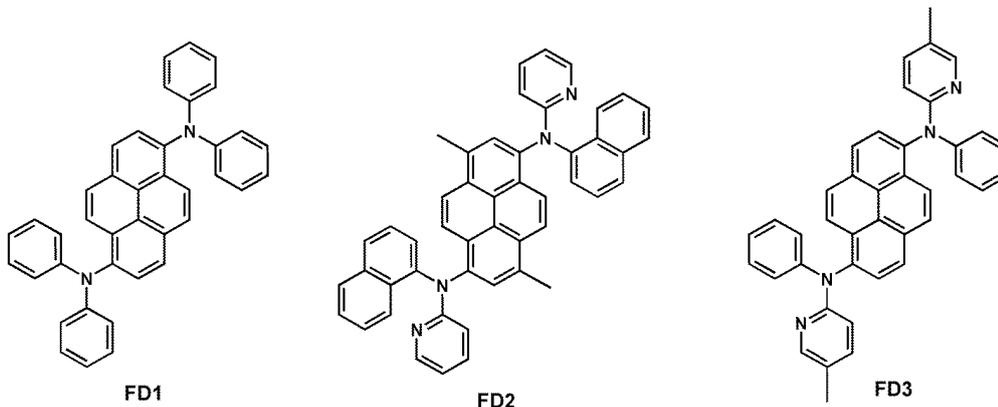
[0339] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기 및 -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기 및 피리디닐기;

[0340] 중에서 선택되고,

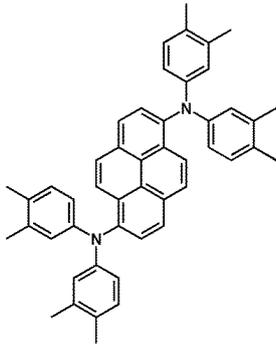
[0341] 상기 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>은 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있다.

[0342] 또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 501 중 xd4는 2일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

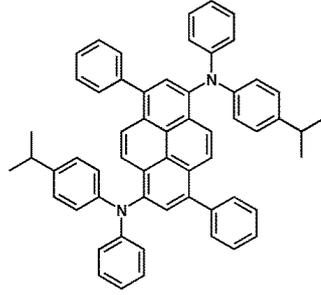
[0343] 예를 들어, 상기 형광 도펀트는 하기 화합물 FD1 내지 FD22 중에서 선택될 수 있다:



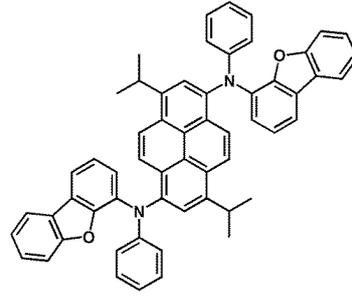
[0345]



FD7

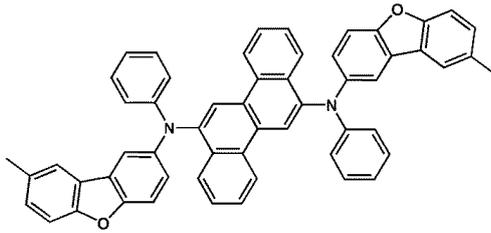


FD8

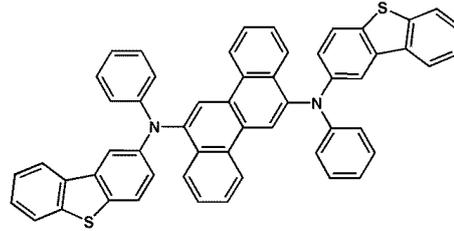


FD9

[0346]

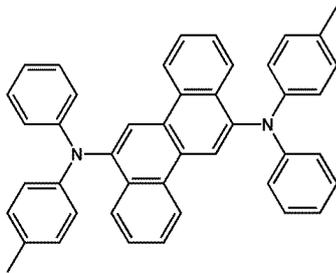


FD10

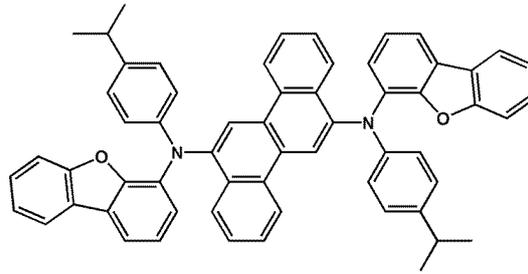


FD11

[0347]

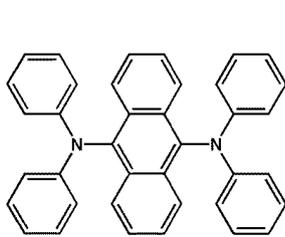


FD12

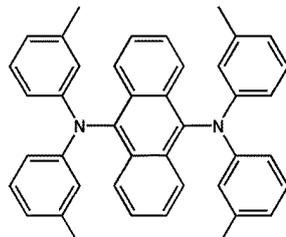


FD13

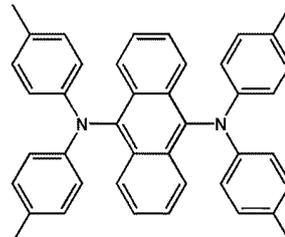
[0348]



FD14

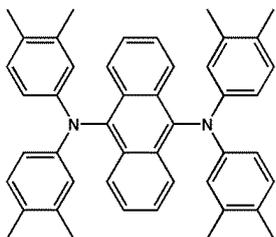


FD15

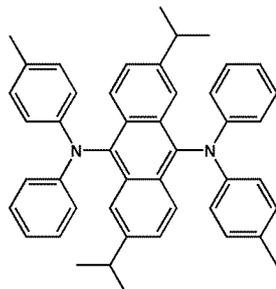


FD16

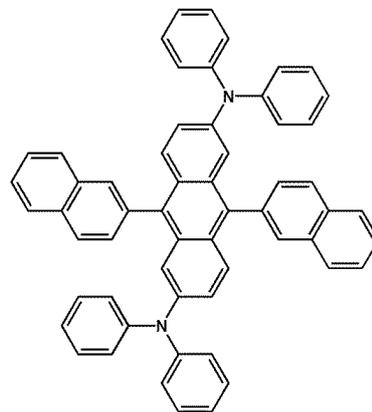
[0349]



FD17

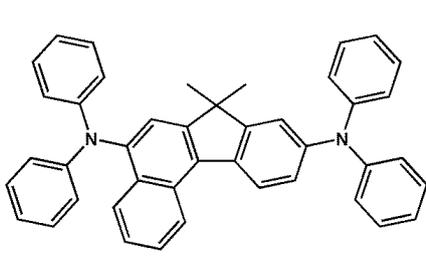


FD18

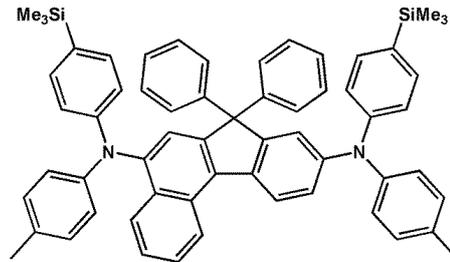


FD19

[0350]

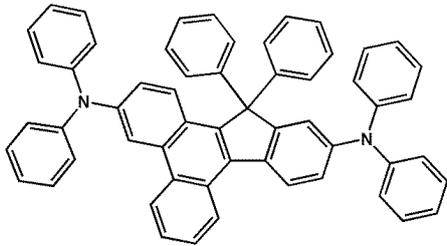


FD20



FD21

[0351]

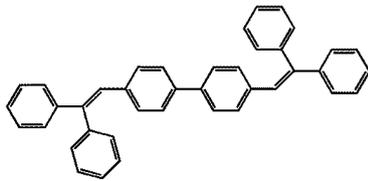


FD22

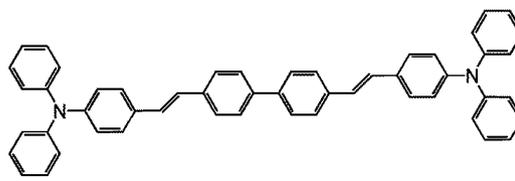
[0352]

[0353]

또는, 상기 형광 도펀트는 하기 화합물들 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

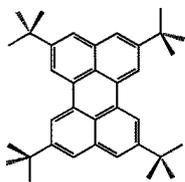


DPVBi

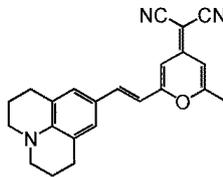


DPAVBi

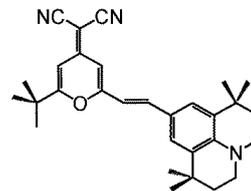
[0354]



TBPe

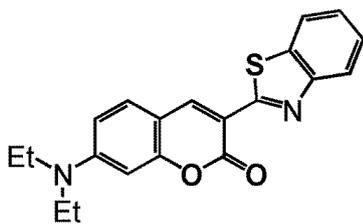


DCM

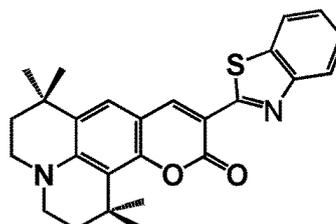


DCJTB

[0355]



Coumarin 6



C545T

[0356]

상기 발광층 중 도펀트의 함량은 통상적으로 호스트 약 100 중량부에 대하여, 약 0.01 내지 약 15 중량부의 범위에서 선택될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0357]

[중간층(150) 중 전자 수송 영역]

[0358]

상기 전자 수송 영역은 i) 단일 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조, ii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조 또는 iii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다.

[0359]

상기 전자 수송 영역은, 버퍼층, 정공 저지층, 전자 조절층, 전자 수송층(ETL) 및 전자 주입층 중에서 선택된 적어도 하나의 층을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0360] 예를 들어, 상기 전자 수송 영역은, 발광층으로부터 차례로 적층된 전자 수송층/전자 주입층, 정공 저지층/전자 수송층/전자 주입층, 전자 조절층/전자 수송층/전자 주입층, 또는 버퍼층/전자 수송층/전자 주입층 등의 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0361] 일 구현예에 따르면, 상기 전자 수송 영역은 버퍼층을 포함하고, 상기 버퍼층은 상기 발광층에 직접(directly) 접촉되어 있을 수 있다.
- [0362] 다른 구현예에 따르면, 상기 전자 수송 영역은, 발광층으로부터 순서대로 적층된 버퍼층, 전자 수송층 및 전자 주입층을 포함할 수 있다.
- [0363] 상기 전자 수송 영역(예를 들면, 상기 전자 수송 영역 중 버퍼층, 정공 저지층, 전자 조절층 또는 전자 수송층)은,  $\pi$  전자 결핍성 합질소 고리를 적어도 하나 포함한 금속-비함유 화합물을 포함할 수 있다.
- [0364] 상기 " $\pi$  전자 결핍성 합질소 고리"는, 고리-형성 모이어티로서, 적어도 하나의 \*-N=\* 모이어티를 갖는  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로시클릭 그룹을 의미한다.
- [0365] 예를 들어, 상기 " $\pi$  전자 결핍성 합질소 고리"는, i) 적어도 하나의 \*-N=\* 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹이거나, ii) 적어도 하나의 \*-N=\* 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹 중 2 이상이 서로 축합되어 있는 헤테로폴리시클릭 그룹이거나, 또는 iii) 적어도 하나의 \*-N=\* 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹 중 적어도 하나와, 적어도 하나의  $C_5$ - $C_{60}$ 카보시클릭 그룹이 서로 축합되어 있는 헤테로폴리시클릭 그룹일 수 있다.
- [0366] 상기  $\pi$  전자 결핍성 합질소 고리의 구체예로는, 이미다졸, 피라졸, 티아졸, 이소티아졸, 옥사졸, 이속사졸, 피리딘, 피라진, 피리미딘, 피리다진, 인다졸, 푸린(purine), 퀴놀린, 이소퀴놀린, 벤조퀴놀린, 프탈라진, 나프티리딘, 퀴녹살린, 퀴나졸린, 시놀린, 페난트리딘, 아크리딘, 페난트롤린, 페나진, 벤조이미다졸, 이소벤조티아졸, 벤조옥사졸, 이소벤조옥사졸, 트리아졸, 테트라졸, 옥사디아졸, 트리아진, 티아디아졸, 이미다조피리딘, 이미다조피리미딘, 아자카바졸 등을 들 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0367] 예를 들어, 상기 전자 수송 영역은 하기 화학식 601로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다.
- [0368] <화학식 601>
- [0369]  $[Ar_{601}]_{xe11}-[(L_{601})_{xe1}-R_{601}]_{xe21}$
- [0370] 상기 화학식 601 중,
- [0371]  $Ar_{601}$ 은 치환 또는 비치환된  $C_5$ - $C_{60}$ 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로시클릭 그룹이고,
- [0372]  $xe11$ 은 1, 2 또는 3이고,
- [0373]  $L_{601}$ 은, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴렌기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴렌기, 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환 또는 비치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹 중에서 선택되고,
- [0374]  $xe1$ 은 0 내지 5의 정수 중에서 선택되고,
- [0375]  $R_{601}$ 은, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된  $C_3$ - $C_{10}$ 시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{10}$ 헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴옥시기, 치환 또는 비치환된  $C_6$ - $C_{60}$ 아릴티오기, 치환 또는 비치환된  $C_1$ - $C_{60}$ 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹, 치환 또는 비치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹,  $-Si(Q_{601})(Q_{602})(Q_{603})$ ,  $-C(=O)(Q_{601})$ ,  $-S(=O)_2(Q_{601})$  및  $-P(=O)(Q_{601})(Q_{602})$  중에서 선택되고,
- [0376] 상기  $Q_{601}$  내지  $Q_{603}$ 은 서로 독립적으로,  $C_1$ - $C_{10}$ 알킬기,  $C_1$ - $C_{10}$ 알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 또는 나프틸기이고,
- [0377]  $xe21$ 은 1 내지 5의 정수 중에서 선택된다.

[0378] 일 실시예에 따르면, 상기 xe11개의 Ar<sub>601</sub> 및 xe21개의 R<sub>601</sub> 중 적어도 하나는, 상술한 바와 같은 π 전자 결핍성 함질소 고리를 포함할 수 있다.

[0379] 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 601 중 고리 Ar<sub>601</sub>은,

[0380] 벤젠 그룹, 나프탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스파이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타펜 그룹, 인데노안트라센 그룹, 디벤조퓨란 그룹, 디벤조티오펜 그룹, 카바졸 그룹, 이미다졸 그룹, 피라졸 그룹, 티아졸 그룹, 이소티아졸 그룹, 옥사졸 그룹, 이속사졸 그룹, 피리딘 그룹, 피라진 그룹, 피리미딘 그룹, 피리다진 그룹, 인다졸 그룹, 푸린 그룹, 퀴놀린 그룹, 이소퀴놀린 그룹, 벤조퀴놀린 그룹, 프탈라진 그룹, 나프티리딘 그룹, 퀴녹살린 그룹, 퀴나졸린 그룹, 시놀린 그룹, 페난트리딘 그룹, 아크리딘 그룹, 페난트롤린 그룹, 페나진 그룹, 벤조이미다졸 그룹, 이소벤조티아졸 그룹, 벤조옥사졸 그룹, 이소벤조옥사졸 그룹, 트리아졸 그룹, 테트라졸 그룹, 옥사디아졸 그룹, 트리아진 그룹, 티아디아졸 그룹, 이미다조피리딘 그룹, 이미다조피리미딘 그룹 및 아자카바졸 그룹; 및

[0381] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>31</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 벤젠 그룹, 나프탈렌 그룹, 플루오렌 그룹, 스파이로-비플루오렌 그룹, 벤조플루오렌 그룹, 디벤조플루오렌 그룹, 페날렌 그룹, 페난트렌 그룹, 안트라센 그룹, 플루오란텐 그룹, 트리페닐렌 그룹, 파이렌 그룹, 크라이센 그룹, 나프타센 그룹, 피센 그룹, 페릴렌 그룹, 펜타펜 그룹, 인데노안트라센 그룹, 디벤조퓨란 그룹, 디벤조티오펜 그룹, 카바졸 그룹, 이미다졸 그룹, 피라졸 그룹, 티아졸 그룹, 이소티아졸 그룹, 옥사졸 그룹, 이속사졸 그룹, 피리딘 그룹, 피라진 그룹, 피리미딘 그룹, 피리다진 그룹, 인다졸 그룹, 푸린 그룹, 퀴놀린 그룹, 이소퀴놀린 그룹, 벤조퀴놀린 그룹, 프탈라진 그룹, 나프티리딘 그룹, 퀴녹살린 그룹, 퀴나졸린 그룹, 시놀린 그룹, 페난트리딘 그룹, 아크리딘 그룹, 페난트롤린 그룹, 페나진 그룹, 벤조이미다졸 그룹, 이소벤조티아졸 그룹, 벤조옥사졸 그룹, 이소벤조옥사졸 그룹, 트리아졸 그룹, 테트라졸 그룹, 옥사디아졸 그룹, 트리아진 그룹, 티아디아졸 그룹, 이미다조피리딘 그룹, 이미다조피리미딘 그룹 및 아자카바졸 그룹;

[0382] 중에서 선택될 수 있고,

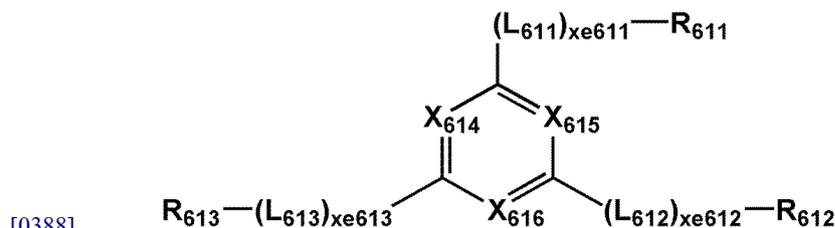
[0383] 상기 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>은 서로 독립적으로, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있다.

[0384] 상기 화학식 601 중 xe11이 2 이상일 경우 2 이상의 Ar<sub>601</sub>은 단일 결합을 통하여 서로 연결될 수 있다.

[0385] 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 601 중 Ar<sub>601</sub>은 안트라센 그룹일 수 있다.

[0386] 또 다른 실시예에 따르면, 상기 601로 표시되는 화합물은 하기 화학식 601-1로 표시될 수 있다:

[0387] <화학식 601-1>



[0389] 상기 화학식 601-1 중,

[0390] X<sub>614</sub>는 N 또는 C(R<sub>614</sub>)이고, X<sub>615</sub>는 N 또는 C(R<sub>615</sub>)이고, X<sub>616</sub>는 N 또는 C(R<sub>616</sub>)이고, X<sub>614</sub> 내지 X<sub>616</sub> 중 적어도 하나는 N이고,

[0391] L<sub>611</sub> 내지 L<sub>613</sub>은 서로 독립적으로, 상기 L<sub>601</sub>에 대한 설명을 참조하고,

- [0392] xe611 내지 xe613은 서로 독립적으로, 상기 xe1에 대한 설명을 참조하고,
- [0393] R<sub>611</sub> 내지 R<sub>613</sub>은 서로 독립적으로, 상기 R<sub>601</sub>에 대한 설명을 참조하고,
- [0394] R<sub>614</sub> 내지 R<sub>616</sub>은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기 및 나프틸기 중에서 선택될 수 있다.
- [0395] 일 실시예에 따르면, 상기 화학식 601 및 601-1 중 L<sub>601</sub> 및 L<sub>611</sub> 내지 L<sub>613</sub>은 서로 독립적으로,
- [0396] 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스파이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페틸레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오펜렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오펜렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오펜렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기, 이미다졸일렌기, 피라졸일렌기, 티아졸일렌기, 이소티아졸일렌기, 옥사졸일렌기, 이속사졸일렌기, 티아디아졸일렌기, 옥사디아졸일렌기, 피라지닐렌기, 피리미디닐렌기, 피리다지닐렌기, 트리아지닐렌기, 퀴놀리닐렌기, 이소퀴놀리닐렌기, 벤조퀴놀리닐렌기, 프탈라지닐렌기, 나프티리디닐렌기, 퀴녹살리닐렌기, 퀴나졸리닐렌기, 시놀리닐렌기, 페난트리디닐렌기, 아크리디닐렌기, 페난트롤리닐렌기, 페나지닐렌기, 벤조이미다졸일렌기, 이소벤조티아졸일렌기, 벤조옥사졸일렌기, 이소벤조옥사졸일렌기, 트리아졸일렌기, 테트라졸일렌기, 이미다조피리디닐렌기, 이미다조피리미디닐렌기 및 아자카바졸일렌기; 및
- [0397] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴녹살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐렌기, 나프틸렌기, 플루오레닐렌기, 스파이로-비플루오레닐렌기, 벤조플루오레닐렌기, 디벤조플루오레닐렌기, 페난트레닐렌기, 안트라세닐렌기, 플루오란테닐렌기, 트리페닐레닐렌기, 파이레닐렌기, 크라이세닐렌기, 페틸레닐렌기, 펜타페닐렌기, 헥사세닐렌기, 펜타세닐렌기, 티오펜렌기, 퓨라닐렌기, 카바졸일렌기, 인돌일렌기, 이소인돌일렌기, 벤조퓨라닐렌기, 벤조티오펜렌기, 디벤조퓨라닐렌기, 디벤조티오펜렌기, 벤조카바졸일렌기, 디벤조카바졸일렌기, 디벤조실롤일렌기, 피리디닐렌기, 이미다졸일렌기, 피라졸일렌기, 티아졸일렌기, 이소티아졸일렌기, 옥사졸일렌기, 이속사졸일렌기, 티아디아졸일렌기, 옥사디아졸일렌기, 피라지닐렌기, 피리미디닐렌기, 피리다지닐렌기, 트리아지닐렌기, 퀴놀리닐렌기, 이소퀴놀리닐렌기, 벤조퀴놀리닐렌기, 프탈라지닐렌기, 나프티리디닐렌기, 퀴녹살리닐렌기, 퀴나졸리닐렌기, 시놀리닐렌기, 페난트리디닐렌기, 아크리디닐렌기, 페난트롤리닐렌기, 페나지닐렌기, 벤조이미다졸일렌기, 이소벤조티아졸일렌기, 벤조옥사졸일렌기, 이소벤조옥사졸일렌기, 트리아졸일렌기, 테트라졸일렌기, 이미다조피리디닐렌기, 이미다조피리미디닐렌기 및 아자카바졸일렌기;
- [0398] 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0399] 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 601 및 601-1 중 xe1 및 xe611 내지 xe613은 서로 독립적으로, 0, 1 또는 2일 수 있다.
- [0400] 또 다른 실시예에 따르면, 상기 화학식 601 및 601-1 중 R<sub>601</sub> 및 R<sub>611</sub> 내지 R<sub>613</sub>은 서로 독립적으로,
- [0401] 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴녹살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기;

퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기;

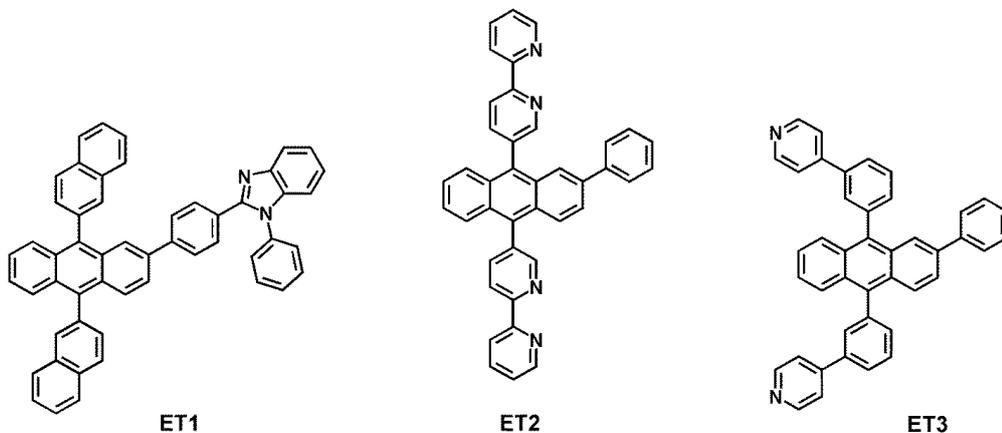
[0402] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알콕시기, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, 페닐기, 비페닐기, 터페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기, 스파이로-비플루오레닐기, 벤조플루오레닐기, 디벤조플루오레닐기, 페난트레닐기, 안트라세닐기, 플루오란테닐기, 트리페닐레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기, 페틸레닐기, 펜타페닐기, 헥사세닐기, 펜타세닐기, 티오펜기, 퓨라닐기, 카바졸일기, 인돌일기, 이소인돌일기, 벤조퓨라닐기, 벤조티오펜기, 디벤조퓨라닐기, 디벤조티오펜기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 디벤조실롤일기, 피리디닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 옥사졸일기, 이속사졸일기, 티아디아졸일기, 옥사디아졸일기, 피라지닐기, 피리미디닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 나프티리디닐기, 퀴놀살리닐기, 퀴나졸리닐기, 시놀리닐기, 페난트리디닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 페나지닐기, 벤조이미다졸일기, 이소벤조티아졸일기, 벤조옥사졸일기, 이소벤조옥사졸일기, 트리아졸일기, 테트라졸일기, 이미다조피리디닐기, 이미다조피리미디닐기 및 아자카바졸일기; 및

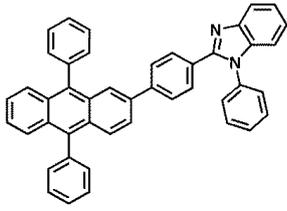
[0403] -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>601</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>601</sub>)(Q<sub>602</sub>);

[0404] 중에서 선택되고,

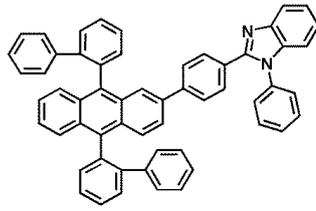
[0405] 상기 Q<sub>601</sub> 및 Q<sub>602</sub>에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조한다.

[0406] 상기 전자 수송 영역은 하기 화합물 ET1 내지 ET3 중에서 선택된 적어도 하나의 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:

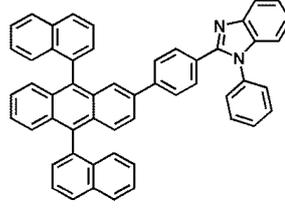




ET4

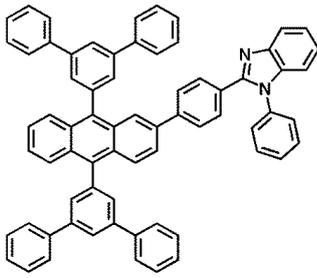


ET5

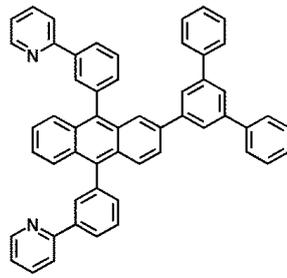


ET6

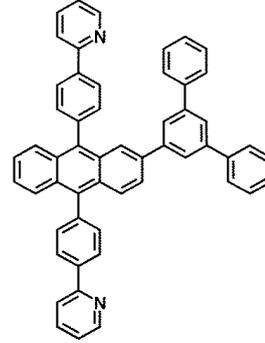
[0408]



ET7

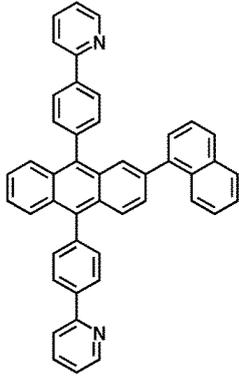


ET8

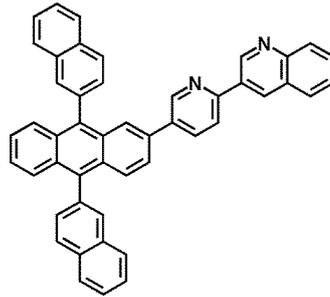


ET9

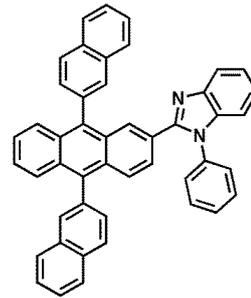
[0409]



ET10

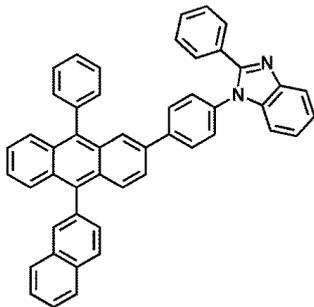


ET11

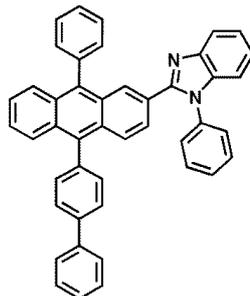


ET12

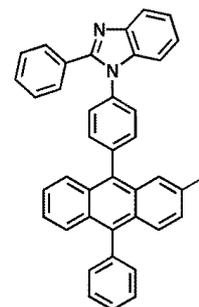
[0410]



ET13

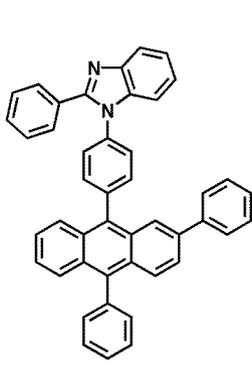


ET14

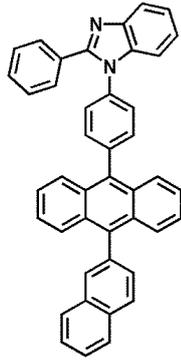


ET15

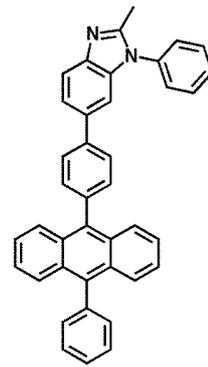
[0411]



ET16

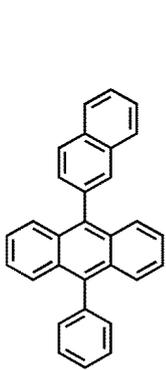


ET17

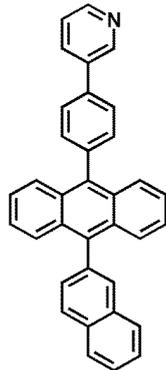


ET18

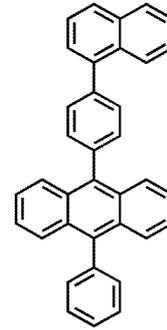
[0412]



ET19

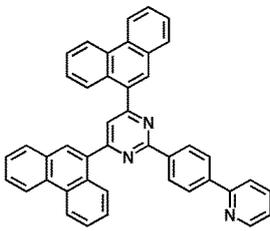


ET20

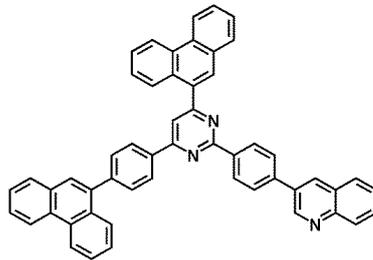


ET21

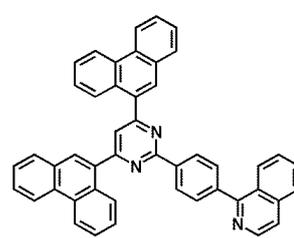
[0413]



ET22

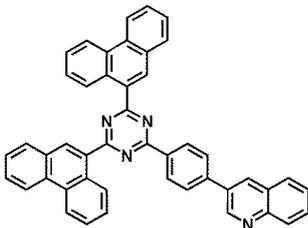


ET23

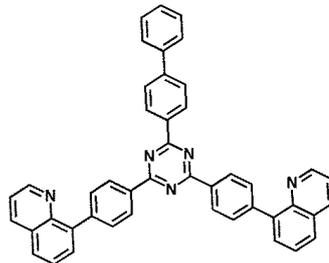


ET24

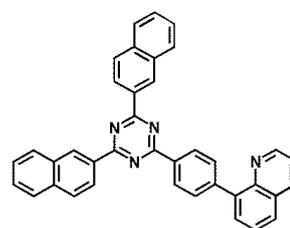
[0414]



ET25

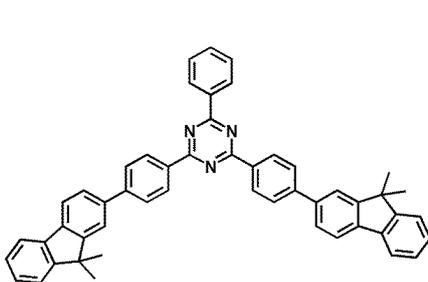


ET26

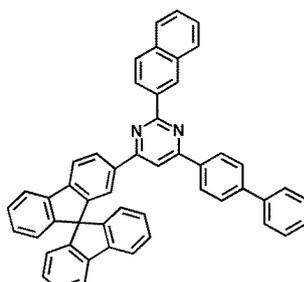


ET27

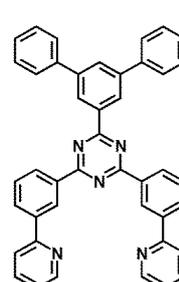
[0415]



ET28

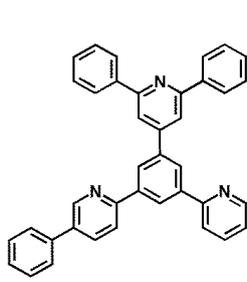


ET29

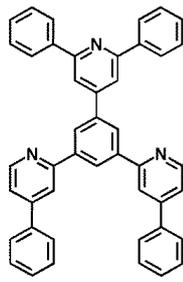


ET30

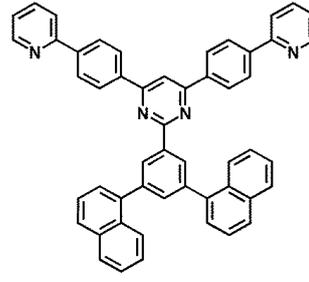
[0416]



ET31

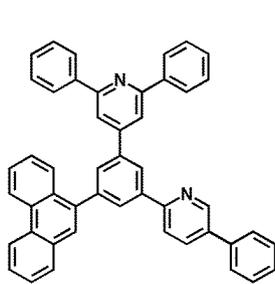


ET32

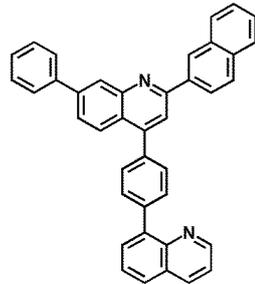


ET33

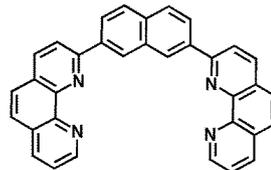
[0417]



ET34



ET35

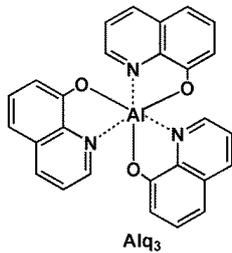


ET36

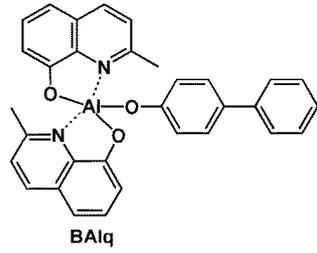
[0418]

[0419]

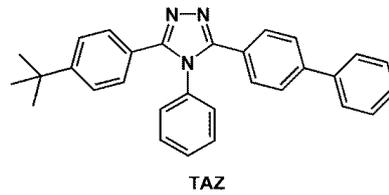
또는, 상기 전자 수송 영역은 BCP(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline), Bphen(4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline), Alq<sub>3</sub>, BAlq, TAZ(3-(Biphenyl-4-yl)-5-(4-*tert*-butylphenyl)-4-phenyl-4*H*-1,2,4-triazole) 및 NTAZ 중에서 선택된 적어도 하나의 화합물을 포함할 수 있다.



Alq<sub>3</sub>

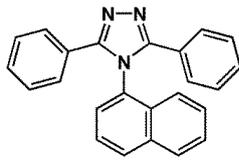


BAlq



TAZ

[0420]



NTAZ

[0421]

또는, 상기 전자 수송 영역은, 무기 화합물을 포함할 수 있다.

[0422]

상기 무기 화합물은 금속 산화물일 수 있고, 예를 들어, 아연 산화물, 마그네슘 산화물, 지르코늄 산화물, 주석 산화물, 텅스텐 산화물, 탄탈륨 산화물, hafnium 산화물, 알루미늄 산화물, 티탄 산화물, 바륨 산화물 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 상기 무기 화합물은 실리콘 등의 원소를 더 포함할 수 있다.

[0423]

더욱 구체적으로, 상기 무기 산화물은 산화아연(ZnO), 산화아연마그네슘(ZnMgO), 산화아연알루미늄(ZnAlO), 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>), 산화마그네슘(MgO), 산화지르코늄(ZrO<sub>2</sub>), 산화주석(SnO), 이산화주석(SnO<sub>2</sub>), 산화텅스텐(WO<sub>3</sub>), 산화탄탈륨(Ta<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화hafnium(HfO<sub>3</sub>), 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 산화지르코늄실리콘(ZrSiO<sub>4</sub>), 산화바륨티타늄(BaTiO<sub>3</sub>), 산화바륨지르코늄(BaZrO<sub>3</sub>) 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다.

[0424]

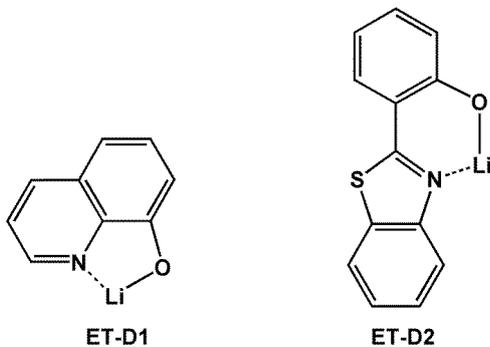
일 실시예에 있어서, 상기 무기 산화물은 나노 입자일 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 산화물은 평균 직경이 3 nm 내지 15 nm인 나노 입자일 수 있다.

[0425]

상기 버퍼층, 정공 저지층 또는 전자 조절층의 두께는 서로 독립적으로, 약 20Å 내지 약 1000Å, 예를 들면 약 30Å 내지 약 300Å일 수 있다. 상기 버퍼층, 정공 저지층 또는 전자 조절층의 두께가 전술한 바와 같은 범위를

만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 우수한 정공 저지 특성 또는 전자 조절 특성을 얻을 수 있다.

- [0426] 상기 전자 수송층의 두께는 약 100Å 내지 약 1000Å, 예를 들면 약 150Å 내지 약 500Å일 수 있다. 상기 전자 수송층의 두께가 전술한 바와 같은 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 만족스러운 정도의 전자 수송 특성을 얻을 수 있다.
- [0427] 상기 전자 수송 영역(예를 들면, 상기 전자 수송 영역 중 전자 수송층)은 상술한 바와 같은 물질 외에, 금속-함유 물질을 더 포함할 수 있다.
- [0428] 상기 금속-함유 물질은 알칼리 금속 착체 및 알칼리 토금속 착체 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 알칼리 금속 착체의 금속 이온은, Li 이온, Na 이온, K 이온, Rb 이온 및 Cs 이온 중에서 선택될 수 있고, 상기 알칼리 토금속 착체의 금속 이온은 Be 이온, Mg 이온, Ca 이온, Sr 이온 및 Ba 이온 중에서 선택될 수 있다. 상기 알칼리 금속 착체 및 알칼리 토금속 착체의 금속 이온에 배위된 리간드는, 서로 독립적으로, 히드록시퀴놀린, 히드록시이소퀴놀린, 히드록시벤조퀴놀린, 히드록시아크리딘, 히드록시페난트리딘, 히드록시페닐옥사졸, 히드록시페닐티아졸, 히드록시디페닐옥사디아졸, 히드록시디페닐티아디아졸, 히드록시페닐피리딘, 히드록시페닐벤조이미다졸, 히드록시페닐벤조티아졸, 비피리딘, 페난트롤린 및 시클로펜타다이엔 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0429] 예를 들면, 상기 금속-함유 물질은 Li 착체를 포함할 수 있다. 상기 Li 착체는, 예를 들면, 하기 화합물 ET-D1(리튬 퀴놀레이트, LiQ) 또는 ET-D2를 포함할 수 있다.



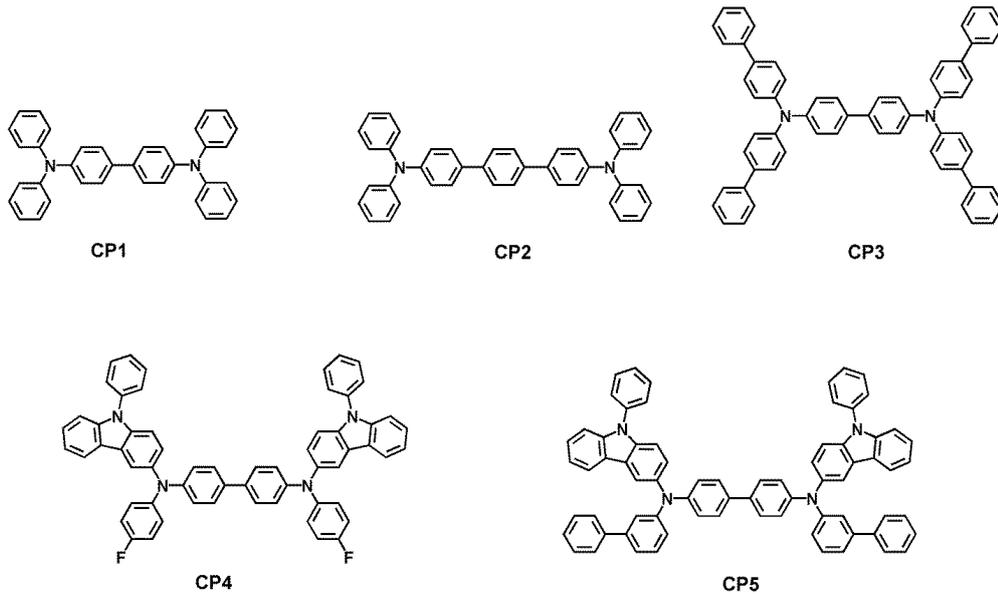
- [0430]
- [0431] 상기 전자 수송 영역은, 제2전극(190)으로부터의 전자 주입을 용이하게 하는 전자 주입층을 포함할 수 있다. 상기 전자 주입층은 상기 제2전극(190)과 직접(directly) 접촉할 수 있다.
- [0432] 상기 전자 주입층은 i) 단일 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조, ii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 단일층으로 이루어진 단층 구조 또는 iii) 복수의 서로 다른 물질로 이루어진 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다.
- [0433] 상기 전자 주입층은 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물, 희토류 금속 화합물, 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체, 희토류 금속 착체 또는 이들 중 임의의 조합을 포함할 수 있다.
- [0434] 상기 알칼리 금속은, Li, Na, K, Rb 및 Cs 중에서 선택될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리 금속은 Li, Na 또는 Cs일 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 상기 알칼리 금속은 Li 또는 Cs일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0435] 상기 알칼리 토금속은, Mg, Ca, Sr, 및 Ba 중에서 선택될 수 있다.
- [0436] 상기 희토류 금속은 Sc, Y, Ce, Tb, Yb 및 Gd 중에서 선택될 수 있다.
- [0437] 상기 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물 및 상기 희토류 금속 화합물은, 상기 알칼리 금속, 상기 알칼리 토금속 및 희토류 금속의 산화물 및 할로겐화물(예를 들면, 불화물, 염화물, 브롬화물, 요오드화물 등) 중에서 선택될 수 있다.
- [0438] 상기 알칼리 금속 화합물은, Li<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O 등과 같은 알칼리 금속 산화물 및 LiF, NaF, CsF, KF, LiI, NaI, CsI, KI, RbI 등과 같은 알칼리 금속 할로겐화물 중에서 선택될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리 금속 화합물은, LiF, Li<sub>2</sub>O, NaF, LiI, NaI, CsI, KI 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0439] 상기 알칼리 토금속 화합물은, BaO, SrO, CaO, Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>O(0<x<1), Ba<sub>x</sub>Ca<sub>1-x</sub>O(0<x<1) 등과 같은 알칼리 토금속 화합물 중에서 선택될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리 토금속 화합물은, BaO, SrO 및 CaO 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0440] 상기 희토류 금속 화합물은, YbF<sub>3</sub>, ScF<sub>3</sub>, ScO<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, GdF<sub>3</sub>, 및 TbF<sub>3</sub> 중에서 선택될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 희토류 금속 화합물은 YbF<sub>3</sub>, ScF<sub>3</sub>, TbF<sub>3</sub>, YbI<sub>3</sub>, ScI<sub>3</sub>, TbI<sub>3</sub> 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0441] 상기 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체 및 희토류 금속 착체는, 상술한 바와 같은 알칼리 금속, 알칼리 토금속 및 희토류 금속의 이온을 포함하고, 상기 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체 및 희토류 금속 착체의 금속 이온에 배위된 리간드는, 서로 독립적으로, 히드록시퀴놀린, 히드록시이소퀴놀린, 히드록시벤조퀴놀린, 히드록시아크리딘, 히드록시페난트린, 히드록시페닐옥사졸, 히드록시페닐티아졸, 히드록시디페닐옥사디아졸, 히드록시디페닐티아디아졸, 히드록시페닐피리딘, 히드록시페닐벤조이미다졸, 히드록시페닐벤조티아졸, 비피리딘, 페난트롤린 및 시클로펜타다이엔 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0442] 상기 전자 주입층은 상술한 바와 같은 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물, 희토류 금속 화합물, 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체, 희토류 금속 착체 또는 이들 중 임의의 조합만으로 이루어져 있거나, 상기 유기물을 더 포함할 수 있다. 상기 전자 주입층이 유기물을 더 포함할 경우, 상기 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물, 희토류 금속 화합물, 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체, 희토류 금속 착체 또는 이들 중 임의의 조합은 상기 유기물로 이루어진 매트릭스에 균일 또는 불균일하게 분산되어 있을 수 있다.
- [0443] 상기 전자 주입층의 두께는 약 1Å 내지 약 100Å, 약 3Å 내지 약 90Å일 수 있다. 상기 전자 주입층의 두께가 전술한 바와 같은 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 만족스러운 정도의 전자 주입 특성을 얻을 수 있다.
- [0444] [제2전극(190)]
- [0445] 상술한 바와 같은 중간층(150) 상부에는 제2전극(190)이 배치되어 있다. 상기 제2전극(190)은 전자 주입 전극인 캐소드(cathode)일 수 있는데, 이 때, 상기 제2전극(190)용 물질로는 낮은 일함수를 가지는 금속, 합금, 전기전도성 화합물 및 이들의 조합(combination)을 사용할 수 있다.
- [0446] 상기 제2전극(190)은, 리튬(Li), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), ITO 및 IZO 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 제2전극(190)은 투과형 전극, 반투과형 전극 또는 반사형 전극일 수 있다.
- [0447] 상기 제2전극(190)은 단일층인 단층 구조 또는 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다.
- [0448] [도 2 내지 4에 대한 설명]
- [0449] 한편, 도 2의 발광 소자(20)는 제1캐핑층(210), 제1전극(110), 중간층(150) 및 제2전극(190)이 차례로 적층된 구조를 갖고, 도 3의 발광 소자(30)는 제1전극(110), 중간층(150), 제2전극(190) 및 제2캐핑층(220)이 차례로 적층된 구조를 갖고, 도 4의 발광 소자(40)는 제1캐핑층(210), 제1전극(110), 중간층(150), 제2전극(190) 및 제2캐핑층(220)이 차례로 적층된 구조를 갖는다.
- [0450] 도 2 내지 4 중 제1전극(110), 중간층(150) 및 제2전극(190)에 대한 설명은 도 1에 대한 설명을 참조한다.
- [0451] 발광 소자(20, 40)의 중간층(150) 중 발광층에서 생성된 광은 반투과형 전극 또는 투과형 전극인 제1전극(110) 및 제1캐핑층(210)을 지나 외부로 추출될 수 있고, 발광 소자(30, 40)의 중간층(150) 중 발광층에서 생성된 광은 반투과형 전극 또는 투과형 전극인 제2전극(190) 및 제2캐핑층(220)을 지나 외부로 추출될 수 있다.
- [0452] 상기 제1캐핑층(210) 및 제2캐핑층(220)은 보강 간섭의 원리에 의하여 외부 발광 효율을 향상시키는 역할을 할 수 있다.
- [0453] 상기 제1캐핑층(210) 및 제2캐핑층(220)은 서로 독립적으로, 유기물로 이루어진 유기 캐핑층, 무기물로 이루어진 무기 캐핑층, 또는 유기물 및 무기물을 포함한 복합 캐핑층일 수 있다.
- [0454] 상기 제1캐핑층(210) 및 제2캐핑층(220) 중 적어도 하나는, 서로 독립적으로, 카보시클릭 화합물, 헤테로시클릭 화합물, 아민계 화합물, 포르핀 유도체 (porphine derivatives), 프탈로시아닌 유도체 (phthalocyanine

derivatives), 나프탈로시아닌 유도체 (naphthalocyanine derivatives), 알칼리 금속 착체 및 알칼리 토금속 착체 중에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 상기 카보시클릭 화합물, 헤테로시클릭 화합물 및 아민계 화합물은, 선택적으로, O, N, S, Se, Si, F, Cl, Br 및 I 중에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함한 치환기로 치환될 수 있다. 일 구현예에 따르면, 상기 제1캡핑층(210) 및 제2캡핑층(220) 중 적어도 하나는, 서로 독립적으로, 아민계 화합물을 포함할 수 있다.

[0455] 다른 구현예에 따르면, 상기 제1캡핑층(210) 및 제2캡핑층(220) 중 적어도 하나는, 서로 독립적으로, 상기 화학식 201로 표시되는 화합물 또는 상기 화학식 202로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다.

[0456] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 제1캡핑층(210) 및 제2캡핑층(220) 중 적어도 하나는, 서로 독립적으로, 상기 화합물 HT28 내지 HT33 및 하기 화합물 CP1 내지 CP5 중에서 선택된 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.



[0457]

[0458] 이상, 상기 발광 소자를 도 1 내지 4를 참조하여 설명하였으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0459] [장치]

[0460] 상기 발광 소자는 각종 장치에 포함될 수 있다. 예를 들어, 상기 발광 소자를 포함한 발광 장치, 인증 장치 또는 전자 장치가 제공될 수 있다.

[0461] 컬러 필터는 발광 소자로부터 방출되는 광의 적어도 하나의 진행 방향 상에 위치될 수 있다. 예를 들어, 상기 발광 소자로부터 방출되는 광은 청색광일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 발광 소자에 대한 설명은 상술한 바를 참조한다.

[0462] 제1기판은 복수의 부화소 영역을 구비하고, 상기 컬러 필터는 상기 복수의 부화소 영역 각각 대응하는 복수의 컬러 필터 영역을 구비할 수 있다.

[0463] 상기 복수의 부화소 영역 사이에 화소 정의막이 형성되어 각각의 부화소 영역이 정의된다.

[0464] 상기 컬러 필터는 복수의 컬러 필터 영역 사이에 차광 패턴이 형성될 수 있다.

[0465] 상기 복수의 컬러 필터 영역은, 제1색광을 방출하는 제1컬러 필터 영역; 제2색광을 방출하는 제2컬러 필터 영역; 및 제3색광을 방출하는 제3컬러 필터 영역을 포함하고, 상기 제1색광, 상기 제2색광 및 상기 제3색광은 서로 상이한 최대 발광 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 제1색광은 적색광이고, 상기 제2색광은 녹색광이고, 상기 제3색광은 청색광일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 복수의 컬러 필터 영역은 각각 양자점을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 구체적으로, 상기 제1컬러 필터 영역은 적색 양자점을 포함하고, 상기 제2컬러 필터 영역은 녹색 양자점을 포함하고, 상기 제3컬러 필터 영역은 양자점을 포함하지 않을 수 있다. 양자점에 대한 설명은 상술한 바를 참조한다. 상기 제1컬러 필터 영역, 상기 제2컬러 필터 영역 및 상기 제3컬러 필터 영역은 각각 산란체를 더 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0466] 일 실시예에 있어서, 상기 발광 소자는 제1광을 방출하고, 상기 제1컬러 필터 영역은 상기 제1광을 흡수하여,

제1-1색광을 방출하고, 상기 제2컬러 필터 영역은 상기 제1광을 흡수하여, 제2-1색광을 방출하고, 상기 제3컬러 필터 영역은 상기 제1광을 흡수하여, 제3-1색광을 방출할 수 있다. 이 때, 상기 제1-1색광, 상기 제2-1색광 및 상기 제3-1색광은 서로 상이한 최대 발광 파장을 가질 수 있다. 구체적으로, 상기 제1광은 청색광일 수 있고, 상기 제1-1색광은 적색광일 수 있고, 상기 제2-1색광은 녹색광일 수 있고, 상기 제3-1색광은 청색광일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0467] 상기 발광 장치는, 상술한 바와 같은 발광 소자 외에 박막 트랜지스터를 더 포함할 수 있다. 상기 박막 트랜지스터는 소스 전극, 드레인 전극 및 활성층을 포함할 수 있고, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 중 어느 하나와 상기 발광 소자의 제1전극 및 제2전극 중 어느 하나는 전기적으로 연결될 수 있다.

[0468] 상기 박막 트랜지스터는 게이트 전극, 게이트 절연막 등을 더 포함할 수 있다.

[0469] 상기 활성층은 결정질 실리콘, 비정질 실리콘, 유기 반도체, 산화물 반도체 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0470] 상기 발광 장치는 발광 소자를 밀봉하는 밀봉부를 더 포함할 수 있다. 상기 밀봉부는 상기 컬러 필터와 상기 발광 소자(520) 사이에 개재될 수 있다. 상기 밀봉부는 상기 발광 소자로부터의 화상이 구현될 수 있도록 하고, 상기 발광 소자로 외기 및 수분이 침투하는 것을 차단한다. 상기 밀봉부는 투명한 글라스 또는 플라스틱 기판을 포함하는 밀봉 기판일 수 있다. 상기 밀봉부는 복수의 유기층 및/또는 복수의 무기층을 포함하는 박막 봉지층일 수 있다. 상기 밀봉부가 박막 봉지층이면 상기 평판 표시 장치 전체가 플렉시블하도록 할 수 있다.

[0471] 상기 발광 장치는, 각종 디스플레이, 광원 등으로 사용될 수 있다.

[0472] 상기 인증 장치는, 예를 들면, 생체(예를 들어, 손가락 끝, 눈동자 등)의 생체 정보를 이용하여 개인을 인증하는 생체 인증 장치일 수 있다.

[0473] 상기 인증 장치는 상술한 바와 같은 발광 소자 외에 생체 정보 수집 수단을 더 포함할 수 있다.

[0474] 상기 전자 장치는 퍼스널 컴퓨터(예를 들면, 모바일형 퍼스널 컴퓨터), 휴대 전화, 디지털 사진기, 전자 수첩, 전자 사전, 전자 게임기, 의료 기기(예를 들면, 전자 체온계, 혈압계, 혈당계, 맥박 계측 장치, 맥파 계측 장치, 심전표시 장치, 초음파 진단 장치, 내시경용 표시 장치), 어군 탐지기, 각종 측정 기기, 계기류(예를 들면, 차량, 항공기, 선박의 계기류), 프로젝터 등으로 응용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0475] [제조 방법]

[0476] 상기 정공 수송 영역에 포함된 각 층, 발광층 및 전자 수송 영역에 포함된 각 층은 각각, 진공 증착법, 스핀 코팅법, 캐스트법, LB법(Langmuir-Blodgett), 잉크젯 프린팅법, 레이저 프린팅법, 레이저 열전사법(Laser Induced Thermal Imaging, LITI) 등과 같은 다양한 방법을 이용하여, 소정 영역에 형성될 수 있다.

[0477] 진공 증착법에 의하여 상기 정공 수송 영역에 포함된 각 층, 발광층 및 전자 수송 영역에 포함된 각 층을 각각 형성할 경우, 증착 조건은, 예를 들면, 약 100 내지 약 500°C의 증착 온도, 약  $10^{-8}$  내지 약  $10^{-3}$  torr의 진공도 및 약 0.01 내지 약 100 Å/sec의 증착 속도 범위 내에서, 형성하고자 하는 층에 포함될 재료 및 형성하고자 하는 층의 구조를 고려하여 선택될 수 있다.

[0478] 스핀 코팅법에 의하여 상기 정공 수송 영역에 포함된 각 층, 발광층 및 전자 수송 영역에 포함된 각 층을 각각 형성할 경우, 코팅 조건은, 예를 들면, 약 2000rpm 내지 약 5000rpm의 코팅 속도 및 약 80°C 내지 200°C의 열처리 온도 범위 내에서, 형성하고자 하는 층에 포함될 재료 및 형성하고자 하는 층의 구조를 고려하여 선택될 수 있다.

[0479] [치환기의 일반적인 정의]

[0480] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기는, 탄소수 1 내지 60의 선형 또는 분지형 지방족 탄화수소 1가(monovalent) 그룹을 의미하며, 구체적인 예에는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 이소부틸기, sec-부틸기, ter-부틸기, 펜틸기, iso-아밀기, 헥실기 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬렌기는 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기와 동일한 구조를 갖는 2가(divalent) 그룹을 의미한다.

[0481] 본 명세서 중 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기는, 상기 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알킬기의 중간 또는 말단에 하나 이상의 탄소 이중 결합을 포함한 탄화수소 그룹을 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 에테닐기, 프로페닐기, 부테닐기 등이 포함된다. 본 명세서 중

C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐렌기는 상기 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.

- [0482] 본 명세서 중 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알킬닐기는, 상기 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알킬기의 중간 또는 말단에 하나 이상의 탄소 삼중 결합을 포함한 탄화수소 그룹을 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 에틸닐기, 프로피닐기, 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알킬렌기는 상기 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알킬닐기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0483] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기는, -OA<sub>101</sub>(여기서, A<sub>101</sub>은 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기임)의 화학식을 갖는 1가 그룹을 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 메톡시기, 에톡시기, 이소프로필옥시기 등이 포함된다.
- [0484] 본 명세서 중 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기는, 탄소수 3 내지 10의 1가 포화 탄화수소 모노시클릭 그룹을 의미하며, 이의 구체예에는 시클로프로필기, 시클로부틸기, 시클로펜틸기, 시클로헥실기, 시클로헵틸기 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬렌기는 상기 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0485] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기는, N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함한 탄소수 1 내지 10의 1가 모노시클릭 그룹을 의미하며, 이의 구체예에는 1,2,3,4-옥사트리아졸리딘기(1,2,3,4-oxatriazolidiny), 테트라히드로퓨라닐기(tetrahydrofuranly), 테트라히드로티오펜기 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬렌기는 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0486] 본 명세서 중 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기는 탄소수 3 내지 10의 1가 모노시클릭 그룹으로서, 고리 내에 적어도 하나의 이중 결합을 가지나, 방향족성(aromaticity)을 갖지 않는 그룹을 의미하며, 이의 구체예에는 시클로펜테닐기, 시클로헥세닐기, 시클로헵테닐기 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐렌기는 상기 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0487] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함한 탄소수 1 내지 10의 1가 모노시클릭 그룹으로서, 고리 내에 적어도 하나의 이중 결합을 갖는다. 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기의 구체예에는, 4,5-디히드로-1,2,3,4-옥사트리아졸일기, 2,3-디히드로퓨라닐기, 2,3-디히드로티오펜기 등이 포함된다. 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐렌기는 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0488] 본 명세서 중 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기는 탄소수 6 내지 60개의 카보시클릭 방향족 시스템을 갖는 1가(monovalent) 그룹을 의미하며, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴렌기는 탄소수 6 내지 60개의 카보시클릭 방향족 시스템을 갖는 2가(divalent) 그룹을 의미한다. 상기 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기의 구체예에는, 페닐기, 나프틸기, 안트라세닐기, 페난트레닐기, 파이레닐기, 크라이세닐기 등을 포함된다. 상기 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기 및 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴렌기가 2 이상의 고리를 포함할 경우, 상기 2 이상의 고리들은 서로 축합될 수 있다.
- [0489] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함하고 탄소수 1 내지 60개의 헤테로시클릭 방향족 시스템을 갖는 1가 그룹을 의미하고, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴렌기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함하고 탄소수 1 내지 60개의 헤테로시클릭 방향족 시스템을 갖는 2가 그룹을 의미한다. 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기의 구체예에는, 피리디닐기, 피리미디닐기, 피라지닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기 등이 포함된다. 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기 및 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴렌기가 2 이상의 고리를 포함할 경우, 2 이상의 고리들은 서로 축합될 수 있다.
- [0490] 본 명세서 중 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기는 -OA<sub>102</sub>(여기서, A<sub>102</sub>는 상기 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기임)를 가리키고, 상기 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기(arylthio)는 -SA<sub>103</sub>(여기서, A<sub>103</sub>은 상기 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기임)를 가리킨다.
- [0491] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기는 -OA<sub>104</sub>(여기서, A<sub>104</sub>는 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기임)를 가리키고, 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기는 -SA<sub>105</sub>(여기서, A<sub>105</sub>는 상기 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기임)를 가리킨다.

- [0492] 본 명세서 중 1가 비-방향족 축합다환 그룹(non-aromatic condensed polycyclic group)은 2 이상의 고리가 서로 축합되어 있고, 고리 형성 원자로서 탄소만을 포함하고, 분자 전체가 비-방향족성(non-aromaticity)을 갖는 1가 그룹(예를 들면, 탄소수 8 내지 60을 가짐)을 의미한다. 상기 1가 비-방향족 축합다환 그룹의 구체예에는, 플루오레닐기 등이 포함된다. 본 명세서 중 2가 비-방향족 축합다환 그룹은 상기 1가 비-방향족 축합다환 그룹과 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0493] 본 명세서 중 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹(non-aromatic condensed heteropolycyclic group)은 2 이상의 고리가 서로 축합되어 있고, 고리 형성 원자로서 탄소 외에 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 포함하고, 분자 전체가 비-방향족성을 갖는 1가 그룹(예를 들면, 탄소수 1 내지 60을 가짐)을 의미한다. 상기 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹의 구체예에는, 카바졸일기 등이 포함된다. 본 명세서 중 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹은 상기 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹과 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.
- [0494] 본 명세서 중 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹이란, 고리-형성 원자로서 탄소만을 포함한 탄소수 5 내지 60의 모노시클릭 또는 폴리시클릭 그룹을 의미한다. 상기 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹은 방향족 카보시클릭 그룹 또는 비-방향족 카보시클릭 그룹일 수 있다. 상기 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹은 벤젠과 같은 고리, 페닐기와 같은 1가 그룹 또는 페닐렌기와 같은 2가 그룹일 수 있다. 또는, 상기 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹에 연결된 치환기에 개수에 따라, 상기 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹은 3가 그룹 또는 4가 그룹일 수 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0495] 본 명세서 중 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로시클릭 그룹이란, 상기 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹과 동일한 구조를 갖되, 고리-형성 원자로서, 탄소(탄소수는 1 내지 60일 수 있음) 외에, N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 포함한 그룹을 의미한다.
- [0496] 본 명세서 중 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>아랄킬기란, 상기 알킬기에 상기 아릴기가 치환되고, 탄소수 1 내지 60개인 그룹을 의미한다. 상기 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>아랄킬기의 구체예에는 벤질기 등이 포함된다.
- [0497] 본 명세서 중, 상기 치환된 C<sub>5</sub>-C<sub>60</sub>카보시클릭 그룹, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로시클릭 그룹, 치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬렌기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬렌기, 치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐렌기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐렌기, 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴렌기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴렌기, 치환된 2가 비-방향족 축합다환 그룹, 치환된 2가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹, 치환된 C<sub>7</sub>-C<sub>60</sub>아랄킬기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>알킬기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, 치환된 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기, 치환된 C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알키닐기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기, 치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, 치환된 C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 치환된 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 치환된 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹의 치환기 중 적어도 하나는,
- [0498] 중수소(-D), -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알키닐기 및 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기;
- [0499] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 1가 비-방향족 축합다환 그룹, 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹, -Si(Q<sub>11</sub>)(Q<sub>12</sub>)(Q<sub>13</sub>), -N(Q<sub>11</sub>)(Q<sub>12</sub>), -B(Q<sub>11</sub>)(Q<sub>12</sub>), -C(=O)(Q<sub>11</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>11</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>11</sub>)(Q<sub>12</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알키닐기 및 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기;
- [0500] C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 1가

비-방향족 축합다환 그룹 및 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹;

[0501] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알키닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 1가 비-방향족 축합다환 그룹, 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹, -Si(Q<sub>21</sub>)(Q<sub>22</sub>)(Q<sub>23</sub>), -N(Q<sub>21</sub>)(Q<sub>22</sub>), -B(Q<sub>21</sub>)(Q<sub>22</sub>), -C(=O)(Q<sub>21</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>21</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>21</sub>)(Q<sub>22</sub>) 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴옥시기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴티오기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 1가 비-방향족 축합다환 그룹 및 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹; 및

[0502] -Si(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>)(Q<sub>33</sub>), -N(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -B(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>), -C(=O)(Q<sub>31</sub>), -S(=O)<sub>2</sub>(Q<sub>31</sub>) 및 -P(=O)(Q<sub>31</sub>)(Q<sub>32</sub>);

[0503] 중에서 선택되고,

[0504] 상기 Q<sub>11</sub> 내지 Q<sub>13</sub>, Q<sub>21</sub> 내지 Q<sub>23</sub> 및 Q<sub>31</sub> 내지 Q<sub>33</sub>은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알케닐기, C<sub>2</sub>-C<sub>60</sub>알키닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알콕시기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알킬기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알킬기, C<sub>3</sub>-C<sub>10</sub>시클로알케닐기, C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>헤테로시클로알케닐기, C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴옥시기, C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>헤테로아릴티오기, 1가 비-방향족 축합다환 그룹, 1가 비-방향족 헤테로축합다환 그룹, 중수소, -F 및 시아노기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>알킬기, 중수소, -F 및 시아노기 중에서 선택된 적어도 하나로 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기, 비페닐기 및 터페닐기 중에서 선택될 수 있다.

[0505] 본 명세서 중 "Ph"은 페닐기를 의미하고, "Me"은 메틸기를 의미하고, "Et"은 에틸기를 의미하고, "ter-Bu" 또는 "Bu<sup>t</sup>"은 tert-부틸기를 의미하고, "OMe"는 메톡시기를 의미한다.

[0506] 본 명세서 중 "비페닐기"는 "페닐기로 치환된 페닐기"를 의미한다. 상기 "비페닐기"는, 치환기가 "C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기"인 "치환된 페닐기"에 속한다.

[0507] 본 명세서 중 "터페닐기"는 "비페닐기로 치환된 페닐기"를 의미한다. 상기 "터페닐기"는, 치환기가 "C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기로 치환된 C<sub>6</sub>-C<sub>60</sub>아릴기"인 "치환된 페닐기"에 속한다.

[0508] 본 명세서 중 \* 및 \*'은, 다른 정의가 없는 한, 해당 화학식 중 이웃한 원자와의 결합 사이트를 의미한다.

[0509] 이하에서, 합성에 및 실시예를 들어, 본 발명의 일 구현예를 따르는 화합물 및 발광 소자에 대하여 보다 구체적으로 설명한다. 하기 합성에 중 "A 대신 B를 사용하였다"란 표현 중 A의 몰당량과 B의 몰당량은 서로 동일하다.

[0510] [실시예]

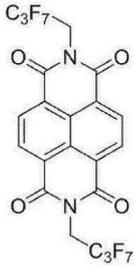
[0511] **제조예: 양자점 조성물의 제조**

[0512] 하기 표 1에 기재된 함량비로 각각의 화합물을 섞어 양자점 조성물을 제조하였다.

표 1

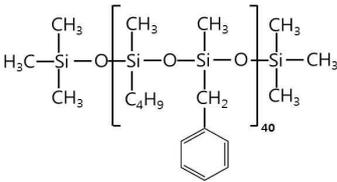
구분	제조예 1		제조예 2		비교 제조예 1		비교 제조예 2	
	화합물	함량	화합물	함량	화합물	함량	화합물	함량
양자점	InP/ZnSeS, 평균입도 8nm, 자체 합성한 적색 양자점	2.0 중량%	InP/ZnSeS, 평균입도 8nm, 자체 합성한 적색 양자점	2.0 중량%	InP/ZnSeS, 평균입도 8nm, 자체 합성한 적색 양자점	2.0 중량%	InP/ZnSeS, 평균입도 8nm, 자체 합성한 적색 양자점	2.0 중량%
레벨링제	화합물 L	0.1 중량%	화합물 L	0.05 중량%	-	-	화합물 X	0.1 중량%
용매	옥탄	97.9 중량%	옥탄	97.95 중량%	옥탄	98.0 중량%	옥탄	97.9 중량%

[0514] <화합물 X>



[0515]

[0516] <화합물 L>



[0517]

[0518] **실시예 1**

[0519] 애노드로서 ITO가 증착된 기판을 50mm x 50mm x 0.7mm 크기로 잘라서 이소프로필 알코올과 순수를 이용하여 각 5분 동안 초음파 세정한 후, 30분 동안 자외선을 조사하고 오존에 노출시켜 세정하고 진공 증착 장치에 상기 ITO 기판을 설치하였다.

[0520] 상기 ITO 기판 상부에 화합물 PEDOT:PSS를 스핀코팅과 건조공정을 통해 40nm 두께로 정공 주입층을 형성한 다음, 상기 정공 주입층 상부에 TFB를 스핀코팅과 건조공정을 통해 40nm 두께의 정공 수송층을 형성하였다.

[0521] 상기 정공 수송층 상에 제조예 1의 양자점 조성물을 3,500 rpm의 코팅 속도로 30초간 스핀 코팅하고, 상온에서 5분간 자연건조 후, 150 °C에서 30분 동안 건조하여 30nm 두께의 발광층을 형성하였다.

[0522] 상기 발광층 상에 ZnMgO 나노 입자를 스핀 코팅한 다음, 자연 건조하여 40nm 두께로 전자 수송층을 형성한 후, 상기 전자 주입층 상에 Al을 증착하여 150nm 두께의 캐소드를 형성함으로써, 발광 소자를 제작하였다.

[0523] **실시예 2, 비교예 1 및 2**

[0524] 상기 발광층을 형성할 때, 하기 표 2과 같은 재료를 사용하였다는 점을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법을 사용하여 발광 소자를 제작하였다.

[0525] **평가예 1**

[0526] 상기 실시예 1, 2, 비교예 1 및 2에서 제작된 발광 소자의 구동 전압, 전류 밀도, 효율, 수명 및 CIE 색좌표를 Keithley SMU 236 및 휘도계 PR650을 이용하여 측정하여, 그 결과를 표 2에 나타내었다. 수명(T<sub>50</sub>)은, 발광 소자 구동 후 휘도(@600nit)가 초기 휘도(100%)의 50%가 되는데 걸리는 시간을 측정한 것이다.

**표 2**

[0527]

	발광층	구동 전압 (V)	전류밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	수명(T <sub>50</sub> ) (시간)	색좌표 (x, y)
실시예 1	제조예 1	7.7	11.8	4.6	3.5	0.681, 0.315
실시예 2	제조예 2	6.8	13.3	4.3	3.0	0.685, 0.314
비교예 1	비교 제조예 1	5.8	15.3	4.0	2.0	0.685, 0.313
비교예 2	비교 제조예 2	6.0	13.3	3.9	2.0	0.685, 0.314

[0528] 상기 표 2로부터, 실시예 1 및 2의 발광 소자는 비교예 1 및 2보다 효율 및/또는 수명이 향상됨을 확인할 수 있었다. 특정 이론에 국한되는 것은 아니나, 비교예 1 및 2의 발광 소자는 평탄한 박막 형태의 발광층을 얻기가 상대적으로 어려우므로, 이로 인해 소자 특성이 감소하는 것으로 생각된다.

[0529]

Dai et al(*Nature* 2014, 515, 96)에서는 PMMA 절연층을 포함하는 발광 소자가 전하 주입 균형을 개선하고, 무기 공통층에 의하여 양자점 소광을 줄임으로써 소자 특성을 향상시킬 수 있음을 개시한다. 그러나, PMMA 절연층을 용액 공정을 통해 수 nm 수준으로 균일하고 재현성 있게 절연층을 구현하는 것은 공정 윈도우 확보 관점에서 높은 난이도를 보일 뿐만 아니라, 본 발명의 실시예들과 달리 추가 공정을 반드시 요하므로 상기 Dai et al.에 서의 소자는 구현은 제품 구현 관점에서 실현 가능성이 매우 떨어진다..

**도면**

**도면1**

10

190
150
110

**도면2**

20

190
150
110
210

**도면3**

30

220
190
150
110

**도면4**

40

220
190
150
110
210