



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0074211
(43) 공개일자 2019년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/502 (2013.01)
H01L 51/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0145252
(22) 출원일자 2018년11월22일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020170175348 2017년12월19일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
정대영
경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 19, 8203동 20
3호 (이의동, 한양수자인아파트)
한문규
경기도 수원시 영통구 에듀타운로 108, 1320호 (이
의동, 광고 경동 해피리움)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 19 항

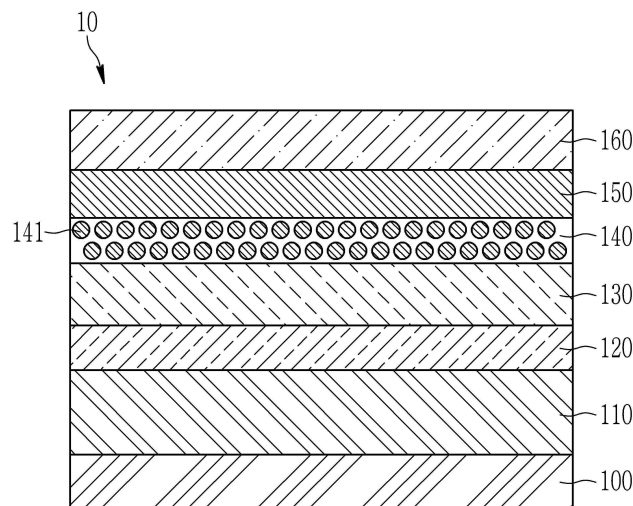
(54) 발명의 명칭 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치

(57) 요약

제1 전극과, 제1 전극 위에 위치하되, 공액 구조를 갖는 제1 유기물을 포함하는 정공 수송층과, 정공 수송층의 바로 위에 위치하되, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층과, 발광층 위에 위치하는 전자 수송층, 및 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며, 발광체 입자는 중심 입자, 및 상기 중심 입자의 표면에 결합되어 있는 친수성 리간드를 포함하고, 정공 수송층은 임의의 두 지점에서 각각 제1 두께와 제2 두께를 가지며, 제1 두께와 제2 두께는 하기 수학식 1의 관계를 만족하는 전계 발광 소자와, 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

수학식 1은 발명의 상세한 설명에 기재되어 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/0067 (2013.01)

H01L 51/0072 (2013.01)

H01L 51/5024 (2013.01)

H01L 51/5056 (2013.01)

H01L 51/5072 (2013.01)

(72) 발명자

김태형

서울특별시 서초구 바우피로 91, 106동 505호 (양재동, 우성아파트)

이상진

서울특별시 강남구 논현로 218, 1동 608호 (도곡동, 삼익아파트)

장은주

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

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 위에 위치하되, 공액 구조를 갖는 제1 유기물을 포함하는 정공 수송층;

상기 정공 수송층의 바로 위에 위치하되, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층;

상기 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며,

상기 발광체 입자는 중심 입자, 및 상기 중심 입자의 표면에 부착되어 있는 친수성 리간드를 포함하고,

상기 정공 수송층은 임의의 두 지점에서 각각 제1 두께와 제2 두께를 가지며, 상기 제1 두께와 상기 제2 두께는 하기 수학식 1을 만족하는, 전계 발광 소자.

[수학식 1]

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100 \leq A$$

상기 수학식 1에서 t_1 은 상기 제1 두께이고, t_2 는 상기 제2 두께이며, $t_1 - t_2 \geq 0$, $t_1 > 0$, $t_2 > 0$, $0 \leq A \leq 25$ 이다.

청구항 2

제1항에서,

상기 제1 유기물의 최저 여기 삼중항 에너지 준위는 2.6 eV 내지 3.0 eV 인, 전계 발광 소자.

청구항 3

상기 제1 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물인, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

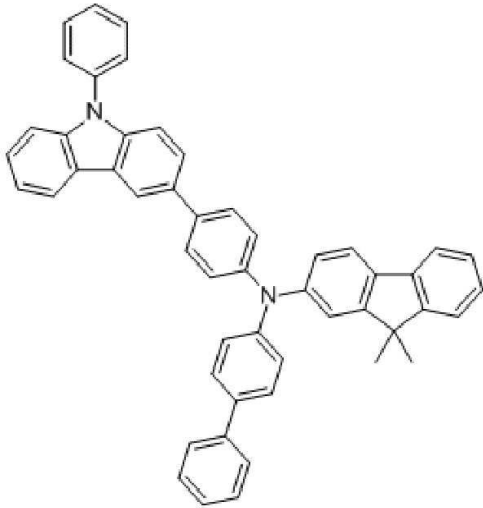
상기 제1 유기물은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 5

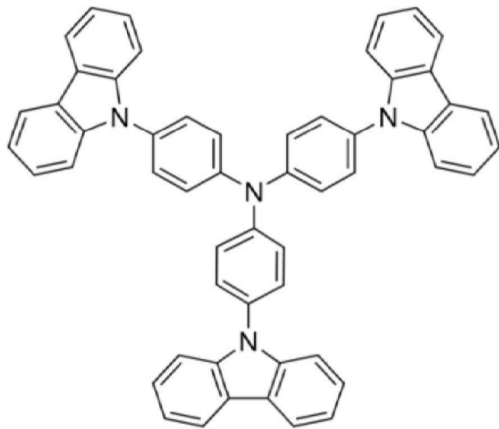
제1항에서,

상기 제1 유기물은 하기 화학식 1 내지 화학식 2 로 나타내어지는 화합물 및 바이카바졸(bicarbazole)계 화합물 중 어느 하나를 포함하는, 전계 발광 소자.

[화학식 1]



[화학식 2]



청구항 6

제1항에서,

상기 정공 수송층은 서로 다른 2종 이상의 제1 유기물들로 이루어진 것인, 전계 발광 소자.

청구항 7

제6항에서,

상기 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들은 혼합되어 하나의 층을 이루고 있는, 전계 발광 소자.

청구항 8

제6항에서,

상기 정공 수송층은 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들로 이루어지고,

상기 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들은 각각 별개의 층을 이루고 있는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제1항에서,

상기 정공 수송층은 20 nm 내지 200 nm 의 평균 두께를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 10

제1항에서,

상기 친수성 리간드는 양 말단이 각각 티올기와 히드록시기로 치환된 C2 내지 C20 직쇄 또는 분지쇄 알킬기를 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제1항에서,

상기 중심 입자는 양자점을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 12

제11항에서,

상기 양자점은 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 13

제11항에서,

상기 양자점은 코어-셸 구조를 가지고, 상기 친수성 리간드는 상기 셸의 표면에 부착되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1항에서,

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

청구항 15

제14항에서,

상기 정공 주입층은 공액 구조를 갖는 제2 유기물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 16

제15항에서,

상기 제2 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물, 공액 구조를 갖는 전도성 저분자 유기 나노 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 17

제15항에서,

상기 제2 유기물은 퀴놀린계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 18

제15항에서,

상기 정공 주입층은 상기 제2 유기물로 이루어지고,

상기 제2 유기물은 p타입 도펀트로 도핑되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 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 위해 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] 구동 전압과 누설 전류를 낮추고 여기자를 발광층에 효과적으로 구속시킬 수 있는 전계 발광 소자와 이를 포함하는 표시 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 제1 전극; 상기 제1 전극 위에 위치하되, 공액 구조를 갖는 제1 유기물을 포함하는 정공 수송층; 상기 정공 수송층의 바로 위에 위치하되, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층; 상기 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며, 상기 발광체 입자는 중심 입자, 및 상기 중심 입자의 표면에 부착되어 있는 친수성 리간드를 포함하고, 상기 정공 수송층은 임의의 두 지점에서 각각 제1 두께와 제2 두께를 가지며, 상기 제1 두께와 상기 제2 두께는 하기 수학적 식 1을 만족하는, 전계 발광 소자가 제공된다.

[0007] [수학적 식 1]

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100 \leq A$$

[0008] 상기 수학적 식 1에서 t_1 은 상기 제1 두께이고, t_2 는 상기 제2 두께이며, $t_1 - t_2 \geq 0$, $t_1 > 0$, $t_2 > 0$, $0 \leq A \leq 25$ 이다.

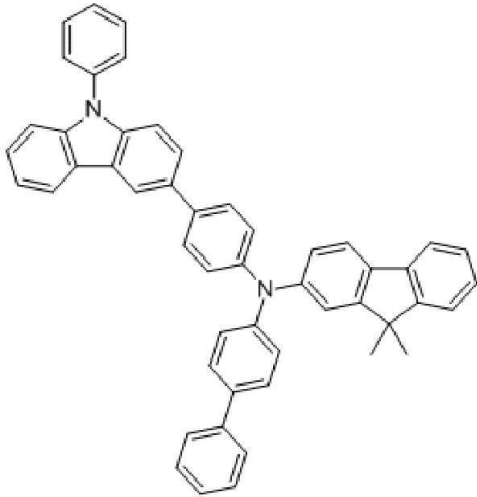
[0010] 상기 제1 유기물의 최저 여기 삼중항 에너지 준위는 2.6 eV 내지 3.0 eV 일 수 있다.

[0011] 상기 제1 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물일 수 있다.

[0012] 상기 제1 유기물은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

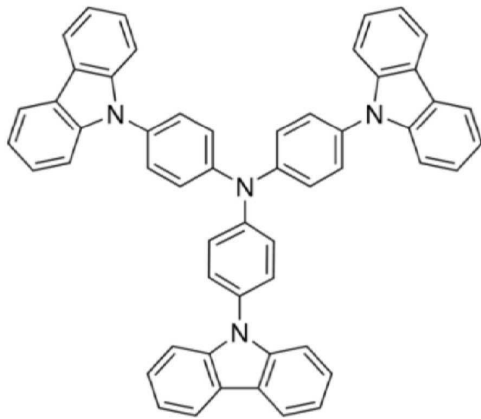
[0013] 상기 제1 유기물은 하기 화학식 1 내지 화학식 2 로 나타내어지는 화합물 및 바이카바졸(bicarbazole)계 화합물 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0014] [화학식 1]



[0015]

[0016] [화학식 2]



[0017]

[0018] 상기 정공 수송층은 서로 다른 2종 이상의 제1 유기물들로 이루어진 것일 수 있다.

[0019] 상기 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들은 혼합되어 하나의 층을 이루고 있을 수 있다.

[0020] 상기 정공 수송층은 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들로 이루어지고, 상기 서로 다른 2종 이상의 상기 제1 유기물들은 각각 별개의 층을 이루고 있을 수 있다.

[0021] 상기 정공 수송층은 20 nm 내지 200 nm 의 평균 두께를 가질 수 있다.

[0022] 상기 친수성 리간드는 양 말단이 각각 티올기와 히드록시기로 치환된 C2 내지 C20 직쇄 또는 분지쇄 알킬기를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 중심 입자는 양자점을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 양자점은 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.

[0025] 상기 양자점은 코어-셸 구조를 가지고, 상기 친수성 리간드는 상기 셸의 표면에 부착되어 있을 수 있다.

[0026] 상기 제1 전극과 상기 정공 수송층 사이에 위치하는 정공 주입층을 더 포함할 수 있다.

[0027] 상기 정공 주입층은 공액 구조를 갖는 제2 유기물을 포함할 수 있다.

[0028] 상기 제2 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물, 공액 구조를 갖는 전도성 저분자 유기 나노 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0029] 상기 제2 유기물은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합

물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

- [0030] 상기 정공 주입층은 상기 제2 유기물로 이루어지고, 상기 제2 유기물은 p타입 도펀트로 도핑되어 있을 수 있다.
- [0031] 한편, 다른 구현예에 따르면 전술한 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

- [0032] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자는 구동 전압과 누설 전류를 낮추고 여기자를 발광층에 효과적으로 구속시킬 수 있으며, 이에 따라 발광 효율을 개선시킬 수 있다.
- [0033] 또한, 일 구현예에 따라 발광 효율이 개선된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,
 도 2는 정공 수송층 재료로 일반적으로 사용되는 유기물(TFB)과 각 양자점(Red QD, Green QD, Blue QD)의 일중향-삼중향 에너지를 비교한 그래프이고,
 도 3은 일 구현예에 따른 제1 유기물과 각 양자점의 일중향-삼중향 에너지를 비교한 그래프이고,
 도 4는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 그래프를 나타낸 것이고,
 도 5는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율 그래프를 나타낸 것이고,
 도 6은 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 파장-정규화된 강도 그래프를 나타낸 것이고,
 도 7은 실시예 7과 비교예 6에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 그래프를 나타낸 것이고,
 도 8은 실시예 7과 비교예 6에 따른 전계 발광 소자의 파장-정규화된 강도 그래프를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 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.
- [0036] 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.
- [0037] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.
- [0038] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0039] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속"의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.
- [0040] "III족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0041] "IV족"은 IVA족 및 IVB 족을 포함할 수 있으며, IV족 금속의 예들은 Si, Ge, Sn을 포함할 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에서, "금속"이라는 용어는 Si와 같은 준금속도 포함한다.
- [0042] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Ru, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0043] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0044] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0045] 우선, 도 1을 참조하여 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 개략적인 구성을 설명한다.
- [0046] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

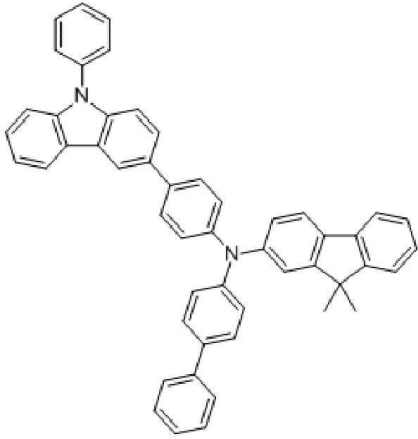
- [0047] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(160), 및 그 사이에 배치되어 있는 정공 수송층(130), 발광층(140) 및 전자 수송층(150)을 포함한다. 정공 수송층(130)은 제1 전극(110) 위에 위치하고, 발광층(140)은 정공 수송층(130)의 바로 위에 위치하되, 2 이상의 발광체 입자(141)를 포함하며, 전자 수송층(150)은 발광층(140) 위에 위치한다.
- [0048] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 제2 전극(160)을 통해 발광체 입자(141) 포함 발광층(140)으로 전류를 공급하여 발광체 입자(141)를 전계 발광시킴으로써 광을 발생시킬 수 있다. 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)이 갖는 발광체 입자(141)의 재료, 크기, 세부 구조 등에 따라 다양한 파장 영역을 갖는 광을 발생시킬 수 있다.
- [0049] 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.
- [0050] 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.
- [0051] 한편, 일 구현예에서 제1 전극(110)은 도 1에 도시된 것과 같이 기관(100)의 위에 배치되어 있을 수 있다. 기관(100)은 투명한 절연 기재일 수 있으며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기관(100)은 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.
- [0052] 일 구현예에서 기관(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160)에 의해 샌드위치되어 있는 전계 발광 소자(10)를 지지하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 제1 전극(110)이 반드시 기관(100) 위에 배치되는 것은 아니며, 제2 전극(160)의 위에 배치되거나, 경우에 따라서는 생략될 수도 있다.
- [0053] 제2 전극(160)은 광학적으로 투명한 물질로서, 후술할 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.
- [0054] 한편, 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 각각은 기관(100) 또는 유기층 위에 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 전극 형성용 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0055] 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자(141)들을 포함할 수 있다. 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자(141)들이 분산되어 있는 수지를 후술할 정공 수송층(130) 위에 도포 후, 경화함으로써 형성할 수 있다.
- [0056] 발광층(140)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160)으로부터 공급된 전류에 의해 전달된 전자와 정공이 결합되는 장소로, 상기 전자와 정공은 발광층(140)에서 결합하여 엑시톤(exciton)을 생성하고, 생성된 엑시톤은 여기 상태에서 기저 상태로 전이하면서 상기 발광체 입자(141)의 크기에 대응하는 파장의 빛을 발생시킬 수 있다.
- [0057] 일 구현예에서, 발광체 입자(141)는 중심 입자와, 중심 입자의 표면에 부착되어 있는 친수성 리간드를 포함할 수 있다.
- [0058] 일 구현예에서, 중심 입자는 양자점을 포함할 수 있다.
- [0059] 양자점은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 에너지 밴드갭(energy band gap)을 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방출할 수 있다. 즉, 발광층(140)이 발광체 입자(141)로 양자점을 포함하는 경우, 발광층(140)은 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.
- [0060] 일 구현예에서, 양자점의 소재는 특별히 제한되지 않으며, 공지되었거나 상업적으로 입수 가능한 양자점을 사용할 수 있다. 예를 들어 양자점은, 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 양자점은 비 카드뮴계 양자점일 수 있다. 이와 같이 양자점이 비 카드뮴계 소재로 이루어질 경우, 기존 카드뮴계 양자점 대비 독성이 없어 인체에 무해하고 환경 친화적

이다.

- [0061] 상기 II-VI족 화합물은 ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe, MgSe, MgS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; ZnSeS, ZnTe, ZnTeSe, 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.
- [0062] 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).
- [0063] 상기 IV-VI족 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 있다. 상기 I족-III-VI족 화합물의 예는, CuInSe₂, CuInS₂, 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.
- [0064] 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.
- [0065] 일 구현예에 따르면, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 다른 반도체 나노결정 셸로 이루어진 코어-셸 구조를 가질 수도 있다. 코어와 셸의 계면은 셸에 존재하는 원소의 농도가 중심으로부터 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.
- [0066] 일 구현예에 따른 양자점이 코어-셸 구조를 가질 경우, 코어보다 셸을 구성하는 물질 조성이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니다. 한편, 다층의 셸을 구성하는 경우도 코어에 가까운 셸보다 코어의 바깥 쪽에 있는 셸이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.
- [0067] 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.
- [0068] 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.
- [0069] 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.
- [0070] 또한, 상기 양자점의 형태는 해당 기술분야에서 일반적으로 사용하는 형태의 것으로 특별히 한정되지 않는다. 예컨대, 상기 양자점은 구형, 타원형, 정육면체형, 사면체형, 피라미드형, 육팔면체형, 실린더형, 다면체형, 피라미드형, 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.
- [0071] 또한, 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 성장시킬 수 있다.

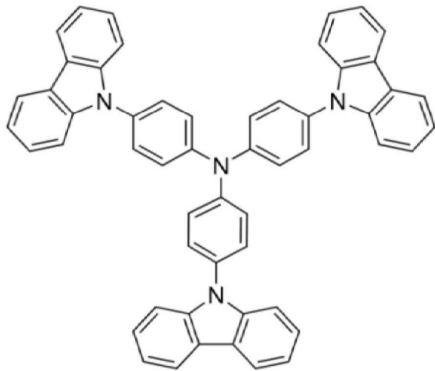
- [0072] 한편, 전구체 물질들과 함께 친수성 리간드 부착용 계면활성제를 투입하거나 형성 완료된 양자점과 유기 용매의 혼합액에 친수성 리간드 부착용 계면활성제를 투입할 수 있다.
- [0073] 일 구현예에 따른 친수성 리간드는 양자점의 표면에 배워되어 있을 수 있다. 양자점이 코어-셸 구조를 가지는 경우, 친수성 리간드는 셸의 외부로 노출된 표면에 배워되어 있을 수 있다.
- [0074] 한편, 양자점의 표면에는 친수성 리간드 외 유기 용매 등이 더 배워되어있을수도 있다. 이처럼 양자점의 표면에 배워된 유기 용매는 소자 내에서 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 나노 결정의 표면에 배워되지 않은 여분의 유기물은 과량의 비용매(non-solvent)에 붓고, 얻어진 혼합물을 원심 분리하는 과정을 거쳐 제거할 수 있다. 비용매는 상업적으로 입수 가능한 다양한 물질들을 사용할 수 있다. 여분의 유기 용매를 제거한 후 양자점의 표면에 배워된 물질의 양은 양자점 무게의 50 중량% 이하, 예컨대, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하, 또는 10 중량% 이하일 수 있다. 양자점 표면에 배워된 물질은 적어도 친수성 리간드를 포함하되, 미량의 잔여 유기 용매가 더 포함되어 있을 수도 있다.
- [0075] 친수성 리간드는 친수성 잔기를 가지는 유기 리간드일 수 있다. 일 구현예에서, 상기 친수성 잔기를 가지는 유기 리간드로는 양 말단이 각각 친수성기로 치환된 C2 내지 C20 직쇄 또는 분지쇄 알킬기, 양 말단이 각각 친수성기로 치환된 C2 내지 C20 직쇄 또는 분지쇄 알케닐기, 2 이상의 탄소가 친수성기로 치환된 C2 내지 C20 직쇄 또는 분지쇄 지환족기일 수 있다. 한편, 일 구현예에서 친수성기는 티올기(-SH), 히드록시기(-OH), 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0076] 한편, 일 구현예에서는 발광층 형성을 위한 조성물로 표면에 친수성 리간드가 부착되어 있는 양자점과 유기 용매를 사용하게 되며, 친수성 리간드에 의해 친수성을 띄게되는 양자점을 잘 분산시킬 수 있도록 친수성을 갖는 유기 용매를 사용한다. 일 구현예에 따른 친수성 유기 용매는 상업적으로 입수 가능한 다양한 친수성을 갖는 모든 유기 용매를 포함한다. 단, 친수성 유기 용매는 정공 수송층(130)으로 사용되는 재료와의 관계를 고려하여 선택될 수 있다. 이는 친수성 유기 용매가 발광층 형성 용액 공정 중 후술할 정공 수송층(130)과 반응하여 발광층(140)과 접하는 정공 수송층(130) 상부면을 손상시키는 것을 최소화하기 위함이다.
- [0077] 정공 수송층(130)은 제1 전극(110)과 발광층(140)의 사이에 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.
- [0078] 일 구현예에서 정공 수송층(130)은 공액 구조를 갖는 제1 유기물을 포함할 수 있다. 제1 유기물은 전술한 발광층(140) 형성을 위한 친수성 유기 용매와의 반응성이 최소화되는 재료를 주로 포함할 수 있다.
- [0079] 일 구현예에서, 제1 유기물은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0080] 한편, 정공 수송층(130)은 상기 화합물의 군으로부터 선택된 서로 다른 2종 이상의 제1 유기물들로 이루어진 것일 수 있다. 정공 수송층(130)이 서로 다른 2종 이상의 제1 유기물들로 이루어진 경우, 제1 유기물들은 블렌드(blend)되어 하나의 층을 형성하고 있을 수도 있고, 블렌드된 2 이상의 층을 이루고 있을 수도 있으며, 각각의 재료별로 구분되는 별개의 층을 이루고 있을 수도 있다.
- [0081] 한편, 제1 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물일 수 있다.
- [0082] 구체적으로 제1 유기물은, 하기 화학식 1 내지 화학식 2 로 나타내어지는 화합물 및 바이카바졸(bicarbazole)계 화합물 중 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0083] [화학식 1]



[0084]

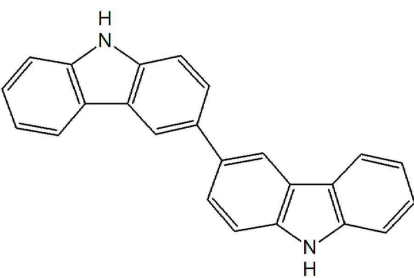
[0085] [화학식 2]



[0086]

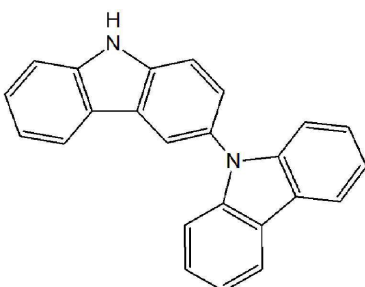
[0087] 바이카바졸계 화합물은 선택적으로 질소 또는 고리 치환된 C1 내지 C12 알킬, 치환 또는 비치환된 C6 내지 C12 아릴 (예를 들어 페닐 또는 3-시아노페닐), 또는 C7 내지 C12 아릴알킬렌 (예를 들어 벤질)일 수 있다. 바이카바졸계 화합물은, 예를 들어 하기 화학식 3 내지 화학식 9로 나타내어지는 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0088] [화학식 3]

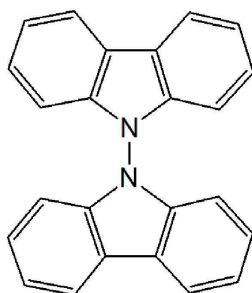


[0089]

[0090] [화학식 4]

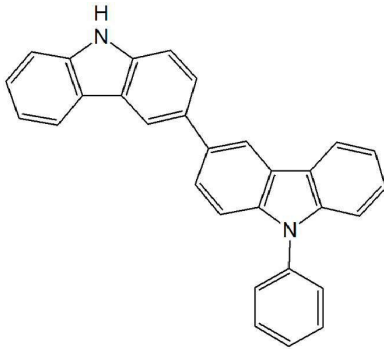


[화학식 5]

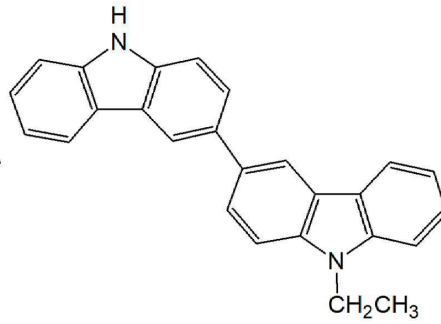


[0091]

[0092] [화학식 6]

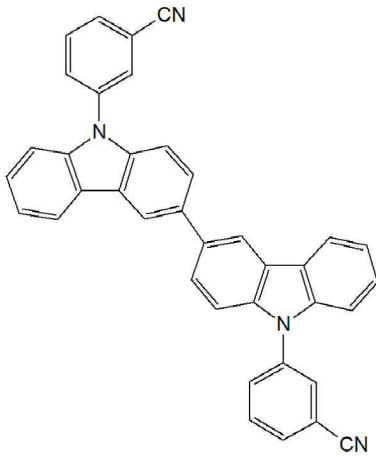


[화학식 7]



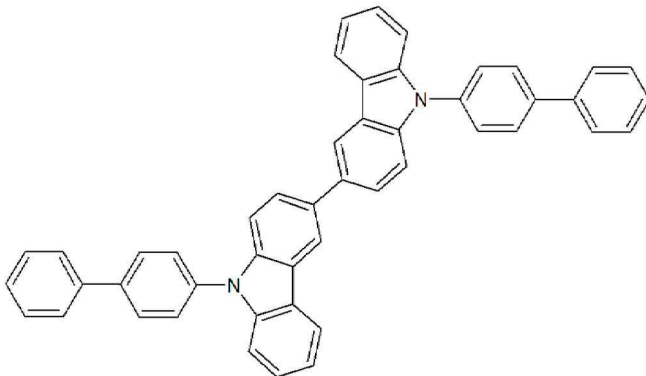
[0093]

[0094] [화학식 8]



[0095]

[0096] [화학식 9]



[0097]

[0098] 일 구현예에서는 이러한 전도성 단분자 유기 나노 화합물을 포함하는 정공 수송층(130)을 증착 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있으며, 2종 이상의 서로 다른 제1 유기물들을 블렌드 해야할 경우에는 공증착법을 이용하여 정공 수송층(130)을 형성할 수 있다. 이와 같이 증착법을 이용해 정공 수송층(130)을 형성할 경우, 정공 수송층(130)의 형성 두께가 목표 두께를 갖도록 정밀하게 제어할 수 있다.

[0099] 정공 수송층(130)의 두께는 특별히 제한되는 것은 아니지만, 전계 발광 소자(10) 내부 다른 구성요소들과의 관계를 고려하여 적절히 조절될 수 있다. 정공 수송층(130)은 예를 들어 20 nm 이상, 예를 들어 30 nm 이상, 예를 들어 40 nm 이상, 예를 들어 50 nm 이상, 예를 들어 60 nm 이상, 예를 들어 70 nm 이상, 예를 들어 80 nm 이상, 예를 들어 90 nm 이상, 예를 들어 100 nm 이상의 평균 두께를 가질 수도 있고, 예를 들어 230 nm 이하, 예를 들어 220 nm 이하, 예를 들어 210 nm 이하, 예를 들어 200 nm 이하, 예를 들어 190 nm 이하, 예를 들어 180 nm 이하, 예를 들어 170 nm 이하, 예를 들어 160 nm 이하의 평균 두께를 가질 수도 있다.

[0100] 한편, 일 구현예에 따른 정공 수송층(130)은 전술한 친수성 유기 용매와의 반응성이 최소화되고 증착법을 통해

목표 두께를 정밀하게 제어할 수 있으므로, 일정 수준의 두께 균일성을 나타낼 수 있다. 보다 상세히, 정공 수송층(130)이 임의의 두 지점에서 각각 제1 두께와 제2 두께를 가진다고 가정할 때, 상기 제1 두께와 상기 제2 두께는 하기 수학적 1을 만족할 수 있다.

[수학적 1]

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1} \times 100 \leq A$$

- [0102]
- [0103] 상기 수학적 1에서 t_1 은 상기 제1 두께이고, t_2 는 상기 제2 두께이며, $t_1 - t_2 \geq 0$, $t_1 > 0$, $t_2 > 0$, $0 \leq A \leq 25$ 이다.
- [0104] 일 구현예에서, 상기 제1 두께는 최초 정공 수송층 형성 시(발광층 형성 전)의 두께와 같거나, 이보다 작을 수 있으나, 상기 제2 두께보다는 크다.
- [0105] 일 구현예에서, 상기 제2 두께는 정공 수송층 위에 발광층을 형성한 후 측정된 최종 정공 수송층의 두께와 같거나, 이보다 클 수 있으나, 상기 제1 두께보다는 작다.
- [0106] 일 구현예에서, 제1, 제2 두께는 상기 정공 수송층 단면의 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy, SEM) 이미지를 분석하여 얻어지는 것일 수 있다. 구체적으로, 제1 두께는 최초 형성된 정공 수송층(발광층 형성 전) 단면의 SEM 이미지로부터 임의의 두께를 선택함으로써 얻어질 수 있고, 제2 두께는 최종 정공 수송층(발광층 형성 후) 단면의 SEM 이미지로부터 임의의 두께를 선택함으로써 얻어질 수 있다.
- [0107] 예를 들어, 상기 제1 두께와 제2 두께의 차이($t_1 - t_2$)는 발광층 형성에 의해 정공 수송층의 두께가 감소하는 정도를 나타내는 것일 수 있다.
- [0108] 한편, 상기 수학적 1에서, 상기 A는 제1 유기물의 종류, 친수성 유기 용매의 종류, 서로 다른 2종 이상의 제1 유기물이 블렌드 되었는지 여부 등에 따라 달라질 수 있으나, 예를 들어 $0 \leq A \leq 20$, $0 \leq A \leq 15$, $0 \leq A \leq 10$, 또는 $0 \leq A \leq 5$ 의 범위를 만족할 수 있다.
- [0109] 상기 A는 최초 정공 수송층 형성 시의 두께 대비 발광층 형성 후의 정공 수송층의 두께 감소율을 나타내는 것일 수 있다.
- [0110] 일 구현예에 따른 정공 수송층(130)이 상기 수학적 1을 만족하는 경우, 정공 수송층(130) 상부면 모폴로지(morphology)를 비교적 균일한 수준으로 제어할 수 있다. 이와 같이 정공 수송층(130)의 상부면 모폴로지를 균일한 수준으로 제어할 경우, 그렇지 못한 경우 대비 구동 전압과 누설 전류를 낮출 수 있으므로 여기자를 발광층에 효과적으로 구속시킬 수 있으며, 이에 따라 전계 발광 소자(10)의 발광 효율을 개선할 수 있다.
- [0111] 도 2는 정공 수송층 재료로 일반적으로 사용되는 유기물과 각 양자점(Red QD, Green QD, Blue QD)의 일중항-삼중항 에너지를 비교한 그래프이다. 도 2에서는 일반적인 유기물의 예시로 폴리(9,9-디옥틸플루오렌-코-N-(4-부틸페닐)디페닐아민 [Poly(9,9-dioctyl-fluorene-co-N-(4-butylphenyl)-diphenylamine), TFB]를 들었다.
- [0112] 도 2를 참고하면, 정공 수송층(130) 재료로 일반적으로 사용되는 유기물은 대략 2.5 eV 이하, 예를 들어 2.2 eV 내지 2.3 eV의 최저 여기 삼중항 에너지 준위(T1)를 갖는다. 이와 같은 일반적인 유기물은 일반적으로 약 2.0 eV 수준의 최대 여기 일중항 에너지 준위(S1)를 갖는 적색 양자점과 함께 사용할 수 있을 뿐이다. 즉, 약 2.4 eV 수준, 2.7 eV 수준의 최대 여기 일중항 에너지 준위를 갖는 녹색 양자점과 청색 양자점에 전술한 일반적인 유기물을 적용할 경우, 발광층에서 발생된 여기자가 발광층에 구속되지 않고 소광(quenching)될 우려가 있다. 따라서 녹색 소자와 청색 소자에 정공 수송층(130) 재료로 전술한 유기물을 적용할 경우 발광 효율이 크게 저하될 우려가 있다.
- [0113] 반면, 일 구현예에 따른 제1 유기물은 전술한 전도성 단분자 유기 나노 화합물을 포함하여, 전술한 일반적인 유기물과는 상이한 최저 여기 삼중항 에너지 준위(T1)를 갖는다.
- [0114] 도 3은 일 구현예에 따른 제1 유기물과 각 양자점의 일중항-삼중항 에너지를 비교한 그래프이다.
- [0115] 도 3을 참고하면, 제1 유기물은 적색 양자점, 녹색 양자점의 최대 일중항 에너지 준위보다 높은 최저 여기 삼중항 에너지 준위를 가진다. 또한 제1 유기물은 청색 양자점의 최대 일중항 에너지 준위와 거의 유사한 수준의 최저 여기 삼중항 에너지 준위를 나타내며, 심지어 청색 양자점의 최대 일중항 에너지 준위를 초과하는 최저 여기

삼중항 에너지 준위를 가질 수도 있다.

- [0116] 일 구현예에 따른 제1 유기물의 최저 여기 삼중항 에너지 준위(T1)는 예를 들어 2.6 eV 이상, 예를 들어 2.7 eV 이상, 예를 들어 2.8 eV 이상이고, 예를 들어 3.2 eV 이하, 예를 들어 3.1 eV 이하, 예를 들어 3.0 eV 이하일 수 있다.
- [0117] 이와 같이 최저 여기 삼중항 에너지 준위가 발광층(140)에 사용되는 청색 양자점의 최대 일중항 에너지 준위 수준과 비슷한 제1 유기물을 정공 수송층(130) 재료로 포함할 경우, 발광층(140)에 여기자를 효과적으로 구속할 수 있다.
- [0118] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 정공 수송층(130) 사이에 위치하는 정공 주입층(120)을 더 포함할 수 있다. 정공 주입층(120)은 정공 수송층(130)과 함께 발광층(140)으로 정공을 공급하는 역할을 수행할 수 있으며, 정공 수송층(130)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0119] 한편, 정공 주입층(120)은 공액 구조를 갖는 제2 유기물을 포함할 수 있다. 제2 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물, 공액 구조를 갖는 전도성 저분자 유기 나노 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0120] 정공 주입층(120)은 전술한 정공 수송층(130)과 동일한 증착 등의 방법을 이용하여 형성될 수 있으나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0121] 제2 유기물은 전도성 단분자 유기 나노 화합물은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 카바졸계 화합물, 방향족 아민 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0122] 제2 유기물이 전도성 단분자 유기 나노 화합물인 경우, 제2 유기물은 전술한 제1 유기물과 같을 수도 있고, 서로 다를 수도 있다.
- [0123] 한편, 일 구현예에 따른 정공 주입층(120)은 제2 유기물로 이루어지되, 제2 유기물은 p타입 도펀트로 도핑되어 있을 수 있다. p타입 도펀트는 공지된 p타입 도펀트를 비제한적으로 이용 가능하다. 이를 통해 정공 주입층(120)이 전계 발광 소자(10) 내에서 정공 공급 소스 역할을 더욱 강화할 수 있다.
- [0124] 일 구현예에서 전자 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전하를 수송하는 역할을 수행한다. 전자 수송층은 무기 산화물 나노입자를 포함하거나 혹은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있다.
- [0125] 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.
- [0126] 전자 수송층(150), 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.
- [0127] 상기 전자 주입층 및/또는 전자 수송층(150)은 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, Alq₃, Gaq₃, Inq₃, Znq₂, Zn(BTZ)₂, BeBq₂, ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 8-hydroxyquinolino lithium (Liq), n형 금속 산화물 (예를 들어, ZnO, HfO₂ 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.
- [0128] 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, Alq₃, Gaq₃, Inq₃, Znq₂, Zn(BTZ)₂, BeBq₂ 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0129] 이와 같이 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층(140)을 제외한 나머지 구성요소들을 증착 등의 방법에 의해 형성할 수 있다. 따라서 표시 장치 형성 시, 발광층(140)을 제외한 나머지 구성요소들을 공통층으로 형성하기 용이하다.
- [0130] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)에서, 전자 수송층(150) 상부면은 발광층(140) 형성용 조성물의 용액 공정

중 직접 접촉하게 되지만, 친수성 유기 용매와의 반응성이 최소화될 수 있으므로 용액 공정이 완료되더라도 전자 수송층(150) 상부면 모폴로지가 대체로 균일한 수준으로 유지될 수 있다. 따라서, 이러한 전자 수송층(150)의 상부면 모폴로지에 의해 구동 전압과 누설 전류를 낮출 수 있다.

- [0131] 또한, 상기 전자 수송층(150) 형성용 재료는 에너지 준위가 가장 높은 청색 양자점의 최대 여기 일중항 에너지 준위와 비슷한 수준의 높은 최저 여기 삼중항 에너지 준위를 가진다. 이에 따라, 여기자를 효과적으로 발광층(140)에 구속할 수 있다.
- [0132] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.
- [0133] 일 구현예에 따른 표시 장치는 기관과, 기관 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.
- [0134] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.
- [0135] 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.
- [0136] 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.
- [0137] 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.
- [0138] 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.
- [0139] 기관은 투명한 절연 기관이며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기관은 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. 기관의 위에는 전술한 제1 내지 제3 전계 발광 소자가 모두 형성되어 있다. 즉, 일 구현예에 따른 표시 장치의 기관은 공통층을 이루고 있다.
- [0140] 구동 회로는 기관 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.
- [0141] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 백라이트유닛 등의 별도 광원을 배치하지 않고도 색 순도 및 색재현율이 우수한 화상을 표시할 수 있다. 또한, 일 구현예에 따른 표시 장치는 특히 소자 내 누설 전류와 구동 전압을 낮출 수 있고 각 소자의 여기자 소광 현상을 최소화할 수 있는 바, 저전력으로도 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.
- [0143] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.
- [0144] **실시예 1**
- [0145] 유리 기관 위에 ITO층을 증착하고, 그 위에 화학식 1로 표현되는 유기물을 증착하여 정공 주입층을 형성하고, 그 위에 전술한 바이카바졸계 화합물(SDI社 제조, 화학식 9로 표현되는 화합물)을 증착하여 정공 수송층을 형성한다. 형성된 정공 수송층의 두께는 약 52 nm 이다.
- [0146] 이와 별개로, 적색 양자점(InP)과 친수성 계면활성제(머캅토 헥산올)를 혼합하여, 적색 양자점 표면에 친수성 리간드를 부착한다. 이 경우, 머캅토 헥산올에 함유된 티올기(-SH)는 적색 양자점 표면과 화학적으로 결합된다.

이후, 친수성 리간드가 부착된 적색 양자점을 이소프로필알콜(Isopropyl Alcohol, IPA)에 분산시켜 발광층 형성용 조성물을 준비한다.

[0147] 준비된 발광층 형성용 조성물을 정공 수송층 위에 도포 후 질소 분위기에서 건조하여, 정공 수송층 바로 위에 발광층을 형성한다. 발광층 형성 과정에서 이소프로필알콜에 의해 변경된 정공 수송층의 두께는 약 47.5 nm 이다.

[0148] 이후, 발광층 위에 트리아릴 트리아진계 화합물(SDI社 제조, ET204)과 리튬 퀴놀레이트(Liq)를 1:1의 중량비로 진공 조건에서 공증착을 수행하여 전자 수송층을 형성하고, 그 위에 Liq를 증착하여 전자 주입층을 형성한다. 이후, 전자 주입층 위에 Al층을 증착하여, 실시예 1에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 9/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0149] **실시예 2**

[0150] 친수성 유기 용매로 이소프로필알콜 대신 메탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 메탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 48 nm 인 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 2에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 9/Red QD/ 트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0151] **실시예 3**

[0152] 친수성 유기 용매로 이소프로필알콜 대신 에탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 에탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 45 nm 인 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 3에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/ 화학식 1/화학식 9/Red QD/ 트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0153] **실시예 4**

[0154] 정공 수송층 재료로 화학식 9로 표현되는 바이카바졸계 화합물 대신 화학식 2로 표현되는 화합물을 사용하여 약 27.8 nm 두께의 정공 수송층을 형성하고, 발광층 형성 과정에서 이소프로필알콜에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 23.6 nm 인 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 4에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 2/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0155] **실시예 5**

[0156] 친수성 유기 용매로 이소프로필알콜 대신 메탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 메탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 24.4 nm 인 것을 제외하고는 실시예 4와 동일한 과정을 거쳐, 실시예 5에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 2/Red QD/ 트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0157] **실시예 6**

[0158] 친수성 유기 용매로 이소프로필알콜 대신 에탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 메탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 21.5 nm 인 것을 제외하고는 실시예 4와 동일한 과정을 거쳐, 실시예 6에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 2/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0159] **실시예 7**

[0160] 적색 양자점 대신 청색 양자점(ZnTeSe)을 사용하여 발광층 형성용 조성물을 준비하고, 이를 이용하여 청색 양자점 발광층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 7에 따른 청색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 9/Blue QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0161] **비교예 1**

[0162] 유리 기판 위에 ITO층을 증착하고, 그 위에, TFB와 유기 용매가 혼합된 정공 보조층 조성물을 도포한다. 이후, 도포된 정공 보조층 조성물 위에 전술한 실시예 1에서 준비한 발광층 형성용 조성물을 도포한다. 이후, 도포된 정공 보조층 조성물과 발광층 형성용 조성물을 함께 질소 분위기에서 건조하여, TFB로 이루어진 정공 보조층과

적색 양자점을 포함하는 발광층을 함께 형성한다. 이후, 발광층 위에 트리아릴 트리아진계 화합물과 Liq를 1:1의 중량비로 진공 조건에서 공증착을 수행하여 전자 수송층을 형성하고, 그 위에 Liq를 증착하여 전자 주입층을 형성한다. 이후, 전자 주입층 위에 Al층을 증착하여, 비교예 1에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/TFB/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0163] **비교예 2**

[0164] 친수성 유기 용매로 이소프로필알콜 대신 부탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 부탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 31 nm 인 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예 2에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 9/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0165] **비교예 3**

[0166] 친수성 유기 용매인 이소프로필알콜 대신 부탄올을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 부탄올에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 약 14.5 nm 인 것을 제외하고는 실시예 4와 동일한 과정을 거쳐, 비교예 3에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 2/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0167] **비교예 4**

[0168] 친수성 유기 용매인 이소프로필알콜 대신 소수성 유기 용매인 시클로헥산을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 시클로헥산에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 5 nm 미만인 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예 4에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/바이카바졸계 화합물/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0169] **비교예 5**

[0170] 친수성 유기 용매인 이소프로필알콜 대신 소수성 유기 용매인 시클로헥산을 사용하고, 발광층 형성 과정에서 시클로헥산에 의해 변경된 정공 수송층의 두께가 5 nm 미만인 것을 제외하고는 실시예 4와 동일한 과정을 거쳐, 비교예 5에 따른 적색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/화학식 1/화학식 2/Red QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0171] **비교예 6**

[0172] 적색 양자점 대신 청색 양자점(ZnTeSe)을 사용하여 발광층 형성용 조성물을 준비하고, 이를 이용하여 청색 양자점 발광층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 비교예 1와 동일한 과정을 거쳐, 비교예 6에 따른 청색 양자점 발광층을 포함하는 전계 발광 소자(ITO/TFB/Blue QD/트리아릴 트리아진계 화합물:Liq(1:1)/Liq/Al)를 제조한다.

[0173] **평가 1: 제1유기층 재료 변화에 따른 소자 특성 변화**

[0174] 전술한 실시예 1, 비교예 1에서 얻어진 전계 발광 소자 각각에 대한 전압-전류밀도 관계, 휘도-외부양자효율 관계, 및 파장-정규화된 강도 관계를 각각 측정하고, 이를 각각 도 4 내지 도 6으로 나타낸다.

[0175] 도 4는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 그래프를 나타낸 것이다.

[0176] 도 4를 참고하면, 실시예 1은 5 mA에서의 전압이 3.938 V이나, 비교예 1은 동일 조건에서 5.417 V의 높은 전압을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 단분자 재료로 전하 수송층을 형성한 실시예 1의 경우가, 고분자 재료로 전하 수송층을 형성한 비교예 1 대비 수송층 내 정공 이동도가 우수하기 때문인 것으로 파악된다.

[0177] 도 5는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율 그래프를 나타낸 것이다.

[0178] 도 5를 참고하면, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 1500 nit 이하 휘도 구간에서 비교예 1과 동등한 수준의 외부양자효율을 나타냄을 확인할 수 있으며, 특히 100 nit에서 1.54 %로 가장 우수한 외부양자효율을 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

[0179] 도 6은 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 파장-정규화된 강도 그래프를 나타낸 것이다.

[0180] 도 6을 참고하면, 실시예 1과 비교예 1 모두, 중심 파장이 629 nm 내지 631 nm 를 나타내고, 반치폭이 약 40 nm 수준으로 유사한 값을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 실시예 1에 따른 방출광의 (CIE_X, CIE_Y) 값은 (0.6747, 0.3234)이고, 비교예 1에 따른 방출광은 (0.6756, 0.3200)으로 나타나는데, 도 7과 함께 참고하면 실시예 1과

비교예 1의 방출광은 동등한 색도, 강도, 및 색순도를 갖는 적색광임을 알 수 있다.

[0181] **평가 2: 정공 수송층 재료와 유기 용매 종류에 따른 정공 수송층 두께 변화**

[0182] 전술한 실시예 1 내지 실시예 6과 비교예 2 내지 비교예 6에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 사양과 최초 정공 수송층 형성 시 두께, 발광층 형성 후 정공 수송층 두께, 최초 형성시의 두께 대비 발광층 형성 후 두께 감소율을 각각 정리하여 하기 표 1에 나타낸다.

표 1

| [0183] | 정공 수송층 재료 | 유기 용매 종류 | 최초 형성 시 두께 | 발광층 형성 후 두께 | 두께 감소율 |
|--------|-----------|----------|------------|-------------|---------|
| 실시예 1 | 화학식 9 | 이소프로필알콜 | 52 nm | 47.5 nm | 9 % |
| 실시예 2 | 화학식 9 | 메탄올 | 52 nm | 48 nm | 8 % |
| 실시예 3 | 화학식 9 | 에탄올 | 52 nm | 45 nm | 13 % |
| 실시예 4 | 화학식 2 | 이소프로필알콜 | 27.8 nm | 23.6 nm | 15 % |
| 실시예 5 | 화학식 2 | 메탄올 | 27.8 nm | 24.4 nm | 12 % |
| 실시예 6 | 화학식 2 | 에탄올 | 27.8 nm | 21.5 nm | 23 % |
| 비교예 2 | 화학식 9 | 부탄올 | 52 nm | 31 nm | 40 % |
| 비교예 3 | 화학식 2 | 부탄올 | 27.8 nm | 14.5 nm | 48 % |
| 비교예 4 | 화학식 9 | 시클로헥산 | 52 nm | 5 nm 미만 | 90 % 이상 |
| 비교예 5 | 화학식 2 | 시클로헥산 | 27.8 nm | 5 nm 미만 | 90 % 이상 |

[0184] 표 1을 참고하면, 실시예 1 내지 실시예 6은 비교예들 대비 매우 낮은 두께 감소율을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0185] 한편, 실시예 1 내지 실시예 3, 또는 실시예 4 내지 실시예 6으로부터 동일한 정공 수송층 재료를 사용하더라도 친수성 유기 용매의 종류에 따라 두께 감소율이 서로 상이함을 확인할 수 있다.

[0186] 또한, 실시예 1 내지 실시예 5와 비교예 5, 비교예 6을 대비할 때, 친수성 유기 용매 대신 소수성 유기 용매를 사용할 경우 단분자 재료로 이루어진 정공 수송층이 대부분 용해되는 것을 확인할 수 있다.

[0187] **평가 3: 양자점 변화에 따른 소자 특성 변화**

[0188] 전술한 실시예 7과 비교예 6에서 얻어진 전계 발광 소자 각각에 대한 전압-전류밀도 관계, 및 파장-정규화된 강도 관계를 각각 측정하고, 이를 각각 도 7 내지 도 8로 나타낸다.

[0189] 도 7은 실시예 7과 비교예 6에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 그래프를 나타낸 것이다.

[0190] 도 7을 참고하면, 실시예 7에 따른 전계 발광 소자는 동일 구동 전압을 기준으로 본 전류밀도가 비교예 6 대비 낮게 나타난다. 즉, 실시예 7에 따른 전계 발광 소자는 비교예 6 대비 낮은 누설 전류를 나타낸다. 이는 단분자 재료로 전하 수송층을 형성한 실시예 7의 경우가, 고분자 재료로 전하 수송층을 형성한 비교예 6 대비 균일한 상부면 모폴로지를 가지고 있기 때문인 것으로 파악된다.

[0191] 도 8은 실시예 7과 비교예 6에 따른 전계 발광 소자의 파장-정규화된 강도 그래프를 나타낸 것이다.

[0192] 도 8을 참고하면, 실시예 7과 비교예 6 모두, 중심 파장이 455 nm 내지 460 nm 를 나타내고, 반치폭이 약 35 nm 수준으로 유사한 값을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 실시예 7에 따른 방출광의 (CIE_X, CIE_Y) 값은 (0.1380, 0.0944)이고, 비교예 6에 따른 방출광은 (0.1289, 0.0804)으로 나타난다.

[0193] 한편, 도 8를 참고할 때 실시예 7의 방출광이 약 400 nm 내지 약 455 nm의 파장영역에서 비교예 6 대비 개선된 색순도를 나타냄을 확인할 수 있다.

[0194] 도 8의 결과로부터, 실시예 7과 비교예 6에 따른 전계 발광 소자는 동등한 색도, 강도를 갖는 청색광을 방출할 수 있으나, 실시예 7이 비교예 6 대비 높은 색순도를 갖는 청색광을 방출할 수 있음을 알 수 있다.

[0195] 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.

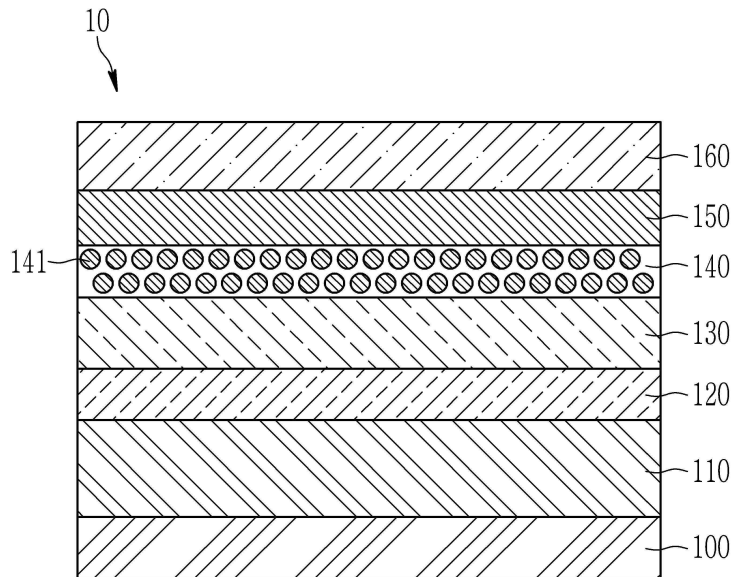
부호의 설명

[0196]

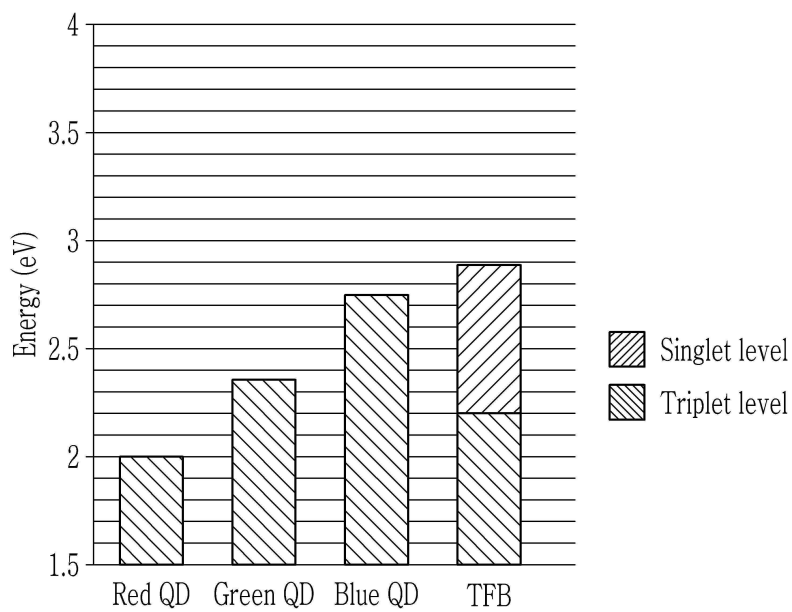
- 10: 전계 발광 소자 100: 기판
- 110: 제1 전극 120: 정공 주입층
- 130: 정공 수송층 140: 발광층
- 141: 발광체 입자 150: 전자 수송층
- 160: 제2 전극

도면

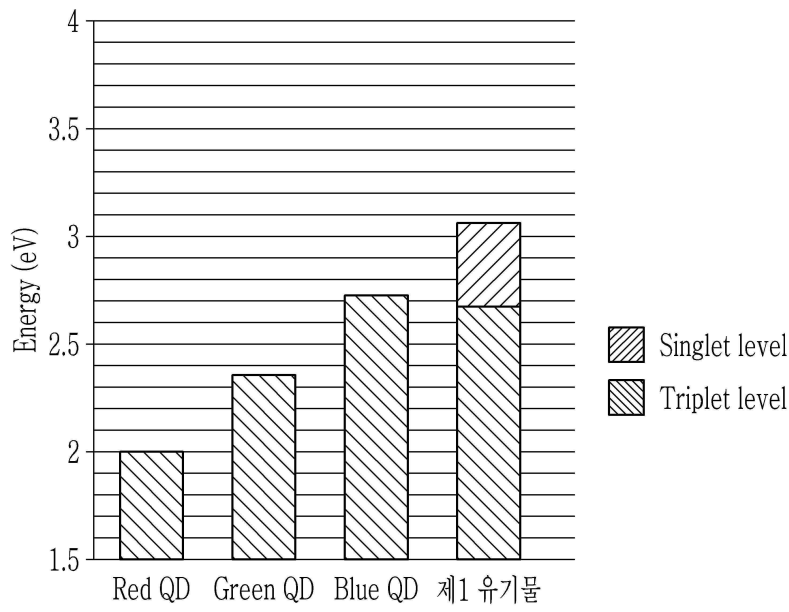
도면1



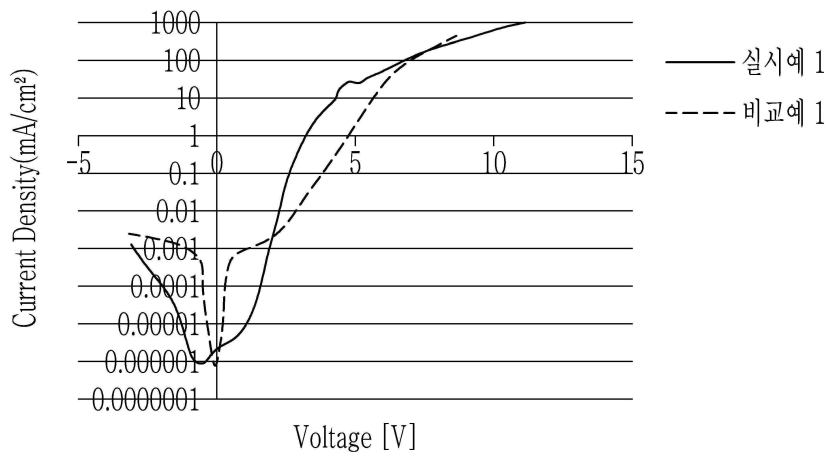
도면2



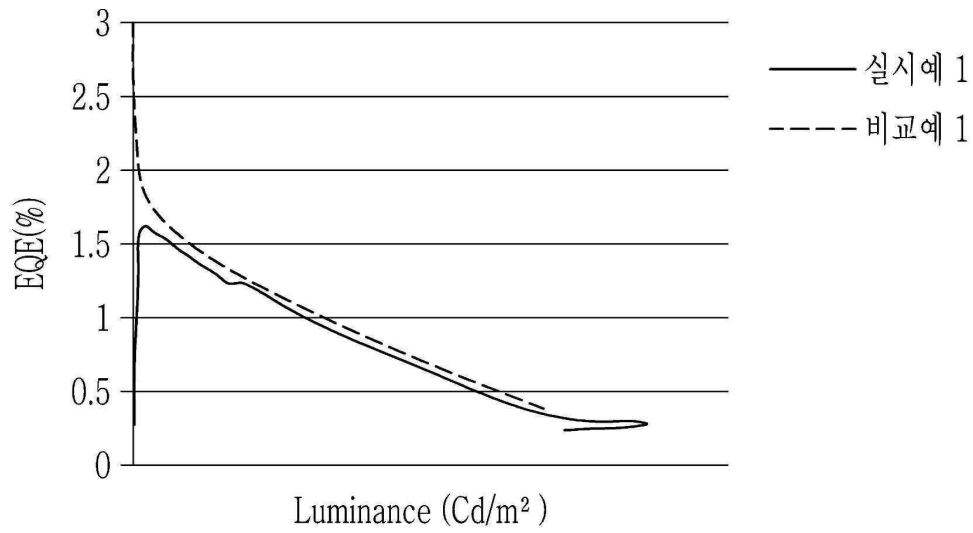
도면3



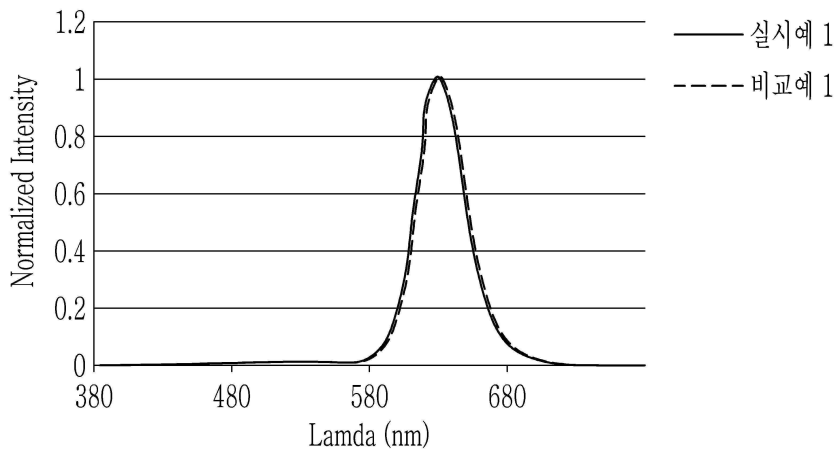
도면4



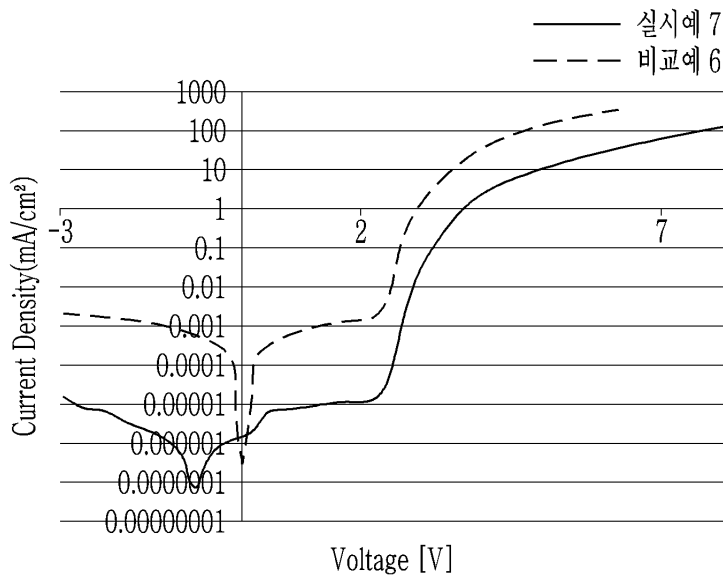
도면5



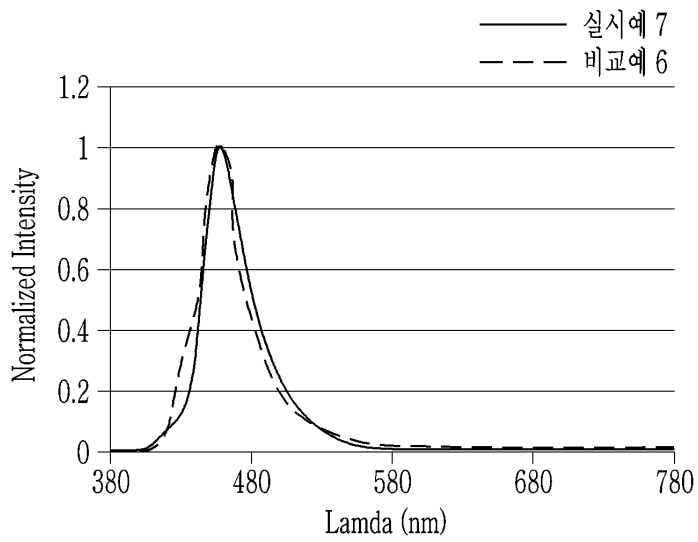
도면6



도면7



도면8



| | | | |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译) | 电致发光器件和包括其的显示器件 | | |
| 公开(公告)号 | KR1020190074211A | 公开(公告)日 | 2019-06-27 |
| 申请号 | KR1020180145252 | 申请日 | 2018-11-22 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 三星电子株式会社 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 三星电子有限公司 | | |
| [标]发明人 | 정대영 한문규 김태형 이상진 장은주 | | |
| 发明人 | 정대영 한문규 김태형 이상진 장은주 | | |
| IPC分类号 | H01L51/50 H01L51/00 | | |
| CPC分类号 | H01L51/502 H01L51/006 H01L51/0067 H01L51/0072 H01L51/5024 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L51/0032 H01L51/50 H01L51/5036 | | |
| 优先权 | 1020170175348 2017-12-19 KR | | |
| 外部链接 | Espacenet | | |

摘要(译)

空穴传输层，其包括第一电极，具有共轭结构但位于第一电极上的第一有机材料，位于空穴传输层正上方的发光层，包括两个或更多个发光粒子的发光层以及设置在发光层上的电子传输层。以及位于电子传输层上方的第二电极，其中发射极粒子包括中心粒子和结合到中心粒子表面的亲水性配体，空穴传输层在任意两个点均具有第一厚度和第二厚度。提供具有两个厚度以及满足以下等式1的关系的第一厚度和第二厚度的电致发光器件，以及包括该电致发光器件的显示器件。在本发明的详细描述中描述了等式1。

