



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월16일  
(11) 등록번호 10-2718893  
(24) 등록일자 2024년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10K 99/00 (2023.01) C09K 11/08 (2006.01)  
H10K 50/00 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
H10K 85/657 (2023.02)  
C09K 11/08 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0107005  
(22) 출원일자 2018년09월07일  
심사청구일자 2021년08월20일  
(65) 공개번호 10-2020-0028657  
(43) 공개일자 2020년03월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020120018865 A\*  
KR1020130013810 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
(72) 발명자  
한문규  
경기도 수원시 영통구 에듀타운로 101, 102동 72  
0호 (이의동, 에듀하임1309오피스텔)  
정대영  
경기도 수원시 영통구 광고호수로 15, 105동 110  
4호 (원천동, 광고더샵)  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

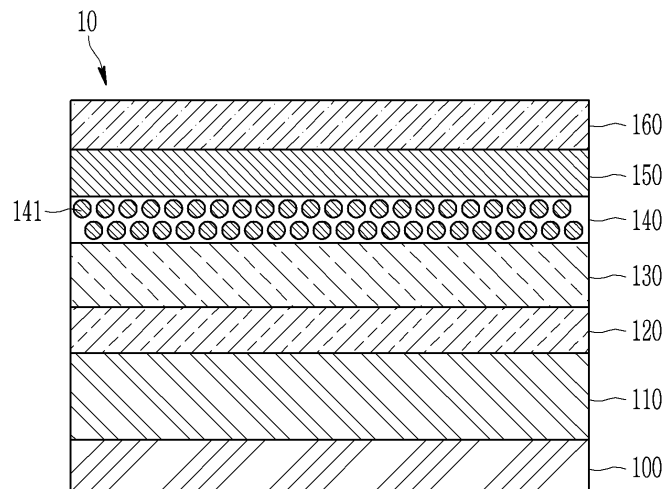
심사관 : 윤대위

(54) 발명의 명칭 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치

(57) 요약

전계 발광 소자, 및 이를 포함하는 표시 장치를 제공한다. 전계 발광 소자는 서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극; 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 배치되며, 양자점, 및 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비한 제1 정공 수송 재료를 포함하는 발광층; 발광층과 제1 전극 사이에 배치되고, 제2 정공 수송 재료를 포함하는 정공 수송층; 및 발광층과 상기 제2 전극 사이에 배치되는 전자 수송층을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H10K 50/115* (2023.02)

*H10K 50/15* (2023.02)

*H10K 50/16* (2023.02)

*H10K 85/113* (2023.02)

*H10K 85/146* (2023.02)

*H10K 85/615* (2023.02)

*H10K 85/633* (2023.02)

*H10K 85/6572* (2023.02)

(72) 발명자

**김광희**

경기도 성남시 분당구 중앙공원로 54, 211동 801호  
(서현동, 우성아파트)

**장은주**

경기도 수원시 권선구 동수원로145번길 23, 409동  
902호 (권선동, 수원아이파크시티아파트)

**김찬수**

서울특별시 강북구 오패산로30길 30, 110동 1303호  
(미아동, 경남아너스빌)

**박건수**

경기도 성남시 분당구 대왕판교로606번길 10, 104  
동 706호 (백현동, 알파돔시티 관교알파리움)

**윤원식**

경기도 수원시 권선구 금호로 285, 103동 102호 (서둔동)

## 명세서

## 청구범위

### 청구항 1

서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극;

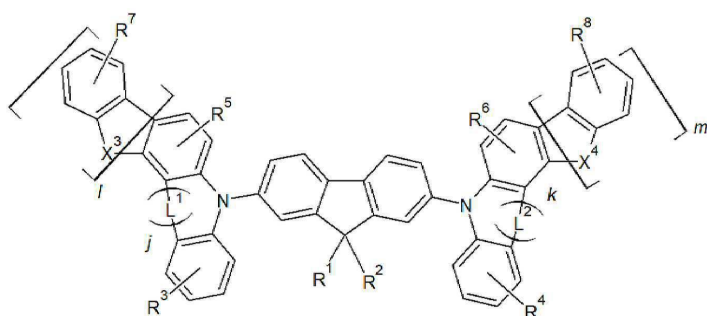
상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 배치되며, 양자점, 및 제1 정공 수송 재료를 포함하는 발광층;

상기 발광층과 상기 제1 전극 사이에 배치되고, 제2 정공 수송 재료를 포함하는 정공 수송층; 및

상기 발광층과 상기 제2 전극 사이에 배치되는 전자 수송층을 포함하고,

상기 제1 정공 수송 재료는, 하기 화학식 2로 표현되는 화합물을 포함하는 전계 발광 소자:

[화학식 2]



$R^1$  내지  $R^8$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고

$X^3$  및  $X^4$ 는 각각 독립적으로,  $S-R^a$ ,  $N-R^b$ ,  $C(-R^c)(-R^d)$ (여기서  $R^a$ ,  $R^b$ ,  $R^c$ , 또는  $R^d$ 는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 C1 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택됨) 중에서 선택되고,

$L^1$  및  $L^2$ 는 각각 독립적으로 단일 결합, 및 치환 또는 비치환된 C1 내지 C4 알케닐기 중에서 선택되며,

$j$ ,  $k$ ,  $l$ , 및  $m$ 은 각각 독립적으로 0 또는 1이다.

### 청구항 2

제1항에서,

상기 화학식 2에서,  $j$  및  $k$ 는 0인 전계 발광 소자.

### 청구항 3

제1항에서,

상기 화학식 2에서,

$R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ , 또는  $R^6$ 은

치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나이고, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성하는

전계발광 소자.

#### 청구항 4

제1항에서,

상기 화학식 2에서,

$R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 둘 이상은 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기인, 전계 발광 소자:

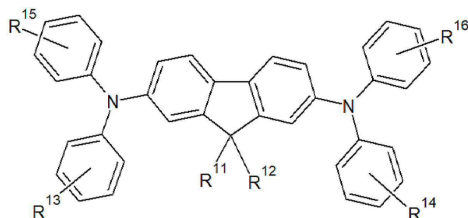
#### 청구항 5

제1항에서,

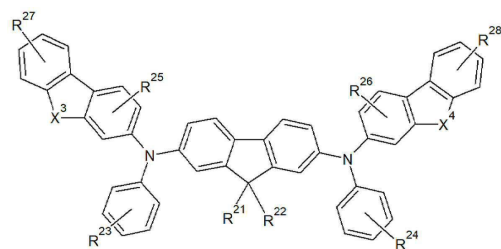
상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 2-1로 표현되는 화합물, 화학식 2-2로 표현되는 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는,

전계 발광 소자:

[화학식 2-1]



[화학식 2-2]



화학식 2-1 및 화학식 2-2에서,

$X^3$ ,  $X^4$ 는 각각 독립적으로,  $S-R^a$ ,  $N-R^b$ ,  $C(-R^c)(-R^d)$ (여기서  $R^a$ ,  $R^b$ ,  $R^c$ , 또는  $R^d$ 는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 C1 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택됨) 중에서 선택되고,

$R^{11}$ ,  $R^{12}$ ,  $R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{21}$ ,  $R^{22}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ ,  $R^{26}$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택되고,  $R^{11}$  내지  $R^{14}$  중 적어도 하나와  $R^{21}$  내지  $R^{26}$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

$R^{27}$ ,  $R^{28}$ 은 각각 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택된다.

#### 청구항 6

제5항에서,

화학식 2-1 또는 화학식 2-2에서,

$R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{15}$ ,  $R^{16}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ , 또는  $R^{26}$ 은

치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나이고, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성하는

전계발광 소자.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극;

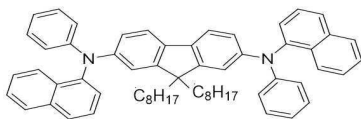
상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 배치되며, 양자점, 및 제1 정공 수송 재료를 포함하는 발광층;

상기 발광층과 상기 제1 전극 사이에 배치되고, 제2 정공 수송 재료를 포함하는 정공 수송층; 및

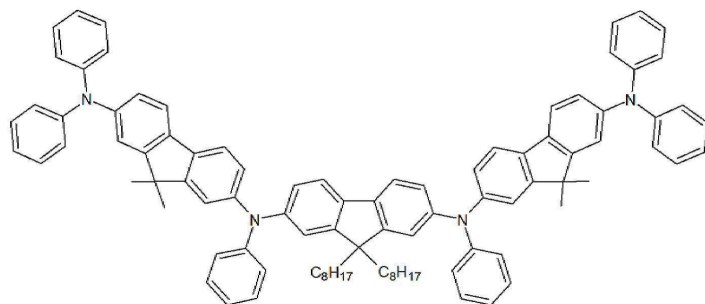
상기 발광층과 상기 제2 전극 사이에 배치되는 전자 수송층을 포함하고,

상기 제1 정공 수송 재료는 화학식 B로 표현되는 화합물, 화학식 C로 표현되는 화합물, 화학식 D로 표현되는 화합물, 화학식 F로 표현되는 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자:

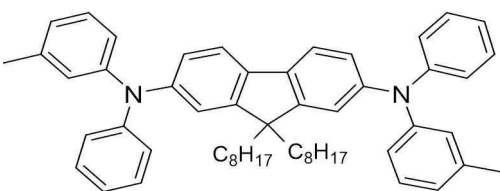
[화학식 B]



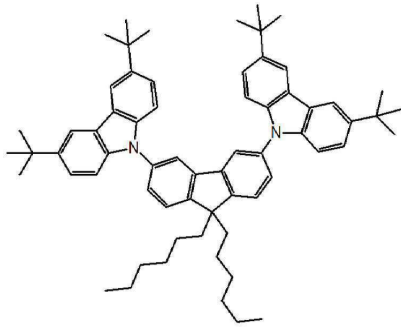
[화학식 C]



[화학식 D]



[화학식 F]



#### 청구항 9

제1항 또는 제8항에서,

상기 제1 정공 수송 재료는 비극성 용매에 대한 용해성을 갖는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 10

제1항 또는 제8항에서,

상기 발광층 총 100 중량%에 대하여, 상기 제1 정공 수송 재료는 2 중량% 이상 50 중량% 미만 포함되는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 11

제1항 또는 제8항에서,

원자간력 현미경(Atomic-force microscopy, AFM)에 의해 측정되는 상기 발광층 표면의 제곱평균 거칠기는 0.5 내지 2.0 인, 전계 발광 소자.

#### 청구항 12

제1항 또는 제8항에서,

상기 양자점 표면에 결합되어 있는 소수성 리간드를 더 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 13

제1항 또는 제8항에서,

상기 반도체 나노 입자는 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd를 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 14

제1항 또는 제8항에서,

상기 반도체 나노 입자는 코어-셸 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 15

제1항 또는 제8항에서,

상기 제2 정공 수송 재료와 상기 제1 정공 수송 재료는 서로 다른 재료인, 전계 발광 소자.

#### 청구항 16

제1항 또는 제8항에서,

상기 제2 정공 수송 재료는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 유도체, 폴리(스티렌술포네이트) 유도체, 폴리-N-비

닐카르바졸 유도체, 폴리페닐렌비닐렌 유도체, 폴리파라페닐렌비닐렌 유도체, 폴리메타크릴레이트 유도체, 폴리아릴아민 유도체, 폴리아닐린 유도체, 폴리피롤 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌) 유도체, 폴리-(N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일-코(4,4'-(N-4-부틸페닐)디페닐아민)], 폴리((9,9-디옥틸플루오렌)-코-N,N-다이페닐-N,N-di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노벤젠), NiO, MoO<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 17

제1항 또는 제8항에서,

상기 전자 수송층은 무기물 나노입자, 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 18

제1항 또는 제8항에서,

상기 전자 수송층은 무기물 나노입자로 이루어진 집합층을 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 19

제1항 또는 제8항에서,

상기 전자 수송층은 20 nm 내지 100 nm 의 두께를 가지는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 20

제1항 또는 제8항에서,

상기 제1 전극과 상기 정공 수송층 사이에 배치되는 정공 주입층을 더 포함하는, 전계 발광 소자.

#### 청구항 21

제1항 또는 제8항에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 양자점은 대략 10 nm 이하의 직경을 갖는 반도체 물질의 나노결정으로서 양자제한(quantum confinement) 효과를 나타내는 물질이다. 양자점은 통상의 형광체보다 강한 빛을 좁은 파장대에서 발생시킨다. 양자점의 발광은 전도대에서 가전자대로 들뜬 상태의 전자가 전이하면서 발생되는데 같은 물질의 경우에도 입자 크기에 따라 파장이 달라지는 특성을 나타낸다. 양자점의 크기가 작아질수록 짧은 파장의 빛을 발광하기 때문에 크기를 조절하여 원하는 파장 영역의 빛을 얻을 수 있다.

[0003] 즉, 양자점을 포함하는 발광층과, 이를 적용한 각종 전자 소자는 일반적으로 인광 및/또는 형광 물질을 포함하는 발광층을 사용하는 유기 발광 소자 대비 제조 비용이 낮고, 다른 색의 빛을 방출시키기 위해 발광층에 다른 유기 물질을 사용할 필요 없이 양자점의 크기를 달리함으로써 원하는 색을 방출시킬 수 있다.

[0004] 양자점을 포함하는 발광층의 발광 효율은 양자점의 양자 효율, 전하 캐리어의 밸런스, 광 추출 효율, 등에 의해 결정된다. 특히 양자 효율 향상을 위해서는 여기자(exciton)들을 발광층에 구속(confinement)시켜야 하며, 다양한 요인들에 의해 발광층 내부에 여기자들이 구속되지 않을 경우 여기자 소광(exciton quenching) 등의 문제가 발생할 수 있다.

### 발명의 내용

## 해결하려는 과제

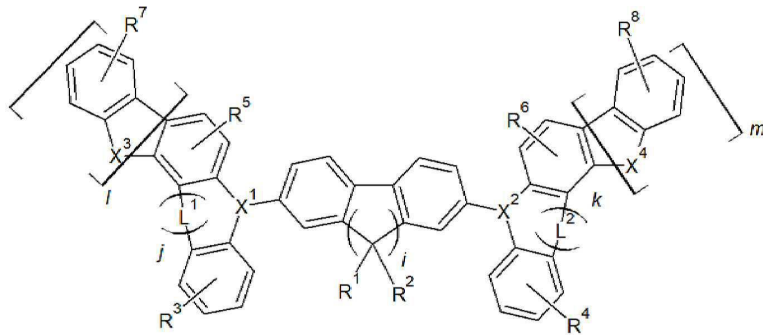
[0005] 발광층의 정공 수송성과 표면 특성을 개선하여 향상된 소자 특성을 나타내는 전계 발광 소자와, 이를 포함하는 표시 장치를 제공하고자 한다.

## 과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극; 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 배치되며, 양자점, 및 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비한 제1 정공 수송 재료를 포함하는 발광층; 상기 발광층과 상기 제1 전극 사이에 배치되고, 제2 정공 수송 재료를 포함하는 정공 수송층; 및 상기 발광층과 상기 제2 전극 사이에 배치되는 전자 수송층을 포함하는 전계 발광 소자가 제공된다.

[0007] 상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 1로 표현되는 화합물을 포함한다.

[0008] [화학식 1]



[0009]

[0010] 화학식 1에서,

[0011]  $R^1$  내지  $R^8$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^1$  내지  $R^8$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0012]  $R^3$  내지  $R^8$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기인 경우 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있고,

[0013]  $X^1$  내지  $X^4$ 는 각각 독립적으로,  $S-R^a$ ,  $N-R^b$ ,  $C(-R^c)(-R^d)$ (여기서  $R^a$ ,  $R^b$ ,  $R^c$ ,  $R^d$ 는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 C1 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택됨) 중에서 선택되고,

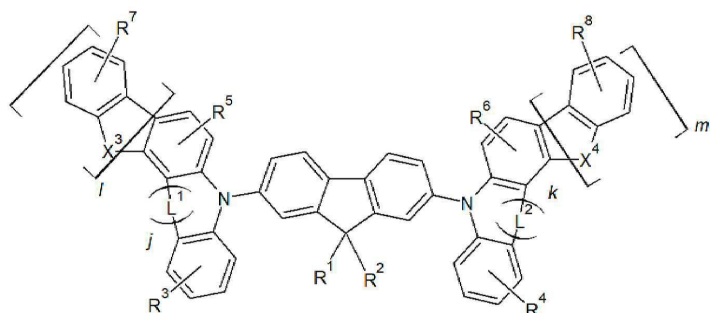
[0014]  $L^1$ ,  $L^2$ 는 각각 독립적으로 단일 결합, 및 치환 또는 비치환된 C1 내지 C4 알케닐기 중에서 선택되며,

[0015]  $i$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$ , 및  $m$ 은 각각 독립적으로 0 또는 1이다.

[0016] 상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 2로 표현되는 화합물을 포함할 수 있다.



[0017] [화학식 2]



[0018]

[0019]  $X^3$ ,  $X^4$ ,  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$  및  $m$ 은 각각 화학식 1에 정의된 것과 동일하고,

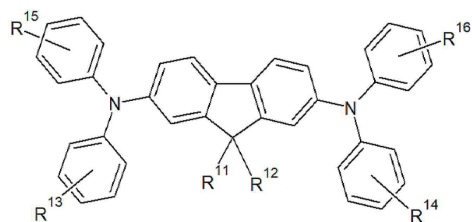
[0020]  $R^1$  내지  $R^8$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0021]  $R^3$  내지  $R^6$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나인 경우, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있다.

[0022]  $R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 둘 이상은 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기일 수 있다.

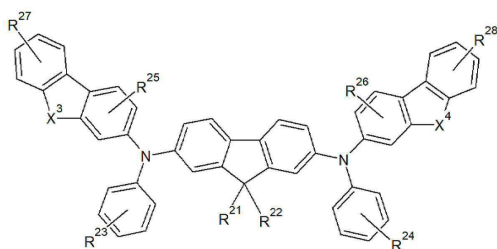
[0023] 상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 2-1 내지 화학식 2-2 로 표현되는 화합물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0024] [화학식 2-1]



[0025]

[0026] [화학식 2-2]



[0027]

[0028] 화학식 2-1 내지 화학식 2-2에서,

[0029]  $X^3$ ,  $X^4$ 는 각각 화학식 2에 정의된 것과 동일하고,

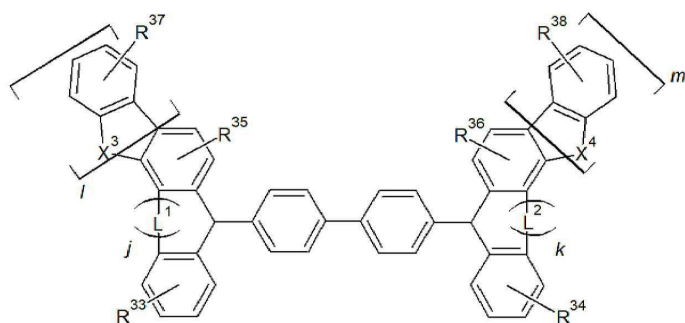
[0030]  $R^{11}$ ,  $R^{12}$ ,  $R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{21}$ ,  $R^{22}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ ,  $R^{26}$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택되며,  $R^{11}$  내지  $R^{14}$  중 적어도 하나와  $R^{21}$  내지  $R^{26}$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0031]  $R^{27}$ ,  $R^{28}$ 은 각각 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택된다.

[0032]  $R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{15}$ ,  $R^{16}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ , 또는  $R^{26}$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나인 경우, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있다.

[0033] 상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 3으로 표현되는 화합물을 포함할 수 있다.

[0034] [화학식 3]



[0035]

[0036] 화학식 3에서,

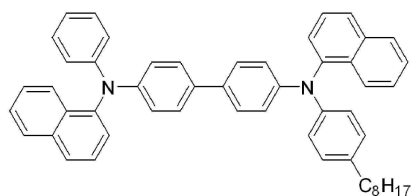
[0037]  $X^3$ ,  $X^4$ ,  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$  및  $m$ 은 각각 청구항 2에 정의된 것과 동일하고,

[0038]  $R^{33}$ ,  $R^{34}$ ,  $R^{35}$ ,  $R^{36}$ ,  $R^{37}$ , 및  $R^{38}$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^{33}$  내지  $R^{38}$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이다.

[0039]  $R^{33}$  내지  $R^{38}$  중 적어도 둘 이상은 비치환된 C4 내지 C10 직쇄형 또는 분지쇄형 알킬기일 수 있다.

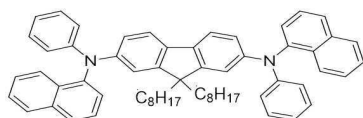
[0040] 상기 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 A 내지 화학식 F로 표현되는 화합물 중에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0041] [화학식 A]



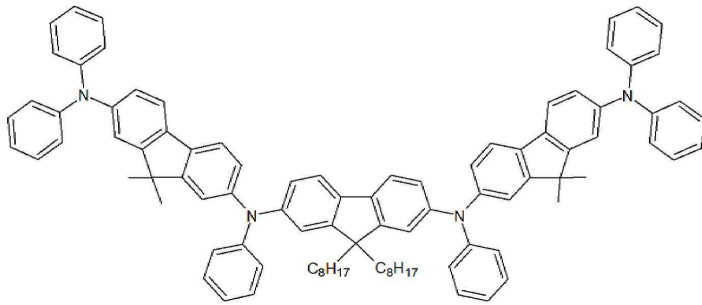
[0042]

[0043] [화학식 B]



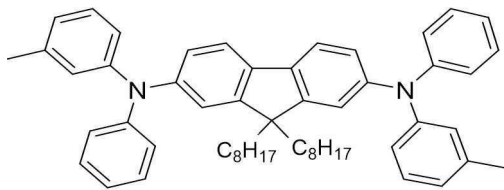
[0044]

[0045] [화학식 C]



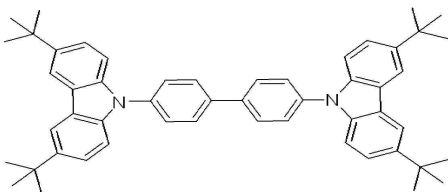
[0046]

[0047] [화학식 D]



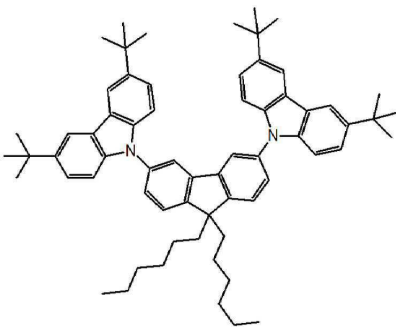
[0048]

[0049] [화학식 E]



[0050]

[0051] [화학식 F]



[0052]

[0053] 상기 제1 정공 수송 재료는 비극성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다.

[0054] 상기 발광층 총 100 중량%에 대하여, 상기 제1 정공 수송 재료는 2 중량% 내지 50 중량% 포함될 수 있다.

[0055] 원자간력 현미경(Atomic-force microscopy, AFM)에 의해 측정되는 상기 발광층 표면의 제곱평균 거칠기는 0.5 내지 2.0 일 수 있다.

[0056] 상기 양자점 표면에 결합되어 있는 소수성 리간드를 더 포함할 수 있다.

[0057] 상기 반도체 나노 입자는 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd를 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0058] 상기 반도체 나노 입자는 코어-셸 구조를 가질 수 있다.

[0059] 상기 제2 정공 수송 재료와 상기 제1 정공 수송 재료는 서로 다른 재료일 수 있다.

[0060] 상기 제2 정공 수송 재료는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 유도체, 폴리(스티렌술포네이트) 유도체, 폴리-N-비

닐카르바졸 유도체, 폴리페닐렌비닐렌 유도체, 폴리파라페닐렌비닐렌 유도체, 폴리메타크릴레이트 유도체, 폴리아릴아민 유도체, 폴리아닐린 유도체, 폴리피롤 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌) 유도체, 폴리-(N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민), 폴리(9,9-디옥틸플루오렌-코-N-(4-부틸페닐)-디페닐아민), 폴리((9,9-디옥틸플루오렌)-코-N,N-다이페닐-N,N-di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노벤젠), NiO, MoO<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

- [0061] 상기 전자 수송층은 무기물 나노입자, 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0062] 상기 전자 수송층은 무기물 나노입자로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다.
- [0063] 상기 전자 수송층은 20 nm 내지 100 nm 의 두께를 가질 수 있다.
- [0064] 상기 제1 전극과 상기 정공 수송층 사이에 배치되는 정공 주입층을 더 포함할 수 있다.
- [0065] 한편, 다른 구현예에 따르면 전술한 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

### 발명의 효과

- [0066] 발광층의 정공 수송성과 표면 특성의 개선을 통해 향상된 소자 특성을 나타내는 전계 발광 소자와, 이를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0067] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,
- 도 2 내지 도 5는 발광층 박막의 표면 모폴로지를 측정한 원자간력 현미경 (Atomic-force microscopy, AFM) 이미지로, 각각 비교제조예 1 (도 2), 제조예 3 (도 3), 비교제조예 2 (도 4), 제조예 5 (도 5)의 경우이고,
- 도 6 내지 도 9는 발광층 박막의 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope) 이미지로, 각각 비교제조예 3 (도 6), 비교제조예 4 (도 7), 제조예 10 (도 8), 제조예 11 (도 9)의 경우이고,
- 도 10은 실시예 1 내지 4와 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도(log scale) 특성을 나타낸 그래프이고,
- 도 11은 실시예 9 내지 12와 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도(log scale) 특성을 나타낸 그래프이고,
- 도 12는 실시예 2, 5, 11 및 14와 비교예 1 내지 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이고,
- 도 13은 실시예 3, 6, 7 및 8과 비교예 1 내지 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0068] 이하, 실시예에 대하여 본 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0069] 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우 뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다.
- [0070] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.
- [0071] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0072] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속"의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.
- [0073] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

- [0074] "IV 족"은 IVA족 및 IVB 족을 포함할 수 있으며, IV 족 금속의 예들은 Si, Ge, Sn을 포함할 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에서, "금속"이라는 용어는 Si 와 같은 준금속도 포함한다.
- [0075] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Ru, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0076] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0077] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0078] 우선, 도 1을 참조하여 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 개략적인 구성을 설명한다.
- [0079] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
- [0080] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(160), 그 사이에 배치되어 있되, 양자점(141) 및 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비한 제1 정공 수송 재료를 포함하는 발광층(140), 제1 전극(110)과 발광층(140) 사이에 배치되어 있되, 제2 정공 수송 재료를 포함하는 정공 수송층(130), 제1 전극(110)과 정공 수송층(130) 사이에 위치하되, 각 구성요소와의 관계를 고려하여 생략 가능한 정공 주입층(120), 및 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 있는 전자 수송층(150)을 포함한다.
- [0081] 즉, 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 사이에 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 및 전자 수송층(150)이 순차 배치되어 있는 적층형 구조를 갖는다.
- [0082] 일 구현예에서 제1 전극(110)은 구동 전원과 직접 연결되어 발광층(140)으로 전류를 흘려보내는 역할을 수행할 수 있다. 제1 전극(110)은 적어도 가시광 파장 영역대에 대하여 광 투과성을 갖는 물질일 수 있으나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 적외선 또는 자외선 파장 영역에 대한 광 투과성을 더 갖는 물질일 수도 있다. 예를 들어, 제1 전극(110)은 광학적으로 투명한 물질일 수 있다.
- [0083] 일 구현예에서, 제1 전극(110)은 몰리브덴 산화물, 텅스텐 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 니오븀 산화물, 탄탈륨 산화물, 티타늄 산화물, 아연 산화물, 니켈 산화물, 구리 산화물, 코발트 산화물, 망간 산화물, 크롬 산화물, 인듐 산화물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0084] 그러나, 일 구현예에 따른 제1 전극(110)이 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 적외선 또는 자외선 파장 영역의 광에 대한 광 투과성을 더 갖는 물질일 수도 있고, 특정 파장 영역대의 광만 선택적으로 투과하는 반투과성을 갖는 물질일 수도 있으며, 가시광 파장 영역대의 광을 반사하여 제1 전극(110) 방향으로 되돌리는 기능을 수행할 수도 있다.
- [0085] 한편, 일 구현예에서 제1 전극(110)은 도 1에 도시된 것과 같이 기판(100)의 위에 배치되어 있을 수 있다. 기판(100)은 투명한 절연 기재일 수 있으며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기판(100)은 유리, 또는 유리전이점(Tg)이 150 °C 보다 큰 필름 형태의 고분자 물질로 이루어질 수 있으며, 예컨대, COC(Cyclo Olefin Copolymer) 또는 COP(Cyclo Olefin Polymer) 계열의 소재로 이루어질 수 있다.
- [0086] 일 구현예에서 기판(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 사이에 배치된 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 및 전자 수송층(150)을 지지하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 기판(100)이 제1 전극(110) 아래에 배치되는 것은 아니며, 제2 전극(160)의 위에 배치되거나, 경우에 따라서는 생략될 수도 있다.
- [0087] 제2 전극(160)은 광학적으로 투명한 물질로서, 발광층(140)으로부터 발생한 광이 투과되는 투광 전극의 역할을 할 수 있다. 일 구현예에서, 제2 전극(160)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 금(Au) 및 이들의 합금에서 선택된 적어도 하나를 포함하거나, 몰리브덴 산화물, 텅스텐 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 니오븀 산화물, 탄탈륨 산화물, 티타늄 산화물, 아연 산화물, 니켈 산화물, 구리 산화물, 코발트 산화물, 망간 산화물, 크롬 산화물, 인듐 산화물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0088] 다만, 일 구현예에 따른 제2 전극(160)이 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 특정 파장 영역대의 광만 선택적으로 투과하는 반투과성을 갖는 물질일 수도 있으며, 가시광 파장 영역대의 광을 반사하여 제1 전극(110) 방향으로 되돌리는 기능을 수행할 수도 있다.
- [0089] 만약 제2 전극(160)이 반사전극의 기능을 수행할 경우, 제1 전극(110)은 적어도 가시광 파장 영역대에 대하여 광 투과성을 갖는 물질로 이루어진 투광 전극이거나, 특정 파장 영역대의 광만 선택적으로 투과하는 반투과성 전극일 수 있다.

- [0090] 한편, 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 각각은 기판(100) 또는 유기층 위에 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 전극 형성용 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0091] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 도 1에 도시된 바와 같이 기판(100) 및 각 구성요소들이 전술한 적층 순서로 배치된 일반적인(conventional) 구조를 가질 수 있다.
- [0092] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 전술한 전계 발광 소자(10)의 각 구성요소들 간 적층 순서를 만족하는 범위 내에서 가능한 다양한 구조를 가지고 있을 수 있다. 예컨대 기판(100)이 제1 전극(110)의 아래 배치되지 않고 제2 전극(160) 위에 배치될 경우 전계 발광 소자(10)가 인버티드(inverted) 구조를 가지게 될 수도 있다.
- [0093] 정공 주입층(120)은 제1 전극(110)의 바로 위에 위치할 수 있다. 정공 주입층(120)은 정공 수송층(130)과 함께 발광층(140)으로 정공을 공급하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 정공 주입층(120)은 정공 수송층(130)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0094] 한편, 정공 주입층(120)은 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 상기 정공 주입층(120)의 예시로는 PEDOT[Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)] 유도체, PSS[poly(styrene sulfonate)] 유도체, 폴리-N-비닐카르바졸(poly-N-vinylcarbazole, PVK) 유도체, 폴리페닐렌비닐렌(polyphenylenevinylene) 유도체, 폴리파라페닐렌비닐렌(poly p-phenylene vinylene, PPV) 유도체, 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate) 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) [poly(9,9-octylfluorene)] 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌) [poly(spiro-fluorene)] 유도체, TCTA(트리스(4-카바조일-9-일페닐)아민), TPD(N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민), NPB(N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘), m-MTDATA(트리스(3-메틸페닐페닐아미노)-트리페닐아민), TFB(폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일-코(4,4'-(N-4-부틸페닐)디페닐아민)], PFB(폴리(9,9-디옥틸플루오렌)-co-N,N'-다이페닐-N,N'-di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노벤젠), poly-TPD, 및 NiO, MoO<sub>3</sub> 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0095] 정공 수송층(130)은 제1 전극(110)의 위, 예를 들어 제1 전극(110)과 정공 주입층(120)의 위에 위치할 수 있다. 정공 수송층(130)은 발광층(140)으로 정공을 공급, 수송하는 역할을 수행한다. 정공 수송층(130)은 발광층(140)의 바로 아래에 형성되어 발광층(140)과 직접 접촉하고 있다.
- [0096] 일 구현예에서, 정공 수송층(130)은 제2 정공 수송 재료를 포함한다. 제2 정공 수송 재료로는 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다.
- [0097] 일 구현예에서, 정공 수송층(130)에 포함되는 제2 정공 수송 재료는 후술할 발광층(140)에 포함되는 제1 정공 수송 재료와는 서로 다른 재료일 수 있다. 일 구현예에서 제2 정공 수송 재료로는 고분자, 올리고머, 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 사용할 수 있다.
- [0098] 제2 정공 수송 재료의 예시로, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 유도체, 폴리(스티렌술포네이트) 유도체, 폴리-N-비닐카르바졸 유도체, 폴리페닐렌비닐렌 유도체, 폴리파라페닐렌비닐렌 유도체, 폴리메타크릴레이트 유도체, 폴리아릴아민 유도체, 폴리아닐린 유도체, 폴리피롤 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌) 유도체, 폴리-(N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일-코(4,4'-(N-4-부틸페닐)디페닐아민)], 폴리((9,9-디옥틸플루오렌)-코-N,N'-다이페닐-N,N'-di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노벤젠), NiO, MoO<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0099] 이와 같이 정공 수송층(130)이 제2 정공 수송 재료로 고분자, 올리고머, 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 사용할 경우, 발광 소자의 수명을 증가시키고, 전계 발광 소자(10)의 작동개시전압인 턴-온 전압(turn-on voltage)을 낮추는 기능을 할 수 있다. 특히, 제2 정공 수송 재료를 전술한 소재의 군에서 선택할 경우, 단분자형 정공 수송 재료 사용 시 대비 발광층(140)과 직접 접촉하는 정공 수송층(130) 표면 모폴로지를 균일하게 조절할 수 있다. 이에 따라 정공 수송층(130)으로부터 발광층(140)으로 이동하는 정공의 누설 경로(leakage path)를 최소화함으로써, 누설 전류와 구동 전압을 낮출 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 정공 수송층(130)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 정공 수송층(130)과 발광층(140)을 모두 습식 코팅법을 이용하여 형성할 수 있다. 이를 통해, 정공 수송층(130) 및/또는 발광층(140)을 간편한 방법으로 형성할 수 있다.



- [0101] 아울러, 일 구현예에서 정공 수송층(130)과 발광층(140)은 비교적 용해도가 다른 물질을 사용할 수 있다. 예를 들어 정공 수송층(130)은 방향족 비극성(aromatic non-polar) 용매에 대한 용해도가 우수하고, 발광층(140)은 지방족 비극성(aliphatic non-polar) 용매에 대한 용해도가 우수할 수 있다. 이에 따라 정공 수송층(130)을 방향족 비극성 용매에 용해시키고, 발광층(140)을 지방족 비극성 용매에 용해시켜서 용액 공정을 수행할 경우, 기 형성된 정공 수송층(130)의 표면 손상 없이 발광층(140)을 형성할 수 있다.
- [0102] 예를 들어, 정공 수송층(130)으로 TFB 폴리머 막을 성막하는 경우, TFB 전구체 폴리머와 방향족 비극성 용매(예를 들어, 톨루엔, 자일렌 등)가 포함된 전구체 용액을 제1 전극(110) 또는 정공 주입층(120) 위에 스핀 코팅(spin-coating)하고, 예컨대, N<sub>2</sub>의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 150 °C 내지 1800 °C의 온도로 30 분 동안 열처리(thermal treatment)하여 TFB로 이루어진 정공 수송층(130)을 제조한 다음, 그 위에 용액 공정을 이용하여 지방족 비극성 용매(예를 들어 옥탄, 노난, 사이클로헥산 등)를 사용하여 발광층(140)을 용이하게 형성할 수 있다.
- [0103] 이와 같이 정공 수송층(130)과 발광층(140)의 용매 선택성을 비교적 상이하게 구성할 경우, 정공 수송층(130)과 발광층(140)을 모두 용액 공정을 이용하여 형성할 수 있으므로 공정 편의성이 우수한 것은 물론, 상이한 용매 선택성에 의해 후속 발광층(140) 형성 과정에서 유기용매 등에 의해 정공 수송층(130) 표면이 손상되는 것을 최소화할 수 있다.
- [0104] 발광층(140)은 정공 수송층(130)의 위에 위치할 수 있으며, 양자점(141) 및 제1 정공 수송 재료를 포함할 수 있다.
- [0105] 발광층(140)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160)으로부터 공급된 전류에 의해 전달된 전자와 정공이 결합되는 장소로서, 전자와 정공은 상기 발광층(140)에서 만나 결합하여 엑시톤(exciton)을 생성하고, 생성된 엑시톤은 여기 상태에서 기저 상태로 전이하면서 양자점(141)의 크기에 대응하는 파장의 빛을 발생시킬 수 있다. 즉, 양자점(141)은 발광층(140)에 전계 발광 기능을 부여한다.
- [0106] 특히, 양자점(141)은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 밴드갭 에너지(energy band gap)를 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방사할 수 있다. 따라서 양자점(141)을 포함하는 발광층(140)은 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.
- [0107] 예를 들어, 발광층(140)은 소정 파장 영역에 속하는 광을 발광할 수 있다. 상기 소정 파장 영역의 광은 가시광 영역에 속하는 파장영역으로서, 예를 들어 380 nm 내지 488 nm 의 제1 파장영역, 490 nm 내지 510 nm 의 제2 파장영역, 510 nm 내지 580 nm 의 제3 파장영역, 582 nm 내지 600 nm 의 제4 파장영역, 620 nm 내지 680 nm 의 제5 파장영역 중 어느 하나에 속하는 것일 수 있다.
- [0108] 일 구현예에서, 상기 양자점(141)의 소재는 특별히 제한되지 않으며, 공지되었거나 상업적으로 입수 가능한 양자점을 사용할 수 있다. 예를 들어 일 구현예에 따른 양자점(141) 각각은 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족-VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd를 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 즉, 일 구현예에 따른 양자점(141) 각각은 비 카드뮴계 양자점일 수 있다. 이와 같이 양자점(141)이 모두 비 카드뮴계 소재로 이루어진 경우, 기존 카드뮴계 양자점 대비 독성이 없어 인체에 무해하고 환경 친화적이다.
- [0109] 상기 II-VI족 화합물은 ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe, MgSe, MgS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, HgZnS, HgZnSe, HgZnTe, MgZnSe, MgZnS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 HgZnTeS, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다. 상기 II-VI족 화합물은 III족 금속을 더 포함할 수도 있다.
- [0110] 상기 III-V족 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, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, InZnP, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 GaAlNP, 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 있다. 상기 III-V족 화합물은 II족 금속을 더 포함할 수도 있다 (InZnP).
- [0111] 상기 IV-VI족 화합물은 SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원

소 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 있다. 상기 I족-III-VI족 화합물의 예는, CuInSe<sub>2</sub>, CuInS<sub>2</sub>, CuInGaSe, CuInGaS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 I-II-IV-VI 족 화합물의 예는 CuZnSnSe, CuZnSnS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 IV족 화합물은 Si, Ge 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 단원소; 및 SiC, SiGe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.

[0112] 상기 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.

[0113] 일 구현예에 따르면, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 입자와, 상기 코어를 둘러싸는 다른 반도체 나노결정 셸로 이루어진 코어-셸 구조를 가질 수도 있다. 코어와 셸의 계면은 셸에 존재하는 원소의 농도가 중심으로 갈수록 낮아지는 농도 구배(gradient)를 가질 수 있다. 또한, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 코어와 이를 둘러싸는 다층의 셸을 포함하는 구조를 가질 수도 있다. 이때 다층의 셸 구조는 2층 이상의 셸 구조를 가지는 것으로 각각의 층은 단일 조성 또는 합금 또는 농도 구배를 가질 수 있다.

[0114] 발광체 입자가 코어-셸 구조를 가질 경우, 코어보다 셸을 구성하는 물질 조성이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되지는 않는다. 한편, 다층의 셸을 구성하는 경우도 코어에 가까운 셸보다 코어의 바깥 쪽에 있는 셸이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.

[0115] 양자점은 약 10 % 이상, 예컨대, 약 20 % 이상, 약 30 % 이상, 약 40 % 이상, 약 50 % 이상, 약 60 % 이상, 약 70 % 이상, 약 90 % 이상, 또는 심지어 100 %의 양자 효율(quantum efficiency)을 가질 수 있다.

[0116] 또한, 디스플레이에서 색순도나 색재현성을 향상시키기 위해 양자점은 좁은 스펙트럼을 가질 수 있다. 상기 양자점은 약 45 nm 이하, 예를 들어 약 40 nm 이하, 또는 약 30 nm 이하의 발광 파장 스펙트럼의 반치폭을 가질 수 있다. 상기 범위에서 소자의 색순도나 색재현성을 향상시킬 수 있다.

[0117] 상기 양자점은 약 1 nm 내지 약 100 nm의 입경(구형이 아닌 경우 가장 긴 부분의 크기)을 가질 수 있다. 예컨대, 상기 양자점은, 약 1 nm 내지 약 20 nm, 예컨대, 2 nm (또는 3 nm) 내지 15 nm의 입경(구형이 아닌 경우 가장 긴 부분의 크기)을 가질 수 있다.

[0118] 또한, 상기 양자점의 형태는 해당 기술분야에서 일반적으로 사용하는 형태의 것으로 특별히 한정되지 않는다. 예컨대, 상기 양자점은 구형, 타원형, 사면체형, 피라미드형, 육팔면체형, 실린더형, 다면체형, 다중 가지형(multi-arm), 또는 입방체(cubic)의 나노입자, 나노튜브, 나노와이어, 나노섬유, 나노시트, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 양자점은 임의의 단면 형상을 가질 수 있다.

[0119] 한편, 상기 양자점은 상업적으로 입수 가능하거나 임의의 방법으로 합성될 수 있다. 예를 들어, 수 나노 크기의 양자점은 화학적 습식 방법(wet chemical process)을 통하여 합성될 수 있다. 화학적 습식 방법에서는, 유기 용매 중에서 전구체 물질들을 반응시켜 결정 입자들을 성장시키며, 이 때 유기용매 또는 리간드 화합물이 자연스럽게 양자점의 표면에 배위됨으로써 결정의 성장을 조절할 수 있다. 유기 용매 및 리간드 화합물의 구체적인 종류는 알려져 있다.

[0120] 이처럼 양자점의 표면에 배위된 유기 용매는 소자 내에서 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 나노 결정의 표면에 배위되지 않은 여분의 유기물은 과량의 비용매(non-solvent)에 붓고, 얻어진 혼합물을 원심 분리하는 과정을 거쳐 제거할 수 있다. 비용매의 구체적 종류로는, 아세톤, 에탄올, 메탄올 등을 들 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 여분의 유기물을 제거한 후 양자점의 표면에 배위된 유기물의 양은 양자점 무게의 50 중량% 이하, 예컨대, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하, 또는 10 중량% 이하일 수 있다. 이러한 유기물은, 리간드 화합물, 유기 용매, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0121] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는, 양자점(141) 표면에 결합된 소수성 잔기를 가지는 리간드(이하, 소수성 리간드라고 함)를 더 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 상기 소수성 리간드는 양자점(141) 표면에 결합되는 작용기와, 소수성을 부여하는 소수성 관능기를 포함할 수 있다.

[0122] 상기 소수성 잔기로는 예를 들어 C4 내지 C20의 알킬기, C4 내지 C20의 알케닐기, C4 내지 C20의 알킬닐기, 또는 이들의 조합을 들 수 있고, 상기 양자점(141) 표면에 결합되는 작용기로는 예를 들어 히드록시기(-OH), 카



복시기(-COOH) 등을 들 수 있다.

[0123] 상기 소수성 리간드의 예시로는, 올레산, 스테아르산, 팔미트산 등의 지방산을 들 수 있다. 양자점(141)이 전술한 바와 같이 소수성 리간드를 가질 경우, 양자점(141)은 전체적으로 볼 때 비극성을 나타내게 되며, 이를 포함하는 발광층(140) 또한 전체적으로 볼 때 비극성을 나타내게 될 수 있다. 또한, 상기 소수성 리간드가 부착된 양자점(141)은 비극성 용매, 구체적으로 지방족 비극성 용매에 대한 용매 선택성을 갖게 된다.

[0124] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)에서, 발광층(140)이 우수한 발광 효율을 나타내기 위하여 양자점(141)을 소정 함량으로 포함할 수 있다.

[0125] 예를 들어 상기 양자점(141)은 발광층 총 100 중량%에 대하여, 예를 들어 5 중량% 이상, 예를 들어 10 중량% 이상, 예를 들어 15 중량% 이상, 예를 들어 20 중량% 이상 포함될 수 있고, 예를 들어 98 중량% 이하, 예를 들어 95 중량% 이하, 예를 들어 90 중량% 이하, 예를 들어 85 중량% 이하, 예를 들어 80 중량% 이하, 예를 들어 75 중량% 이하, 예를 들어 70 중량% 이하, 예를 들어 65 중량% 이하, 예를 들어 60 중량% 이하, 예를 들어 55 중량% 이하, 예를 들어 50 중량% 이하 포함될 수 있으며, 예를 들어 5 중량% 내지 98 중량%, 예를 들어 20 중량% 내지 98 중량%, 예를 들어 20 중량% 내지 90 중량%, 예를 들어 20 중량% 내지 85 중량%, 예를 들어 50 중량% 내지 85 중량% 포함될 수 있다.

[0126] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 양자점(141)의 구체적인 함량은 사용된 양자점(141)의 소재, 방출하는 광의 종류, 사용된 소수성 리간드의 함량, 전자 수송층(130), 발광층(140), 및/또는 전자 수송층(150)의 두께 등에 따라 달라질 수 있다.

[0127] 한편, 제1 정공 수송 재료는 발광층(140)의 정공 수송성을 향상시키는 기능을 수행한다. 제1 정공 수송 재료는 전술한 정공 수송층(130)에 포함되는 제2 정공 수송 재료와는 다른 재료일 수 있다. 제1 정공 수송 재료는 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어지되, 제2 정공 수송 재료와는 달리 단분자 내지 저분자 재료, 또는 이들의 조합에서 선택될 수 있다.

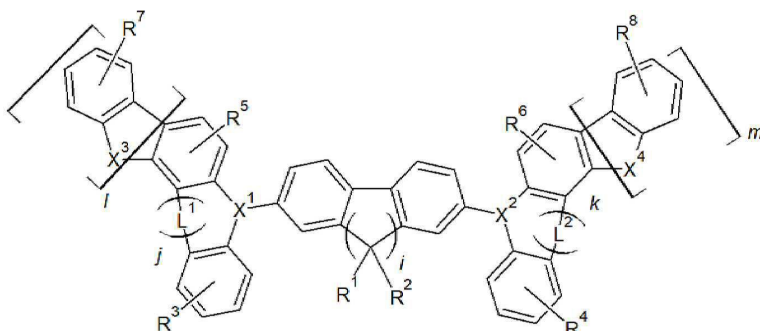
[0128] 일 구현예에서, 제1 정공 수송 재료는 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비하므로 비극성 용매, 구체적으로 지방족 비극성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다. 일 구현예에서는 제1 정공 수송 재료와 소수성 리간드가 모두 지방족 비극성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다. 이에 따라 상기 용액을 이용하여 발광층(140)을 형성할 경우, 형성된 발광층(140)의 표면 모폴로지가 우수한 것은 물론, 제1 정공 수송 재료에 의해 우수한 정공 수송성을 가지게 된다.

[0129] 아울러, 전술한 바와 같이 발광층(140)과 정공 수송층(130)은 각각 지방족 비극성 용매, 방향족 비극성 용매에 대한 용해성을 가지므로, 발광층(140) 형성 시 정공 수송층(130) 표면의 손상을 최소화함으로써 정공 수송층(130)이 우수한 정공 수송성을 유지할 수 있다.

[0130] 일 구현예에서, 제1 정공 수송 재료로는 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비한 것을 사용할 수 있다. 제1 정공 수송 재료가 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기를 구비할 경우 제1 정공 수송 재료가 비극성 용매, 구체적으로는 지방족 비극성 용매에 잘 용해될 수 있다.

[0131] 일 구현예에서, 제1 정공 수송 재료의 예시로는 하기 화학식 1로 표현되는 화합물을 들 수 있다.

[0132] [화학식 1]



[0133]

[0134] 화학식 1에서,

[0135] R<sup>1</sup> 내지 R<sup>8</sup>은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이

클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^1$  내지  $R^8$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0136]  $R^3$  내지  $R^8$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기인 경우 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있고,

[0137]  $X^1$  내지  $X^4$ 는 각각 독립적으로,  $S-R^a$ ,  $N-R^b$ ,  $C(-R^c)(-R^d)$ (여기서  $R^a$ ,  $R^b$ ,  $R^c$ ,  $R^d$ 는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 C1 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택됨) 중에서 선택되고,

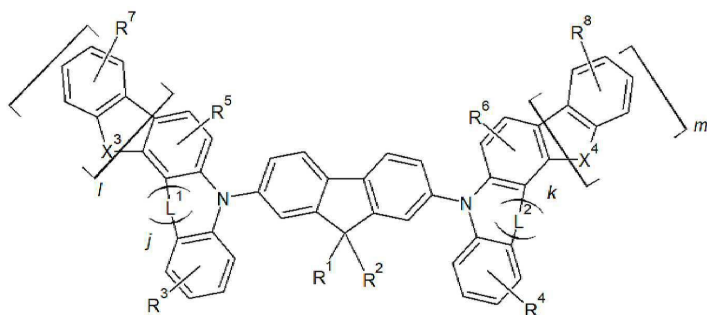
[0138]  $L^1$ ,  $L^2$ 는 각각 독립적으로 단일 결합, 및 치환 또는 비치환된 C1 내지 C4 알케닐기 중에서 선택되며,

[0139]  $i$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$ , 및  $m$ 은 각각 독립적으로 0 또는 1이다.

[0140] 이러한 제1 정공 수송 재료는 상기 화학식 1로 표현되는 것과 같이 비교적 분자량이 작은 화합물을 포함하고 양자점 표면에 존재하는 리간드와 잘 섞이므로, 양자점만 포함하는 경우 및/또는 양자점 및 고분자/올리고머 정공 수송 재료를 포함하는 경우와 대비하여 발광층(140)이 향상된 표면 모폴로지를 나타낼 수 있다.

[0141] 구체적으로, 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 2로 표현되는 화합물을 포함할 수 있다.

[0142] [화학식 2]



[0143]

[0144]  $X^3$ ,  $X^4$ ,  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$  및  $m$ 은 각각 청구항 1에 정의된 것과 동일하고,

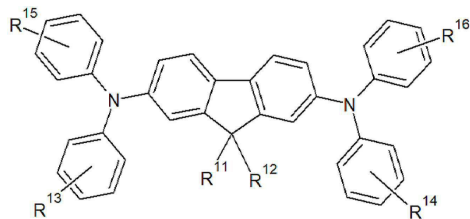
[0145]  $R^1$  내지  $R^8$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되며,  $R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0146]  $R^3$  내지  $R^6$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나인 경우, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있다.

[0147] 상기 화학식 2에서,  $R^1$  내지  $R^6$  중 적어도 둘 이상은 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기일 수 있다. 이 경우, 제1 정공 수송 재료의 지방족 비극성 용매에 대한 용해능을 더욱 향상시킬 수 있다.

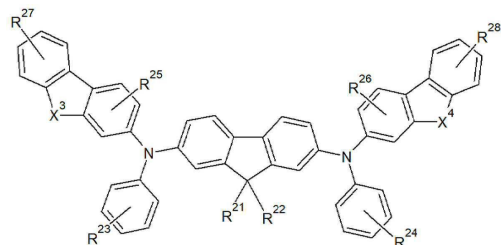
[0148] 예를 들어, 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 2-1 내지 화학식 2-2로 표현되는 화합물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0149] [화학식 2-1]



[0150]

[0151] [화학식 2-2]



[0152]

[0153] 화학식 2-1 내지 화학식 2-2에서,

[0154]  $X^3$ ,  $X^4$ 는 각각 청구항 2에 정의된 것과 동일하고,

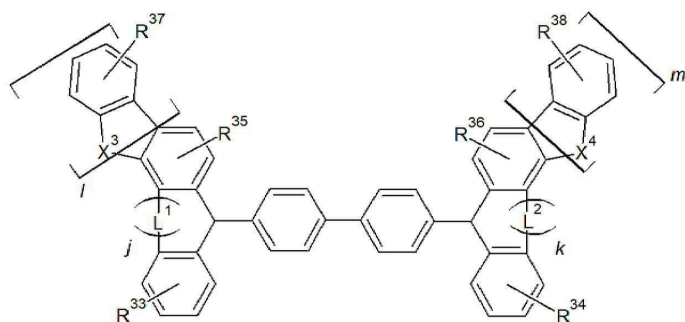
[0155]  $R^{11}$ ,  $R^{12}$ ,  $R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{21}$ ,  $R^{22}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ ,  $R^{26}$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중에서 선택되며,  $R^{11}$  내지  $R^{14}$  중 적어도 하나와  $R^{21}$  내지  $R^{26}$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이고,

[0156]  $R^{27}$ ,  $R^{28}$ 은 각각 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기 중에서 선택되고,

[0157]  $R^{13}$ ,  $R^{14}$ ,  $R^{15}$ ,  $R^{16}$ ,  $R^{23}$ ,  $R^{24}$ ,  $R^{25}$ ,  $R^{26}$ 이 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기 또는 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기 중 어느 하나인 경우, 인접한 방향족 고리와 융합하여 C8 내지 C15 융합 고리를 형성할 수 있다.

[0158] 한편, 제1 정공 수송 재료는 하기 화학식 3으로 표현되는 화합물을 포함할 수도 있다.

[0159] [화학식 3]



[0160]

[0161] 화학식 3에서,

[0162]  $X^3$ ,  $X^4$ ,  $L^1$ ,  $L^2$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $l$  및  $m$ 은 각각 청구항 2에 정의된 것과 동일하고,

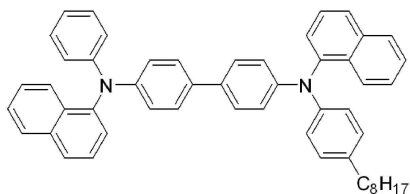
[0163]  $R^{33}$ ,  $R^{34}$ ,  $R^{35}$ ,  $R^{36}$ ,  $R^{37}$ , 및  $R^{38}$ 은 각각 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C20 아릴기, 치환 또는 비치환된 C3 내지 C20 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환된 알킬아민기, 치환 또는 비치환된 아릴아민기, 및 치환 또는 비치환된 카바졸릴기

중에서 선택되되,  $R^{33}$  내지  $R^{38}$  중 적어도 하나는 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20 알킬기이다.

[0164] 상기 화학식 3에서,  $R^{33}$  내지  $R^{36}$  중 적어도 둘 이상은 비치환된 C4 내지 C10 직쇄형 또는 분지쇄형 알킬기일 수 있다. 이 경우 또한, 제1 정공 수송 재료의 지방족 비극성 용매에 대한 용해능을 더욱 향상시킬 수 있다.

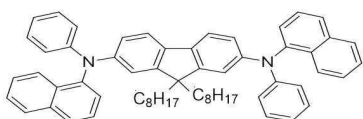
[0165] 더욱 구체적으로, 1 정공 수송 재료는 하기 화학식 A 내지 화학식 F로 표현되는 화합물 중에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0166] [화학식 A]



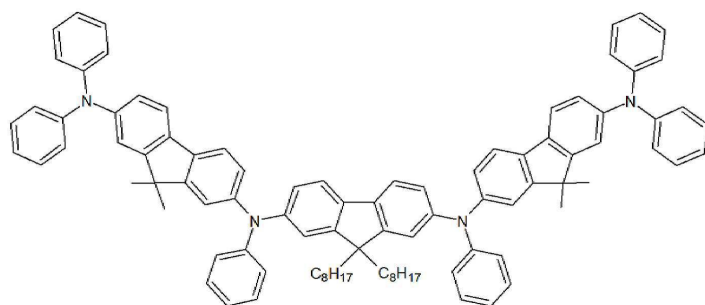
[0167]

[0168] [화학식 B]



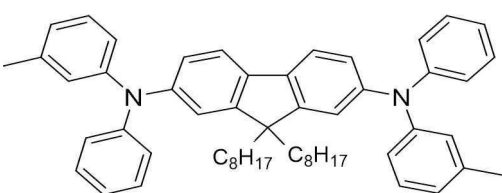
[0169]

[0170] [화학식 C]



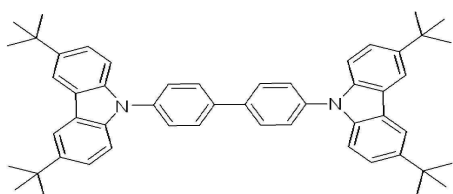
[0171]

[0172] [화학식 D]



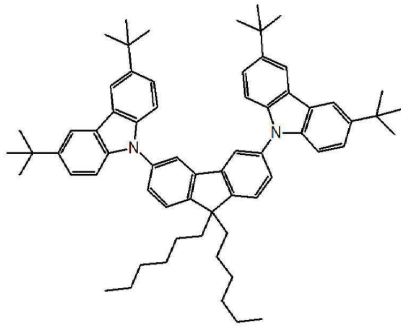
[0173]

[0174] [화학식 E]



[0175]

[0176] [화학적식 F]



[0177]

[0178] 양자점을 이용한 전계 발광 소자에 널리 사용되는 정공 수송 재료는 전자 수송 재료 대비 정공 이동도(hole mobility)가 느린 편이다. 또한, 양자점의 수명 등, 안정성을 확보하기 위하여 양자점 표면에 유기 리간드를 결합시켜 사용하는데, 양자점 표면에 부착된 유기 리간드는 대체적으로 정공 이동도가 매우 낮다.

[0179] 따라서, 전계 발광 소자의 구동 시, 전자와 정공이 발광층의 중심에서 만나지 못하고 정공 수송층과 접하는 계면, 또는 정공 수송층에서 만나게 될 수 있다. 이 경우, 발광층의 양자효율이 크게 저하될 우려가 있으므로, 전계 발광 소자 내 전자/정공 캐리어 밸런스를 적정 수준으로 맞추는 필요가 있다.

[0180] 이에 따라 양자점과 기존의 정공 수송 재료를 블렌드하여 발광층을 구성하는 방안이 고려되었다. 그러나, 기존의 정공 수송 재료는 대체로 고분자/올리고머 등 분자량이 높은 재료를 사용하므로, 양자점과 블렌드할 경우 표면 모폴로지가 고르게 형성되지 못한다. 발광층의 표면 모폴로지가 고르지 못할 경우 발광층 표면에 크랙(crack), 포어(pore) 등이 다수 발생할 수 있다. 상기 크랙 및/또는 포어는 정공과 전자의 누설 경로(leakage path)로 작용하므로, 표면 모폴로지가 고르지 못할수록 누설 전류와 턴온 전압(turn-on)이 증가할 우려가 있으며, 소자 수명이 크게 저하될 우려도 있다.

[0181] 또한, 양자점과 기존의 정공 수송 재료를 블렌드한 조성물을 스핀 코팅할 경우, 조성물이 균일한 박막을 이루지 못하고 밀려나가 버려, 발광층을 형성하지 못할 우려도 있다.

[0182] 반면, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)이 소수성 리간드가 결합된 양자점(141), 및 화학식 1로 표현되는 저분자 내지 단분자 제1 정공 수송 재료를 포함한다.

[0183] 이와 같이 양자점(141)과 저분자 내지 단분자 제1 정공 수송 재료의 블렌드로 이루어진 발광층(140)은 기존 정공 수송 재료와 양자점의 블렌드로 이루어진 경우, 또는 양자점만으로 이루어진 경우 대비하여 우수한 표면 모폴로지를 가질 수 있다. 이에 따라 발광층 표면의 크랙 및/또는 포어를 최소화함으로써 누설 전류와 턴온 전압을 낮추는 한편, 소자의 수명을 크게 향상시킬 수 있다.

[0184] 아울러, 양자점(141)과 저분자 내지 단분자 제1 정공 수송 재료의 블렌드로 이루어진 발광층(140)은 스핀 코팅 등의 용액 공정을 이용하여 균일한 박막 형태로 형성하기 용이하다.

[0185] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)과 정공 수송층(130)이 비교적 서로 다른 용매 선택성을 갖도록 설계할 수 있다. 이에 따라 발광층(140) 형성 시 정공 수송층(130) 표면 손상을 최소화할 수 있는바, 누설 전류와 턴온 전압을 더욱 낮출 수 있다.

[0186] 또한, 제 1 정공 수송 재료를 발광층(140)에 포함함으로써 발광층(140)에 정공 주입이 용이해지므로 전계 발광 소자(10)의 턴-온(turn-on)이 빨라질 수 있는 것은 물론, 발광층(140)에 주입되는 전자/정공 캐리어 밸런스를 맞추기 용이하고, 발광층(140)에 적용되는 전계 전압이 낮아져 발광 효율, 최대 휘도, 및 수명이 모두 향상될 수 있다.

[0187] 또한, 정공 수송층(130)과 전자 수송층(150)의 정공/전자 수송성 정도에 따라 발광층(140) 내 제1 정공 수송 소재의 양을 조절하여 발광층(140) 내 정공/전자 캐리어 밸런스를 효과적으로 제어할 수 있다. 예를 들어, 제1 정공 수송 재료는 상기 발광층(140) 총 100 중량%에 대하여 예를 들어 2 중량% 이상, 예를 들어 5 중량% 이상, 예를 들어 10 중량% 이상 포함될 수 있고, 예를 들어 50 중량% 미만, 예를 들어 49 중량% 이하, 예를 들어 45 중량% 이하, 예를 들어 40 중량% 이하, 예를 들어 30 중량% 이하 포함될 수 있으며, 예를 들어 2 중량% 이상 50 중량% 미만, 예를 들어 5 중량% 이상 50 중량% 미만, 예를 들어 5 중량% 내지 40 중량%, 예를 들어 5 중량% 내지 30 중량%, 예를 들어 5 중량% 내지 20 중량% 포함될 수 있다.

- [0188] 제1 정공 수송 재료가 발광층(140) 내에 전술한 범위 내로 포함될 경우, 전계 발광 소자(10)의 전반적인 발광 효율 및 수명 특성을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0189] 일 구현예에 따른 발광층(140) 표면 모폴로지는 원자간력 현미경(Atomic-force microscopy, AFM)을 이용하여 확인할 수 있다. 일 구현예에서, 원자간력 현미경(Atomic-force microscopy, AFM)에 의해 측정되는 상기 발광층(140) 표면의 제곱평균 거칠기는 예를 들어 0.1 이상, 예를 들어 0.2 이상, 예를 들어 0.3 이상, 예를 들어 0.4 이상, 예를 들어 0.5 이상, 예를 들어 0.6 이상, 예를 들어 0.7 이상, 예를 들어 0.8 이상, 예를 들어 0.9 이상일 수 있고, 예를 들어 2.0 이하, 예를 들어 1.5 이하일 수 있으며, 예를 들어 0.5 내지 2.0, 예를 들어 0.8 내지 1.5일 수 있다.
- [0190] 즉, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 양자점(140) 및 제1 정공 수송 재료를 블렌드하여 발광층(140)을 제조할 경우, 발광층(140)이 상기와 같이 우수한 표면 모폴로지를 갖는다.
- [0191] 다만, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)에 있어서, 발광층(140)의 표면 모폴로지를 확인할 수 있는 방법이 전술한 측정 방법에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어 양자점과 정공 수송 재료를 포함하는 발광층에 대하여 자이그 간섭계(Zygo interferometer) 등 다른 측정 방법을 이용하여 표면 모폴로지를 측정할 수 있으며, 이 경우, 전술한 범위와 상이한 제곱평균 거칠기 범위가 도출될 수 있는 것이다. 단, 일 구현예에 따른 측정 방법을 이용하여 측정된 제곱평균 거칠기가 상기 범위를 만족한다면, 상기 발광층은 본 발명의 범위에 속하는 것이다.
- [0192] 일 구현예에서, 발광층(140)의 두께는 정공 수송층(130), 전자 수송층(150) 각각의 소재, 각각의 전자/정공 이동도, 두께 등을 고려하여 전술한 범위 내에서 다양하게 선택될 수 있지만, 예를 들어 15 nm 내지 100 nm, 예를 들어 20 nm 내지 60 nm, 예를 들어 20 nm 내지 50 nm, 예를 들어 20 nm 내지 40 nm, 예를 들어 25 nm 내지 30 nm의 평균 두께를 가질 수 있다.
- [0193] 발광층(140)의 두께가 15 nm 미만일 경우, 발광층(140)에 존재하는 보이드(void), 크랙(crack) 등이 전자/정공의 누설 경로로 작용할 가능성이 높아져 소자 특성이 크게 저하될 우려가 있고, 전계 발광 소자의 다른 구성요소와의 캐리어 밸런스를 맞추기 어려울 우려가 있다.
- [0194] 반면, 발광층(140)의 두께가 100 nm를 초과할 경우, 전자/정공 캐리어 밸런스를 맞추기 어렵고 구동에 필요한 전류 및 전압 조건이 너무 높아져 효율적인 발광이 이루어지기 어려울 우려가 있다.
- [0195] 즉, 발광층(140)의 두께 범위가 상기 범위를 벗어날 경우, 정공 대비 전자가 발광층(140)에 지나치게 빠르게, 및/또는 지나치게 많이 적게 공급될 우려가 있으며 전자가 발광층(140)과 정공 수송층(130)간 계면에서 정공과 만나 계면 발광이 진행되거나, 정공 주입층(120) 및/또는 정공 수송층(150)으로 이동하여 소광(quench)되어 버릴 우려도 있다.
- [0196] 단, 일 구현예에 따른 발광층(140)의 두께는 다른 구성요소들의 소재, 두께들과의 관계를 고려하여 다양하게 조절할 수 있다. 예컨대, 발광층(140)의 발광 효율을 고려할 때, 턴-온 전압과 발광층의 전계를 줄여 전계에 의해 유도되는 소광(field-induced quenching)을 최소화하기 위한 방안으로 발광층(140)의 두께를 약 60 nm 이하로 형성할 수도 있다.
- [0197] 이와 같이 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)에 포함된 제1 정공 수송 재료를 통해 발광층(140)의 수송 능력을 향상시키고, 소자 내 정공 수송/주입 능력을 향상시킬 수 있다. 그 결과, 소자 내 정공/전자 캐리어 밸런스를 맞추기 용이하다.
- [0198] 전자 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다.
- [0199] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)의 두께는 소자 내 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 및/또는 발광층(140)과의 전하 캐리어 밸런스를 고려하여 다양하게 변경될 수 있지만, 예를 들어 20 nm 이상, 예를 들어 30 nm 이상, 예를 들어 40 nm 이상, 예를 들어 50 nm 이상일 수 있고, 예를 들어 100 nm 이하, 예를 들어 90 nm 이하, 예를 들어 80 nm 이하, 예를 들어 70 nm 이하, 예를 들어 60 nm 이하일 수 있으며, 예를 들어 20 nm 내지 100 nm, 예를 들어 20 nm 내지 90 nm, 예를 들어 30 nm 내지 80 nm, 예를 들어 40 nm 내지 80 nm, 예를 들어 60 nm 내지 80 nm일 수 있다.
- [0200] 전자 수송층(150)의 두께가 전술한 범위를 벗어날 경우, 전자 수송층(150)에 존재하는 보이드(void), 크랙(crack) 등이 전자 수송성에 미치는 영향이 증가하여 소자 특성이 크게 저하될 우려가 있고, 전계 발광 소자의



다른 구성요소와의 캐리어 밸런스를 맞추기 어려운 우려가 있다.

- [0201] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 내부에서 전자의 소광이 발생하지 않도록 전계에 의해 발광하지 않는 비 발광성 전자수송용 물질들로 이루어져 있을 수 있다.
- [0202] 한편, 상기 전자 수송층(150)은 무기물 나노입자를 포함하거나 혹은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있다. 예를 들어, 상기 전자 수송층(150)은 무기물 나노입자, 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0203] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 무기물 나노입자(151)를 포함할 수 있다. 상기 무기물 나노입자(151)는 전자 수송층(150)에 전자 수송성을 부여하며, 발광성을 나타내지 않는다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 무기물 나노입자(151)를 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 무기물 나노입자(151)들로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 무기물 나노입자(151)들로 이루어진 집합층일 수 있다.
- [0204] 한편, 전자 수송층(150)과 제2 전극(160) 사이에는 전자의 주입을 용이하게 하는 전자 주입층, 및/또는 정공의 이동을 저지하는 정공 차단층이 더 형성되어 있을 수 있다.
- [0205] 전자 주입층, 정공 차단층 각각의 두께는 적절히 선택할 수 있다. 예컨대, 각층의 두께는 1 nm 이상 및 500 nm 이하일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 전자 주입층은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있다.
- [0206] 상기 전자 주입층은 예컨대 1,4,5,8-나프탈렌-테트라카르복실릭 디안하이드라이드(1,4,5,8-naphthalene-tetracarboxylic dianhydride, NTCDA), 바소쿠프로인(bathocuproine, BCP), 트리스[3-(3-피리딜)-메시틸]보레인(3TPYMB), LiF, Alq<sub>3</sub>, Gaq<sub>3</sub>, Inq<sub>3</sub>, Znq<sub>2</sub>, Zn(BTZ)<sub>2</sub>, BeBq<sub>2</sub>, ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 8-hydroxyquinolinato lithium (Liq), n형 금속 산화물 (예를 들어, ZnO, HfO<sub>2</sub> 등), ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), Bphen, ABH113, NET218, NET338, NDN77, NDN87, 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0207] 상기 정공 차단층(HBL)은 예컨대 1,4,5,8-나프탈렌-테트라카르복실릭 디안하이드라이드(1,4,5,8-naphthalene-tetracarboxylic dianhydride, NTCDA), 바소쿠프로인(BCP), 트리스[3-(3-피리딜)-메시틸]보레인(3TPYMB), LiF, Alq<sub>3</sub>, Gaq<sub>3</sub>, Inq<sub>3</sub>, Znq<sub>2</sub>, Zn(BTZ)<sub>2</sub>, BeBq<sub>2</sub> 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0208] 전술한 바와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)에 양자점 및 제1 정공 수송 재료를 포함하여, 발광층(140)의 정공 이동도를 향상시킬 수 있다. 또한, 발광층에 포함되는 제1 정공 수송 재료가 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비한 단분자 내지 저분자 재료인 바, 비극성 용매에 대한 용해성이 우수하고, 양자점과 제1 정공 수송 재료를 용액 공정을 이용해 형성할 경우 형성된 발광층의 표면 모폴로지가 우수하다.
- [0209] 또한, 일 구현예에 따르면 발광층(140)과 정공 수송층(130)이 전술한 바와 같이 서로 다른 용매 선택성을 가지도록 조절할 수 있다. 이에 따라 발광층(140) 형성 시 정공 수송층(130) 표면의 손상이 거의 발생하지 않으므로, 정공 수송층(130)이 우수한 정공 수송성을 유지할 수 있다.
- [0210] 아울러, 발광층(140)에 포함되는 제1 정공 수송 재료는 측쇄에 치환 또는 비치환된 C4 내지 C20의 알킬기를 구비하므로, 소수성 리간드가 부착된 양자점과 함께 지방족 비극성 용매에 잘 섞여 용해될 수 있다. 이에 따라 상기 용액을 이용하여 발광층(140)을 형성할 경우, 형성된 발광층(140)의 표면 모폴로지가 우수한 것은 물론, 제1 정공 수송 재료에 의해 우수한 정공 수송성을 가지게 된다. 그 결과, 발광층(140) 자체의 정공 수송성이 향상되는 것은 물론이고, 발광층(140)의 전도성 또한 향상되므로, 발광층(140)의 전계에 의해 유도되는 소광을 감소시킴으로써 전계 발광 소자(10)의 발광 효율, 휘도, 및 수명이 크게 증가할 수 있다.
- [0211] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.
- [0212] 일 구현예에 따른 표시 장치는 기판과, 기판 위에 형성되어 있는 구동 회로, 구동 회로 위에 소정 간격으로 각각 이격되어 배치되어 있는 제1 전계 발광 소자, 제2 전계 발광 소자 및 제3 전계 발광 소자를 포함할 수 있다.
- [0213] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이

발광하는 광의 파장이 상이하다.

- [0214] 일 구현예에서 제1 전계 발광 소자는 적색광을 발광하는 적색 소자이고, 제2 전계 발광 소자는 녹색광을 발광하는 녹색 소자이며, 제3 전계 발광 소자는 청색광을 발광하는 청색 소자일 수 있다. 즉, 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 표시 장치 내에서 각각 적색, 녹색, 청색을 표시하는 화소(pixel)일 수 있다.
- [0215] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 제1 내지 제3 전계 발광 소자가 각각 마젠타(magenta), 옐로우(yellow), 시안(cyan) 색을 표시할 수도 있고, 이외 다른 색을 표시할 수도 있다.
- [0216] 한편, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 중 어느 하나만이 전술한 전계 발광 소자(10)일 수 있다. 이 경우, 적어도 청색을 표시하는 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)인 것이 좋다.
- [0217] 한편, 일 구현예에 따른 표시 장치에서 각 화소의 발광층을 제외한 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 정공 차단층 등은 일체로서 공통층을 이루고 있을 수 있다. 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니고 표시 장치 내 각 화소별로 독립된 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 정공 차단층을 갖추고 있을 수도 있고, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 정공 차단층 중 어느 하나 이상은 공통층을, 나머지는 별개의 독립된 층을 이루고 있을 수도 있다.
- [0218] 기판은 투명한 절연 기판이며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기판은 유리, 또는 유리전이점(Tg)이 150℃ 보다 큰 필름 형태의 고분자 물질로 이루어질 수 있으며, 예컨대, COC(Cyclo Olefin Copolymer) 또는 COP(Cyclo Olefin Polymer) 계열의 소재로 이루어질 수 있다. 기판의 위에는 전술한 제1 내지 제3 전계 발광 소자가 모두 형성되어 있다. 즉, 일 구현예에 따른 표시 장치의 기판은 공통층을 이루고 있다.
- [0219] 구동 회로는 기판 위에 위치하며, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 각각과 독립적으로 연결된다. 구동 회로는 하나 하나 이상의 스캔 라인, 데이터 라인, 구동 전원 라인, 공통 전원 라인 등을 포함하는 배선, 하나의 유기 발광 소자에 대응하여 배선에 연결된 둘 이상의 박막 트랜지스터(thin film transistor, TFT)와 하나 이상의 커패시터(capacitor) 등을 포함할 수 있다. 구동 회로는 공지된 다양한 구조를 가질 수 있다.
- [0220] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 향상된 소자 효율을 나타내므로, 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.
- [0222] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.
- [0223] **제조예 1**
- [0224] 표면에 소수성 리간드로 올레산(oleic acid) 이 부착되어 있는 적색 양자점 (InP, 평균 입경: 9 nm)  $5 \times 10^{-5}$  mmol과, 화학식 D로 표현되는 화합물 (DOFL-TPD) 2.66 mmol을 옥탄(octane) 10 mL에 넣고 5 분 동안 교반하여, 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0225] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물은 5 중량% 함유되어 있다.
- [0226] **제조예 2**
- [0227] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물이 10 중량% 함유되도록 화학식 D로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0228] **제조예 3**
- [0229] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물이 15 중량% 함유되도록 화학식 D로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0230] **제조예 4**
- [0231] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물이 20 중량% 함유되도록 화학식 D로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.



- [0232] **제조예 5**
- [0233] 표면에 소수성 리간드로 올레산이 부착되어 있는 청색 양자점 (ZnSeTe, 평균 입경: 13 nm)  $3.33 \times 10^{-5}$  mmol과, 화학식 D로 표현되는 화합물 (DOFL-TPD) 2.66 mmol을 옥탄(octane) 10 mL에 넣고 5분 동안 교반하여, 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0234] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물은 15 중량% 함유되어 있다.
- [0235] **제조예 6**
- [0236] 화학식 D로 표현되는 화합물 (DOFL-TPD) 대신, 화학식 B로 표현되는 화합물 (DOFL-NPB)을 3.64 mmol을 사용하여 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 5 중량% 함유되도록 조절하는 것을 제외하고는, 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0237] **제조예 7**
- [0238] 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 10 중량% 함유되도록 화학식 B로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 6과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0239] **제조예 8**
- [0240] 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 15 중량% 함유되도록 화학식 B로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 6과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0241] **제조예 9**
- [0242] 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 20 중량% 함유되도록 화학식 B로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 6과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0243] **제조예 10**
- [0244] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물이 30 중량% 함유되도록 화학식 D로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0245] **제조예 11**
- [0246] 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 40 중량% 함유되도록 화학식 B로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 6과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0247] **비교제조예 1**
- [0248] 표면에 소수성 리간드로 올레산이 부착되어 있는 적색 양자점 (InP, 평균 입경: 9 nm)  $5 \times 10^{-5}$  mmol을 옥탄 (Octane) 10 mL에 넣고 5 분 동안 교반하여, 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0249] **비교제조예 2**
- [0250] 표면에 소수성 리간드로 올레산이 부착되어 있는 청색 양자점 (ZnSeTe, 평균 입경: 13 nm)  $3.33 \times 10^{-5}$  mmol을 옥탄(Octane) 10 mL에 넣고 5 분 동안 교반하여, 발광층 형성용 조성물을 제조한다.
- [0251] **비교제조예 3**
- [0252] 양자점과 화학식 B로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 B로 표현되는 화합물이 50 중량% 함유되도록 화학식 B로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 6과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.

[0253] **비교제조예 4**

[0254] 양자점과 화학식 D로 표현되는 화합물의 총 중량을 기준으로 화학식 D로 표현되는 화합물이 50 중량% 함유되도록 화학식 D로 표현되는 화합물의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 제조예 1과 동일한 방법으로 발광층 형성용 조성물을 제조한다.

[0255] **평가 1: 발광층의 표면 모폴로지**

[0256] 제조예 3, 5 및 비교제조예 1, 2에 따른 발광층 형성용 조성물을 유리 기판 위에 스핀 코팅하고, 80 °C 에서 30 분 열처리하여, 평균 두께 약 25 nm 의 발광층 박막을 형성한다.

[0257] 이후, 형성된 발광층 박막에 대하여 원자간력 현미경(Atomic-force microscopy, AFM)을 이용하여 각 발광층 박막의 표면 모폴로지를 측정한다. 도 2 내지 도 5에 나타낸다.

[0258] 도 2 내지 도 5는 발광층 박막의 표면 모폴로지를 측정한 원자간력 현미경 (Atomic-force microscopy, AFM) 이 이미지로, 각각 비교제조예 1 (도 2), 제조예 3 (도 3), 비교제조예 2 (도 4), 제조예 5 (도 5)의 경우이다.

[0259] 도 2 내지 도 5에서 각 이미지의 가로변 길이는 각각 5  $\mu\text{m}$  에 해당하는 축척을 가지며, 각 이미지에서 색상이 밝을수록 비교적 상부에, 어두울수록 비교적 하부에 위치하는 것이다.

[0260] 도 2 내지 도 5를 참조하면, 동종 양자점을 기준으로 발광층 박막에 정공 수송 재료가 블렌드 되어 있는 제조예 3과 5의 경우가, 정공 수송 재료가 함유되지 않은 비교제조예 1, 2 대비 낮은 제곱평균 제차(RMS)를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0261] 도 2 내지 도 5의 결과로부터, 양자점과 일 구현예에 따른 정공 수송 재료를 블렌드하여 발광층을 제조할 경우, 양자점만 함유된 발광층 대비 우수한 표면 모폴로지를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0262] **평가 2: HOD 소자의 정공 수송성 평가**

[0263] 제조예 2 내지 3, 6 내지 8 및 비교제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물을 이용하여 HOD (Hole Only Device) 소자를 제작한다. HOD는 패터닝된 ITO 전극위에 PEDOT이 물에 용해된 정공 주입층 형성 용액과 TFB가 톨루엔에 용해된 정공 수송층 형성 용액을 각각 스핀 코팅하여 정공 주입층과 정공 수송층을 순차적으로 형성한 후, 전술한 발광층 형성용 조성물을 도포 및 건조하여 발광층을 형성하고, 형성된 발광층 위에 발광층을 통과한 정공을 차단(block)할 수 있는 소재를 증착하며, 최종적으로 Al 전극을 증착하여 형성할 수 있다. 상기 제작된 HOD는 소자 내에서 정공 수송성만 효과적으로 감지할 수 있다.

[0264] 이후, HOD 소자에 5 V 와 8 V 의 전압을 인가한 다음, 각 발광층에서 측정되는 전류 밀도를 하기 표 1로 나타낸다.

**표 1**

[0265]

	제조예 2	제조예 3	제조예 6	제조예 7	제조예 8	비교제조예 1
5 V 인가 시	0.08 mA/cm <sup>2</sup>	0.67 mA/cm <sup>2</sup>	0.06 mA/cm <sup>2</sup>	0.47 mA/cm <sup>2</sup>	0.77 mA/cm <sup>2</sup>	0.01 mA/cm <sup>2</sup>
8 V 인가 시	2.32 mA/cm <sup>2</sup>	10.1 mA/cm <sup>2</sup>	3.50 mA/cm <sup>2</sup>	9.63 mA/cm <sup>2</sup>	15.96 mA/cm <sup>2</sup>	0.025 mA/cm <sup>2</sup>

[0266] 표 1을 참조하면, 제조예들에 따른 HOD 소자는 비교제조예 1에 따른 HOD 소자 대비 우수한 전류 밀도를 나타낼 수 확인할 수 있다.

[0267] 한편, 동종의 정공 수송 재료 기준으로 볼 때 (제조예 2와 3의 비교, 및 제조예 6 내지 8의 비교), 정공 수송 재료의 함량이 증가함에 따라 전류 밀도 또한 증가함을 확인할 수 있다.

[0268] 한편, 사용된 정공 수송 재료가 상이할 경우 (제조예 2 내지 3과 제조예 6 내지 8의 비교), 전류 밀도가 상이해 짐을 확인할 수 있다.

[0269] 표 1의 결과로부터, 제조예들에 따른 HOD 소자는 양자점과 정공 수송 재료를 블렌드한 발광층을 통해 정공 수송성을 크게 개선할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0270] **평가 3: 제1 정공 수송층의 함량에 따른 발광층의 표면 특성**

- [0271] 제조예 10 내지 11 및 비교제조예 3 내지 4에 따른 발광층 형성용 조성물을 유리 기판 위에 도포 및 건조하여 발광층 박막을 형성한 다음, 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope)을 이용하여 각각의 표면을 측정하여, 도 6 내지 도 9에 나타낸다.
- [0272] 도 6 내지 도 9는 발광층 박막의 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope) 이미지로, 각각 비교제조예 3 (도 6), 비교제조예 4 (도 7), 제조예 10 (도 8), 제조예 11 (도 9)의 경우이다.
- [0273] 도 6 내지 도 9를 참조하면, 제조예 10 내지 11에 따른 발광층의 경우 비교적 고른 표면 분포를 나타내는 것을 확인할 수 있으나, 제1 정공 수송 재료를 과량 함유하게 될 경우, 비교제조예 3 내지 4에 나타난 바와 같이 표면에 상 분리 (phase separation) 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다.
- [0274] 따라서, 평가 3의 결과로부터, 실시예들에 따른 전계 발광 소자는 발광층 내 제1 정공 수송 재료를 전술한 함량 범위로 함유함으로써 발광층 표면의 상 분리 현상을 방지하고 우수한 표면 조도를 확보할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0275] **실시예 1**
- [0276] 제1 전극(애노드)인 ITO가 증착된 유리기판에 UV-오존으로 표면 처리를 15분간 수행한 후, PEDOT:PSS 용액(H.C. Starks)을 스핀 코팅하고 Air 분위기에서 150℃에서 10분간 열처리하고, 다시 N<sub>2</sub> 분위기에서 150℃에서 10분간 열처리하여 평균 두께 30 nm 의 정공 주입층을 형성한다.
- [0277] 이어서 정공 주입층 위에 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일-코(4,4'-(N-4-부틸페닐)디페닐아민)] (TFB)(Sumitomo)이 톨루엔에 용해된 정공 수송층 형성 용액을 스핀 코팅하고 150℃에서 30분간 열처리하여 평균 두께 25 nm 의 정공 수송층을 형성한다.
- [0278] 이어서 정공 수송층 위에 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물을 스핀 코팅 후 80℃에서 가열하여 평균 두께 25 nm 의 적색 발광층을 형성한다.
- [0279] 이어서 적색 발광층 위에 ZnO가 에탄올에 분산되어 있는 전자 수송층 형성용 용액을 스핀 코팅하고 80℃에서 30 분간 열처리하여, 평균 두께 80 nm 의 전자 수송층을 형성한다.
- [0280] 이어서 전자 수송층 위에 알루미늄(Al) 90 nm를 진공 증착하여 제2 전극을 형성함으로써 실시예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0281] **실시예 2**
- [0282] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 2에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0283] **실시예 3**
- [0284] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 3에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 3에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0285] **실시예 4**
- [0286] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 4에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 4에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0287] **실시예 5**
- [0288] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 2에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하고, 전자 수송층을 60 nm 의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 5에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0289] **실시예 6**
- [0290] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 3에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하고, 전자 수송층을 60 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 6에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0291] **실시예 7**

- [0292] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 3에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하여 발광층을 30 nm의 평균 두께로 형성하고, 전자 수송층을 60 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 7에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0293] **실시예 8**
- [0294] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 3에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하여 발광층을 30 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 8에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0295] **실시예 9**
- [0296] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 6에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 9에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0297] **실시예 10**
- [0298] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 7에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 10에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0299] **실시예 11**
- [0300] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 8에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 11에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0301] **실시예 12**
- [0302] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 9에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 11에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0303] **실시예 13**
- [0304] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 7에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하고, 전자 수송층을 60 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 13에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0305] **실시예 14**
- [0306] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 제조예 8에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하고, 전자 수송층을 60 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 14에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0307] **비교예 1**
- [0308] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 비교제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 비교예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0309] **비교예 2**
- [0310] 제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물 대신 비교제조예 1에 따른 발광층 형성용 조성물을 사용하고, 전자 수송층을 60 nm의 평균 두께로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 비교예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0311] **평가 4: 발광층 내 정공 수송 재료의 함량에 따른 전압-전류 밀도 변화**
- [0312] 실시예 1 내지 4와 비교예 1에 따른 전계 발광 소자와, 실시예 9 내지 12와 비교예 2에 따른 전계 발광 소자에 대한 전압-전류밀도 관계를 측정하여 도 10 내지 도 11에 각각 나타낸다.
- [0313] 도 10은 실시예 1 내지 4와 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도(log scale) 특성을 나타낸 그래프이고, 도 11은 실시예 9 내지 12와 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도(log scale) 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0314] 도 10과 도 11을 참조하면, 동일 발광층 및 전자 수송층 두께 조건 하에서 발광층에 함유된 정공 수송 재료의

함량이 증가함에 따라 소자의 턴온 전압이 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

[0315] 도 10과 도 11의 결과로부터, 실시예들에 따른 전계 발광 소자는 비교예들 대비 향상된 정공 수송성을 가지며, 발광층 내 정공 수송 재료 함량의 증가에 따라 점진적으로 향상되는 양상을 나타냄을 알 수 있다.

[0316] **평가 5: 전자 수송층 평균 두께와 소자 특성의 관계**

[0317] 실시예 2, 6, 11, 13 및 비교예 1, 2에 따른 전계 발광 소자에 대한 제반 소자 특성을 측정한 다음, 표 2에 정리하여 나타낸다.

**표 2**

구분	Max. EQE	EQE @ 100nt	EQE @ 500nt	EQE @ 1000nt	Max. Cd/A	V @5mA	Cd/m <sup>2</sup> @5mA	Lamda max.	FWHM	CIE x	CIE y	Max Luminance
실시예 2	3.6	2.3	3.3	3.6	4.5	2.6	175	627	37	0.6830	0.3150	17240
실시예 6	4.1	2.8	3.8	4.0	5.3	2.8	220	626	37	0.6820	0.3161	16230
실시예 11	3.5	2.6	3.3	3.5	4.3	2.7	178	627	37	0.6850	0.3140	14040
실시예 13	5.2	3.7	4.9	5.1	6.6	2.8	301	626	37	0.6820	0.3160	10780
비교예 1	3.8	2.2	3.7	3.6	4.7	3.0	182	627	37	0.6840	0.3140	6850
비교예 2	4.2	3.0	3.9	4.1	5.3	2.8	228	627	37	0.6830	0.3160	7170

[0319] 표 2를 참고하면, 우선 동일 전자 수송층 평균 두께를 기준으로 (실시예 2, 11과 비교예 1의 비교, 및 실시예 6, 13 및 비교예 2의 비교) 볼 때, 발광층에 포함되는 정공 수송 재료의 종류에 따라 구체적인 소자 특성들은 다소 차이가 있지만, 적어도 비교예들 대비 실시예들의 최대 휘도 (Max Luminance)가 현저히 우수한 것을 확인할 수 있다. 한편, 동종의 정공 수송 재료를 기준으로 (실시예 2와 6의 비교, 및 실시예 11과 13의 비교) 볼 때, 전자 수송층 평균 두께가 달라짐에 따라 외부 양자효율(External Quantum Efficiency)이나 최대 휘도 (Max Luminance) 등의 소자 특성이 달라짐을 확인할 수 있다.

[0320] 한편, 실시예 2, 5, 11, 14 및 비교예 1, 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 각각 평가하고, 이를 표 3과 도 8에 나타낸다.

[0321] 도 12는 실시예 2, 5, 11 및 14와 비교예 1 내지 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이다.

**표 3**

구분	T95 (h)	T50 (h)
실시예 2	0.09	1000 초과
실시예 5	0.09	1000 초과
실시예 11	154.91	약 700
실시예 14	34.35	1000 초과
비교예 1	0.03	4.8
비교예 2	0.03	0.9

[0323] 도 12와 표 3을 참조하면, 우선 동일 전자 수송층 두께를 기준으로 (실시예 2, 11과 비교예 1의 비교, 및 실시예 5, 14 및 비교예 2의 비교) 볼 때, 실시예들에 따른 전계 발광 소자는 비교예들 대비 T50과 T95가 모두 우수한 것을 확인할 수 있다. 한편, 동종의 정공 수송 재료를 기준으로 (실시예 2와 5의 비교, 및 실시예 11과 14의 비교) 볼 때, 전자 수송층 평균 두께가 달라짐에 따라 수명 특성 또한 다소 달라질 수 있음 (특히 실시예 11과 14를 참고할 경우)을 확인할 수 있다.

[0324] 따라서, 평가 5의 결과로부터, 발광층에 포함된 정공 수송 재료의 종류에 따라 최적의 전자 수송층 평균 두께가 서로 다를 수 있음을 확인할 수 있다.

평가 6: 전자 수송층 및 발광층 평균 두께와 소자 특성의 관계

실시에 3, 6, 7, 8 및 비교예 1, 2에 따른 전계 발광 소자에 대한 제반 소자 특성을 측정한 다음, 표 4에 정리하여 나타낸다.

丑 4

구분	Max. EQE	EQE @ 100nt	EQE @ 500nt	EQE @ 1000nt	Max. Cd/A	V @5mA	Cd/m <sup>2</sup> @5mA	Lamda max.	FWHM	CIE x	CIE y	Max Luminance
실시예 3	3.6	2.3	3.3	3.6	4.5	2.6	175	627	37	0.6830	0.3150	17240
실시예 6	4.1	2.8	3.8	4.0	5.3	2.8	220	626	37	0.6820	0.3161	16230
실시예 7	2.8	2.2	2.6	2.8	3.6	2.7	149	626	37	0.6820	0.3160	15510
실시예 8	2.8	2.4	2.7	2.8	3.4	2.7	156	628	38	0.6850	0.3140	19560
비교예 1	3.8	2.2	3.7	3.6	4.7	3.0	182	627	37	0.6840	0.3140	6850
비교예 2	4.2	3.0	3.9	4.1	5.3	2.8	228	627	37	0.6830	0.3160	7170

표 4를 참고하면, 동일 전자 수송층 평균 두께를 기준으로 (실시예 3, 8과 비교예 1의 비교, 및 실시예 6, 7 및 비교예 2의 비교) 볼 때, 발광층의 평균 두께에 따라 최대 휘도가 서로 상반된 양상을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉, 실시예 3과 실시예 8의 경우 발광층 평균 두께가 증가함에 따라 최대 휘도가 증가하지만, 실시예 6과 실시예 7의 경우 오히려 최대 휘도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 한편, 실시예 3, 6, 7, 8 및 비교예 1, 2에 전계 발광 소자의 수명 특성을 각각 평가하고, 이를 표 5와 도 13에 나타낸다.

도 13은 비교예 1 내지 2와 실시예 3, 6, 7 및 8에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이다.

Ⅴ 5

구분	T95 (h)	T50 (h)
실시예 3	0.09	1000 초과
실시예 6	0.09	1000 초과
실시예 7	0.07	1000 초과
실시예 8	1.02	1000 초과
비교예 1	0.03	4.8
비교예 2	0.03	0.9

도 13과 표 5를 참조하면, 우선 동일 전자 수송층 두께를 기준으로 (실시예 3, 8과 비교예 1의 비교, 및 실시예 6, 7 및 비교예 2의 비교) 볼 때, 실시예들에 따른 전계 발광 소자는 비교예들 대비 T50과 T95가 모두 우수한 것을 확인할 수 있다. 한편, 동종 정공 수송 재료 및 동일 전자 수송층 평균 두께를 기준으로 (실시예 6과 7의 비교, 및 실시예 3과 8의 비교) 볼 때, 특히 실시예 7과 8의 T95를 참조할 경우, 발광층 두께가 달라짐에 따라 수명 특성 또한 달라질 수 있음을 확인할 수 있다. 단, 실시예 3, 6, 7, 8의 수명 특성은 T50이 모두 1000 시간 초과로 우수하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

따라서, 평가 6의 결과로부터, 발광층의 평균 두께 또한 소자 특성에 영향을 미치며, 전자 수송층 평균 두께와 발광층 평균 두께를 적절히 조절하여 소자 특성을 달리 조절할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

이상에서 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구 범위에서 정의하고 있는 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

## 부호의 설명

10: 전계 발광 소자

100: 기판



110: 제1 전극

120: 정공 주입층

130: 정공 수송층

140: 발광층

141: 양자점

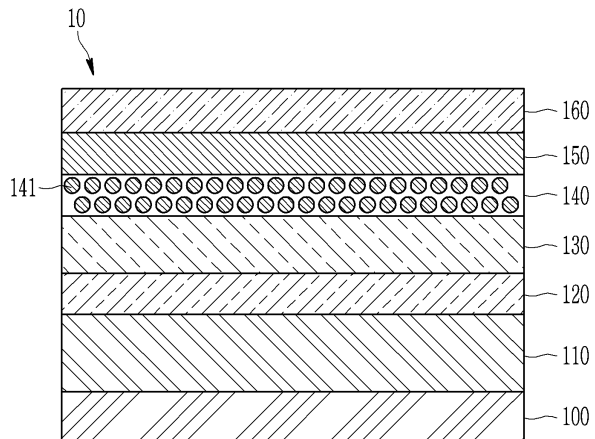
150: 전자 수송층

151: 무기물 나노입자

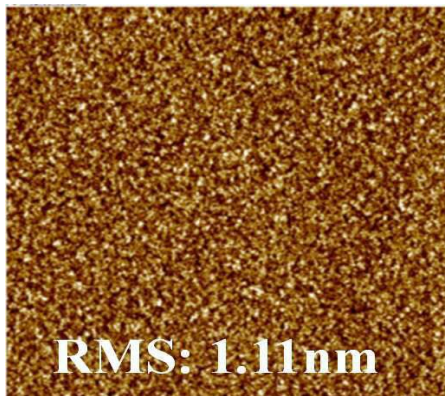
160: 제2 전극

## 도면

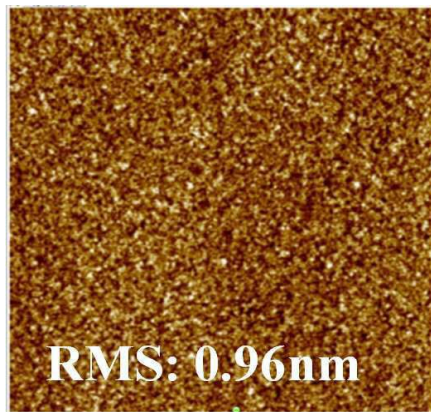
### 도면1



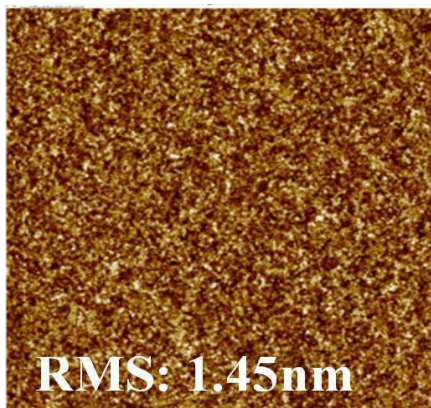
### 도면2



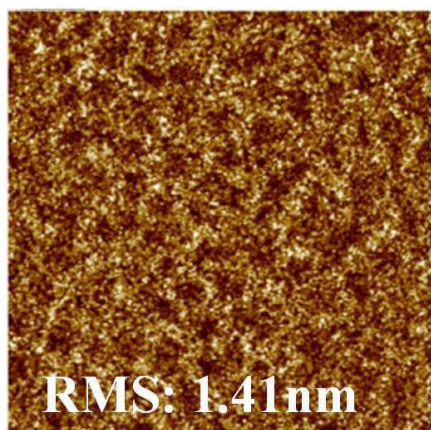
도면3



도면4

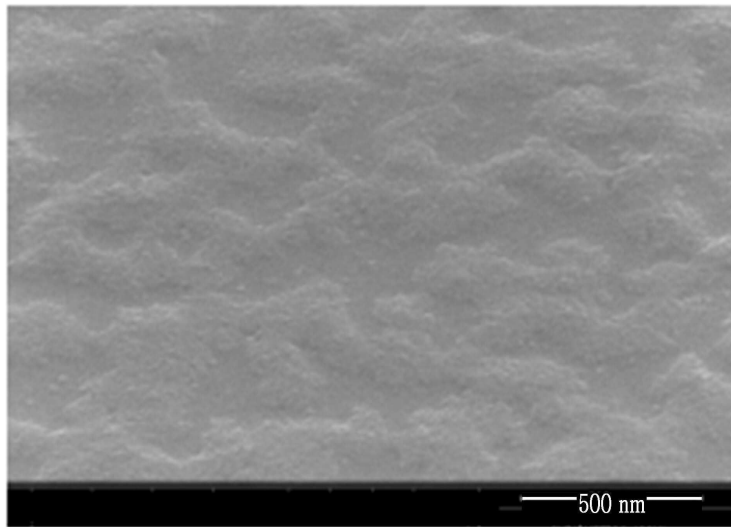


도면5

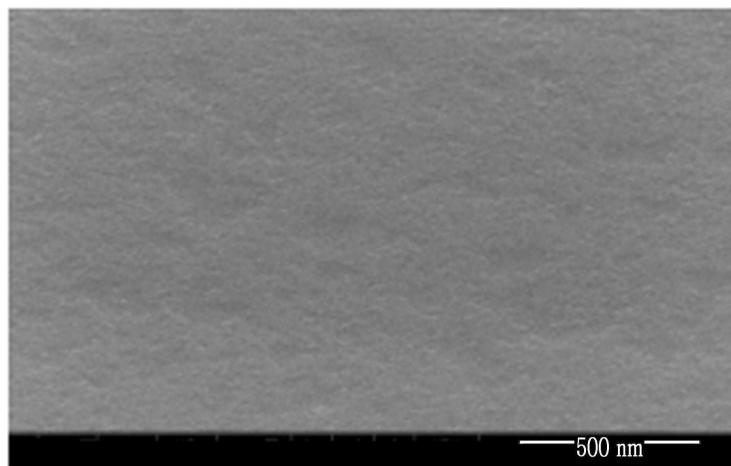




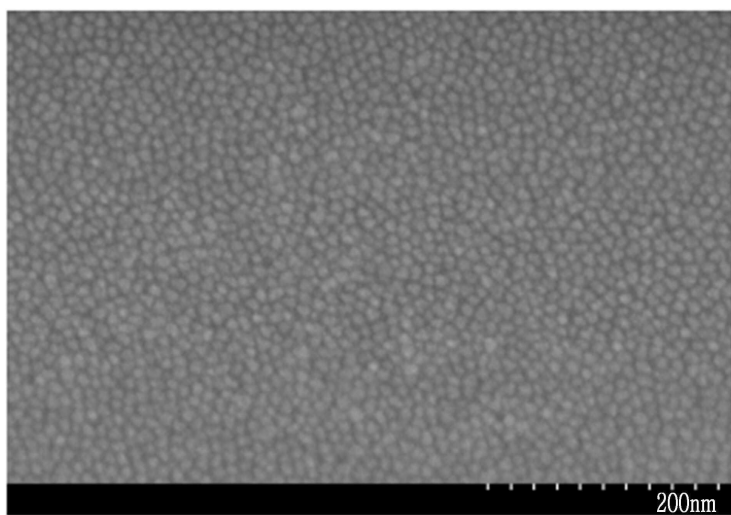
도면6



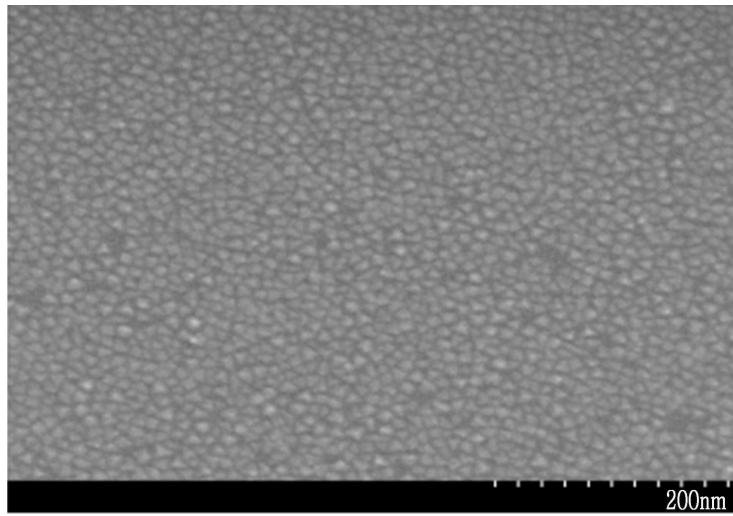
도면7



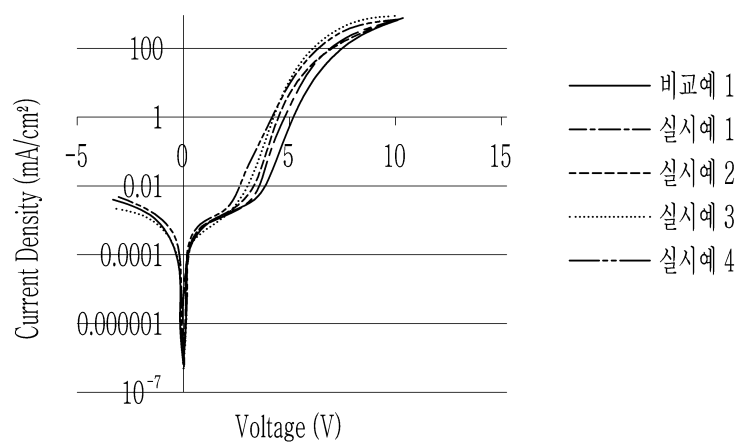
도면8



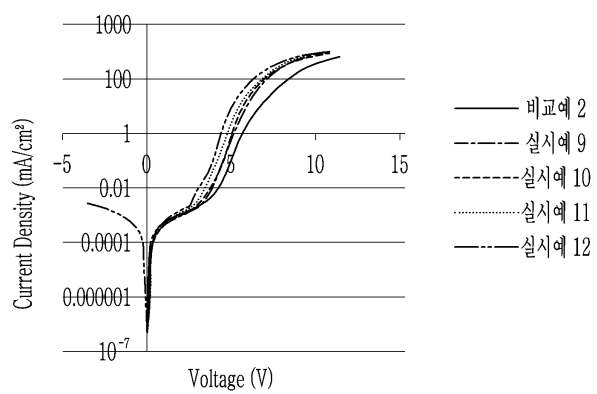
도면9



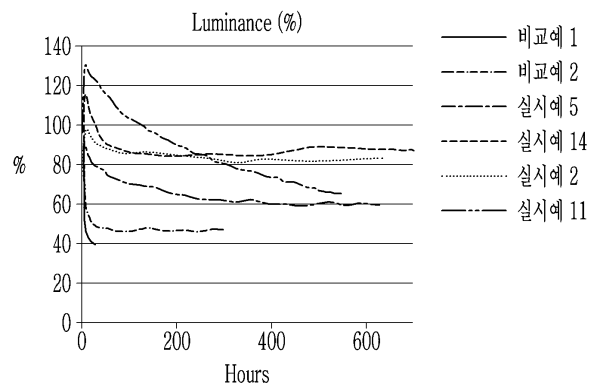
도면10



도면11



도면12



도면13

