(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0021726
(43) 공개일자 2020년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) *C09K 11/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/502 (2013.01)
C09K 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0097450
(22) 출원일자 2018년08월21일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
박건수
경기도 성남시 분당구 동판교로 155, 709동 601호 (삼평동, 봇들마을)
김광희
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 54, 211동 801호 (서현동, 우성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

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

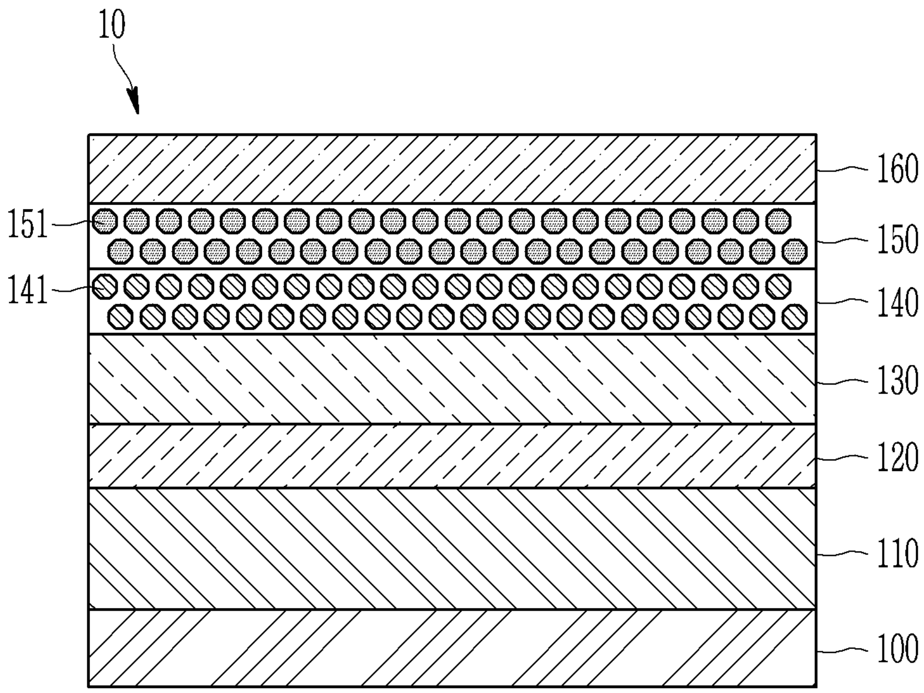
(57) 요 약

전계 발광 소자와, 그 제조 방법, 및 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

전계 발광 소자는 제1 전극과, 제1 전극 위에 위치하는 정공 수송층과, 정공 수송층 위에 위치하며, 발광체 입자를 포함하는 발광층과, 발광층 위에 위치하고 전자수송성을 갖는 나노입자를 포함하는 전자 수송층, 및 전자 수

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하되, 전자수송성을 갖는 나노입자는 하기 화학식 1로 표현되는 무기산화물 코어와, 무기산화물 코어의 표면에 부착된 유기 리간드, 및 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합된 금속-유기 화합물을 포함한다.

[화학식 1]

M_xO_y

화학식 1에 대한 설명은 상세한 설명에 기재되어 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/5012 (2013.01)

(72) 발명자

김태호

경기도 성남시 분당구 판교원로82번길 60, 1412동 1501호 (운중동, 산운마을)

장은주

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

윤원식

경기도 수원시 영통구 광교호수공원로 277, 201동 1701호 (원천동, 중흥 S-클래스)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 위에 위치하는 정공 수송층;

상기 정공 수송층 위에 위치하며, 발광체 입자를 포함하는 발광층;

상기 발광층 위에 위치하고, 전자수송성을 갖는 나노입자를 포함하는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하되,

상기 전자수송성을 갖는 나노입자는

하기 화학식 1로 표현되는 무기산화물 코어,

상기 무기산화물 코어의 표면에 부착된 유기 리간드, 및

상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합된 금속-유기 화합물을 포함하는, 전계 발광 소자:

[화학식 1]

M_xO_y

상기 화학식 1에서,

M은 Zn, Ti, Zr, Sn, W, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고,

x, y는 각각 1 내지 5 의 정수이다.

청구항 2

제1항에서,

상기 발광층과 상기 전자 수송층의 LUMO 에너지 준위의 차이는 상기 발광층과 ZnO의 LUMO 에너지 준위의 차이보다 큰, 전계 발광 소자.

청구항 3

제2항에서,

상기 전자 수송층의 LUMO 에너지 준위는 4.36 eV 초과 5.0 eV 이하인, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

상기 금속-유기 화합물은 Zn, Mg, Al, In, Ga 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 1종 이상의 금속을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제4항에서,

상기 금속-유기 화합물에 포함된 상기 금속은 상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있는, 전계 발광 소자.

청구항 6

제1항에서,

상기 유기 리간드 및 상기 금속-유기 화합물 중 적어도 하나는 친수성 잔기를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 7

제1항에서,

상기 금속-유기 화합물은 카복실레이트 잔기를 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 8

제7항에서,

상기 카복실레이트 잔기는 아세테이트 잔기, 프로피오네이트 잔지, 아크릴레이트 잔기, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제7항에서,

상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있는 카복실레이트 리간드를 더 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 10

제7항에서,

상기 무기산화물 코어는 ZnO로 이루어지고,

상기 금속-유기 화합물은 징크-아세테이트 (Zn-Acetate) 화합물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제1항에서,

상기 금속-유기 화합물은 상기 전자수송성을 갖는 나노입자 총 함량에 대하여 1 중량% 내지 40 중량% 포함되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 12

제1항에서,

상기 전자 수송층은 2 이상의 상기 나노입자들로 이루어진 집합층을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 13

제1항에서,

상기 발광체 입자는 양자점을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1항에서,

상기 발광체 입자는 코어-쉘 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 15

제1항에서,

상기 발광체 입자는 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 16

제1항에서,

상기 발광체 입자는 소수성을 가지는 리간드를 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 17

제1항 내지 제16항 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 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 캐리어 밸런스, 광 추출 효율, 누설 전류 등에 의해 결정된다. 즉, 발광층의 발광 효율 향상을 위해서는, 여기자(exciton)들을 발광층에 구속(confinement)시키도록 조절하거나, 양자점에 정공과 전자들이 원활하게 수송되도록 조절하거나, 누설 전류를 방지하는 등의 방법을 들 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 누설 전류를 방지하고 전하 캐리어 밸런스를 개선함으로써 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자와, 이를 포함하는 표시 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 제1 전극; 상기 제1 전극 위에 위치하는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 위에 위치하며, 발광체 입자를 포함하는 발광층; 상기 발광층 위에 위치하고, 전자수송성을 갖는 나노입자를 포함하는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하되, 상기 전자수송성을 갖는 나노입자는 하기 화학식 1로 표현되는 무기산화물 코어, 상기 무기산화물 코어의 표면에 부착된 유기 리간드, 및 상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합된 금속-유기 화합물을 포함한다.

[0007] [화학식 1]

[0008] M_xO_y

[0009] 상기 화학식 1에서,

[0010] M은 Zn, Ti, Zr, Sn, W, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고,

[0011] x, y는 각각 1 내지 5 의 정수이다.

[0012] 상기 발광층과 상기 전자 수송층의 LUMO 에너지 준위의 차이는 상기 발광층과 ZnO의 LUMO 에너지 준위의 차이보다 클 수 있다.

[0013] 상기 전자 수송층의 LUMO 에너지 준위는 4.36 eV 초과 5.0 eV 이하일 수 있다.

[0014] 상기 금속-유기 화합물은 Zn, Mg, Al, In, Ga 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 1종 이상의 금속을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 금속-유기 화합물에 포함된 상기 금속은 상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있을 수 있다.

[0016] 상기 유기 리간드 및 상기 금속-유기 화합물 중 적어도 하나는 친수성 잔기를 가질 수 있다.

[0017] 상기 금속-유기 화합물은 카복실레이트 잔기를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 카복실레이트 잔기는 아세테이트 잔기, 프로피오네이트 잔지, 아크릴레이트 잔기, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 무기산화물 코어의 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있는 카복실레이트 리간드를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 무기산화물 코어는 ZnO로 이루어지고, 상기 금속-유기 화합물은 징크-아세테이트 (Zn-Acetate) 화합물을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 금속-유기 화합물은 상기 전자수송성을 갖는 나노입자 총 함량에 대하여 1 중량% 내지 40 중량% 포함되어 있을 수 있다.

[0022] 상기 전자 수송층은 2 이상의 상기 나노입자들로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다.

[0023] 상기 발광체 입자는 양자점을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 발광체 입자는 코어-쉘 구조를 가질 수 있다.

[0025] 상기 발광체 입자는 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.

[0026] 상기 발광체 입자는 소수성을 가지는 리간드를 포함할 수 있다.

[0027] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0028] 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0029] 또한, 전술한 바와 같이 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중 전자수송성을 갖는 나노 입자를 개략적으로 나타낸 것이고,

도 3은 일 변형예에 따른 전계 발광 소자 중 전자수송성을 갖는 나노 입자를 개략적으로 나타낸 것이고,

도 4는 합성예 1 내지 합성예 2와 비교합성예에 따른 전자수송층용 용액을 이용하여 제조된 박막의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸 것이고,

도 5는 비교예 1과 실시예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율(External Quantum Efficiency, EQE) 관계를 나타낸 그래프이고,

도 6은 비교예 1과 실시예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 전압-휘도 관계를 나타낸 그래프이고,

도 7은 비교예 2와 실시예 5 내지 8에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율(External Quantum Efficiency, EQE) 관계를 나타낸 그래프이고,

도 8은 비교예 2와 실시예 5 내지 8에 따른 전계 발광 소자의 전압-휘도 관계를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 본 명세서에서, "족(Group) "은 원소 주기율표의 족을 말한다.

[0034] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0035] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속" 의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.

[0036] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0037] "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.

[0038] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Rb, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0039] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0040] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0041] 일 구현예에서 입자의 입경에 관해서는, 계측법에 의해 수치화하여 집단의 평균 크기를 표현하는 방법이 있지만, 범용적으로 사용되는 것으로 분포의 최대값을 나타내는 모드 직경, 적분 분포 곡선의 중앙값에 상당하는 메디안 직경, 각종 평균 직경(수평균, 길이 평균, 면적 평균, 질량 평균, 체적 평균 등)등이 있고 본 발명에 있어서는 특별히 언급하지 않는 한 평균 입경이란 수평균 직경이고, D50(분포율이 50% 되는 지점의 입경)을 측정한 것을 의미한다.

[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 위치하되, 각 구성요소와의 관계를 고려하여 생략 가능한 정공 주입층(120), 정공 수송층(130) 위에 위치하고 발광체 입자(141)를 포함하는 발광층(140), 발광층(140) 위에 위치하고 전자 수송성을 갖는 나노입자(151)를 포함하는 전자 수송층(150), 및 전자 수송층(150) 위에 위치하는 제2 전극(160)을 포함한다.

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

[0045] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 제2 전극(160)을 통해 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.

[0046] 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.

[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] 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 수

행할 수도 있다.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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-co-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_3 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0059] 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.

[0060] 일 구현예에서 정공 수송층(130)은 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 상기 정공 수송층(130)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-co-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_3 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0061] 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. 특히, PEDOT:PSS, PPV, PVK, TCTA, TPD, NPB, MTDATA, TFB, PFB, poly-TPD 등 고분자 소재의 정공 수송층(130)은 저분자 유기 소재에 비하여, 산소나 수분 등의 유해물질에 대해 상대적으로 내성이 강한 특성을 가지며, 결정화에 대한 높은 저항성을 가질 수 있다.

[0062] 상기 정공 수송층(130)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 이를 통해, 정공 수송층(130)을 간편한 방법으로 발광층(140) 위에 형성할 수 있을 뿐 아니라, 발광층(140)이 소수성을 갖는 경우, 후속 발광층(140) 형성 과정에서 정공 수송층(130)의 손상이 최소화될 수 있도록 정공 수송층(130) 형성에 사용하는 용매로 극성 용매를 선택할 수 있다.

[0063] 예를 들어, PEDOT:PSS 등의 폴리머 막을 성막하는 경우, PEDOT:PSS 전구체 폴리머와 극성 용매(예를 들어, 물, 메탄올, 에탄올, 에틸렌글리콜 등)가 포함된 전구체 용액을 제1 전극(110) 또는 정공 주입층(120) 위에 스핀 코팅(spin-coating)하고, 예컨대, N_2의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 250℃ 내지 300℃의 경화(curing) 온도로 3시간 동안 열처리(thermal treatment)하여 PEDOT:PSS로 이루어진 정공 수송층(130)을 제조하고, 그 위에 소수성을 갖는 발광층(140)을 용이하게 용액 공정을 이용하여 형성할 수 있다.

[0064] 발광층(140)은 정공 수송층(130)의 위에 위치할 수 있으며, 발광체 입자를 포함할 수 있다.

[0065] 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 발광체 입자(141)의 크기에 대응하는 파장의 빛을 발생시킬 수 있다.

[0066] 한편, 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.

[0067] 일 구현예에서, 발광체 입자(141)는 양자점을 포함할 수 있다. 즉, 발광체 입자(141)는 모두 양자점으로 이루어질 수도 있고, 발광체 입자(141) 중 어느 하나는 양자점으로 이루어지고, 다른 하나는 양자점과 구별되는 다른 종류의 발광체, 예를 들면 상업적으로 입수 가능한 형광체 등으로 이루어질 수도 있다.

[0068] 양자점은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 밴드갭 에너지(energy band gap)을 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방사할 수 있다. 즉, 발광체 입자(141)가 모두 양자점으로 이루어질 경우, 발광층(140)은 모두 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.

[0069] 일 구현예에서, 상기 양자점의 소재는 특별히 제한되지 않으며, 공지되었거나 상업적으로 입수 가능한 양자점을 사용할 수 있다. 예를 들어 일 구현예에 따른 발광체 입자(141) 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 발광체 입자(141) 각각은 비 카드뮴계 양자점일 수 있다. 이와 같이 발광체 입자(141) 모두 비 카드뮴계 소재로 이루어진 양자점일 경우, 기존 카드뮴계 양자점 대비 독성이 없어 인체에 무해하고 환경 친화적이다.

[0070] 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.

[0071] 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).

[0072] 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.

[0073] 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.

[0074] 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 이를 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.

[0075] 일 구현예에서 발광체 입자는 코어-쉘 구조를 가질 수 있다. 발광체 입자가 코어-쉘 구조를 가질 경우, 코어보다 쉘을 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 쉘을 구성하는 경우도 코어에 가까운 쉘보다 코어의 바깥 쪽에 있는 쉘이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] 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.

[0079] 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.

[0080] 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.

[0081] 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.

[0082] 상기 양자점은, 예를 들어 표면에 결합된, 소수성 잔기를 가지는 리간드를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 상기 소수성 잔기를 가지는 리간드는, RCOOH, RNH_2, R_2NH, R_3N, RSH, R_3PO, R_3P, ROH, RCOOR', $RPO(OH)_2$, R_2POOH (여기서, R, R'는 각각 독립적으로 C5 내지 C24의 알킬기, C5 내지 C24의 알케닐기, C5 내지 C20의 지환족기, 또는 C5 내지 C20의 아릴기임), 고분자 유기계 리간드, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 리간드는 단일 작용기(mono-functinoal)의 리간드일 수 있고, 상기 작용기는 양자점 표면에 결합되어 있을 수 있다.

[0083] 상기 양자점이 소수성 잔기를 갖는 리간드를 가질 경우, 일 구현예에 따른 발광체 입자는 양자점에 리간드가 부착되어 전체적으로 소수성을 갖게 된다. 이와 같이 발광체가 양자점과 소수성 리간드를 포함하는 경우, 발광층은 전체적으로 소수성을 띌 수 있다.

[0084] 이와 같이 정공 수송층(130), 전자 수송층(150)과 양자점에 결합되는 리간드의 물성을 고려하여 리간드를 선택함으로써, 발광층(140) 위에 용액 공정을 이용하여 전자 수송층(일반적인 소자 구조의 경우) 또는 전자 수송층(인버티드 소자 구조의 경우)을 형성할 경우, 발광층(140)이 용매에 의해 손상되는 경우를 방지할 수 있다.

[0085] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 발광층(140)과 접촉하는 정공 수송층(130), 전자 수송층(150)의 친수성/소수성을 고려하여 양자점에 부착될 리간드의 종류를 달리 선택(친수성 잔기를 가지는 리간드 또는 소수성 잔기를 가지는 리간드)할 수도 있고, 발광층(140) 위에 형성될 층이 용액 공정을 이용하여 형성하지 않고 증착 등의 방법을 이용하여 형성될 경우 양자점에 부착될 리간드의 종류에 구애받지 않을 수도 있다.

[0086] 전자 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다.

[0087] 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 25 nm 이상, 예를 들어 30 nm 이상, 예를 들어 35 nm 이상, 예를 들어 40 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 55 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하일 수 있으며, 예를 들어 20 nm 내지 100 nm, 예를 들어 30 nm 내지 80 nm, 예를 들어 40 nm 내지 60 nm일 수 있다.

[0088] 전자 수송층(150)의 두께가 20 nm 미만일 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 어려울 우려가 있다.

[0089] 반면, 전자 수송층(150)의 두께가 100 nm을 초과할 경우, 정공 대비 전자가 발광층(140)에 지나치게 빠르게, 및/또는 지나치게 많이 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 우려가 있다.

[0090] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 내부에서 전자의 소광이 발생하지 않도록 전계에 의해 발광하지 않는 비 발광성 전자수송용 물질들로 이루어져 있을 수 있다.

[0091] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 전자수송성을 갖는 나노입자(151)를 포함한다. 상기 나노입자(151)는 전자 수송층(150)에 전자 수송성을 부여하며, 발광성을 나타내지 않는다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 나노입자(151)를 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 나노입자(151)들로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 2 이상의 나노입자(151)들로 이루어진 집합층일 수 있다.

[0092] 도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중 전자수송성을 갖는 나노 입자를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0093] 도 2를 참고하면, 나노입자(151)는 무기산화물 코어(152), 무기산화물 코어(152)의 표면에 부착된 유기 리간드

(153), 및 무기산화물 코어(152)의 표면과 화학적으로 결합되어 있는 금속-유기 화합물(154)를 포함한다.

[0094] 일 구현예에서, 무기산화물 코어(152)는 전자수송성을 나타내는 무기산화물을 포함할 수 있다. 이를 통해 나노입자(151)가 전자수송성을 나타낼 수 있다. 구체적으로, 무기산화물 코어(152)는 하기 화학식 1로 표현될 수 있다.

[0095] [화학식 1]

[0096] M_xO_y

[0097] 상기 화학식 1에서, M은 Zn, Ti, Zr, Sn, W, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, x, y는 각각 1 내지 5 의 정수이다.

[0098] 일 구현예에서, 상기 화학식 1로 표현되는 무기 산화물 코어(152)는 M과 O 각 사이트(site)에서 각각 부분적으로 약한 양전하 및/또는 음전하를 띨 수 있으나, 전체적으로는 전기적 중성을 나타낸다.

[0099] 상기 화학식 1에 속하는 무기산화물 코어(152)의 예시로는 ZnO, TiO_2, ZrO_2, SnO_2, WO_3, Ta_2O_3 등을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0100] 일 구현예에서, 상기 무기산화물 코어(152)는 ZnO로 이루어져 있을 수 있다. 무기산화물 코어(152)가 ZnO로 이루어진 경우, 이를 포함하는 나노입자(151)가 우수한 전자수송성을 나타낼 수 있다.

[0101] 일 구현에서, 유기 리간드(153)는 전술한 무기산화물 코어(152)의 표면에 부착되어 있다. 일 구현예에서 유기 리간드(153)는 전술한 양자점에 부착되는 리간드와는 다른 성질을 가질 수 있다. 예를 들어, 양자점에 부착되는 리간드가 전술한 바와 같이 소수성 잔기를 가지는 경우, 유기 리간드(153)는 친수성 잔기를 가질 수 있다. 이와 같이 양자점에 부착되는 리간드와 무기산화물 코어에 부착되는 유기 리간드(153)가 서로 다른 성질을 가짐으로써, 발광층(140) 위에 용액 공정을 이용하여 전자 수송층(150)을 형성하더라도 전자 수송층 형성용 조성물 내 용매에 의해 발광층(140)이 손상되는 것을 최소화할 수 있다.

[0102] 일 구현예에서, 친수성을 갖는 유기 리간드(153)의 예시로는 아세테이트, 아크릴레이트, 프로피오네이트, 메톡시, 에톡시, 부톡시, 이들의 유도체, 또는 이들의 조합을 들 수 있다.

[0103] 일 구현예에서, 금속-유기 화합물(154)은 무기산화물 코어(152)의 표면과 화학적으로 결합되어 있다. 이와 같이 금속-유기 화합물(154)과 무기산화물 코어(152) 간 결합이 화학적인 경우, 무기산화물 코어에 금속-유기 화합물이 단순히 물리적으로 흡착 및/또는 부착된 경우와 달리 나노입자(151)가 변화된 전자수송성을 나타낸다.

[0104] 구체적으로, 일 구현예와 같이 금속-유기 화합물(154)이 무기산화물 코어(152)의 표면에 화학적으로 결합될 경우, 금속-유기 화합물 없이 무기산화물 코어만 존재하는 경우 대비 감소된 전자 이동도를 나타낸다. 이에 따라, 금속-유기 화합물(154)이 무기산화물 코어(152)의 표면에 화학적으로 결합된 나노입자(151)를 이용하면 전계 발광 소자(10) 내 정공과 전자의 캐리어 밸런스를 맞추기 용이하다.

[0105] 일 구현예에서, 발광층(140)과 상기 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지 준위의 차이는 발광층(140)과 일반적인 무기산화물 코어만 존재하는 경우(예를 들어 ZnO 무기산화물 코어)의 LUMO 에너지 준위의 차이보다 크게 조절될 수 있다.

[0106] 이에 따라 상기 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지 준위는 일반적인 무기산화물 코어만 존재하는 경우 대비 낮는 값을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지 준위는 4.36 eV 초과, 예를 들어 4.37 eV 이상일 수 있고, 예를 들어 5.0 eV 이하, 예를 들어 4.9 eV 이하, 예를 들어 4.8 eV 이하, 예를 들어 4.7 eV 이하일 수 있으며, 예를 들어 4.36 eV 초과 5.0 eV 이하를 만족할 수 있다.

[0107] 상기 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지 준위는 X선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)을 이용하여 측정되었고, 구체적으로 Versaprobe surface analysis instrument (PHI5000, Ulvac-phi 社 제조)를 이용하여 측정된 결과이다.

[0108] 상기 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지 준위는 구체적인 측정 방법 및/또는 측정기기에 따라 약간의 오차 (±0.2 eV 이내)가 있을 수는 있으나, 전술한 측정 방법 및 측정기기를 이용하여 측정할 경우 전술한 범위를 만족한다. 따라서 전자 수송층이 전술한 측정 방법 및 측정기기를 사용하여 전술한 LUMO 에너지 준위 범위를 만족하는 경우, 이는 본 발명의 범위에 속하는 것이다.

[0109] 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)은 무기산화물 코어(152)의 우수한 전자수송성을 크게 저하시키지

않을 수 있도록, 특정 금속의 군에서 선택된 것일 수 있다. 상기 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속의 예시로는 Zn, Mg, Al, In, Ga 또는 이들의 조합을 들 수 있다.

[0110] 일 구현예에서, 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)은 무기산화물 코어(152)에 포함된 금속과 동종의 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어, 무기산화물 코어(152)가 ZnO로 이루어지고, 금속-유기 화합물(154)이 Zn을 포함할 수 있다.

[0111] 단, 일 구현예가 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)의 종류는 무기산화물 코어(152)에 포함된 금속과 상이한 금속들을 더 포함할 수도 있고, 무기산화물 코어(152)에 포함된 금속과 상이한 금속들로 이루어져 있을 수도 있다.

[0112] 일 구현예에서, 금속-유기 화합물(154)은 금속(154a) 부분이 무기산화물 코어(152)와 화학적으로 결합을 이루고 있을 수 있다. 예를 들어, 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)은 무기산화물 코어(152) 내부 산소 원자와 화학적으로 결합을 형성할 수 있다.

[0113] 일반적으로 무기산화물로 이루어진 입자들의 경우, 내부 금속과 산소 원자가 번갈아 가며 결합을 이루고 있으며, 예컨대 무기산화물 코어가 ZnO으로 이루어진 경우, 상기 ZnO 코어의 표면은 -(Zn-O)-와 같은 화학 구조가 반복된다. 일 구현예에 따른 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)은 상기 -(Zn-O)- 화학 구조 내 산소 원자와 이온 결합, 공유 결합, 및 이온 결합과 공유 결합이 혼성된 혼성 결합 중 어느 하나의 화학 결합을 형성할 수 있다.

[0114] 이와 같이 금속-유기 화합물(154)에 포함된 금속(154a)을 통해 무기산화물 코어(152)와 화학적으로 결합을 형성할 경우 무기산화물 코어(152)의 에너지 준위 조절이 가능한 것은 물론, 상기 화학 결합을 통하여 무기산화물 코어(152) 표면에 존재하던 결함(defect)들을 제거할 수 있다.

[0115] 한편, 일 구현예에서, 금속-유기 화합물(154)과 유기 리간드(153) 중 적어도 하나는 친수성 잔기를 가질 수 있다. 예를 들어, 유기 리간드(153)가 소수성 잔기를 가질 경우에도, 금속-유기 화합물(154)은 친수성 잔기를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 금속-유기 화합물(154) 중 유기 화합물(154b)에 해당하는 부분은 친수성 잔기를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 유기 화합물(154b) 부분은 친수성 잔기로 이루어져 있을 수 있다.

[0116] 상기 친수성 잔기로는 카복실레이트 (carboxylate) 잔기를 들 수 있다. 일 구현예에서, 카복실레이트 잔기는 아세테이트 잔기, 프로피오네이트 잔지, 아크릴레이트 잔기, 또는 이들의 조합을 포함하는 것일 수 있다.

[0117] 카복실레이트 잔기는 금속과 이온 결합을 이루기 용이한 한편, 상기 금속 부분을 무기산화물 코어(152) 표면에 결합시킴으로써 금속-유기 화합물(154)에 친수성을 부여할 수 있다. 또한, 나노입자(151)에 함유되는 카복실레이트 잔기의 함량을 조절함으로서 나노입자(151)의 에너지 준위를 조절할 수 있다. 구체적으로, 카복실레이트 잔기는 전술한 바와 같이 무기산화물 코어(152)의 LUMO 에너지 준위를 감소시켜 줄 수 있다. 이를 통해 정공이 발광층(140)으로부터 전자 수송층(150)을 향해 이동하는 데에 대한 에너지 장벽을 높임으로써 전계 발광 소자(10) 내부 전자/정공 캐리어 밸런스를 맞출 수 있다.

[0118] 일 구현예에서, 상기 무기산화물 코어는 ZnO로 이루어지고, 상기 금속-유기 화합물은 징크-아세테이트 (Zn-Acetate) 화합물을 포함할 수 있다. 보다 상세히, 상기 금속-유기 화합물은 징크-아세테이트 (Zn-Acetate) 화합물일 수 있다.

[0119] 도 3은 일 변형예에 따른 전계 발광 소자 중 전자수송성을 갖는 나노 입자를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0120] 한편, 도 3을 참고하면, 일 변형예에 따른 나노입자(151')는 무기산화물 코어(152)에 표면에 부착된 유기 리간드(153) 및 금속-유기 화합물(154) 외에 추가로 카복실레이트 리간드(155)를 더 포함하고 있을 수 있다.

[0121] 카복실레이트 리간드(155)는 무기산화물 코어(152) 표면에 부착되어 있을 수 있다. 카복실레이트 리간드(155)는 전술한 유기 리간드(153)와 같이 나노입자(151')의 리간드로 기능할 수 있다.

[0122] 일 변형예에서, 카복실레이트 리간드(155)는 무기산화물 코어(152)와 화학적으로 결합을 이루고 있을 수 있다. 예를 들어, 카복실레이트 리간드(155)의 산소 부분은 무기산화물 코어(152) 내부의 금속과 화학 결합을 이루고 있을 수 있다.

[0123] 일 변형예에서, 상기 카복실레이트 리간드(155)는 금속-유기 화합물(154)에 포함된 카복실레이트 잔기로부터 유래한 것일 수 있다. 예를 들어, 카복실레이트 리간드(155)는 금속-유기 화합물(154)을 무기산화물 코어(152)에 부착시키는 과정에서 이온화된 카복실레이트 음이온 중 일부가 무기산화물 코어(152) 표면과 화학 결합을 형성

한 것일 수 있다.

[0124] 이와 같이 일 변형예는 금속-유기 화합물(154)을 나노 입자(151')에 화학적으로 결합시키는 과정에서 카복실레이트 리간드(155)를 나노 입자(151')에 더 부착시키므로, 나노 입자(151')의 표면 결함을 더욱 줄일 수 있다.

[0125] 일 구현예에서, 상기 전자수송성을 갖는 나노입자의 총 함량을 기준으로, 상기 금속-유기 화합물은 예를 들어 1 중량% 이상, 예를 들어 1.5 중량% 이상, 예를 들어 1.7 중량% 이상, 예를 들어 2 중량% 이상, 예를 들어 5 중량% 이상, 예를 들어 7 중량% 이상, 예를 들어 10 중량% 이상 포함되어 있을 수 있고, 예를 들어 40 중량% 이하, 예를 들어 35 중량% 이하, 예를 들어 30 중량% 이하 포함되어 있을 수 있으며, 예를 들어 1 중량% 내지 40 중량% 포함되어 있을 수 있다.

[0126] 금속-유기 화합물(154)이 전자수송성을 갖는 나노입자의 총 함량 대비 1 중량% 미만일 경우, 무기산화물 코어(152)에 금속-유기 화합물(154)이 충분히 결합되지 못하여 무기산화물 코어(152) 표면의 결함을 최소화하기 어렵고, 나노 입자(151)의 에너지 준위를 조절하기 어려울 우려가 있다.

[0127] 한편, 금속-유기 화합물(154)이 전자수송성을 갖는 나노입자의 총 함량 대비 40 중량%을 초과할 경우, 금속-유기 화합물(154)에 의한 무기산화물 코어(152)의 전자수송성이 과도하게 저하될 우려가 있다.

[0128] 전자 수송층용 재료로 일반적으로 사용되는 ZnO의 경우, Cd을 포함한 양자점과 조합하여 사용할 경우에만 높은 효율을 나타내고 있다. 다만, Cd를 포함하지 않는 양자점의 전자 수송층용 재료로 ZnO를 사용할 경우 ZnO의 이동도가 발광층이나 다른 부대층들(정공 수송층, 정공 주입층 등) 대비 매우 빠른 편이므로, 각 구성요소들 간의 에너지 준위나 이동도를 고려하여 전계 발광 소자 전체의 전하 캐리어 밸런스를 조절해야 할 필요가 있다.

[0129] 한편, ZnO의 표면에는 결함들이 존재하며, 발광층(140)으로 수송되어온 정공들은 상기 ZnO의 표면 결함들을 통해 전자 수송층(150)으로 이동할 수 있다. 즉, ZnO의 표면 결함은 정공 누설(hole leakeage) 경로로 작용할 우려가 있으며, 전자 수송층(150) 내부로 진입한 정공은 발광층(140)으로 되돌아가지 못하고 소광(quench)되어 버릴 우려가 있다.

[0130] 그러나, 일 구현예에 따른 금속-유기 화합물(154)은 전술한 바와 같이 무기 산화물 코어(152)의 표면에 화학적으로 결합되어 있으므로, 유기 리간드(153)와 함께 무기 산화물 코어(152)의 표면 결함을 최소화할 수 있다. 따라서 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 표면 결함이 최소화된 나노입자(151)들을 이용하여 전자 수송층(150)을 형성할 수 있다. 즉, 일 구현예에 따르면 소자 효율이 개선된 전계 발광 소자(10)를 제공할 수 있다.

[0131] 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.

[0132] 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.

[0133] 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_3, Gaq_3, Inq_3, Znq_2, $Zn(BTZ)_2$, $BeBq_2$, 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_2 등), Bphen, ABH113, NET218, NET338, NET430 NDN77, NDN87, 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0134] 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 아니다.

[0135] 상기 전자 주입층 및/또는 정공 차단층은 전술한 전자 수송층(150)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.

[0136] 이와 같이 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전자 수송층(150)에 포함된 나노입자(151)가 금속-유기 화합물(154)을 함유함에 따라 내부 정공 누설 경로를 차단하여 소자 효율을 개선하는 한편, 금속-유기 화합물(154)을 이용하여 전자 수송층(150)의 전하 캐리어 밸런스를 용이하게 조절할 수 있다.

[0137] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.

[0138] 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.

[0139] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.

[0140] 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.

[0141] 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.

[0142] 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.

[0143] 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.

[0144] 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.

[0145] 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.

[0146] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 향상된 소자 효율을 나타내므로, 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0148] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.

[0149] <u>합성예 1</u>

[0150] 징크 아세테이트 다이하이드레이트(zinc acetate dihydrate) 3 mmol, 및 다이메틸설폭사이드 30 mL를 반응기에 넣고 녹이고, 테트라메틸암모늄 하이드록시드 펜타하이드레이트 (tetramethylammonium hydroxide pentahydrate, TMAH) 5.5 mmol을 10 mL 에탄올에 녹인 후 상기 반응기에 투입한다. 1시간 교반 후 얻어진 ZnO 파우더(ZnO 코어)를 에탄올 10ml에 분산한다. 이후, ZnO 파우더가 함유된 에탄올에 징크 아세테이트 (zinc acetate) 0.03 mmol을 투입한 후, 상온에서 교반하여 ZnO 코어에 징크 아세테이트를 화학적으로 결합시킴으로써, 나노 입자 (평균 입경 = 3.7 nm, 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량 = 1.7 중량%)가 분산된 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0151] <u>합성예 2</u>

[0152] 얻어진 나노 입자의 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량이 7 중량%이 되도록 징크 아세테이트의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 전술한 합성예 1과 동일한 방법으로 합성예 2에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0153] <u>합성예 3</u>

[0154] 얻어진 나노 입자의 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량이 5 중량%이 되도록 징크 아세테이트의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 전술한 합성예 1과 동일한 방법으로 합성예 3에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0155] 합성예 4

[0156] 얻어진 나노 입자의 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량이 10 중량%이 되도록 징크 아세테이트의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 전술한 합성예 1과 동일한 방법으로 합성예 4에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0157] 합성예 5

[0158] 얻어진 나노 입자의 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량이 20 중량%이 되도록 징크 아세테이트의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 전술한 합성예 1과 동일한 방법으로 합성예 5에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0159] 합성예 6

[0160] 얻어진 나노 입자의 나노 입자 총량 대비 징크 아세테이트의 함량이 40 중량%이 되도록 징크 아세테이트의 투입량을 조절하는 것을 제외하고는 전술한 합성예 1과 동일한 방법으로 합성예 6에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0161] 비교합성예

[0162] 징크 아세테이트 다이하이드레이트(zinc acetate dihydrate) 3 mmol, 및 다이메틸설폭사이드 30 mL를 반응기에 넣고 녹이고, 테트라메틸암모늄 하이드록시드 펜타하이드레이트 (tetramethylammonium hydroxide pentahydrate, TMAH) 5.5 mmol을 10 mL 에탄올에 녹인 후 상기 반응기에 투입 후 1시간 교반하여 ZnO 나노 입자 (평균 입경 = 3.7 nm) 을 얻는다. 얻어진 ZnO 나노 입자를 에탄올에 분산시켜 비교합성예에 따른 전자 수송층용 용액을 제조한다.

[0163] 실시예 1

[0164] 제1 전극(애노드)인 ITO (WF: 4.8eV)가 증착된 유리기판에 UV-오존으로 표면 처리를 15분간 수행한 후, 폴리[(9,9-디옥틸플루오레닐-2,7-디일-코(4,4'-(N-4-부틸페닐)디페닐아민] 용액 (TFB)(Sumitomo)을 스핀 코팅하고 150도에서 30분간 열처리하여 25nm 두께의 정공 주입층(HOMO: 5.6eV, LUMO: 2.69eV)을 형성한다.

[0165] 이어서 정공 주입층 위에 PEDOT:PSS 용액(H.C. Starks)을 스핀 코팅하고 Air 분위기에서 150℃에서 10분간 열처리하고, 다시 N_2 분위기에서 150℃에서 10분간 열처리하여 25nm 두께의 정공 수송층을 형성한다.

[0166] 이어서 소수성 리간드로 올레이트계 리간드가 부착된 청색 양자점(직접 제조)과 바인더가 옥탄에 분산된 발광층 형성용 조성물을 코팅 후 80℃에서 가열하여 25 nm 두께를 갖는 청색 발광층 (HOMO: 5.7 eV, LUMO: 3.0 eV)을 형성한다.

[0167] 이어서 청색 발광층 위에 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액을 스핀 코팅하고 80℃에서 30분간 열처리하여 45m 두께의 전자 수송층 (HOMO: 7.9 eV, LUMO: 4.4 eV)을 형성한다. 이어서 전자 보조층 위에 알루미늄(Al) 90 nm를 진공 증착하여 제2 전극을 형성함으로써 실시예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0168] 실시예 2

[0169] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 4에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.0 eV, LUMO: 4.5 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0170] 실시예 3

[0171] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 5에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.3 eV, LUMO: 4.8 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 3에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0172] 실시예 4

[0173] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 6에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.5 eV, LUMO: 5.0 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 4에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0174] 실시예 5

[0175] 소수성 리간드로 올레이트계 리간드가 부착된 적색 양자점(직접 제조)과 바인더가 옥탄에 분산된 발광층 형성용 조성물을 코팅 후 80℃에서 가열하여 25 nm 두께를 갖는 적색 발광층 (HOMO: 5.6eV, LUMO: 3.6 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 실시예 5에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0176] 실시예 6

[0177] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 4에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.0 eV, LUMO: 4.5 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 5와 동일한 방법으로 실시예 6에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0178] 실시예 7

[0179] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 5에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.3 eV, LUMO: 4.8 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 5와 동일한 방법으로 실시예 7에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0180] 실시예 8

[0181] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 합성예 6에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 8.5 eV, LUMO: 5.0 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 5와 동일한 방법으로 실시예 8에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0182] 비교예 1

[0183] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 비교합성예에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 7.8 eV, LUMO: 4.3 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 비교예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0184] 비교예 2

[0185] 합성예 3에서 얻은 전자 수송층용 용액 대신 비교합성예에서 얻은 전자 수송층용 용액을 사용하여 전자 수송층(HOMO: 7.8 eV, LUMO: 4.3 eV)을 형성하는 것을 제외하고는, 실시예 5와 동일한 방법으로 비교예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0186] 평가 1

[0187] ITO 기판 위에 합성예 1 내지 합성예 2 및 비교합성예에서 얻은 전자 수송층용 용액을 각각 40 nm 의 두께로 스핀 코팅하고 80℃에서 30분간 열처리하여 박막을 형성한다. 이어서 X선 광전자 분광기 (X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)로 Versaprobe surface analysis instrument (PHI5000, Ulvac-phi 社 제조)을 이용하여 각 박막의 HOMO 및 LUMO 에너지 준위를 측정하여, 도 4에 나타낸다.

[0188] 도 4는 합성예 1 내지 합성예 2와 비교합성예에 따른 전자수송층용 용액을 이용하여 제조된 박막의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸 것이다.

[0189] 도 4를 참고하면, ZnO 나노 입자에 유기 리간드와 징크 아세테이트를 화학적으로 결합시킨 합성예 1 내지 합성예 2에 따른 박막이 유기 리간드와 징크 아세테이트가 존재하지 않는 비교합성예 대비 더 낮은 LUMO 에너지 준위를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, 합성예 1과 합성예 2의 LIMO 에너지 준위 비교를 통해, 징크 아세테이트 함량이 증가할수록 LUMO 에너지 준위가 더 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

[0190] 평가 2

[0191] 실시예 1 내지 실시예 8과 비교예 1 내지 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율 및 전압-휘도 특성을 평가하여 도 5 내지 도 8에 각각 나타내었다.

[0192] 도 5는 비교예 1과 실시예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율(External Quantum

Efficiency, EQE) 관계를 나타낸 그래프이고,

[0193] 도 6은 비교예 1과 실시예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 전압-휘도 관계를 나타낸 그래프이고,

[0194] 도 7은 비교예 2와 실시예 5 내지 8에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부양자효율(External Quantum Efficiency, EQE) 관계를 나타낸 그래프이며,

[0195] 도 8은 비교예 2와 실시예 5 내지 8에 따른 전계 발광 소자의 전압-휘도 관계를 나타낸 그래프이다.

[0196] 도 5 내지 도 8을 참고하면, ZnO 코어에 유기 리간드와 징크 아세테이트를 화학적으로 결합시킨 실시예 1 내지 실시예 8이, 유기 리간드와 징크 아세테이트가 존재하지 않는 비교예 1 내지 비교예 2 대비 우수한 휘도-외부양자효율 및 전압-휘도 관계를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0197] 또한, 실시예 1 내지 실시예 4와 실시예 5 내지 실시예 8로부터, 나노 입자 내 징크 아세테이트 함량이 증가할수록 우수한 휘도-외부양자효율과 전압-휘도 관계를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0198] 도 5와 도 8의 결과로부터, 전자 수송층으로 ZnO 코어에 유기 리간드와 징크 아세테이트를 화학적으로 결합시킨 나노입자를 사용할 경우 누설 전류를 방지하고 전하 캐리어 밸런스를 개선함으로써 전계 발광 소자의 소자 특성을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[0199] 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

[0200] 10: 전계 발광 소자   100: 기판

110: 제1 전극   120: 정공 주입층

130: 정공 수송층   140: 발광층

141: 발광체 입자   150: 전자 수송층

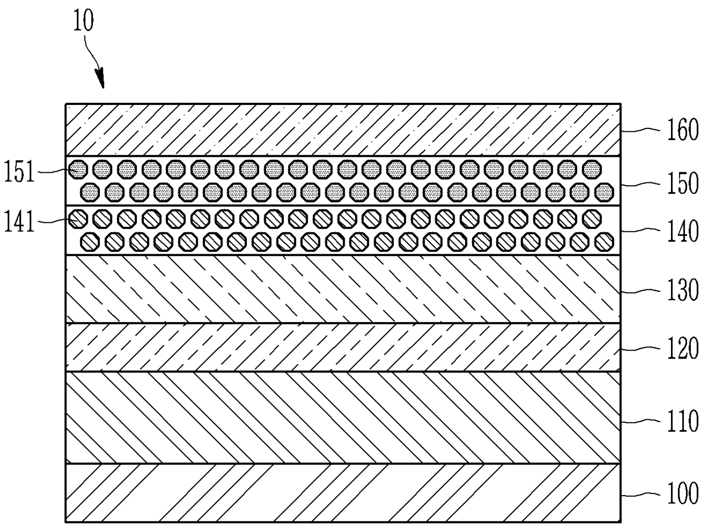
151: 나노입자   152: 코어

153: 유기 리간드   154: 금속-유기 화합물

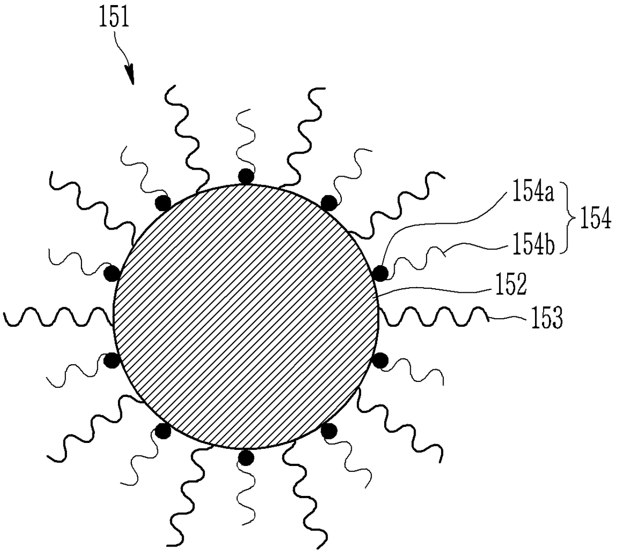
160: 제2 전극

도면

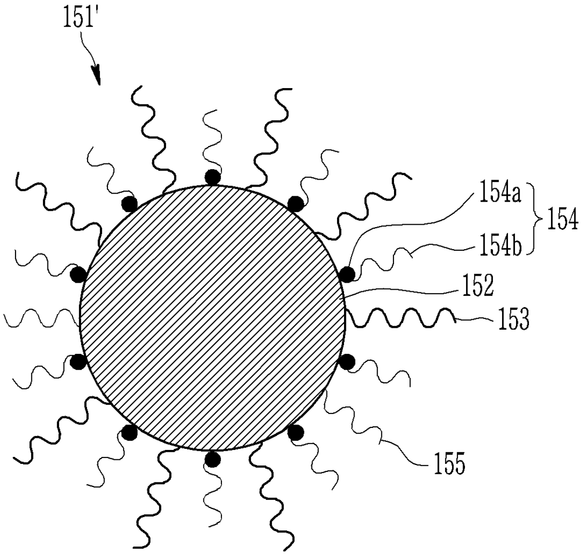
도면1



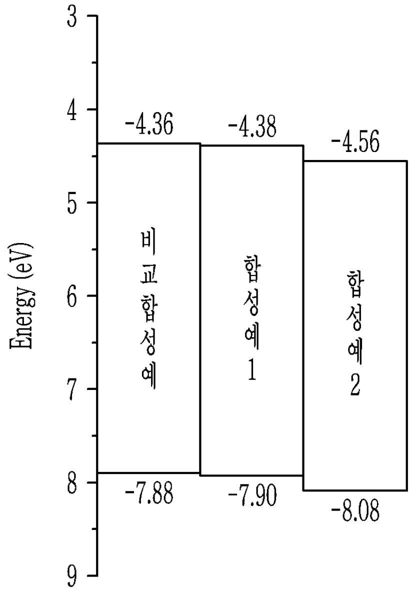
도면2



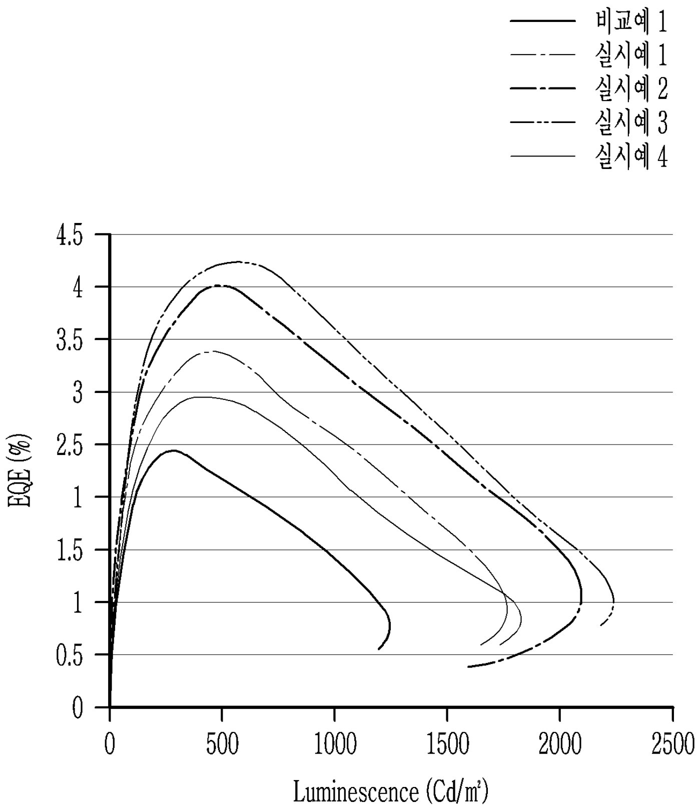
도면3



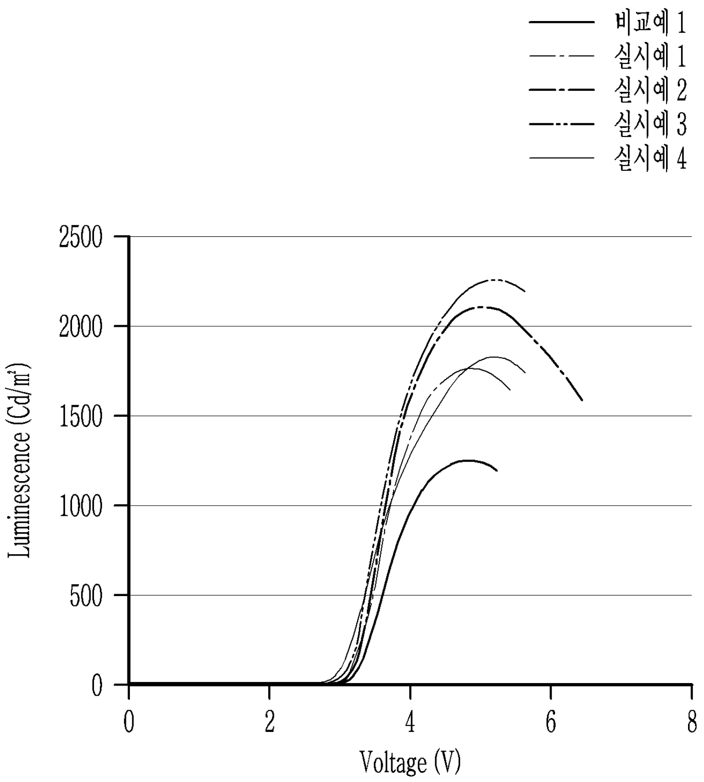
도면4


3
4
5
6
7
8
9
Energy (eV)
-4.36
-4.38
-4.56
비교합성예
합성예 1
합성예 2
-7.88
-7.90
-8.08

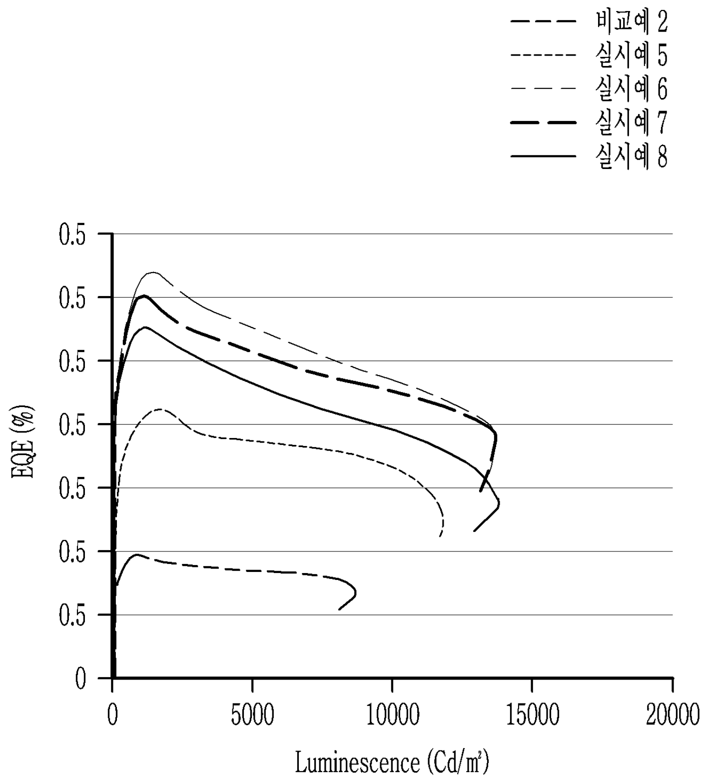
도면5


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

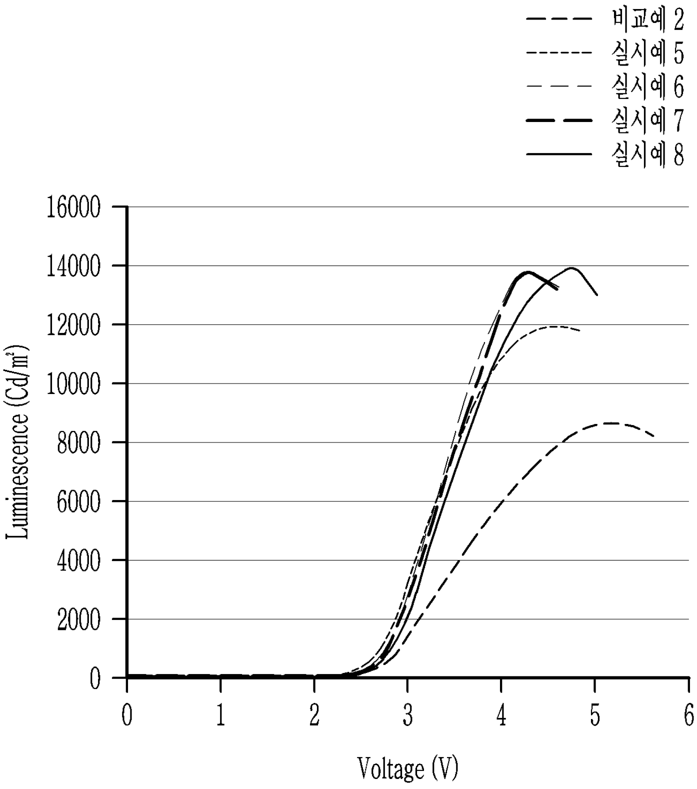
도면6


비교예 1
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
2500
2000
1500
1000
500
0
Luminescence (Cd/m²)
0
2
4
6
8
Voltage (V)

도면7


비교예 2
실시예 5
실시예 6
실시예 7
실시예 8
0.5
0.5
0.5
0.5
0.5
0.5
0.5
0
EQE (%)
0
5000
10000
15000
20000
Luminescence (Cd/m²)

도면8

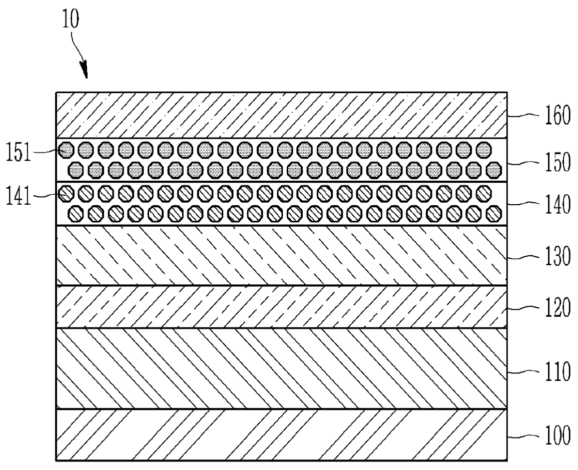

비교예 2
실시예 5
실시예 6
실시예 7
실시예 8
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Luminescence (Cd/㎡)
0
1
2
3
4
5
6
Voltage (V)

patsnap

专利名称(译)	电致发光器件及其显示装置

公开(公告)号	KR1020200021726A	公开(公告)日	2020-03-02
申请号	KR1020180097450	申请日	2018-08-21

[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	박건수 김광희 김태호 장은주 윤원식
发明人	박건수 김광희 김태호 장은주 윤원식
IPC分类号	H01L51/50 C09K11/02
CPC分类号	H01L51/502 C09K11/02 H01L51/5012 H01L51/5088 H01L2251/303 H01L2251/5369 H01L51/0039 H01L51/005 H01L51/5004 H01L51/5056 H01L51/5072
外部链接	Espacenet

摘要(译)

提供一种电致发光元件,其制造方法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。 空穴传输层设置在第一电极上; 设置在空穴传输层上并包括发光粒子的发光层; 电子传输层,其包括置于发光层上并具有电子传输性能的纳米颗粒; 以及具有第二电极的第二电极,其中具有电子传输性能的纳米粒子包括由以下化学式1,表示的无机氧化物核,附着在该无机氧化物核的表面上的有机配体,以及金属有机化合物。 化学键合到无机氧化物核的表面。 [式1] M_xO_y在详细描述中描述化学式1的描述。