



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0079111
(43) 공개일자 2019년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/502 (2013.01)
H01L 27/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0181077
(22) 출원일자 2017년12월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김성우
경기도 화성시 동부대로 952, 1715동 203호 (오산동, 남해오네뜨 더 테라스)
김태호
경기도 성남시 분당구 판교원로82번길 60, 1412동 1501호 (운중동, 산운마을)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

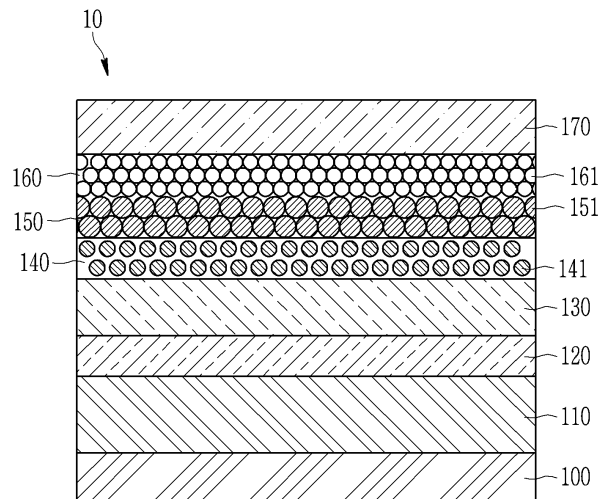
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치

(57) 요약

전계 발광 소자와, 그 제조 방법, 및 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다. 전계 발광 소자는 제1 전극, 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층, 정공 수송층의 위에 위치하며, 2 이상의 발광체 입자들을 포함하는 발광층, 발광층 위에 위치하며, 2 이상의 무기-유기 복합 입자들로 이루어진 제1 전자 수송층, 제1 전자 수송층 위에 위치하며, 2 이상의 무기산화물 입자들을 포함하는 제2 전자 수송층, 및 제2 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고, 제1 전자 수송층은 상기 제2 전자 수송층보다 낮은 일함수(work function)를 갖는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/5004 (2013.01)

H01L 51/5056 (2013.01)

H01L 51/5072 (2013.01)

(72) 발명자

박건수

경기도 성남시 분당구 동판교로 155, 709동 601호
(삼평동, 붓들마을)

김찬수

서울특별시 강북구 오패산로30길 30, 107동 2004호
(미아동, 경남아너스빌)

장은주

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

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층;

상기 정공 수송층의 위에 위치하며, 2 이상의 발광체 입자들을 포함하는 발광층;

상기 발광층 위에 위치하며, 2 이상의 무기-유기 복합 입자들로 이루어진 제1 전자 수송층;

상기 제1 전자 수송층 위에 위치하며, 2 이상의 무기산화물 입자들을 포함하는 제2 전자 수송층; 및

상기 제2 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고,

상기 제1 전자 수송층은 상기 제2 전자 수송층보다 낮은 일함수(work function)를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,

상기 무기-유기 복합 입자는 무기물 코어, 및 상기 무기물 코어의 표면에 결합되어 있는 2 이상의 유기 고분자를 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 3

제2항에서,

상기 유기 고분자는 상기 제1 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 3 중량% 내지 20 중량% 함유되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 4

제2항에서,

상기 유기 고분자는 이민계 화합물, 알코올 화합물, 아크릴 화합물, 글라이콜 화합물 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제2항에서,

상기 무기물 코어는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 6

제1항에서,

상기 무기물 코어의 평균 입경은 100 nm 이하인, 전계 발광 소자.

청구항 7

상기 제1 전자 수송층과 제2 전자 수송층의 루모(LUMO) 에너지 준위 차이는 0 초과 0.5 eV 이하인, 전계 발광 소자.

청구항 8

제1항에서,

상기 제2 전자 수송층은 상기 제1 전자 수송층의 바로 위에 위치하는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제1항에서,

상기 제1 전자 수송층은 5 nm 내지 25 nm 의 두께를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 10

제1항에서,

상기 제2 전자 수송층은 15 nm 내지 35 nm 의 두께를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제1항에서,

상기 제2 전자 수송층은 상기 2 이상의 무기산화물 입자들로 이루어진 것인, 전계 발광 소자.

청구항 12

제1항에서,

상기 무기산화물 입자는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 13

제1항에서,

상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1항에서,

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

청구항 15

제1항에서,

상기 제1 전자 수송층은 상기 제2 전자 수송층보다 높은 루모(LUMO) 에너지 준위를 가지고,

상기 발광층은 상기 제1 전자 수송층 이상의 루모(LUMO) 에너지 준위를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 16

제1항 내지 제15항 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, 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 전자 수송성을 개선함으로써 발광 효율이 향상된 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, 2 이상의 발광체 입자들을 포함하는 발광층;

[0007] 상기 발광층 위에 위치하며, 2 이상의 무기-유기 복합 입자 들로 이루어진 제1 전자 수송층; 상기 제1 전자 수송층 위에 위치하며, 2 이상의 무기산화물 입자들을 포함하는 제2 전자 수송층; 및 상기 제2 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전자 수송층은 상기 제2 전자 수송층보다 낮은 일함수(work function)를 가지는 전계 발광 소자가 제공된다.

[0008] 상기 무기-유기 복합 입자는 무기물 코어, 및 상기 무기물 코어의 표면에 결합되어 있는 2 이상의 유기 고분자를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 유기 고분자는 상기 제1 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 3 중량% 내지 20 중량% 함유 되어 있을 수 있다.

[0010] 상기 유기 고분자는 이민계 화합물, 이민계 화합물, 알코올 화합물, 아크릴 화합물, 글라이콜 화합물, 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 무기물 코어는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 무기물 코어의 평균 입경은 100 nm 이하일 수 있다.

[0013] 상기 제1 전자 수송층과 제2 전자 수송층의 루모(LUMO) 에너지 준위 차이는 0 초과 0.5 eV 이하일 수 있다.

[0014] 상기 제2 전자 수송층은 상기 제1 전자 수송층의 바로 위에 위치할 수 있다.

[0015] 상기 제1 전자 수송층은 5 nm 내지 25 nm 의 두께를 가질 수 있다.

[0016] 상기 제2 전자 수송층은 15 nm 내지 35 nm 의 두께를 가질 수 있다.

[0017] 상기 제2 전자 수송층은 상기 2 이상의 무기산화물 입자들로 이루어진 것일 수 있다.

[0018] 상기 무기산화물 입자는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가질 수 있다.

[0020] 상기 발광체 입자 각각은 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd를 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 제1 전자 수송층은 상기 제2 전자 수송층보다 높은 루모(LUMO) 에너지 준위를 가지고, 상기 발광층은 상기 제1 전자 수송층 이상의 루모(LUMO) 에너지 준위를 가질 수 있다.

[0022] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0023] 누설 전류가 방지되고 전자 수송성이 개선됨으로써 발광 효율이 향상된 전계 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0024] 또한, 전술한 바와 바와 같이 발광 효율이 향상된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸 것이고,

도 3은 도 1에 따른 전계 발광 소자의 무기-유기 복합 입자를 확대하여 나타낸 개략도이고,

도 4는 일반적인 ZnO 집합층 표면의 주사 전자 현미경 이미지를 나타낸 것이고,

도 5는 일 구현예에 따른 제1 전자 수송층 표면의 주사 전자 현미경 이미지를 나타낸 것이고,

도 6은 제조예에 따른 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 비교제조예에 따른 ZnO 집합층 형성용 조성물 각각의 파장-흡수율 곡선을 나타낸 것이고,

도 7은 실시예 1 내지 4와 비교예에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류 밀도 곡선을 나타낸 것이고,

도 8은 실시예 1 내지 4와 비교예에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율(External Quantum Efficiency, EQE) 곡선을 나타낸 것이고,

도 9는 실시예 1 내지 4와 비교예에 따른 전계 발광 소자의 전압-외부 양자 효율 곡선을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.

[0029] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0030] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속"의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.

[0031] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0032] "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.

[0033] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Ru, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0034] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0035] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.

[0036] 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 상당하

는 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.

[0037] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

[0038] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110), 제1 전극(110) 위에 위치한 정공 주입층(120), 정공 주입층(120)의 위에 위치한 정공 수송층(130), 정공 수송층(130) 위에 위치하고 2 이상의 발광체 입자(141)들을 포함하는 발광층(140), 발광층(140) 위에 위치하며, 무기-유기 복합 입자(151)들로 이루어진 제1 전자 수송층(150), 제1 전자 수송층(150) 위에 위치하며, 2 이상의 무기산화물 입자(161)들을 포함하는 제2 전자 수송층(160), 및 제2 전자 수송층(160) 위에 위치하는 제2 전극(170)을 포함한다.

[0039] 즉, 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 제1 전자 수송층(150), 및 제2 전자 수송층(160)이 배치되어 있는 적층형 구조를 갖는다.

[0040] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 제2 전극(170)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.

[0041] 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.

[0042] 일 구현예에서, 제1 전극(110)은 폴리브덴 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.

[0043] 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.

[0044] 일 구현예에서 기판(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 배치된 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 제1 전자 수송층(150), 및 제2 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.

[0045] 제2 전극(170)은 광학적으로 투명한 물질로서, 발광층(140)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, 폴리브덴 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.

[0046] 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.

[0047] 일 구현예에 따르면, 정공 주입층(120)은 제1 전극(110)과 정공 수송층(130) 사이에 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.

[0048] 한편, 정공 주입층(120)은 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

- [0049] (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, MoO₃ 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0050] 정공 수송층(130)은 제1 전극(110)의 위, 제1 전극(110)과 발광층(140)의 사이, 및/또는 정공 주입층(120)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.
- [0051] 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 전술한 정공 주입층(120)과 마찬가지로 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, MoO₃ 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0052] 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, 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.
- [0053] 상기 정공 수송층(130)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 전극(110) 위에 PPV 등의 폴리머 막을 성막하는 경우, PPV 전구체 폴리머와 메탄올 유기 용매가 포함된 전구체 용액을 제1 전극(110) 위에 스핀 코팅(spin-coating)하고, 예컨대, N₂의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 250℃ 내지 300℃의 경화(curing) 온도로 3시간 동안 열처리(thermal treatment)함으로써 PPV 박막으로 이루어진 정공 수송층(130)을 얻을 수 있다.
- [0054] 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자들을 포함할 수 있다. 발광층(140)은 제1 전극(110)과 제2 전극(170)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.
- [0055] 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.
- [0056] 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.
- [0057] 양자점은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 밴드갭 에너지(energy band gap)를 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방출할 수 있다. 즉, 발광체 입자(141)가 모두 양자점으로 이루어질 경우, 발광층(140)은 모두 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.
- [0058] 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, Cd를 포함하지 않는 I

족-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.

[0059] 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.

[0060] 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).

[0061] 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-VI족 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.

[0062] 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.

[0063] 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 중심으로 갈수록 낮아지는 농도 구배(gradient)를 가질 수 있다. 또한, 상기 양자점은 하나의 반도체 나노결정 코어와 이를 둘러싸는 다층의 셸을 포함하는 구조를 가질 수도 있다. 이때 다층의 셸 구조는 2층 이상의 셸 구조를 가지는 것으로 각각의 층은 단일 조성 또는 합금 또는 농도 구배를 가질 수 있다.

[0064] 일 구현예에서 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가질 수 있다. 발광체 입자가 코어-셸 구조를 가질 경우, 코어보다 셸을 구성하는 물질 조성이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되지는 않는다. 한편, 다층의 셸을 구성하는 경우도 코어에 가까운 셸보다 코어의 바깥 쪽에 있는 셸이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.

[0065] 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.

[0066] 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.

[0067] 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.

[0068] 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.

- [0069] 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.
- [0070] 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 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. 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.
- [0071] 상기 양자점은, 예를 들어 표면에 결합된, 소수성 잔기를 가지는 유기 리간드를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 상기 소수성 잔기를 가지는 유기 리간드는, RCOOH , RNH_2 , R_2NH , R_3N , RSH , R_3PO , R_3P , ROH , RCOOR' , $\text{RPO}(\text{OH})_2$, 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 유기 리간드, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 유기 리간드는 단일 작용기(mono-functional)의 유기 리간드일 수 있고, 상기 작용기는 양자점 표면에 결합되어 있을 수 있다.
- [0072] 일 구현예에서 제1, 제2 전자 수송층(150, 160)은 발광층(140)과 제2 전극(170) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다.
- [0073] 제1, 제2 전자 수송층(150, 160)을 합한 총 두께는 소자 내 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140)과의 전하 캐리어 밸런스를 고려하여 다양하게 변경될 수 있지만, 예를 들어 30 nm 이상, 예를 들어 35 nm 이상, 예를 들어 40 nm 일 수 있고, 예를 들어 80 nm 이하, 예를 들어 70 nm 이하, 예를 들어 60 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하, 예를 들어 40 nm 이하일 수 있다.
- [0074] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)에서, 제1 전자 수송층(150)과 제2 전자 수송층(160)과 서로 다른 밴드갭 에너지 준위를 가진다. 보다 구체적으로, 제1 전자 수송층(150)은 제2 전자 수송층(160) 대비 낮은 일함수(work function)를 가진다. 이에 따라, 전자가 제2 전극(170)으로부터 제2 전자 수송층(160)을 거쳐 제1 전자 수송층(150)으로 이송되기 용이하다.
- [0075] 제1 전자 수송층(150)과 제2 전자 수송층의 루모(Lowest Unoccupied Molecular Orbital, LUMO) 에너지 준위 차이는 예를 들어 0.7 eV 이하, 예를 들어 0.6 eV 이하, 예를 들어 0.5 eV 이하, 예를 들어 0.4 eV 이하일 수 있고, 예를 들어 0.1 eV 이상, 예를 들어 0.2 eV 이상일 수 있다.
- [0076] 한편, 제1 전자 수송층(150)은 상기 제2 전자 수송층(160)보다 높은 루모 에너지 준위를 가지며, 발광층(140)은 상기 제1 전자 수송층(150) 이상의 루모 에너지 준위를 가질 수 있다. 이에 따라, 전자가 제2 전자 수송층(160), 제1 전자 수송층(150)을 거쳐 발광층(140)으로 순차적으로 수송될 수 있다.
- [0077] 도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸 것이다.
- [0078] 예를 들어 발광층 비카드뮴계 양자점을 포함할 경우, 발광층과 제2 전자 수송층의 루모 에너지 준위 차이는 1.0 eV 이상이 될 수도 있다. 따라서, 만약 제1 전자 수송층 없이 제2 전자 수송층으로부터 발광층으로 바로 전자를 수송하게 될 경우, 상기 1.0 eV의 루모 에너지 준위 차이는 전자 수송 장벽으로 작용하여 전자 수송이 원활하게 이루어지기 어렵다.
- [0079] 그러나, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 도 2에 도시된 바와 같이 발광층(140)의 루모 에너지 준위 이하를 갖는 제1 전자 수송층(150)을 제2 전자 수송층(160)과 발광층(140) 사이에 배치하여, 제2 전자 수송층(160)으로부터 제1 전자 수송층(150)으로의 전자 주입 장벽을 낮추어 준다. 그 결과, 전자는 도 2에 도시된 바와 같이 제2 전극(170), 제2 전자 수송층(160), 제1 전자 수송층(150)을 따라 순차적으로 이송되어 발광층(140)에 수송될 수 있다.

- [0080] 즉, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 서로 다른 밴드갭 에너지 준위를 갖는 제1, 제2 전자 수송층(150, 160)을 전술한 바와 같이 이중 층으로 배치함으로써, 소자 내 전자 수송성을 향상시킬 수 있다.
- [0081] 제1 전자 수송층(150)은 발광층(140) 바로 위에 형성되어, 발광층(140)에 전자를 수송하는 기능을 수행한다. 제1 전자 수송층(150)은 2 이상의 무기-유기 복합 입자(151)들로 이루어진 것일 수 있다. 즉, 제1 전자 수송층(150)은 도 1에 도시된 바와 같이 2 이상의 무기-유기 복합 입자(151)들이 모여 이루어진 집합층일 수 있다.
- [0082] 도 3은 도 1에 따른 전계 발광 소자(10)에서 유기 고분자(151b)로 코팅되어 있는 무기-유기 복합 입자(151)를 확대하여 나타낸 개략도이다.
- [0083] 도 3을 참조하면, 무기-유기 복합 입자(151)는 무기물 코어(151a) 및, 무기물 코어(151a) 표면에 결합되어 있는 2 이상의 유기 고분자(151b)들을 포함할 수 있다. 2 이상의 유기 고분자(151b)들은 무기물 코어(151a) 표면의 친수성 관능기를 통해 무기물 코어(151a) 표면에 부착되어 있을 수 있다.
- [0084] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 2 이상의 유기 고분자들 중 일부는 친수성 관능기를 통하지 않고 무기물 코어(151a)와 직접 화학적으로 결합을 이루고 있을 수도 있다.
- [0085] 무기물 코어(151a)는 전자 수송성을 갖는 재료로 이루어질 수 있다. 일 구현예에 따른 무기물 코어(151a)는 예를 들어 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 무기산화물로 이루어진 것일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0086] 이와 같이 제1 전자 수송층(150) 전술한 무기물 코어(151a)들을 포함하는 경우, 예를 들어 비카드뮴계 양자점을 포함하는 발광층(140)은 소자 구동 중 내부 발열에 의해 전하 교환 엑시톤들이 다량 발생하게 되나, 발생한 전하 교환 엑시톤들은 상기 집합층에 의해 비발광 소광되지 않고 발광층(140)과의 계면에서 오제 전자(auger electron)을 방출할 수 있다. 방출된 상기 오제 전자는 발광층(140) 내부에서 정공과 재결합하여 발광하게 되므로, 고휘도 영역에서 전계 발광 소자(10)의 롤-오프(roll-off)가 최소화될 수 있다.
- [0087] 한편, 일 구현예에 따른 무기물 코어(151a)의 평균 입경은, 예를 들어 150 nm 이하, 140 nm 이하, 130 nm 이하, 120 nm 이하, 110 nm 이하, 100 nm 이하, 90 nm 이하, 80 nm 이하, 70 nm 이하, 60 nm 이하, 50 nm 이하, 40 nm 이하, 30 nm 이하, 20 nm 이하, 10 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 1 nm 이상, 2 nm 이상, 3 nm 이상, 4 nm 이상, 5 nm 이상일 수 있다.
- [0088] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전자 수송층(150)이 상기 나노 스케일 범위를 갖는 무기물 코어(151a)들을 포함하여, 일반적인 무기반도체 막 또는 유기반도체 막 대비 전자 이동도가 매우 우수하다. 따라서, 상기 제1 전자 수송층(150)을 통해 비카드뮴계 양자점의 발광 안정성과 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0089] 한편, 상기 무기물 코어(151a) 표면에 결합되는 유기 고분자(151b)는 도 3에 도시된 바와 같이 무기물 코어(151a) 표면에 존재하는 수산화기(-OH) 등 친수성 관능기와 결합을 이루기 위한 친수성 잔기를 가질 수 있다.
- [0090] 또한, 상기 유기 고분자(151b)는 전자 수송성을 갖는 유기물일 수 있다. 상기 친수성 잔기와 전자 수송성을 동시에 가지는 유기 고분자(151b)의 예시로는 이민계 화합물, 알코올 화합물, 아크릴 화합물, 글라이콜 화합물, 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 들 수 있다. 예를 들어, 상기 유기 고분자(151b)는 이민계 화합물 유도체, 예를 들어 폴리에틸렌이민일 수 있다.
- [0091] 유기 고분자(151b)는 상기 무기물 코어(151a) 표면을 개질하여 무기물 코어(151a)가 갖는 다양한 특성, 예를 들어 전기적, 화학적, 광학적 특성을 바꾸는 기능을 수행한다. 예를 들어, 무기산화물로 이루어진 무기물 코어(151a)를 사용할 경우, 무기물 코어(151a) 표면이 유기 고분자(151b)에 의해 친수성 잔기를 갖도록 개질됨에 따라 무기-유기 복합 입자(151)가 전체적으로 친수성을 나타내게 된다. 또한, 유기 고분자(151b)에 의해 표면 개질된 무기-유기 복합 입자(151)는 광학 무기물 코어(151a)의 흡수 파장 범위에서 광학 무기물 코어(151a) 대비 낮은 광 흡수율을 가질 수 있다. 한편, 상기 무기-유기 복합 입자(151)는 무기물 코어(151a)와 유기 고분자(151b)가 갖는 전자 수송 특성을 변화시킬 수 있다. 이에 따라, 무기-유기 복합 입자(151)는 무기물 코어(151a)와는 다른 밴드갭 에너지 준위를 가질 수 있다.
- [0092] 상기 유기 고분자(151b)가 전술한 무기물 코어(151a)에 대하여 전술한 표면 개질 기능을 수행할 수 있도록, 제1 전자 수송층(150) 내 유기 고분자(151b)의 비율은, 제1 전자 수송층(150)의 총 중량을 기준으로 볼 때, 예를 들어 20 중량% 이하, 예를 들어 15 중량% 이하, 예를 들어 10 중량% 이하, 예를 들어 5 중량% 이하 함유되어 있을 수 있고, 예를 들어 1 중량% 이상, 예를 들어 3 중량% 이상, 예를 들어 5 중량% 이상 함유되어 있을 수 있다.

유기 고분자(151b)가 상기 제1 전자 수송층(150) 내 상기 범위 내로 함유되어 있을 경우, 무기-유기 복합 입자(151)가 전술한 바와 같이 표면 개질된 특성을 나타낼 수 있다.

- [0093] 무기-유기 복합 입자(151)는 친수성 용매에 전술한 친수성 잔기를 포함한 유기 고분자(151b)와 무기물 코어(151a)를 넣고 상온에서 졸-겔 법을 이용하여 합성할 수 있으나, 반드시 상기 제조방법에 한정되는 것은 아니다.
- [0094] 일 구현예에 따른 제1 전자 수송층(150)은 전술한 무기-유기 복합 입자(151)로 이루어진 집합층인 바, 전술한 무기-유기 복합 입자(151)에 기인한 전기적, 화학적, 광학적 특성을 나타내게 된다.
- [0095] 전술한 특성들을 나타내기 위한 제1 전자 수송층(150)의 두께는, 무기물 코어(151a)와 유기 고분자(151b)의 종류, 크기, 발광층(140) 및/또는 제2 전자 수송층(160)과의 전하 캐리어 밸런스 등을 고려하여 변경될 수 있으나, 예를 들어 60 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하, 예를 들어 40 nm 이하, 예를 들어 30 nm 이하, 예를 들어 25 nm 이하, 예를 들어 200 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 10 nm 이상, 예를 들어 15 nm 이상, 예를 들어 20 nm 이상일 수 있다.
- [0096] 제1 전자 수송층(150)의 두께가 전술한 범위보다 얇을 경우 제1 전자 수송층(150) 표면 결함이 발생할 우려가 있고, 전술한 범위보다 두꺼울 경우 소자 내부의 저항이 증가하여 전자 수송성이 저하될 우려가 있다.
- [0097] 도 4는 일반적인 ZnO 집합층 표면의 주사 전자 현미경 이미지를, 도 5는 일 구현예에 따른 제1 전자 수송층 표면의 주사 전자 현미경 이미지를 각각 나타낸 것이다.
- [0098] 일반적인 무기물 전자 수송층 재료로 사용되는 ZnO 입자는 표면에 수산화기(-OH)가 다수 형성되어 있으며, 약 십여 10 도 내지 약 십여 30 도에서 서로 응집되는 성질이 있다.
- [0099] 따라서, 이러한 ZnO 입자들을 이용하여 ZnO 집합층을 형성할 경우, 전술한 ZnO 입자들의 응집성 때문에 ZnO 집합층 표면 특성이 좋지 못하며, 전술한 ZnO 입자를 이용하여 ZnO 집합층을 형성할 경우, 형성된 ZnO 집합층은 도 4에 나타난 바와 같이 표면 결함(defect)들을 가지고 있어, 표면 모폴로지(morphology)가 비교적 좋지 못하다.
- [0100] 이와 같은 표면 결함 등은 전자 수송 과정에서 전자의 누설 경로(leakage path)로 기능하므로, 표면 결함을 통해 여기자 소광 현상이 발생하거나, 누설 전류가 발생하거나, 발광층으로 전자를 원활하게 수송하지 못하게 되는 등, 소자 구동 효율 저하의 원인이 된다.
- [0101] 또한, 이를 해결하기 위한 방안으로 ZnO 집합층 위에 표면 개질층을 형성하는 경우도 고려되었으나, 표면 개질층과 ZnO 집합층의 전하 캐리어 밸런스를 맞추기 어렵고, 표면 개질층의 일함수가 ZnO 집합층의 일함수보다 높아 ZnO 집합층으로부터 표면 개질층으로 전자가 이동하기 어려워질 우려가 있다.
- [0102] 반면, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전술한 제1 전자 수송층(150)이 전술한 무기-유기 복합 입자(151)들로 이루어진 집합층으로서, 무기-유기 복합 입자(151)는 소수성을 갖는 유기 고분자(151b)들에 의해 표면 개질된 입자로서, 전술한 온도 범위에서 응집성을 갖지 않는다. 따라서, 일 구현예에 따른 무기-유기 복합 입자(151)들로 이루어진 제1 전자 수송층(150) 표면은 도 5에 나타난 바와 같이 기존 ZnO 집합층 대비 우수한 표면 모폴로지를 나타낸다.
- [0103] 이에 따라, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전술한 바와 같이 표면 모폴로지가 비교적 우수한 제1 전자 수송층(150)을 발광층(140) 바로 위에 형성함으로써, 제1 전자 수송층(150)을 통해 발광층(140)으로 수송되는 전자의 누설 경로를 최소화 할 수 있다.
- [0104] 또한, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전자 수송층(150)의 일함수가 제2 전자 수송층(160)의 일함수보다 낮아 제2 전자 수송층(160)으로부터 제1 전자 수송층(150)로의 전자 수송이 용이하므로, 소자의 전하 캐리어 밸런스를 맞추기 용이하다.
- [0105] 따라서, 일 구현예에 따르면 소자의 누설 전류를 방지할 수 있으며, 전자의 수송성 또한 개선할 수 있는 전계 발광 소자(10)를 제공할 수 있다.
- [0106] 상기 제1 전자 수송층(150)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 한편, 일 구현예에서 제1 전자 수송층(150)은 상기 발광층(140)과 함께, 또는 상기 정공 수송층(130) 및 발광층(140)과 함께 형성될 수 있다.

- [0107] 예를 들어, 정공 수송층 형성용 조성물을 도포 후, 그 위에 발광층 형성용 조성물을 도포하고, 그 위에 친수성 용매에 무기-유기 복합 입자(151)가 분산되어 있는 제1 전자 수송층 형성용 조성물을 도포한 후, 예컨대, N_2 의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 열처리(thermal treatment)하는 과정을 거쳐 정공 수송층(130), 발광층(140), 제1 전자 수송층(150)을 함께 형성할 수 있다.
- [0108] 이와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 용액 공정을 이용하여 정공 수송층(130), 발광층(140), 제1 전자 수송층(150)을 간단한 공정으로 형성할 수 있다.
- [0109] 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니고, 정공 수송층(130), 발광층(140), 제1 전자 수송층(150) 각각의 소재 등에 따라 각 층이 서로 별개의 공정을 거쳐 각각 형성될 수도 있다.
- [0110] 제2 전자 수송층(160)은 제1 전자 수송층(150) 바로 위에 위치하며, 2 이상의 무기산화물 입자(161)들을 포함할 수 있다. 제2 전자 수송층(160)은 전술한 바와 같이 전자를 제2 전극(170)으로부터 제1 전자 수송층(150)으로 수송하는 기능을 수행한다.
- [0111] 일 구현예에 따른 제2 전자 수송층(160)은 상기 2 이상의 무기산화물 입자(161)들이 모여 이루어진 집합층을 포함할 수 있다. 또는, 제2 전자 수송층(160)은 무기산화물 입자(161)들의 집합층일 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니며, 제2 전자 수송층(160)이 무기물, 또는 유기물로 이루어져 있을 수도 있고, 무기물과 유기물이 1회 이상 교번 적층되어 있을 수도 있다.
- [0112] 무기산화물 입자(161)는 전자 수송성을 가질 수 있다. 일 구현예에 따른 무기산화물 입자(161)는 예를 들어 ZnO , TiO_2 , ZrO_2 , SnO_2 , WO_3 , Ta_2O_5 , 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0113] 한편, 일 구현예에 따른 무기산화물 입자(161)의 평균 입경은, 예를 들어 150 nm 이하, 140 nm 이하, 130 nm 이하, 120 nm 이하, 110 nm 이하, 100 nm 이하, 90 nm 이하, 80 nm 이하, 70 nm 이하, 60 nm 이하, 50 nm 이하, 40 nm 이하, 30 nm 이하, 20 nm 이하, 10 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 1 nm 이상, 2 nm 이상, 3 nm 이상, 4 nm 이상, 5 nm 이상일 수 있다.
- [0114] 한편 제2 전자 수송층(160)의 두께는, 무기산화물 입자(161)의 평균 입경, 재료, 발광층(140) 및/또는 제1 전자 수송층(150)과의 전하 캐리어 밸런스 등을 고려하여 변경될 수 있으나, 예를 들어 60 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하, 예를 들어 40 nm 이하, 예를 들어 35 nm 이하, 예를 들어 30 nm 이하, 예를 들어 25 nm 이하, 예를 들어 20 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 7 nm 이상, 예를 들어 10 nm 이상, 예를 들어 15 nm 이상, 예를 들어 20 nm 이상일 수 있다.
- [0115] 제2 전자 수송층(160)의 두께와 무기산화물 입자(161)의 평균 입경이 상기 범위 내를 만족할 경우, 제2 전자 수송층(160)이 우수한 전자 수송성을 나타낼 수 있다.
- [0116] 한편, 제2 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.
- [0117] 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, 제1, 제2 전자 수송층(150, 160)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0118] 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 , Ga_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-hydroxyquinolino lithium (Liq), n형 금속 산화물 (예를 들어, ZnO , HfO_2 등), ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0119] 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 , Ga_3 , Inq_3 , Znq_2 , $Zn(BTZ)_2$, $BeBq_2$ 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.
- [0120] 전술한 바와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 무기-유기 복합 입자들로 이루어진 제1 전자 수송층

(150)과, 무기산화물 입자들을 포함하는 제2 전자 수송층(160)의 이중 전자 수송층 구조를 갖되, 제1 전자 수송층(150)은 제2 전자 수송층(160) 대비 낮은 일함수를 가지고, 발광층(140) 이상 제2 전자 수송층(160) 이하의 루모 에너지 준위를 갖는다.

[0121] 따라서, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전자 수송층(150)을 통해 전자 주입 장벽을 낮추어 소자의 전자 수송성을 향상시킬 수 있다.

[0122] 한편, 제1 전자 수송층(150)은 유기 고분자(151b)로 표면 개질된 무기물 코어(151a)를 포함하는 무기-유기 복합 입자(151)로 이루어진 집합층을 통해 소자의 누설 전류를 방지하고, 이를 통해 소자의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0123] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.

[0124] 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.

[0125] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.

[0126] 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.

[0127] 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.

[0128] 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.

[0129] 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.

[0130] 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.

[0131] 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.

[0132] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 누설 전류를 방지하고 전자 수송성을 개선할 수 있으므로, 저전력으로도 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0134] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.

[0135] 제조예: ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물의 제조

[0136] 아연 아세테이트 다이하이드레이트(zinc acetate dihydrate) 3.00 mmol과 폴리에틸렌이민 0.33 mmol 내지 1.67mmol, 및 다이메틸설폭사이드 60 mL를 반응기에 넣고 공기 중에 60 °C 로 가열한다. 이후, 테트라메틸암모늄 하이드록시드 펜타하이드레이트 (Tetramethylammonium hydroxide Pentahydrate) 15 mmol 을 에탄올 30 mL 에 녹인 후 3 mL/분의 속도로 반응기에 적하(dropwise) 한다. 이후, 1 시간동안 반응기 내 조성물을 교반(stirring)하여, ZnO-PEI 무기-유기 복합체를 제조한다. 제조된 ZnO-PEI 무기-유기 복합체는 ZnO 코어에 폴리에

틸렌이민(polyethylene imine, PEI)이 부착되어 있다.

[0137] 이후, 에틸 아세테이트(Ethyl acetate)를 이용하여 제조된 ZnO-PEI 무기-유기 복합체 포함 조성물을 9:1 비율로 원심 분리하여 ZnO-PEI 무기-유기 복합체를 에탄올에 분산시킴으로써, ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물을 제조한다.

[0138] **비교제조예: ZnO 집합층 형성용 조성물의 제조**

[0139] 평균 입경 4.5 nm 인 ZnO 입자들을 에탄올에 분산시켜 ZnO 집합층 형성용 조성물을 제조한다.

[0140] **실시예 1**

[0141] 유리 기판 위에 인듐-주석 산화물(Indium-Tin-Oxide, ITO) 층을 증착하고, 그 위에 PEDOT을 약 60 nm 두께로 증착하여 정공 주입층을 형성하고, 그 위에 o-자일렌(o-xylene)에 TFB (스미토모 社)이 0.7 중량% 포함된 정공 수송층 형성용 조성물을 코팅 후 고온에서 가열함으로써, 25 nm 두께를 갖는 정공 수송층을 형성한다.

[0142] 이후, 옥탄에 청색 양자점(직접 제조)이 분산되어 있는 발광층 형성용 조성물을 정공 수송층 위에 코팅 후 80 °C에서 가열함으로써, 25 nm 두께를 갖는 청색 발광층을 형성한다.

[0143] 이후, 청색 발광층 위에 전술한 제조예에서 얻어진 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물을 코팅 후 80 °C에서 가열함으로써, 약 5 nm 의 두께를 갖는 ZnO-PEI 집합층을 형성한다. ZnO-PEI 집합층 내 PEI의 함량은 약 5 중량%이다.

[0144] 이후, 형성된 ZnO-PEI 집합층 위에 평균 입경 4.5 nm 인 ZnO 입자들을 코팅하여, 제2 전자 수송층으로 ZnO 집합층을 형성한다. 형성된 ZnO 집합층의 두께는 35 nm 이다.

[0145] 이후, 전자 주입층 위에 알루미늄(Al) 층을 약 100 nm의 두께로 증착하여, 실시예 1에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0146] **실시예 2**

[0147] ZnO-PEI 집합층의 두께를 10 nm 으로, ZnO 집합층을 30 nm로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 2에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자를 제조한다. ZnO-PEI 집합층 내 PEI의 함량은 약 7 중량% 이다.

[0148] **실시예 3**

[0149] ZnO-PEI 집합층의 두께를 15 nm 으로, ZnO 집합층을 25 nm로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 3에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자를 제조한다. ZnO-PEI 집합층 내 PEI의 함량은 약 9 중량% 이다.

[0150] **실시예 4**

[0151] ZnO-PEI 집합층의 두께를 20 nm 으로, ZnO 집합층을 20 nm로 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 실시예 4에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자를 제조한다. ZnO-PEI 집합층 내 PEI의 함량은 약 11 중량% 이다.

[0152] **비교예**

[0153] ZnO-PEI 집합층을 형성하는 과정을 생략하고 청색 발광층 위에 바로 전술한 비교제조예에서 얻어진 ZnO 집합층 형성용 조성물을 코팅 후 80 °C에서 가열함으로써 40 nm 두께를 갖는 ZnO 집합층을 형성하는 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐, 비교예에 따른 단일 전자 수송층(ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자를 제조한다.

[0154] **평가 1: ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 ZnO 집합층 형성용 조성물의 흡광도**

[0155] 전술한 제조예에 따라 제조된 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 비교제조예에 따라 제조된 ZnO 집합층 형성용 조성물 각각에 대하여, 분광광도계(U-3310, 히타치社)를 이용하여 에탄올 바탕선(ethanol baseline)을 기준으로 각 집합층의 흡광도를 측정하고, 그 결과를 도 6에 나타낸다.

[0156] 도 6은 제조예에 따른 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 비교제조예에 따른 ZnO 집합층 형성용 조성물 각각의 파장-흡수율 곡선을 나타낸 것이다.

[0157] 도 6을 참고하면, 제조예에 따른 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물은 약 250 nm 내지 370 nm 파장 영역에서 비교제조예에 따른 ZnO 집합층 형성용 조성물 대비 상당히 감소한 흡광도(Absorbance)를 나타냄을 확인할 수 있다.

[0158] 또한, ZnO 집합층 형성용 조성물은 약 335 nm에서 최초 피크(first exciton peak)를 나타내는데, ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물 또한 동일한 파장 위치에서 최초 피크를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, PEI가 ZnO에 부착됨으로써 ZnO 대비 광학 밀도(optical density)는 줄어들었으나, 최초 피크에는 영향을 미치지 않았음을 확인할 수 있다.

[0159] **평가 2: ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 ZnO 집합층 형성용 조성물의 밴드갭 에너지, 일함수**

[0160] 전술한 제조예에 따라 제조된 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 비교제조예에 따라 제조된 ZnO 집합층 형성용 조성물 각각에 대하여 분광광도계 (U-3310, 히타치社) 및 자외선 광전자 분광법(UPS)을 이용하여 각각의 루모 에너지 준위(LUMO Energy Level), 호모 에너지 준위(HOMO Energy Level), 및 일함수(work function)를 측정하고, 그 결과를 표 1에 나타낸다.

표 1

	LUMO Energy Level	HOMO Energy level	Work function
제조예	-3.61 eV	-7.21 eV	3.405 eV
비교제조예	-3.94 eV	-7.54 eV	3.737 eV

[0162] 표 1을 참조하면, ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물(제조예)은 ZnO 집합층 형성용 조성물(비교제조예) 대비 낮은 일함수, 높은 루모 에너지 준위를 가짐을 확인할 수 있다. 이에 따라 ZnO-PEI 집합층 형성용 조성물과 ZnO 집합층 형성용 조성물을 모두 이용하여 전자 수송층을 이중 층으로 구성할 경우, 전자가 ZnO 집합층으로부터 ZnO-PEI 집합층으로 용이하게 수송될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0163] **평가 3: 실시예 1 내지 실시예 4와 비교예에 따른 전계 발광 소자의 소자 특성**

[0164] 전술한 실시예 1 내지 실시예 4와 비교예에 따른 전계 발광 소자에 대한 전압-전류 밀도관계, 휘도-외부 양자 효율 관계, 전압-외부 양자 효율 관계를 각각 도 7 내지 도 9로 나타낸다.

[0165] 도 7은 전압-전류 밀도 곡선을 나타낸 것이다. 도 7에서는 전압에 따른 전류 밀도 변화를 로그 스케일(log scale)로 나타내었다.

[0166] 도 7을 참조하면, 실시예 1 내지 4에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자는 모두 비교예에 따른 단일 전자 수송층(ZnO 집합층) 대비 5 V 이하의 전압에서 전류 밀도가 증가한 것을 확인할 수 있으며, ZnO-PEI 집합층의 두께가 증가할수록 전류 밀도가 점차 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 발광층과 ZnO-PEI 집합층을 서로 접촉시켜 배치할 경우, 누설 전류를 방지할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0167] 도 8은 휘도-외부 양자 효율(External Quantum Efficiency, EQE) 곡선을 나타낸 것이다.

[0168] 도 8을 참조하면, 우선 도 7을 참조하면, 실시예 1 내지 4에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자들은 대체로 비교예에 따른 단일 전자 수송층(ZnO 집합층) 대비, 휘도에 따른 우수한 외부 양자 효율 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0169] 실시예 1의 경우, 약 500 니트(nit) 이상에서 비교예보다 우수한 외부 양자 효율 특성을 나타내나, 실시예 2 내지 4의 경우는 0 니트에서부터 약 2000 니트(nit) 구간에 이르기까지 비교예 대비 우수한 양자 효율 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, ZnO-PEI 집합층의 두께가 증가할수록 휘도에 따른 외부 양자 효율 또한 증가하는 양상을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0170] 도 9는 전압-외부 양자 효율 곡선을 나타낸 것이다.

[0171] 도 9를 참조하면, 실시예 1 내지 4에 따른 이중 전자 수송층(ZnO-PEI 집합층/ZnO 집합층)을 갖는 전계 발광 소자는 모두 비교예에 따른 단일 전자 수송층(ZnO 집합층) 대비 구동 전압이 미세하게 증가하였지만, 전압에 따른 외부 양자 효율이 크게 향상된 것을 확인할 수 있다.

[0172] 이와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전자 수송층을 무기-유기 복합 입자(151)들로 이루어진 집합층과 무기산화물 입자(161)들로 이루어진 집합층의 이중 층으로 구성한다. 이를 통해, 소자 내 누설 전류를 방지할 수 있고, 전자 수송성 또한 향상될 수 있으므로, 발광 효율이 향상된 전계 발광 소자(10)를 제공할 수

있다.

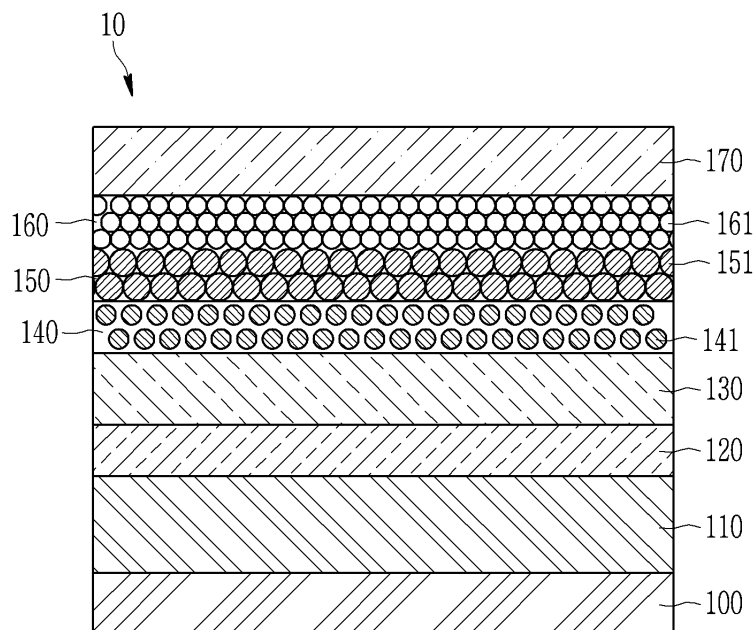
[0173] 이상에서 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구 범위에서 정의하고 있는 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

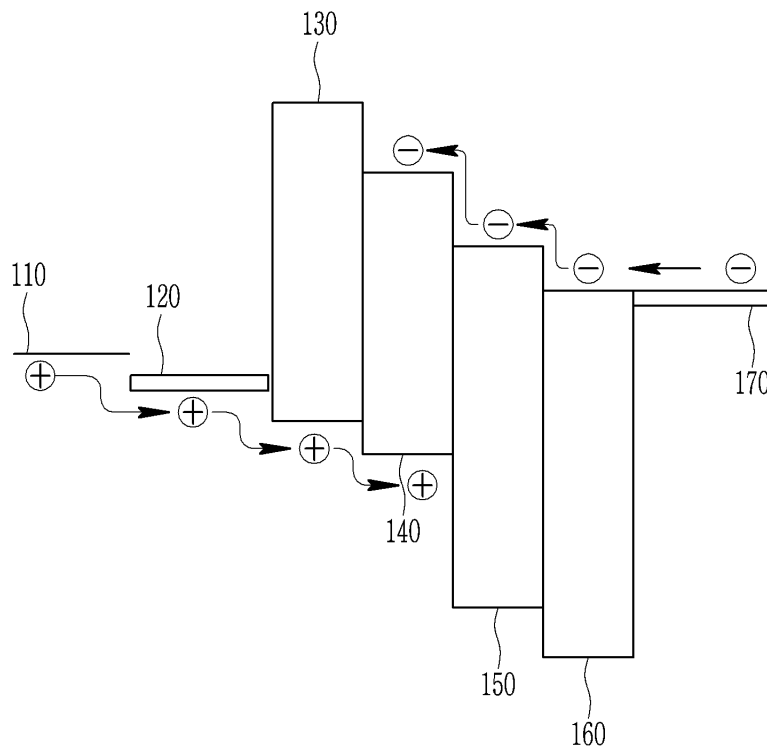
[0174] 10: 전계 발광 소자 100: 기판
110: 제1 전극 120: 정공 주입층
130: 정공 수송층 140: 제1 발광층
141: 제1 발광체 입자 150: 제1 전자 수송층
151: 무기-유기 복합 입자 151a: 무기물 코어
151b: 유기 고분자 160: 제2 전자 수송층
161: 무기산화물 입자 170: 제2 전극

도면

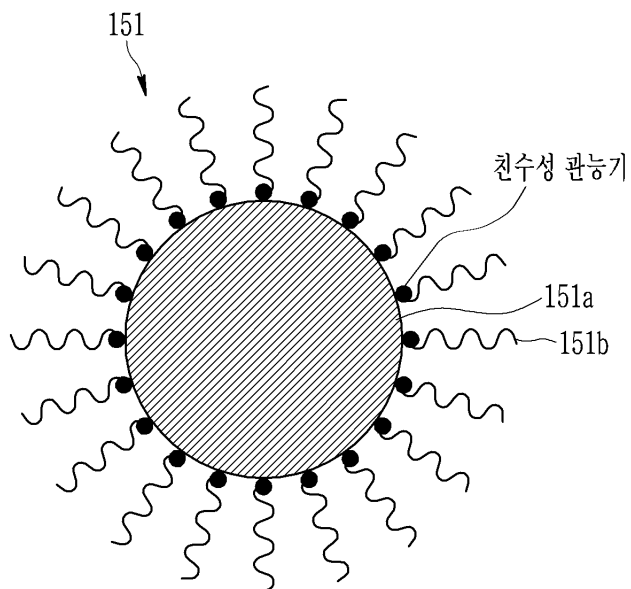
도면1



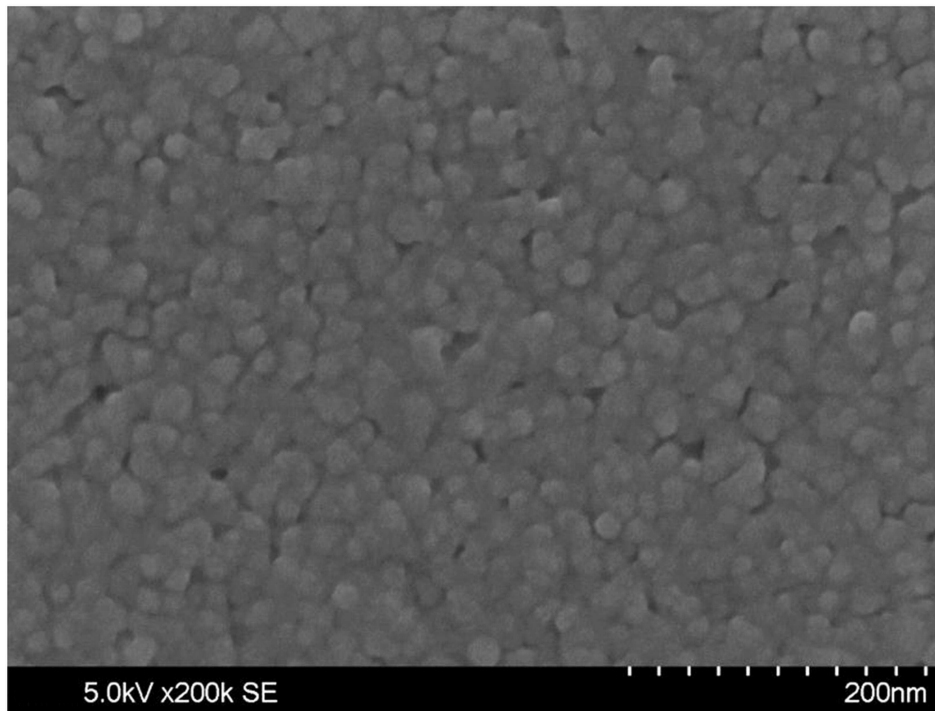
도면2



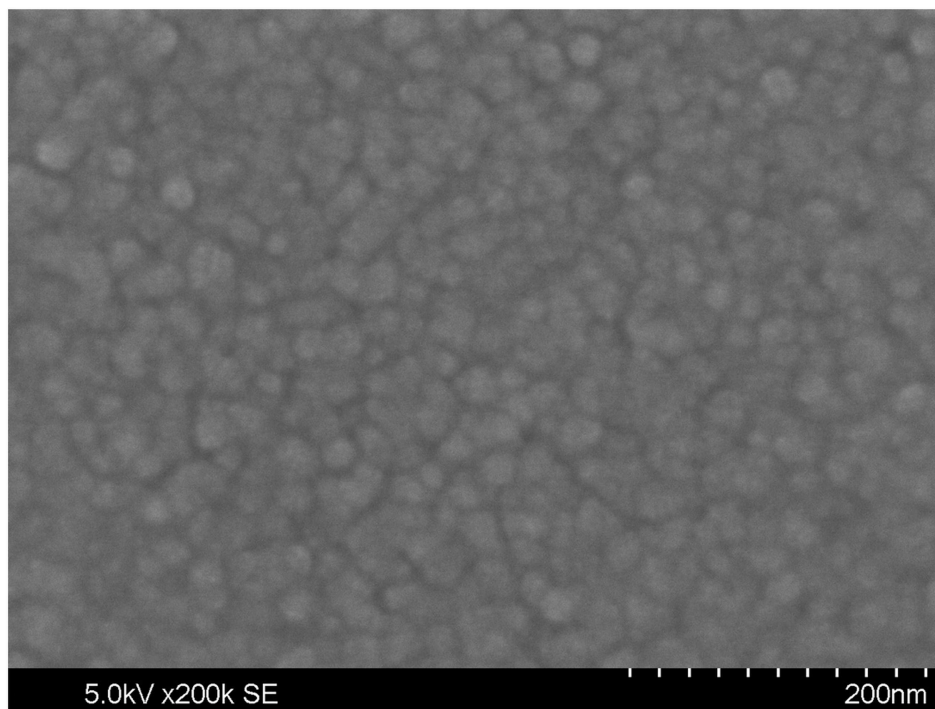
도면3



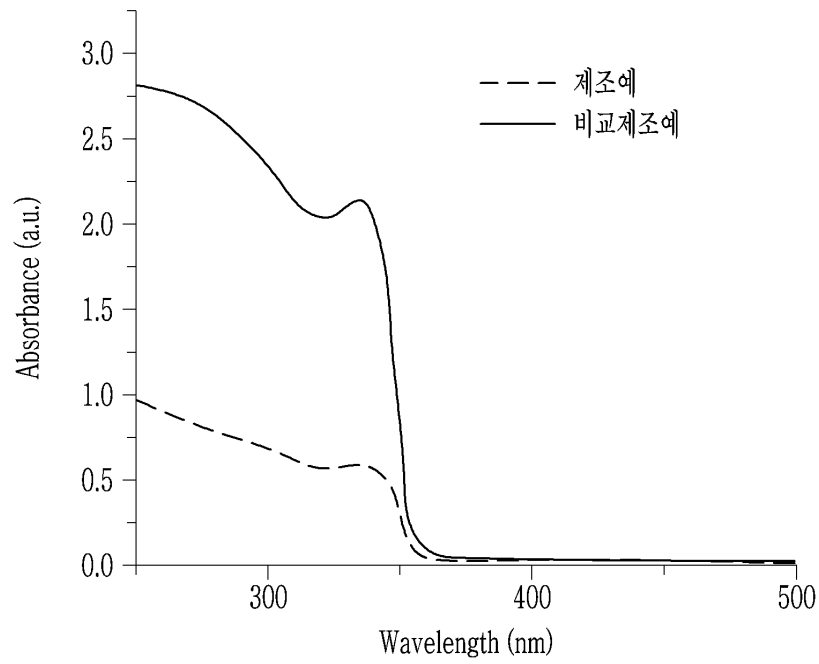
도면4



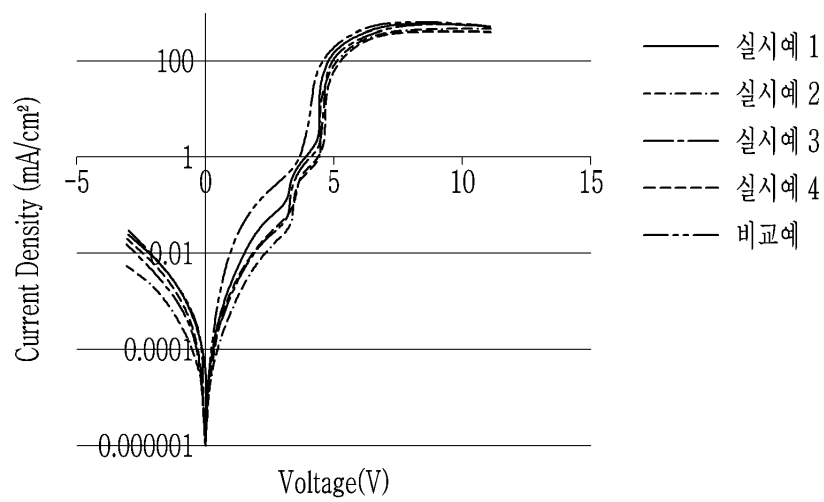
도면5



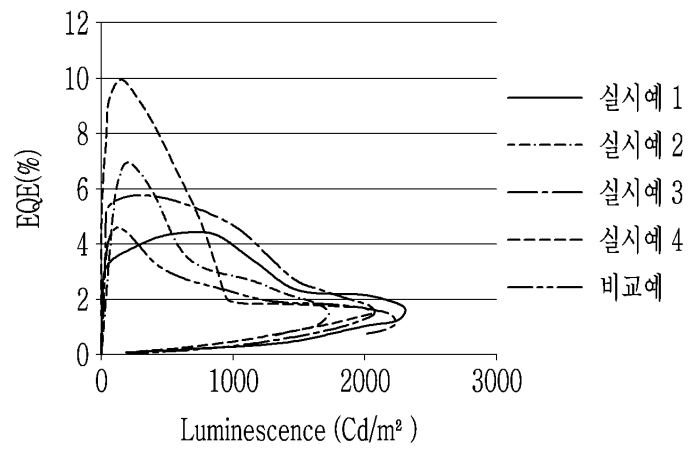
도면6



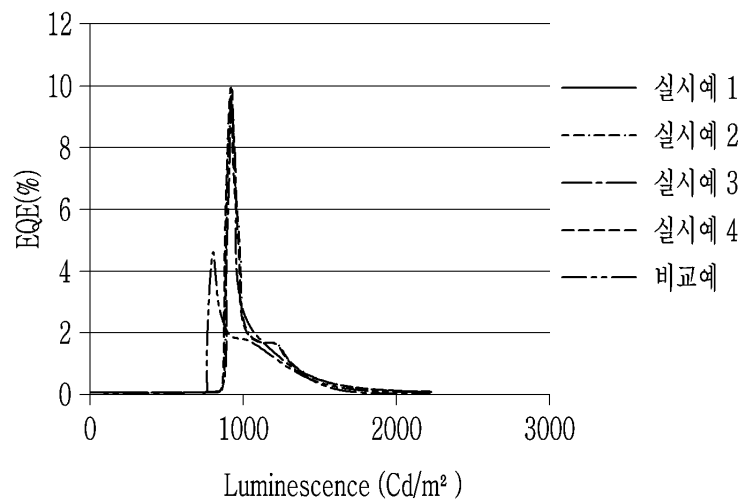
도면7



도면8



도면9



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	KR1020190079111A	公开(公告)日	2019-07-05
申请号	KR1020170181077	申请日	2017-12-27
[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	김성우 김태호 박건수 김찬수 장은주		
发明人	김성우 김태호 박건수 김찬수 장은주		
IPC分类号	H01L51/50 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/502 H01L27/32 H01L51/5004 H01L51/5056 H01L51/5072		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种电致发光装置，其制造方法以及包括该电致发光装置的显示装置。该电致发光器件包括第一电极，在第一电极上的空穴传输层，在空穴传输层上并且包括两个或更多个发光粒子的发光层，在发光层上的第一电子传输层并且由两个或更多种无机-有机复合颗粒，位于第一电子传输层上的第二电子传输层，包括两个或更多个无机氧化物颗粒的第二电子传输层以及位于第二电子传输层上的第二电极。第一电子传输层具有比第二电子传输层低的功函数。可以提高电致发光器件的发光效率。

