(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0110046
(43) 공개일자 2019년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) *H01L 51/52* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5028 (2013.01)
H01L 51/504 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0030273
(22) 출원일자 2019년03월18일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020180031566 2018년03월19일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
정대영
경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 19, 8203동 203호 (이의동, 한양수자인아파트)
한문규
경기도 수원시 영통구 에듀타운로 108, 1320호 (이의동, 광교 경동 해피리움)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

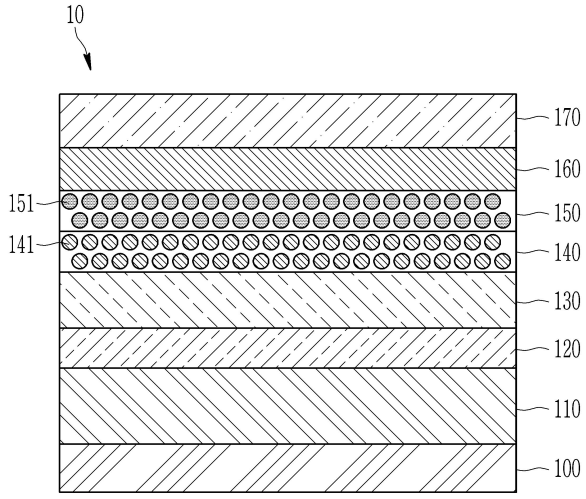
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 **전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치**

(57) 요 약

제1 전극과, 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층과, 정공 수송층의 위에 위치하며, 정공 수송성을 갖는 제1 리간드가 부착되어 있는 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층과, 제1 발광층 위에 위치하며, 전자 수송성을 갖는 제2 리간드가 부착되어 있는 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층과, 제2 발광층 위에 위치하는 전자 수송층, 및 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며, 상기 제1 리간드의 용매에 대한 용해성과 상기 제2 리간드의 상기 용매에 대한 용해성은 서로 다른 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 51/5048 (2013.01)
H01L 51/5088 (2013.01)
H01L 51/52 (2013.01)
(72) 발명자
조얼
경기도 수원시 영통구 매봉로 20, 106동 1404호 (매탄동, e-편한세상아파트)
김태형
서울특별시 서초구 바우뫼로 91, 106동 505호 (양재동, 우성아파트)
박수진
서울특별시 서초구 강남대로 305, 2406호 (서초동, 서초현대렉시온)
서홍규
경기도 과천시 별양로 12, 336동 1306호 (원문동, 래미안 슈르)
장은주
경기도 수원시 권선구 동수원로145번길 23, 409동 902호 (권선동, 수원아이파크시티아파트)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층;

상기 정공 수송층의 위에 위치하며, 정공 수송성을 갖는 제1 리간드가 부착되어 있는 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층;

상기 제1 발광층 위에 위치하며, 전자 수송성을 갖는 제2 리간드가 부착되어 있는 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층;

상기 제2 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고,

상기 제1 리간드의 용매에 대한 용해성과 상기 제2 리간드의 상기 용매에 대한 용해성은 서로 다른, 전계 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,

상기 제1 발광층의 정공 이동도는 상기 제2 발광층의 정공 이동도보다 빠른, 전계 발광 소자.

청구항 3

제1항에서,

상기 제2 발광층의 전자 이동도는 상기 제1 발광층의 전자 이동도보다 빠른, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

상기 제1 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제2 리간드는 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고,

상기 제1 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제2 리간드는 친수성 용매에 대한 용해성을 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제4항에서,

상기 친수성 용매는 메탄올, 에탄올, 이소프로필알콜, 아세톤, 부탄올, 디메틸포름아미드, 디메틸 설폭사이드, 물, 아세토니트릴, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 6

제4항에서,

상기 소수성 용매는 옥탄, 헵탄, 노난, 헥산, 자일렌, 톨루엔, 클로로벤젠, 클로로포름, 사이클로헥산, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 7

제1항에서,

상기 제1 리간드와 상기 제2 리간드는 각각 독립적으로, 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 8

제1항에서,

상기 제1 발광체 입자와 상기 제2 발광체 입자 중 적어도 하나는 코어-쉘 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제1항에서,

상기 제1, 제2 발광체 입자 각각은 Cd을 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd을 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 10

제1항에서,

상기 제1, 제2 발광층은 모두 소정의 파장영역에 속하는 제1광을 발광하는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제10항에서,

상기 제1광은 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 것인, 전계 발광 소자.

청구항 12

제1항에서,

상기 제1, 제2 발광층은 각각 10 nm 내지 100 nm 의 두께를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 13

제1항에서,

상기 제2 발광층은 상기 제1 발광층의 바로 위에 위치하는, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1 전극;

상기 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층;

상기 정공 수송층의 위에 위치하며, 정공 수송성을 갖는 제1 리간드가 부착되어 있는 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층;

상기 제1 발광층 위에 위치하며, 전자 수송성을 갖는 제2 리간드가 부착되어 있는 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층;

상기 제1 발광층과 상기 제2 발광층의 사이에 위치하며, 상기 제1 리간드 및 상기 제2 리간드 대비 낮은 전하 수송성을 갖는 제3 리간드가 부착되어 있는 제3 발광체 입자를 포함하는 제3 발광층;

상기 제2 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고,

상기 제3 리간드의 용매에 대한 용해성은 상기 제1, 제2 리간드 각각의 상기 용매에 대한 용해성과는 서로 다른, 전계 발광 소자.

청구항 15

제14항에서,

상기 제3 발광층은 상기 제1 발광층의 바로 위에 위치하고, 상기 제2 발광층은 상기 제3 발광층의 바로 위에 위치하는, 전계 발광 소자.

청구항 16

제14항에서,

상기 제3 발광층의 정공 이동도는 상기 제1 발광층의 정공 이동도보다 낮은, 전계 발광 소자.

청구항 17

제14항에서,

상기 제3 발광층의 전자 이동도는 상기 제2 발광층의 전자 이동도보다 낮은, 전계 발광 소자.

청구항 18

제14항에서,

상기 제3 리간드의 전하 이동도는 10^{-10} cm^2/Vs 내지 10^{-4} cm^2/Vs 인, 전계 발광 소자.

청구항 19

제14항에서,

상기 제3 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고,

상기 제3 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 친수성 용매에 대한 용해성을 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 20

제14항에서,

상기 제3 리간드는 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 21

제14항에서,

상기 제1, 제2, 제3 발광층은 모두 소정의 파장영역에 속하는 제1광을 발광하는, 전계 발광 소자.

청구항 22

제14항에서,

상기 제3 발광층은 0.1 nm 내지 100 nm 의 두께를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 23

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[0002] 양자점은 대략 수 내지 수십 나노미터의 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] 여기자 소광을 최소화함으로써 수명 특성과 색 순도가 동시에 우수한 전계 발광 소자와 이를 포함하는 표시 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 제1 전극; 상기 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층; 상기 정공 수송층의 위에 위치하며, 정공 수송성을 갖는 제1 리간드가 부착되어 있는 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층; 상기 제1 발광층 위에 위치하며, 전자 수송성을 갖는 제2 리간드가 부착되어 있는 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층; 상기 제2 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 리간드의 용매에 대한 용해성과 상기 제2 리간드의 상기 용매에 대한 용해성은 서로 다른 전계 발광 소자가 제공된다.

[0007] 상기 제1 발광층의 정공 이동도는 상기 제2 발광층의 정공 이동도보다 빠를 수 있다.

[0008] 상기 제2 발광층의 전자 이동도는 상기 제1 발광층의 전자 이동도보다 빠를 수 있다.

[0009] 상기 제1 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제2 리간드는 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고, 상기 제1 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제2 리간드는 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다.

[0010] 상기 친수성 용매는 메탄올, 에탄올, 이소프로필알콜, 아세톤, 부탄올, 디메틸포름아미드, 디메틸 설폭사이드, 물, 아세토니트릴, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 소수성 용매는 옥탄, 헵탄, 노난, 헥산, 자일렌, 톨루엔, 클로로벤젠, 클로로포름, 사이클로헥산, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 제1 리간드와 상기 제2 리간드는 각각 독립적으로, 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 제1, 제2 발광체 입자 중 적어도 어느 하나 이상은 각각 코어-쉘 구조를 가질 수 있다.

[0014] 상기 제1, 제2 발광체 입자 각각은 Cd을 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd을 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 제1, 제2 발광층은 모두 소정의 파장영역에 속하는 제1광을 발광할 수 있다.

[0016] 상기 제1광은 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.

[0017] 상기 제1, 제2 발광층은 각각 10 nm 내지 100 nm 의 두께를 가질 수 있다.

[0018] 상기 제2 발광층은 상기 제1 발광층의 바로 위에 위치할 수 있다.

[0019] 한편, 다른 일 구현예에 따르면, 제1 전극; 상기 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층; 상기 정공 수송층의 위에 위치하며, 정공 수송성을 갖는 제1 리간드가 부착되어 있는 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층; 상기 제1 발광층 위에 위치하며, 전자 수송성을 갖는 제2 리간드가 부착되어 있는 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층; 상기 제1 발광층과 상기 제2 발광층의 사이에 위치하며, 상기 제1 리간드 및 상기 제2 리간드 대비 낮은 전하(정공/전자) 수송성을 갖는 제3 리간드가 부착되어 있는 제3 발광체 입자를 포함하는 제3 발광층; 상기 제2 발광층 위에 위치하는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고, 상기 제3 리간드의 용매에 대한 용해성은 상기 제1, 제2 리간드 각각의 상기 용매에 대한 용해성과는 서로 다른 전계 발광 소자가 제공된다.

[0020] 상기 제3 발광층은 상기 제1 발광층의 바로 위에 위치하고, 상기 제2 발광층은 상기 제3 발광층의 바로 위에 위치할 수 있다.

[0021] 상기 제3 발광층의 정공 이동도는 상기 제1 발광층의 정공 이동도보다 낮을 수 있다.

[0022] 상기 제3 발광층의 전자 이동도는 상기 제2 발광층의 전자 이동도보다 낮을 수 있다.

[0023] 상기 제3 리간드의 전하 이동도는 10^{-10} cm^2/Vs 내지 10^{-4} cm^2/Vs 일 수 있다.

[0024] 상기 제3 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고, 상기 제3 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다.

[0025] 상기 제3 리간드는 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함할 수 있다.

[0026] 상기 제1, 제2, 제3 발광층은 모두 소정의 파장영역에 속하는 제1광을 발광할 수 있다.

[0027] 상기 제3 발광층은 0.1 nm 내지 100 nm 의 두께를 가질 수 있다.

[0028] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0029] 여기자를 발광층에 효과적으로 구속시킬 수 있으며, 이에 따라 여기자 소광을 최소화함으로써 수명 특성과 색순도가 개선된 전계 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0030] 또한, 전술한 바와 바와 같이 수명 특성과 색 순도가 개선된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 2는 도 1에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램이고,

도 3은 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 4는 도 3에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램이고,

도 5는 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전압 대 휘도의 관계를 나타낸 그래프이고,

도 6은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 휘도 대 외부양자효율(External Quantum Efficiency)의 관계를 나타낸 그래프이고,

도 7은 실시예 1과 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 파장 대 표준화된 강도의 관계를 나타낸 그래프이고,

도 8은 실시예들과 비교예들에 따른 전계 발광 소자의 구동 시간 대 휘도의 관계를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 본 명세서에서, "족(Group) "은 원소 주기율표의 족을 말한다.

[0035] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0036] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속" 의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.

[0037] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0038] "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.

[0039] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Rb, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0040] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0041] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0042] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

[0043] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110), 제1 전극(110) 위에 위치한 정공 수송층(130), 제1 전극(110)과 정공 수송층(130) 사이에 위치한 정공 주입층(120), 정공 수송층(130) 위에 위치하고 제1 발광체 입자(141)를 포함하는 제1 발광층(140), 제1 발광층(140) 위에 위치하고 제2 발광체 입자(151)를 포함하는 제2 발광층(150), 제2 발광층(150) 위에 위치하는 전자 수송층(160), 및 전자 수송층(160) 위에 위치하는 제2 전극(170)을 포함한다.

[0044] 즉, 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 제1 발광층(140), 제2 발광층(150), 및 전자 수송층(160)이 배치되어 있는 적층형 구조를 갖는다.

[0045] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 제2 전극(170)을 통해 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150)으로 전류를 공급하여, 제1 발광체 입자(141)와 제2 발광체 입자(151)를 각각 전계 발광시킴으로써 광을 발생시킬 수 있다. 전계 발광 소자(10)는 제1, 제2 발광층(140, 150)이 갖는 제1, 제2 발광체 입자(141, 151)의 재료, 크기, 세부 구조 등에 따라 다양한 파장 영역을 갖는 광을 발생시킬 수 있다.

[0046] 일 구현예에서 제1 전극(110)은 구동 전원과 직접 연결되어 제1, 제2 발광층(140, 150)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.

[0047] 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.

[0048] 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℃ 보다 큰 필름 형태의 고분자 물질로 이루어질 수 있으며, 예컨대, COC(Cyclo Olefin Copolymer) 또는 COP(Cyclo Olefin Polymer) 계열의 소재로 이루어질 수 있다.

[0049] 일 구현예에서 기판(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 배치된 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 제1 발광층(140), 제2 발광층(150), 및 전자 수송층(160)을 지지하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 제1 전극(110)이 반드시 기판(100) 위에 배치되는 것은 아니며, 제2 전극(170)의 위에 배치되거나, 경우에 따라서는 생략될 수도 있다.

[0050] 제2 전극(170)은 광학적으로 투명한 물질로서, 후술할 제1, 제2 발광층(140, 150)으로부터 발생한 광이 투과되는 투광 전극의 역할을 할 수 있다. 일 구현예에서, 제2 전극(170)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.

[0051] 한편, 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 각각은 기판(100) 또는 유기층 위에 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 전극 형성용 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.

[0052] 정공 수송층(130)은 제1 전극(110)과 제1 발광층(140)의 사이에 위치할 수 있다. 정공 수송층(130)은 제1, 제2 발광층(140, 150)으로 정공을 공급, 수송하는 역할을 수행한다. 정공 수송층(130)은 제1 발광층(140)의 바로 아래에 형성되어 제1 발광층(140)과 직접 접촉하고 있다.

[0053] 일 구현예에서 정공 수송층(130)은 상기 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 정공 수송층(130)은 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, 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-co-N-(4-부틸페닐)디페닐아민)), PFB(폴리(9,9 -디옥틸플루오렌)-co-N,N -다이페닐-N,N -di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노벤젠), poly-TPD, NiO, MoO_3 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 이러한 정공 수송층(130)은 발광 소자의 수명을 증가시키고, 전계 발광 소자(10)의 작동개시전압인 턴-온 전압(turn-on voltage)을 낮추는 기능을 한다.

[0055] 상기 정공 수송층(130)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 전극(110) 위에 PEDOT:PSS나 TFB 등의 유기 박막을 성막하는 경우, 전구체 폴리머와 물 또는 유기 용매(예컨대, 디메틸 설폭사이드, 에틸렌 글리콜, 클로로포름, 클로로벤젠, 알코올, 또는 이들의 조합)가 포함된 전구체 용액을 제1 전극(110) 위에 스핀 코팅(spin-coating)하고, 예컨대, N_2의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 100℃ 내지 300℃의 경화(curing) 온도로 3시간 동안 열처리(thermal treatment)함으로써 유기 박막으로 이루어진 정공 수송층(130)을 얻을 수 있다.

[0056] 한편, 정공 주입층(120)은 제1 전극(110)과 정공 수송층(130) 사이에 위치할 수 있다. 정공 주입층(120)은 정공 수송층(130)과 함께 제1, 제2 발광층(140, 150)으로 정공을 공급하는 역할을 수행할 수 있으며, 정공 수송층(130)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.

[0057] 한편, 정공 주입층(120) 또한 전술한 정공 수송층(130)과 마찬가지로 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 정공 주입층(120)은 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, 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-co-N-(4-부틸페닐)디페닐아민)), PFB(폴리(9,9 -디옥틸플루오렌)-co-N,N -다이페닐-N,N -di-(p-부틸페닐)-1,4-다이아미노

벤젠), poly-TPD, NiO, MoO_3 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0058] 제1, 제2 발광층(140, 150)은 각각 다수의 발광체 입자들을 포함할 수 있다. 즉, 제1 발광층(140)은 다수의 제1 발광체 입자(141)들을, 제2 발광층(150)은 다수의 제2 발광체 입자들(151)들을 각각 포함한다.

[0059] 제1, 제2 발광층(140, 150)은 제1 전극(110)과 제2 전극(170)으로부터 공급된 전류에 의해 전달된 전자와 정공이 결합되는 장소로서, 전자와 정공은 상기 제1, 제2 발광층(140, 150)에서 만나 결합하여 여기자(exciton)를 생성하고, 생성된 여기자는 여기 상태에서 기저 상태로 전이하면서 제1, 제2 발광체 입자(141, 151)의 크기에 대응하는 파장의 빛을 발생시킬 수 있다.

[0060] 제2 발광층(150)은 제1 발광층(140)의 바로 위에 위치하고 있을 수 있다. 즉, 제1 발광층(140) 상부면과 제2 발광층(150) 하부면은 밀착되어 서로 접촉하고 있을 수 있다. 또한, 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150)은 서로 다른 전기적 특성을 가지고 있을 수 있다. 일 구현예에 따르면, 제1 발광층(140)은 정공 수송 속도가 전자 수송 속도보다 빨라 전자 수송성이 강하게 나타나고, 제2 발광층(150)은 전자 수송 속도가 정공 수송 속도보다 빨라 정공 수송성이 강하게 나타날 수 있다.

[0061] 예를 들어, 제1 발광층(140)의 정공 이동도는 제2 발광층(150)의 정공 이동도보다 빠를 수 있다.

[0062] 예를 들어, 제2 발광층(150)의 전자 이동도는 제1 발광층(140)의 전자 이동도보다 빠를 수 있다.

[0063] 예를 들어 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150)간 전하(정공/전자) 이동도 관계는 전술한 관계 중 적어도 하나를 만족할 수 있다.

[0064] 이에 따라, 제1 발광층(140)이 제2 발광층(150) 쪽으로 정공을 수송하고, 제2 발광층(150)이 제1 발광층(140) 쪽으로 전자를 수송하여 정공과 전자가 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150) 사이의 경계면 및/또는 상기 경계면 부근에서 서로 만나 결합할 수 있게 된다.

[0065] 도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 구동 원리를 개략적으로 나타낸 것으로, 전계 발광 소자(10) 내 각 구성요소들을 에너지 밴드 다이어그램으로 나타낸 것이다.

[0066] 도 2를 참조하면, 정공은 정공 주입층(120)으로부터 정공 수송층(130)을 거쳐 제1 발광층(140)으로 이동한다. 일 구현예에 따른 제1 발광층(140)은 정공 수송성을 가지므로, 제1 발광층(140) 내에 도달한 정공은 제2 발광층(150)을 향해 이동하게 된다. 반면, 전자는 전자 주입층으로부터 전자 수송층(160)으로 이동한다. 다만, 일 구현예에 따른 제2 발광층(150)이 전자 수송성을 가지므로, 전자는 제2 발광층(150) 내에서도 제1 발광층(140) 쪽을 향해 이동한다.

[0067] 따라서, 제1, 제2 발광층(140, 150) 내의 정공과 전자는 도 2에 도시된 것과 같이 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150) 사이의 경계면 및/또는 상기 경계면 근방에서 서로 만나 결합을 이루게 되는 것이다.

[0068] 즉, 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150)은 상이한 전기적 특성에 기인한 전하 이동도 차이를 이용하여 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150) 경계면 및/또는 경계면 근방에서 여기자(exciton)가 생성될 수 있도록 조절한다.

[0069] 한편, 제1, 제2 발광층(140, 150)이 너무 두껍게 형성될 경우, 전계 발광 소자(10) 내부 캐리어 밸런스를 맞추기 어렵고, 제1, 제2 발광층(140, 150)이 너무 얇게 형성될 경우, 전술한 정공/전자 수송성이 발현되기 어렵다.

[0070] 따라서, 전술한 전자/정공 수송성과 캐리어 밸런스를 고려한 제1, 제2 발광층(140, 150) 각각의 두께는, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 6 nm 이상, 예를 들어 7 nm 이상, 예를 들어 8 nm 이상, 예를 들어 9 nm 이상, 예를 들어 10 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 이하, 예를 들어 50 nm 이하, 예를 들어 45 nm 이하, 예를 들어 40 nm 이하, 예를 들어 35 nm 이하, 예를 들어 30 nm 이하, 예를 들어 28 nm 이하, 예를 들어 26 nm 이하, 예를 들어 24 nm 이하, 예를 들어 22 nm 이하, 예를 들어 20 nm 이하, 예를 들어 18 nm 이하, 예를 들어 16 nm이하일 수 있다.

[0071] 한편, 일반적으로 발광체로 양자점을 이용하는 전계 발광 소자는 전자의 이동 속도 대비 정공 이동 속도가 원활하지 않다. 따라서, 이를 고려하여 제1 발광층(140)의 두께는 제2 발광층(150)의 두께와 같거나 제2 발광층(150)의 두께보다 두껍게 형성될 수 있다.

[0072] 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니고, 제1, 제2 발광층(140, 150) 각각의 두께는 각각의 소재, 정공 수송층(130) 및/또는 전자 수송층(160)의 소재, 두께 등을 고려하여 선택될 수 있다.

[0073] 한편, 제1, 제2 발광층(140, 150)은 모두 소정 파장 영역에 속하는 제1광을 발광할 수 있다. 상기 제1광은 가시광 영역에 속하는 파장영역으로서, 예를 들어 380 nm 내지 488 nm 의 제1 파장영역, 490 nm 내지 510 nm 의 제2 파장영역, 510 nm 초과 580 nm 이하의 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.

[0074] 다만, 일 구현예가 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150)이 서로 다른 파장의 광을 발광하도록 설정될 수도 있다. 이 경우, 전계 발광 소자(10)는 제1 발광층(140)으로부터 방출된 광과 제2 발광층(150)으로부터 방출된 광이 혼색된 광을 방출할 수도 있고, 외부 광원으로부터 공급되는 다른 광과 더 혼색된 광을 방출할 수도 있다.

[0075] 일 구현예에서, 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 중 적어도 어느 하나는 양자점을 포함할 수 있다. 즉, 제1, 제2 발광체 입자(141, 151)가 모두 양자점으로 이루어질 수도 있고, 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 중 어느 하나는 양자점으로 이루어지고, 다른 하나는 양자점과 구별되는 다른 종류의 발광체, 예를 들면 상업적으로 입수 가능한 공지된 형광체 등으로 이루어질 수도 있다.

[0076] 양자점은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 에너지 밴드갭(energy band gap)을 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방사할 수 있다. 즉, 제1, 제2 발광체 입자(141, 151)가 모두 양자점으로 이루어질 경우, 제1, 제2 발광층(140, 150)은 모두 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.

[0077] 일 구현예에서, 상기 양자점의 소재는 특별히 제한되지 않으며, 공지되었거나 상업적으로 입수 가능한 양자점을 사용할 수 있다. 예를 들어 일 구현예에 따른 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 각각은 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd을 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는 양자점일 수 있다. 즉, 일 구현예에 따른 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 각각은 비 카드뮴계 양자점일 수 있다. 이와 같이 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 모두 비 카드뮴계 소재로 이루어진 양자점일 경우, 기존 카드뮴계 양자점 대비 독성이 없어 인체에 무해하고 환경 친화적이다.

[0078] 상기 II-VI족 화합물은 ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe, MgSe, MgS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; ZnSeS, ZnTeSe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, HgZnS, HgZnSe, HgZnTe, MgZnSe, MgZnS 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 ZnTeSeS, 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.

[0079] 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).

[0080] 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, $CuInSe_2$, $CuInS_2$, 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.

[0081] 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.

[0082] 일 구현예에 따르면, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 코어와, 상기 코어를 둘러싸는 다른 반도체 나노결정 쉘로 이루어진 코어-쉘 구조를 가질 수도 있다. 코어와 쉘의 계면은 쉘에 존재하는 원소의 농도가 중심으로 갈수록 낮아지는 농도 구배(gradient)를 가질 수 있다. 또한, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 코어와 이

를 둘러싸는 다층의 쉘을 포함하는 구조를 가질 수도 있다. 이때 다층의 쉘 구조는 2층 이상의 쉘 구조를 가지는 것으로 각각의 층은 단일 조성 또는 합금 또는 농도 구배를 가질 수 있다.

[0083] 일 구현예에서는 제1 발광체 입자와 제2 발광체 입자 중 적어도 하나는 코어-쉘 구조를 가질 수 있다. 제1, 제2 발광체 입자 중 적어도 하나가 코어-쉘 구조를 가질 경우, 코어보다 쉘을 구성하는 물질 조성이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되지는 않는다. 한편, 다층의 쉘을 구성하는 경우도 코어에 가까운 쉘보다 코어의 바깥 쪽에 있는 쉘이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.

[0084] 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.

[0085] 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.

[0086] 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 nm 의 입경(구형이 아닌 경우 가장 긴 부분의 크기)을 가질 수 있다.

[0087] 또한, 상기 양자점의 형태는 해당 기술분야에서 일반적으로 사용하는 형태의 것으로 특별히 한정되지 않는다. 예컨대, 상기 양자점은 구형, 타원형, 정육면체형, 사면체형, 피라미드형, 육팔면체형, 실린더형, 다면체형, 또는 다중 가지형(multi-arm)의 나노입자, 나노튜브, 나노와이어, 나노섬유, 나노시트, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 양자점은 임의의 단면 형상을 가질 수 있다.

[0088] 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 성장시킬 수 있다.

[0089] 한편, 일 구현예에 따르면, 제1 발광체 입자(141)의 표면에는 제1 리간드가, 제2 발광체 입자(151)의 표면에는 제2 리간드가 각각 부착되어 있다.

[0090] 일 구현예에서, 제1 리간드와 제2 리간드는 서로 다른 전기적 특성을 가질 수 있다. 일 구현예에 따르면, 제1 리간드는 정공 수송 속도가 전자 수송 속도보다 빨라 전자 수송성이 강하게 나타나고 제2 리간드는 전자 수송 속도가 정공 수송 속도보다 빨라 정공 수송성이 강하게 나타날 수 있다. 이에 따라, 제1 발광층(140)은 상기 제1 리간드의 전기적 특성에 기인하여 제2 리간드보다 강한 정공 수송성을, 제2 발광층(150)은 상기 제2 리간드의 전기적 특성에 기인하여 제1 리간드보다 강한 전자 수송성을 각각 가지게 될 수 있다.

[0091] 일반적으로 발광체로 양자점을 이용하는 전계 발광 소자는 전술한 바와 같이 전자의 이동 속도 대비 정공 이동 속도가 원활하지 않으므로, 전자와 정공이 만나 결합하는 위치가 발광층과 전자 수송층이 사이의 경계면 쪽으로 치우치게 된다.

[0092] 이와 같이 전자와 정공의 결합 위치가 발광층과 전자 수송층이 사이의 경계면 쪽으로 치우치게 될 경우, 상기 경계면에서 생성된 여기자들이 발광층 내부에 구속되지 않고 공통층과의 계면에서 소광(quenching)되어버릴 우려가 있다. 또한, 이러한 상기 경계면에서 정공과 결합을 이루지 못한 잉여 전자들이 정공 수송층 쪽으로 이동하여 정공 수송층 내에서 여기자를 형성할 우려가 있다. 따라서, 이와 같은 여기자 소광(exciton quenching) 및 잉여 전자의 손실로 인해 소자 효율이 크게 저하될 수 있다.

[0093] 반면, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 경우, 제1 발광층(140)과제2 발광층(150)이 서로 밀착하도록 배치되어 있되, 제1 발광층(140)은 제1 리간드에 의해 정공 수송성을, 제2 발광층(150)은 제2 리간드에 의해 전자 수송성을 각각 갖게 된다.

[0094] 따라서, 제1 발광층(140)은 정공 수송층(130)으로부터 제2 발광층(150) 쪽으로 정공을, 제2 발광층(150)은 전자 수송층(160)으로부터 제1 발광층(140) 쪽으로 전자를 각각 수송하기 용이해진다. 그 결과, 도 2에 도시된 바와 같이 제1, 제2 발광층(140, 150) 내부에서 전자와 정공이 만나 결합하는 위치를 조절하기 용이하다.

[0095] 제1, 제2 리간드는 제1, 제2 리간드 부착용 계면활성제를 이용하여 각각 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 표면에 부착될 수 있다. 즉, 양자점을 형성하기 위한 전구체 물질 및 유기 용매와 함께 제1, 제2 리간드 부착용 계

면활성제를 투입하거나, 형성 완료된 양자점과 유기 용매의 혼합액에 제1, 제2 리간드 부착용 계면활성제를 투입하여 반응시킴으로써 제1, 제2 리간드를 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 표면에 부착시킬 수 있다.

[0096] 일 구현예에 따른 제1, 제2 리간드는 각각 제1, 제2 발광체 입자(141, 151) 표면에 배위되어 있을 수 있다. 양자점이 코어-쉘 구조를 가질 경우, 제1, 제2 리간드는 쉘의 외부로 노출된 표면에 배위되어 있을 수 있다.

[0097] 한편, 양자점의 표면에는 상기 제1, 제2 리간드 외에도 잔여 유기 용매 등이 더 배위되어있을수도 있다. 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. 비용매는 상업적으로 입수 가능한 다양한 물질들을 사용할 수 있다. 여분의 유기 용매를 제거한 후 양자점의 표면에 배위된 물질의 양은 양자점 무게의 50 중량% 이하, 예컨대, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하, 또는 10 중량% 이하일 수 있다.

[0098] 한편, 일 구현예에서, 제1 리간드와 제2 리간드는 용매에 대한 용해성이 서로 상이할 수 있다. 즉, 제1 리간드와 제2 리간드는 서로 다른 용매 선택성을 가질 수 있다. 서로 다른 용매 선택성의 예시로, 제1 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우 제2 리간드는 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고, 제1 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 제2 리간드는 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다.

[0099] 상기 친수성 용매의 예시로는, 메탄올, 에탄올, 이소프로필알콜, 아세톤, 부탄올, 디메틸포름아미드, 디메틸 설폭사이드, 물, 아세토니트릴, 또는 이들의 조합을 들 수 있다.

[0100] 상기 소수성 용매의 예시로는, 옥탄, 헵탄, 노난, 헥산, 자일렌, 톨루엔, 클로로벤젠, 클로로포름, 사이클로헥산, 또는 이들의 조합을 들 수 있다.

[0101] 상기 제1 리간드와 상기 제2 리간드는 각각 독립적으로, 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함하되, 제1 리간드와 제2 리간드의 용매 선택성이 상이해야 함을 고려하여 각각 선택될 수 있다.

[0102] 이와 같이 제1 리간드와 제2 리간드의 용매 선택성이 서로 상이하게 구성될 경우, 제1 발광체 입자를 포함하는 제1 발광층 형성용 조성물과 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층 형성용 조성물이 액상에서 서로 섞이지 않고 서로 구분되는 층을 이루고 있을 수 있다.

[0103] 따라서, 제1, 제2 발광층을 각각 도포 후 경화하지 않고 제1 발광층 형성용 조성물을 도포한 후, 제1 발광층 형성용 조성물 바로 위에 제2 발광층 형성용 조성물을 도포하고, 제1, 제2 발광층 형성용 조성물을 한 번에 경화하는 방식(이른바, 용액 공정이라 함)을 이용하여 신속하게 제1, 제2 발광층을 형성할 수 있다.

[0104] 또한, 제1, 제2 발광층 형성용 조성물이 서로 다른 용매 선택성을 가지게 되므로, 상기 제1, 제2 발광층(140, 150) 형성 과정에서 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150) 사이의 경계면이 용매에 의해 손상되지 않고 균일한 표면 모폴로지(morphology)를 가질 수 있다. 이에 따라 제1, 제2 발광층(140, 150)의 발광 효율 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0105] 일 구현예에서 전자 수송층(160)은 제2 발광층(150)과 제2 전극(170) 사이에 배치되어 제1, 제2 발광층(140, 150)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다. 전자 수송층은 무기 산화물 나노입자를 포함하거나 혹은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있다. 전자 수송층은 n-타입 반도체(n-type semiconductor) 물질, 또는 n-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다.

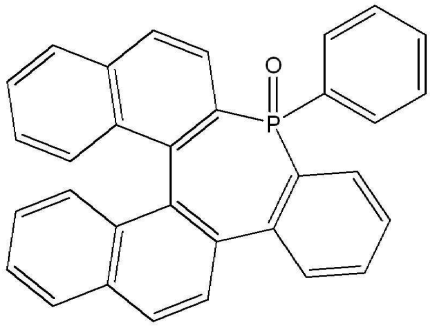
[0106] 한편, 전자 수송층(160)과 제2 전극(170) 사이에는 전자의 주입을 용이하게 하는 전자 주입층, 및/또는 정공의 이동을 저지하는 정공 차단층이 더 형성되어 있을 수 있다.

[0107] 전자 수송층(160), 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 있으며, 전자 수송층(160)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.

[0108] 상기 전자 주입층 및/또는 전자 수송층(160)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, Alq_3, Gaq_3, Inq_3, Znq_2, $Zn(BTZ)_2$, $BeBq_2$, (8-(4-(4,6-디(나프탈렌-2-일)-1,3,5-트리아진-2-일)페닐)퀴놀론) [(8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone)], 8-하이드록시퀴놀리나토 리튬 (8-hydroxyquinolinato lithium ,Liq), n형 금속 산화물

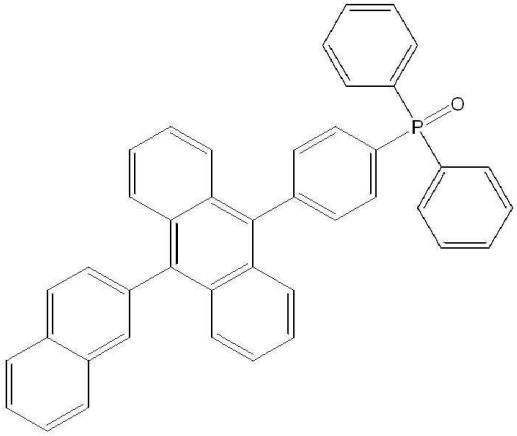
(예를 들어, ZnO, ZnMgO, HfO_2 등), 바소페난트롤린 (Bathophenanthroline ,Bphen), 피라졸(pyrazole)계 화합물, 포스포닐 페놀(phosphonyl phenol)계 화합물, 하기 화학식 1 내지 화학식 4로 표현되는 화합물, 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0109] [화학식 1]



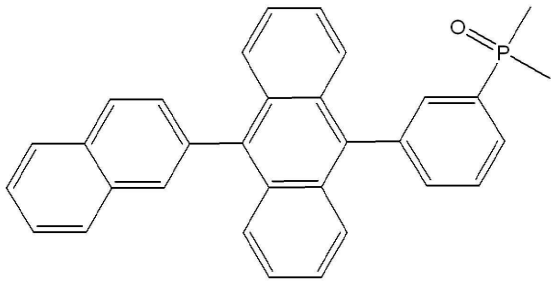
[0110]

[0111] [화학식 2]



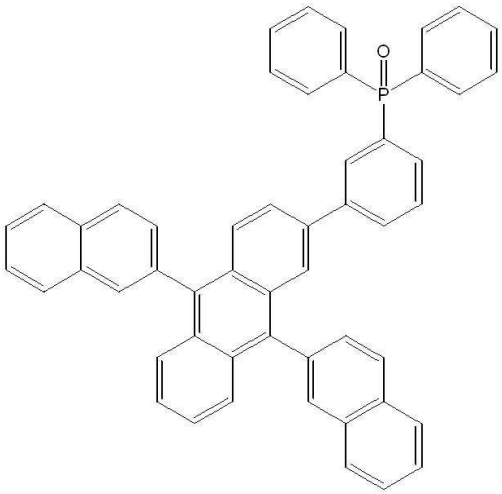
[0112]

[0113] [화학식 3]



[0114]

[0115] [화학식 4]



[0116]

[0117] 상기 정공 차단층은 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_3, Gaq3, Inq3, Znq2, $Zn(BTZ)_2$, $BeBq_2$ 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 전계 발광 소자(10) 내 다른 구성요소의 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.

[0118] 이와 같이 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1, 제2 발광층(140, 150)을 제외한 나머지 구성요소들을 증착 등의 방법에 의해 형성할 수 있다. 따라서 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치 형성 시, 제1, 제2 발광층(140, 150)을 제외한 나머지 구성요소들을 공통층으로 형성하기 용이하다.

[0119] 전술한 바와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1, 제2 리간드에 의해 제1, 제2 발광층(140, 150)이 각각 정공 수송성과 전자 수송성을 갖게 된다. 따라서, 정공과 전자는 제1, 제2 발광층(140, 150) 사이 경계면 및/ 또는 상기 경계면에서 만나 결합할 수 있는 바, 여기자를 발광층 내에 구속시키기 용이하다.

[0120] 또한, 제1, 제2 리간드가 서로 상이한 용매 선택성을 가짐에 따라, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 용액공정을 이용하여 제1, 제2 발광층(140, 150)을 용이하게 형성할 수 있으며, 제1, 제2 발광층(140, 150) 사이 경계면의 표면 모폴로지 또한 균일하게 형성될 수 있다.

[0121] 따라서, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 여기자 생성 위치를 제1 발광층과 제2 발광층의 경계면 및/또는 경계면 근방으로 조절함으로써 여기자 소광을 최소화할 수 있으므로, 색 순도가 높은 광을 발광할 수 있으며 소자의 수명 특성이 우수하다.

[0122] 이하, 도 3 내지 도 4를 참조하여 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자의 개략적인 구성 및 구동 원리를 설명한다.

[0123] 도 3은 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고, 도 4는 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자의 구동 원리를 개략적으로 나타낸 것이다. 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')에 있어 전술한 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)와 동일한 구성은 상세한 설명을 생략한다.

[0124] 도 3을 참조하면, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)와 달리, 제1 발광층(140)과 제2 발광층(150) 사이에 제3 발광층(180)이 더 위치하고 있다.

[0125] 즉, 상기 제3 발광층(180)은 상기 제1 발광층(140)의 바로 위에 위치하고, 상기 제2 발광층(150)은 상기 제3 발광층(180)의 바로 위에 위치하여 제1 발광층(140), 제3 발광층(180), 제2 발광층(150)이 순차적으로 적층 구조를 이루고 있을 수 있다.

[0126] 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)은 모두 소정의 파장영역에 속하는 제1광을 발광할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 제1 발광층(140), 제2 발광층(150), 제3 발광층(180) 중 어느 하나 이상이 서로 다른 광을 발광하도록 설정될 수도 있다. 이 경우, 전계 발광 소자(10)는 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)으로부터 각각 방출된 광이 혼색된 광을 방출할 수도 있고, 외부 광원으로부터 공급되는 다른 광과 더 혼색된 광을 방출할 수도 있다.

[0127] 한편, 제3 발광층(180)은 제1, 제2 발광층(140, 150)과 상이한 전기적 특성을 가질 수 있다. 제3 발광층(180)은 내부 전자 이동도와 정공 이동도가 같거나, 내부 전자 이동도와 정공 이동도의 차가 상대적으로 제1, 제2 발광층(140, 150) 대비 낮게 나타난다.

[0128] 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')에서, 제3 발광층(180)의 정공 이동도는 적어도 제1 발광층(140)의 정공 이동도보다 낮다.

[0129] 또한, 다른 구현예에서, 제3 발광층(180)의 정공 이동도는 제2 발광층(150)의 정공 이동도보다도 낮을 수 있다. 단, 제3 발광층(180)과 제2 발광층(150) 간 정공 이동도 관계는 반드시 이에 제한되지 않고, 제3 발광층(180)과 제2 발광층(150)의 정공 이동도가 서로 같을 수도 있고 제2 발광층(150)의 정공 이동도가 제3 발광층(180)의 정공 이동도보다 클 수도 있다.

[0130] 한편, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')에서, 제3 발광층(180)의 전자 이동도는 적어도 제2 발광층(150)의 정공 이동도보다 낮다.

[0131] 또한, 다른 구현예에서, 제3 발광층(180)의 전자 이동도는 제1 발광층(140)의 전자 이동도보다도 낮을 수 있다. 단, 제3 발광층(180)과 제1 발광층(140) 간 전자 이동도 관계는 반드시 이에 제한되지 않고, 제3 발광층(180)과 제1 발광층(140)의 전자 이동도가 서로 같을 수도 있고 제1 발광층(140)의 전자 이동도가 제3 발광층(180)의 전자 이동도보다 클 수도 있다.

[0132] 이와 같이 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)의 전하(정공/전자) 이동도를 조절함으로써, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')의 전자와 정공이 만나 결합하는 지점은 도 4에 도시된 바와 같이 제1 발광층(140)과 제3 발광층(180) 사이 경계면과 제3 발광층(180)과 제2 발광층(150) 사이 경계면, 및/또는 제3 발광층(180) 내부 중 상기 경계면들 근처가 될 수 있다.

[0133] 따라서, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')는 캐리어와 여기자에 대한 광학적 구속이 향상될 수 있고, 이에 따라 향상된 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0134] 전술한 전자/정공 수송성과 캐리어 밸런스를 고려한 제3 발광층(180)의 두께는, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 6 nm 이상, 예를 들어 7 nm 이상, 예를 들어 8 nm 이상, 예를 들어 9 nm 이상, 예를 들어 10 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 이하, 예를 들어 50 nm 이하, 예를 들어 45 nm 이하, 예를 들어 40 nm 이하, 예를 들어 35 nm 이하, 예를 들어 30 nm 이하, 예를 들어 28 nm 이하, 예를 들어 26 nm 이하, 예를 들어 24 nm 이하, 예를 들어 22 nm 이하, 예를 들어 20 nm 이하, 예를 들어 18 nm 이하, 예를 들어 16 nm 이하일 수 있다.

[0135] 한편, 제3 발광층(180)은 제3 발광체 입자(181)를 포함한다. 제3 발광체 입자(181)는 전술한 제1, 제2 발광체 입자(141, 151)와 마찬가지로 양자점으로 이루어질 수 있으며, 코어-쉘 구조를 가질 수 있다.

[0136] 한편, 제3 발광체 입자(181) 표면에는 제1, 제2 리간드 대비 낮은 전하(정공/전자) 수송성을 갖는 제3 리간드가 부착되어 있다. 제3 발광층(180)은 상기 제3 리간드에 기인하여 제1, 제2 발광층(140, 150) 대비 낮은 정공/전자 수송성을 갖는다.

[0137] 제3 리간드는 예를 들어 10^{-10} cm^2/Vs 이상, 예를 들어 10^{-9} cm^2/Vs 이상, 예를 들어 10^{-8} cm^2/Vs 이상의 전하(정공/전자) 이동도를 가지고, 예를 들어 10^{-4} cm^2/Vs 이하, 예를 들어 10^{-5} cm^2/Vs 이하, 예를 들어 10^{-6} cm^2/Vs 이하의 전하(정공/전자) 이동도를 가질 수 있다.

[0138] 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')에서, 제3 리간드의 용매에 대한 용해성은 상기 제1, 제2 리간드 각각의 상기 용매에 대한 용해성과는 서로 다르다. 즉, 제3 리간드는 제1, 제2 리간드 각각과 서로 다른 용매 선택성을 갖는다. 상기 용매 선택성의 예시로서, 제3 리간드가 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 소수성 용매에 대한 용해성을 가지고, 상기 제3 리간드가 소수성 용매에 대한 용해성을 가질 경우, 상기 제1, 제2 리간드 각각은 친수성 용매에 대한 용해성을 가질 수 있다.

[0139] 상기 제3 리간드 또한 전술한 제1, 제2 리간드와 마찬가지로 티올계 화합물, 할라이드계 화합물, 알킬계 화합물, 아민계 화합물, 카바졸계 화합물, 또는 이들의 조합으로부터 유래한 리간드 화합물을 포함하되, 제3 리간드의 재료는 전술한 제1, 제2 리간드와의 용매 선택성이 상이해야 함을 고려하여 선택될 수 있다.

[0140] 이와 같이 제3 리간드가 제1, 제2 리간드의 용매 선택성이 서로 상이하게 구성될 경우, 제1 발광체 입자를 포함

하는 제1 발광층 형성용 조성물, 그리고 제2 발광체 입자를 포함하는 제2 발광층 형성용 조성물이 제3 발광체 입자를 포함하는 제3 발광층 형성용 조성물과 액상에서 서로 섞이지 않고 서로 구분되는 층을 이루고 있을 수 있다.

[0141] 따라서, 전술한 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 경우와 마찬가지로, 제1, 제2, 제3 발광층 형성용 조성물을 순차 도포한 후 한 번에 경화하는 용액 공정을 통해 다중 발광층을 간단하게 형성할 수 있다.

[0142] 또한, 제1, 제2 발광층 형성용 조성물이 제3 발광층 형성용 조성물과 서로 다른 용매 선택성을 가지게 되므로, 제3 발광층(180)과 제1 발광층(140) 사이 경계면, 그리고 제3 발광층(180)과 제2 발광층(150) 사이의 경계면 각각이 용매에 의해 손상되지 않고 균일한 표면 모폴로지(morphology)를 가질 수 있다. 이에 따라 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)의 발광 효율 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0143] 전술한 바와 같이, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10')는 서로 다른 전기적 특징을 갖는 제1, 제2, 제3 리간드에 의해 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)이 각각 서로 다른 정공/전자 이동도를 갖게 된다. 따라서, 정공과 전자는 제1 발광층(140)과 제3 발광층(180) 사이 경계면과 제3 발광층(180)과 제2 발광층(150) 사이 경계면, 및/또는 제3 발광층(180) 내부 중 상기 경계면들 근처에서 만나 결합할 수 있는 바, 여기자를 발광층 내에 구속시키기 용이하다.

[0144] 또한, 제1, 제2, 제3 리간드가 서로 상이한 용매 선택성을 가짐에 따라, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 용액공정을 이용하여 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180)을 용이하게 형성할 수 있으며, 제1, 제2, 제3 발광층(140, 150, 180) 이 이루는 경계면들의 표면 모폴로지 또한 균일하게 형성될 수 있다.

[0145] 따라서, 다른 구현예에 따른 전계 발광 소자(10') 또한 전술한 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)와 마찬가지로 여기자 소광을 최소화할 수 있으므로, 색 순도가 높은 광을 발광할 수 있으며, 소자의 수명 특성이 우수하다.

[0146] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.

[0147] 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.

[0148] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.

[0149] 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.

[0150] 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.

[0151] 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.

[0152] 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.

[0153] 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.

[0154] 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.

[0155] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 백라이트유닛 등의 별도 광원을 배치하지 않고도 색순도 및 색재현율이 우수한 화상을 표시할 수 있다. 또한, 일 구현예에 따른 표시 장치는 특히 각 소자의 여기자 소광 현상을 최소화할 수 있는 바, 저전력으로도 우수한 색순도와 수명 특성을 나타낼 수 있다.

[0156] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.

[0157] **실시예 1**

[0158] 유리 기판 위에 인듐-주석 산화물(Indium-Tin-Oxide, ITO) 층을 증착하고, 그 위에 PEDOT:PSS를 약 30 nm 두께로 스핀 코팅하여 정공 주입층을 형성하고, 그 위에 TFB를 약 25 nm 두께로 스핀 코팅하여 정공 수송층을 형성한다.

[0159] 이와 별개로, 제1, 제2 발광층 형성용 조성물을 준비한다. 먼저, 옥탄(octane)과 청색 양자점(ZnTeSe), 및 제1 리간드 형성용 계면활성제[아연 N,N-디에틸디티오 카바메이트(Zinc N,N-Diethyldithiocarbamate)]를 혼합하여, 청색 양자점 표면에 제1 리간드로 N,N-디에틸디티오 카바메이트 (티올 유래 리간드 화합물)가 부착되어 있는 제1 발광층 형성용 조성물을 준비한다.

[0160] 한편, 에탄올과 청색 양자점(ZnTeSe), 및 제2 리간드 형성용 계면활성제[11-머캅토운데칸올(11-mercaptoundecanol)]를 혼합하여, 청색 양자점 표면에 제2 리간드로 11-하이드록실 운데칸티올레이트 (11-hydroxy-1-undecanthiolate, 티올 유래 리간드 화합물)가 부착되어 있는 제2 발광층 형성용 조성물을 준비한다.

[0161] 준비된 제1 발광층 형성용 조성물을 먼저 정공 수송층 위에 도포한 다음, 도포된 제1 발광층 형성용 조성물 바로 위에 제2 발광층 형성용 조성물을 도포하고, 질소 분위기에서 80 ℃ 로 30 분 동안 건조하여, 정공 수송층 바로 위에 제1 발광층과 제2 발광층을 동시 형성한다. 형성된 제1 발광층의 두께는 약 15 nm 이고, 제2 발광층의 두께는 약 10 nm 이다.

[0162] 이후, 발광층 위에 전술한 화학식 3으로 표현되는 화합물과 피라졸계 화합물(Novaled社, Novaled Dopant n-side material 77)을 3:1의 중량비로 진공 조건에서 공증착하여 전자 수송층을 형성한다. 형성된 전자 수송층의 두께는 약 36 nm 이다.

[0163] 이후, 전자 주입층 위에 알루미늄(Al) 층을 약 100 nm의 두께로 증착하여, 실시예 1에 따른 이중 발광층(제1, 제2 발광층)을 포함하는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0164] **실시예 2**

[0165] 제1 리간드 형성용 계면활성제로 아연 N,N-디에틸디티오카바메이트 대신 올레산(Oleic Acid)을 사용하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 2에 따른 이중 발광층(제1, 제2 발광층)을 포함하는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0166] **비교예 1**

[0167] 제1, 제2 발광층의 이중 발광층을 형성하는 대신, N,N-디에틸디티오카바메이트가 청색 양자점에 부착되어 있는 제1 발광층 형성용 조성물만을 이용하여 하나의 발광층을 형성하는 것을 제외하고는 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예 1에 따른 단일 발광층을 포함하는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0168] **비교예 2**

[0169] 제1 발광층 형성용 조성물 대신, 리간드로 11-하이드록실 운데칸티올레이트가 부착되어 있는 제2 발광층 형성용 조성물만을 이용하여 하나의 발광층을 형성하는 것을 제외하고는 전술한 비교예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예 2에 따른 단일 발광층을 포함하는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0170] **비교예 3**

[0171] 제1 리간드 형성용 계면활성제로 아연 N,N-디에틸디티오카바메이트 대신 올레산을 사용하는 것을 제외하고는 전술한 비교예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예 3에 따른 단일 발광층을 포함하는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0172] **평가 1: 이중 발광층과 단일 발광층의 발광 특성 비교**

[0173] 실시예 1과 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 발광 특성을 평가한다. 전압 변화에 따른 휘도 변화는 도 5로, 휘도 변화에 따른 외부 양자효율(External Quantum Efficiency) 변화는 도 6으로 각각 나

타낸다. 한편, 실시예 1과 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 파장에 따른 강도 변화는 도 7로 각각 나타낸다.

[0174] 도 5를 참조하면, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 비교예들에 따른 전계 발광 소자 대비 높은 휘도를 나타내게 되는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 실시예 1과 같이 이중 발광층이 적용된 전계 발광 소자를 사용할 경우, 실제 사용되는 전압 범위에서 고휘도를 갖는 표시 장치를 제공할 수 있다.

[0175] 도 6을 참조하면, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 약 4000 니트(nit) 이하, 예를 들어 3500 니트 이하, 예를 들어 3000 니트 이하, 예를 들어 2500 니트 이하, 예를 들어 2000 니트 이하, 예를 들어 1500 니트 이하, 예를 들어 1000 니트 이하, 예를 들어 500 니트 이하의 구간에서 비교예들에 따른 전계 발광 소자 대비 우수한 외부 양자 효율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 실시예 1과 같이 이중 발광층이 적용된 전계 발광 소자를 사용할 경우, 기존 단일층 전계 발광 소자 대비 우수한 발광효율을 가지며, 특히 1500 니트 이하의 영역에서 매우 우수한 발광효율을 갖는 표시 장치를 제공할 수 있다.

[0176] 도 7을 참조하면, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자는 약 400 nm 내지 450 nm 파장 영역에서 좌측으로 다소 볼록하게 돌출된 그래프 개형을 나타낸다. 이는 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 정공 수송층(TFB층)으로부터 단일 발광층으로 정공 수송이 더디게 일어나기 때문인 것으로 추측된다.

[0177] 반면, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 제2 발광층을 포함하고 있음에도 해당 파장 영역에서 돌출되지 않고 급격히 증가하는 그래프 개형을 나타낸다. 이는 정공 수송층(TFB층)에 접촉하는 제1 발광층이 제2 발광층으로의 정공 수송을 돕기 때문인 것으로 추측된다.

[0178] 따라서, 실시예 1과 같이 이중 발광층이 적용된 전계 발광 소자를 사용할 경우, 기존 단일층 전계 발광 소자 대비 우수한 색순도를 나타내는 표시 장치를 제공할 수 있다.

[0179] **평가 2: 이중 발광층과 단일 발광층의 수명 특성 비교**

[0180] 실시예들과 비교예들에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 수명 특성을 평가한다. 우선, 100 니트(nit)의 휘도를 갖는 380 nm 내지 488 nm (청색 파장 영역)의 광을 조사하고 구동 시간에 따른 휘도 변화를 측정하여, 도 8로 나타낸다.

[0181] 한편, 도 8에서 최초 휘도의 95 %가 되는 시점을 T95로, 최초 휘도의 50 %가 되는 시점을 T50으로 각각 표시하여, 표 1로 나타낸다.

표 1

[0182]

	T95 (시간)	T50 (시간)
실시예 1	0.04	0.59
실시예 2	0.04	0.69
비교예 1	0.03	0.31
비교예 2	0.05	0.53
비교예 3	0.03	0.35

[0183] 도 8과 표 1을 참조하면, 실시예들에 따른 전계 발광 소자는 비교예들에 따른 전계 발광 소자 대비 우수한 수명 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.한편, 실시예 1과 비교예들에 따른 전계 발광 소자 각각에 대하여, 초기 구동 전압과 상기 T50 시점에서의 구동 전압, 및 초기 구동 전압과 T50 시점에서의 구동 전압의 차를 계산하여, 표 2로 나타낸다.

표 2

[0184]

	초기 구동 전압 (V)	구동 전압@T50 (V)	초기 구동 전압 - 구동 전압@T50 (V)
실시예 1	3.930	3.922	0.008
비교예 1	3.705	3.820	-0.115
비교예 2	4.236	4.205	0.031
비교예 3	4.815	4.748	0.067

[0185] 표 2를 참조하면, 실시예에 따른 전계 발광 소자는 비교예들에 따른 전계 발광 소자 대비 T50 시점에서의 구동 전압 저하의 폭이 매우 작음을 확인할 수 있다. 따라서, 도 8과 표 1, 표 2를 참조할 때, 실시예에 따른 전계 발광 소자는 우수한 수명특성을 가짐을 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

[0186] 10: 전계 발광 소자 100: 기판

110: 제1 전극 120: 정공 주입층

130: 정공 수송층 140: 제1 발광층

141: 제1 발광체 입자 150: 제2 발광층

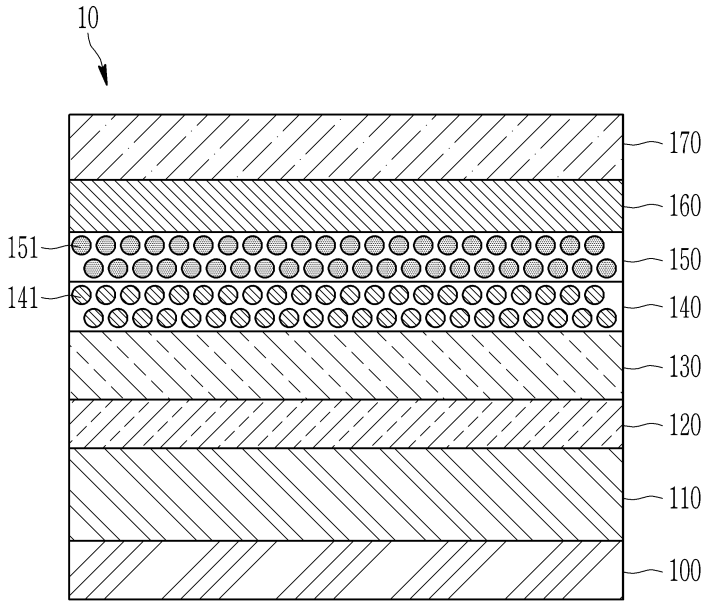
151: 제2 발광체 입자 160: 전자 수송층

170: 제2 전극 180: 제3 발광층

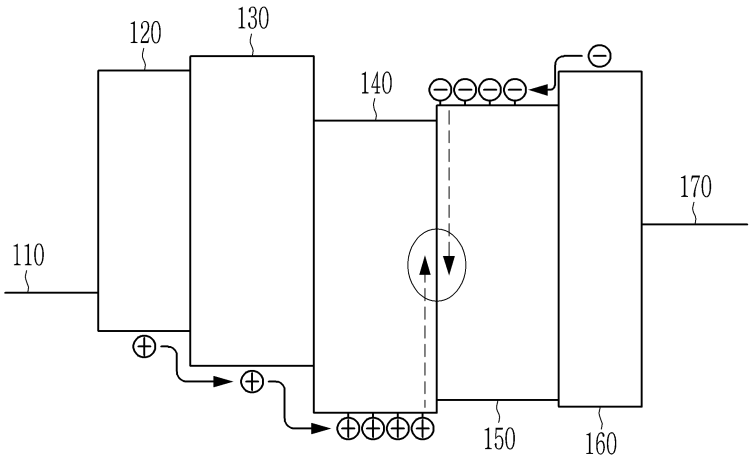
181: 제3 발광체 입자

도면

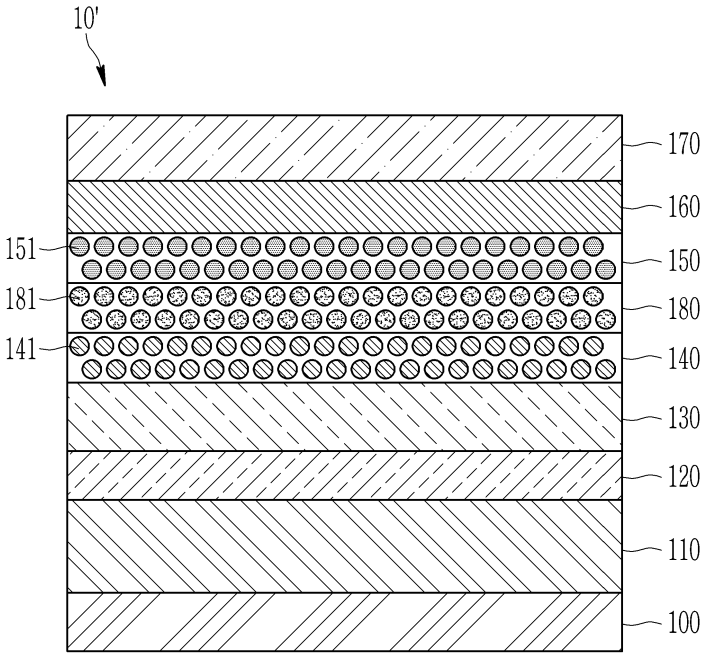
도면1



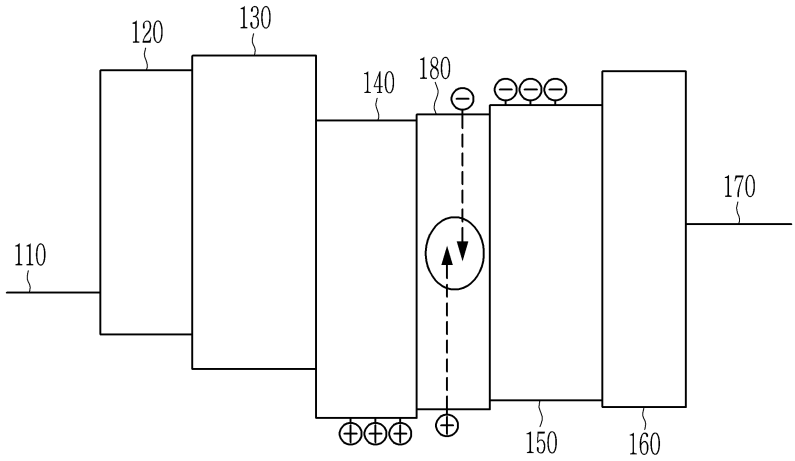
도면2


120
130
140
170
110
150
160

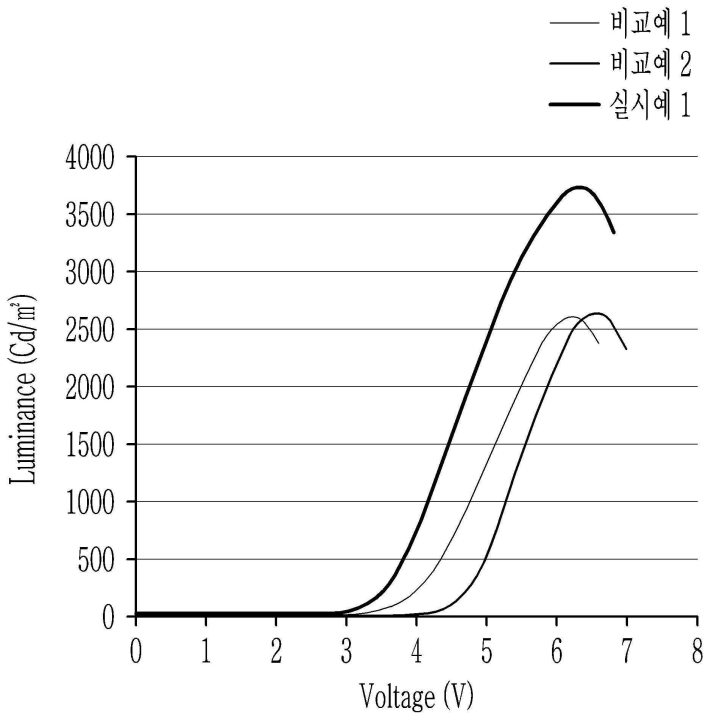
도면3


10'
170
160
151
150
181
180
141
140
130
120
110
100

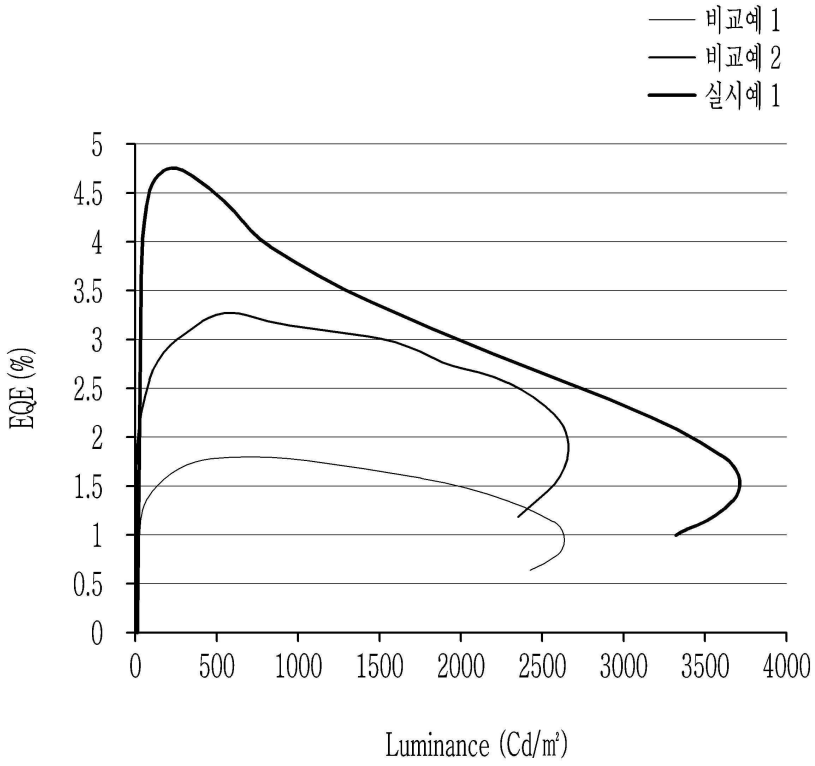
도면4


120
130
140
180
170
110
150
160

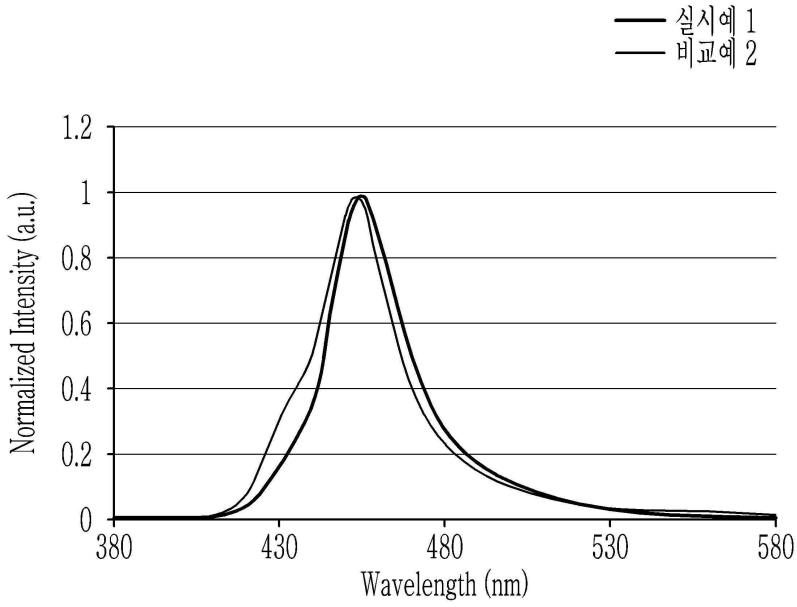
도면5


비교예 1
비교예 2
실시예 1
Luminance (Cd/m²)
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Voltage (V)

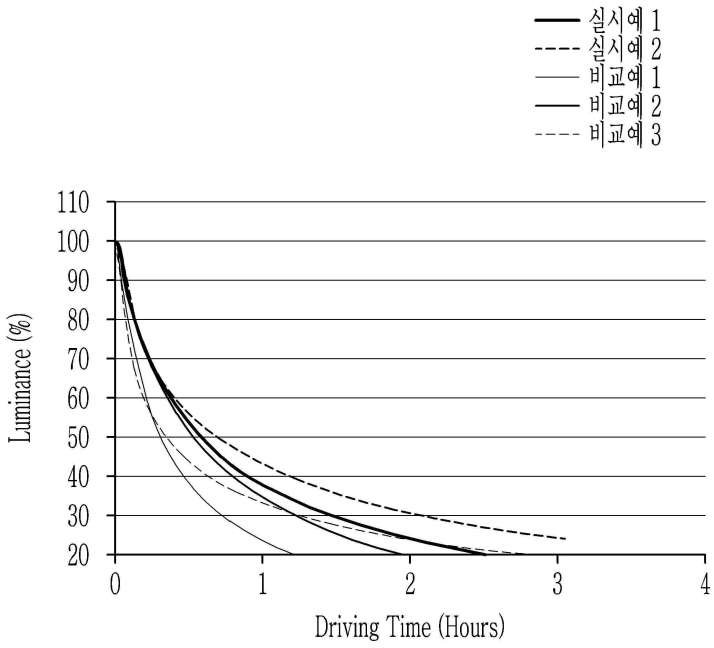
도면6


비교예 1
비교예 2
실시예 1
EQE (%)
Luminance (Cd/㎡)
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000

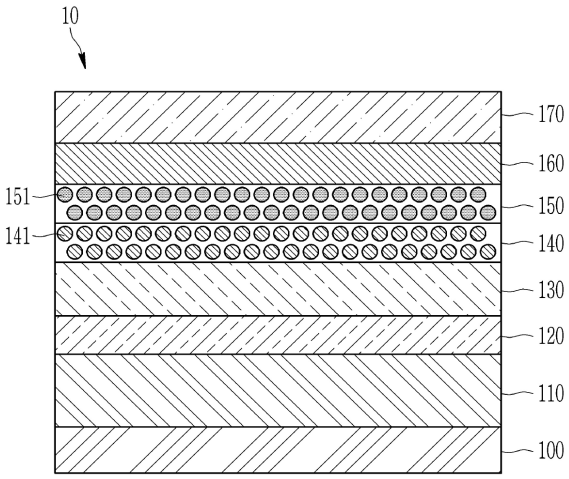
도면7


실시예 1
비교예 2
Normalized Intensity (a.u.)
Wavelength (nm)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
380
430
480
530
580

도면8


실시예 1
실시예 2
비교예 1
비교예 2
비교예 3
Luminance (%)
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
0
1
2
3
4
Driving Time (Hours)

专利名称(译)	电致发光元件和包括该电致发光元件的显示装置		
公开(公告)号	KR1020190110046A	公开(公告)日	2019-09-27
申请号	KR1020190030273	申请日	2019-03-18
[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 조얼 김태형 박수진 서홍규 장은주		
发明人	정대영 한문규 조얼 김태형 박수진 서홍규 장은주		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/5028 H01L51/504 H01L51/5048 H01L51/5088 H01L51/52 H01L51/502 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L27/3244 H01L51/0007 H01L51/56 H01L2251/558		
优先权	1020180031566 2018-03-19 KR		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供具有优异的寿命特性和色纯度的电致发光元件以及包括该电致发光元件的显示装置。 该电致发光元件包括：第一电极；以及第二电极。 位于第一电极上的空穴传输层； 第一发光层，位于空穴传输层上，并包括附着有具有空穴传输性的第一配体的第一发光粒子。 第二发光层位于第一发光层上，并且包括第二发光颗粒，第二发光颗粒上附着有具有电子传输性的第二配体； 位于第二发光层上的电子传输层； 第二电极位于电子传输层上。 第一配体对溶剂的溶解度和第二配体对溶剂的溶解度互不相同。