



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0108504
(43) 공개일자 2019년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/52 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5072 (2013.01)
H01L 51/5012 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0028358
(22) 출원일자 2019년03월12일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020180029942 2018년03월14일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김성우
경기도 화성시 동부대로 952, 1715동 203호 (오산동, 남해오네뜨 더 테라스)
김찬수
서울특별시 강북구 오패산로30길 30, 107동 2004호 (미아동, 경남아너스빌)
(74) 대리인
팬코리아특허법인
(뒷면에 계속)

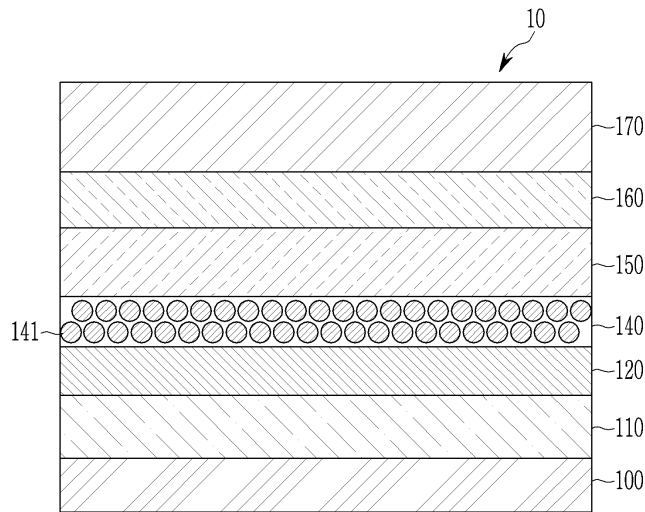
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 전계 발광 소자 및 이를 포함하는 표시 장치

(57) 요약

전계 발광 소자와, 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다. 전계 발광 소자는 서로 마주하는 제1 전극과 제2 전극; 제1 전극과 제2 전극 사이에 위치하고 발광체 입자를 포함하는 발광층; 제1 전극과 발광층 사이에 위치하는 전자 수송층; 및 제2 전극과 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층을 포함하고, 전자 수송층은 무기산화물 입자, 및 비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/5048 (2013.01)

H01L 51/5203 (2013.01)

(72) 발명자

김태호

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

박건수

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

장은주

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

김진아

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 6, 202동 703
호 (하동, 힐스테이트 광고)

김태형

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

이정희

경기도 성남시 분당구 양현로 254, 502동 901호 (야
탑동, 탑마을)

명세서

청구범위

청구항 1

서로 마주하는 제1 전극과 제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하고 발광체 입자를 포함하는 발광층;

상기 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 전자 수송층; 및

상기 제2 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층

을 포함하고,

상기 전자 수송층은 무기산화물 입자, 및

비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,

상기 금속-유기 화합물은 Zn, Ti, Sn, W, Ta, Mg, Ga, Na, Cu, Ag, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 3

제1항에서,

상기 금속-유기 화합물은 올레이트계 화합물, 아민계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

상기 비극성 용매는 C6 내지 C20의 직쇄형, 분지쇄형, 또는 고리형 지방족 탄화수소, C6 내지 C20의 방향족 탄화수소, 염화메틸렌, 에틸아세테이트, 에틸렌글리콜, 및 디에틸렌글리콜로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제1항에서,

상기 무기산화물 입자는 아연, 티타늄, 지르코늄, 주석, 텅스텐, 탄탈륨, 마그네슘, 갈륨, 나트륨, 구리 및 은 중 적어도 하나를 포함하는 산화물인, 전계 발광 소자.

청구항 6

제1항에서,

상기 무기산화물 입자는 극성(polar) 용매에 대한 분산성을 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 7

제1항에서,

상기 발광층과 마주보는 상기 전자 수송층의 표면은

상기 무기산화물 입자가 위치한 제1부분, 및

이웃한 상기 무기산화물 입자 사이를 메우고 있는 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물이 위치한 제 2부분을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 8

제1항에서,

상기 전자 수송층은

상기 무기산화물 입자를 포함하는 제1층, 및

상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 제2층을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제8항에서,

상기 제2층은 상기 제1층과 상기 발광층 사이에 위치하는 전계 발광 소자.

청구항 10

제8항에서,

상기 제1층은 상기 무기산화물 입자로 이루어진 집합층을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제10항에서,

상기 제2층과 마주보는 상기 제1층의 표면은 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물로 메워져 있는, 전계 발광 소자.

청구항 12

제8항에서,

상기 제1층은 이웃한 상기 무기산화물 입자 사이를 메우고 있는 유기 매트릭스를 포함하고, 상기 유기 매트릭스는 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물과 다른 유기물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 13

제8항에서,

상기 제2층의 평균 두께는 상기 제1층의 평균 두께보다 얇은, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1항에서,

상기 무기산화물 입자는 금속 산화물 입자이고,

상기 금속 산화물 입자에 포함된 금속 원소와 상기 금속-유기 화합물에 포함된 금속 원소는 동일한, 전계 발광 소자.

청구항 15

제1항에서,

상기 전자 수송층의 평균 두께는 20 nm 내지 60 nm 인, 전계 발광 소자.

청구항 16

제1항에서,

상기 발광체 입자는 양자점을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 17

제1항에서,
 상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 18

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 19

제1항에서,
 상기 발광체 입자 표면에는 소수성 유기 리간드가 부착되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 20

제1항 내지 제19항 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 수 내지 수백 나노미터, 예컨대 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, 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 낮추어 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자와 이를 포함하는 표시 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 서로 마주하는 제1 전극과 제2 전극; 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하고 발광체 입자를 포함하는 발광층; 상기 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 전자 수송층; 및 상기 제2 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층을 포함하고, 상기 전자 수송층은 무기산화물 입자, 및 비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 전계 발광 소자가 제

공된다.

- [0007] 상기 금속-유기 화합물은 Zn, Ti, Sn, W, Ta, Mg, Ga, Na, Cu, Ag, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속을 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 금속-유기 화합물은 올레이트계 화합물, 아민계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 비극성 용매는 C6 내지 C20의 직쇄형, 분지쇄형, 또는 고리형 지방족 탄화수소, C6 내지 C20의 방향족 탄화수소, 염화메틸렌, 에틸아세테이트, 에틸렌글리콜, 및 디에틸렌글리콜로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 무기산화물 입자는 아연, 티타늄, 지르코늄, 주석, 텅스텐, 탄탈륨, 마그네슘, 갈륨, 나트륨, 구리 및 은 중 적어도 하나를 포함하는 산화물일 수 있다.
- [0011] 상기 무기산화물 입자는 극성(polar) 용매에 대한 분산성을 가질 수 있다.
- [0012] 상기 발광층과 마주보는 상기 전자 수송층의 표면은 상기 무기산화물 입자가 위치한 제1부분, 및 이웃한 상기 무기산화물 입자 사이를 메우고 있는 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물이 위치한 제2부분을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 전자 수송층은 상기 무기산화물 입자를 포함하는 제1층, 및 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 제2층을 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 제2층은 상기 제1층과 상기 발광층 사이에 위치할 수 있다.
- [0015] 상기 제1층은 상기 무기산화물 입자로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 제2층과 마주보는 상기 제1층의 표면은 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물로 메워져 있을 수 있다.
- [0017] 상기 제1층은 이웃한 상기 무기산화물 입자 사이를 메우고 있는 유기 매트릭스를 포함하고, 상기 유기 매트릭스는 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물과 다른 유기물을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 제2층의 평균 두께는 상기 제1층의 평균 두께보다 얇을 수 있다.
- [0019] 상기 무기산화물 입자는 금속 산화물 입자이고, 상기 금속 산화물 입자에 포함된 금속 원소와 상기 금속-유기 화합물에 포함된 금속 원소는 동일할 수 있다.
- [0020] 상기 전자 수송층의 평균 두께는 20 nm 내지 60 nm 일 수 있다.
- [0021] 상기 발광체 입자는 양자점을 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가질 수 있다.
- [0023] 상기 발광체 입자는 Cd를 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족- VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd를 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 발광체 입자 표면에는 소수성 유기 리간드가 부착되어 있을 수 있다.
- [0025] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.
- [0026] 한편, 다른 구현예에 따르면 제1 전극과 제2 전극을 서로 마주하도록 배치하고, 발광체 입자를 포함하는 발광층을 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이로 배치하고, 전자 수송층을 상기 제1 전극과 상기 발광층 사이로 배치하며, 정공 수송층을 상기 제2 전극과 상기 발광층 사이로 배치하는 과정을 포함하되, 상기 전자 수송층은 무기 산화물 입자, 및 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하며, 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물은 비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 갖는 전계 발광 소자의 제조 방법이 제공된다.

발명의 효과

- [0027] 누설 전류를 낮추어 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0028] 또한, 전술한 바와 같이 소자 특성이 향상된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,
- 도 2 내지 도 4는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층에서 무기산화물 입자와 금속-유기 화합물 및 그의 열분해 생성물 간의 다양한 위치관계를 나타낸 단면도이고,
- 도 5는 비교예 1에 따른 ZnO 집합층 표면의 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 이미지를 나타낸 것이고,
- 도 6은 실시예 1에 따른 ZnO 집합층 위에 형성된 징크-올레이트 또는 그의 열분해 생성물층의 표면 SEM 이미지를 나타낸 것이고,
- 도 7은 실시예 1과 비교예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류 밀도 곡선을 나타낸 것이고,
- 도 8은 실시예 1과 비교예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율(External Quantum Efficiency, EQE) 곡선을 나타낸 것이고,
- 도 9는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 것이고,
- 도 10은 실시예 2와 비교예 5에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 본 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 구현예를 상세히 설명한다. 그러나 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예에 한정되지 않는다.
- [0031] 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.
- [0032] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.
- [0033] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0034] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속"의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.
- [0035] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0036] "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.
- [0037] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Rb, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0038] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0039] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0040] 일 구현예에서, "지방족"이라 함은 포화 또는 불포화 선형 또는 분지형 탄화수소 기를 의미한다. 지방족의 예시로는 알킬 기, 알케닐 기, 알키닐 기 등을 들 수 있다.
- [0041] 일 구현예에서, "아민"이라 함은 일반식 N-RR'으로 표현되는 화합물로서, R과 R' 각각은 독립적으로 수소, C1 내지 C30 알킬기, C3 내지 C8 사이클로알킬기, C2 내지 C30 알케닐기, C2 내지 C30 알키닐기, 또는 C6 내지 C30 아릴기일 수 있으며, 여기서 각각의 관능기는 치환 또는 비치환된 것일 수 있다.
- [0042] 일 구현예에서, "방향족"이라 함은 비편재화(delocalized)된 파이 전자를 갖는 적어도 하나 이상의 불포화 고리기를 포함하는 유기 화합물을 의미한다.
- [0043] 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.

- [0044] 일 구현예에서, "가용성(solubility)"이란, 용질이 특정 용매에 잘 녹는 성질을 나타낸 것이다. 일 구현예에서 용질이 비극성(non-polar) 용매에 잘 녹을 경우 해당 용질은 비극성 용매에 대한 가용성을 갖는다고 표현하고, 용질이 극성(polar) 용매에 잘 녹을 경우, 해당 용질은 극성 용매에 대한 가용성을 갖는다고 표현한다.
- [0045] 일 구현예에서 별도로 언급하지 않는 한, 각 구성요소의 두께는 "평균 두께"를 의미하는 것이다. 상기 각 구성요소의 "평균 두께"는 각 구성요소의 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 단면 이미지로부터 임의의 5 내지 10 개의 지점을 추출하여 두께를 측정하고, 측정된 두께들의 산술평균을 산출함으로써 얻어질 수 있다.
- [0046] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고, 도 2 내지 도 4는 각각 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층에서 무기산화물 입자와 금속-유기 화합물 및 그의 열분해 생성물 간의 다양한 위치관계의 예들을 보여주는 단면도이다.
- [0047] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 서로 마주하는 제1 전극(110)과 제2 전극(170), 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 위치하고 발광체 입자(141)를 포함하는 발광층(140); 제1 전극(110)과 발광층(140) 사이에 위치하는 전자 수송층(120); 및 제2 전극(170)과 발광층(140) 사이에 위치하는 정공 수송층(150), 및 정공 수송층(150)과 제2 전극(170) 사이에 위치하고, 각 구성요소들과의 관계를 고려하여 생략 가능한 정공 주입층(160)을 포함한다.
- [0048] 전계 발광 소자(10)는 서로 마주하는 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 전자 수송층(120), 발광층(140), 정공 수송층(150), 및 정공 주입층(160)이 배치되어 있는 적층형 구조를 가질 수 있다.
- [0049] 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.
- [0050] 일 구현예에서 제1 전극(110)과 제2 전극(170)은 각각 구동 전원과 연결되어 발광층(140)으로 전류를 흘려보내는 역할을 수행할 수 있다. 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 중 어느 하나는 애노드(anode)이고 다른 하나는 캐소드(cathode)이다. 일 구현예에서 제1 전극(110)은 캐소드일 수 있고 제2 전극(170)은 애노드일 수 있다.
- [0051] 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 중 적어도 하나는 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 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 전극(170)은 광학적으로 투명한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(110)과 제2 전극(170)은 광학적으로 투명한 물질을 포함할 수 있다.
- [0052] 일 구현예에서, 광학적으로 투명한 물질은 예컨대 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, 주석 산화물, 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물 또는 이들의 조합을 포함하거나 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 금(Au) 및 이들의 합금에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0053] 일 구현예에서, 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 중 어느 하나는 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, 주석 산화물, 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있고, 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 중 다른 하나는 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 금(Au) 및 이들의 합금에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 예로, 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, 주석 산화물, 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있고, 제2 전극(170)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 금(Au) 및 이들의 합금에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [0054] 그러나, 일 구현예에 따른 제1 전극(110) 및/또는 제2 전극(170)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 반사하는 기능을 수행할 수도 있다.
- [0055] 한편, 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 각각은 기관(100) 또는 유기층 위에 스퍼터링 또는 증착 등의 방법을 이용하여 전극 형성용 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0056] 한편, 일 구현예에서 제1 전극(110)은 도 1에 도시된 것과 같이 기관(100)의 위에 배치되어 있을 수 있다. 기관(100)은 투명한 절연 기재일 수 있으며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기관(100)은 유리 또는 고분자 물질을 포함할 수 있고, 고분자 물질은 예컨대 150°C 이상의 유리전이점(Tg)을 가질 수 있으며, 예컨대, COC(Cyclo Olefin Copolymer) 또는 COP(Cyclo Olefin Polymer) 계열의 소재로 이루어질 수 있다.
- [0057] 일 구현예에서 기관(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(170) 사이에 배치된 전자 수송층(120), 발광층(140), 정공 수송층(150), 및 정공 주입층(160)을 지지하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)의 기관(100)이 반드시 제1 전극(110) 아래에 배치되어야 하는 것은 아니며, 제2 전극(170)의 위에 배치되거나, 경우에 따라서는 생략될 수도 있다.
- [0058] 일 구현예에서 전자 수송층(120)은 제1 전극(110)과 발광층(140) 사이에 위치하여 제1 전극(110)으로부터 발광층(140)으로 전하를 수송하는 역할을 수행한다. 상기 전하는 전자일 수 있다.
- [0059] 일 구현예에서, 전자 수송층(120)의 평균 두께는 소자 내 정공 수송층(150), 정공 주입층(160), 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 60 nm, 예를 들어 30 nm 내지 60 nm, 예를 들어 40 nm 내지 60 nm 일 수 있다.
- [0060] 전자 수송층(120)의 평균 두께가 20 nm 미만일 경우, 전자 수송층(120)에 존재하는 보이드(void), 크랙(crack) 등이 크게 늘어나 소자 특성이 크게 저하될 우려가 있고, 전계 발광 소자의 다른 구성요소와의 캐리어 밸런스를 맞추기 어려울 우려가 있다.
- [0061] 반면, 전자 수송층(120)의 평균 두께가 100 nm를 초과할 경우, 정공 대비 전자가 발광층(140)에 지나치게 빠르게, 및/또는 지나치게 많이 공급될 우려가 있으며 전자가 발광층(140)과 정공 수송층(150)간 계면에서 정공과 만나 계면 발광이 진행되거나, 정공 수송층(150) 및/또는 정공 주입층(160)으로 이동하여 소광(quench)되어 버릴 우려가 있다.
- [0062] 일 구현예에서, 전자 수송층(120)은 무기산화물 입자(121)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송층(120)은 상기 무기산화물 입자(121)로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다.
- [0063] 일 구현예에서, 무기산화물 입자(121)는 전자 수송성을 갖는 소재로 이루어져, 전자 수송성을 가질 수 있다. 일 구현예에 따른 무기산화물 입자(121)는 예를 들어 아연, 티타늄, 지르코늄, 주석, 텅스텐, 탄탈륨, 마그네슘, 갈륨, 나트륨, 구리 및 은 중 적어도 하나를 포함하는 산화물일 수 있고, 예를 들어 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0064] 일 구현예에 따른 무기산화물 입자(121)는 극성(polar) 용매에 대한 분산성을 가지고 있을 수 있다. 무기산화물 입자(121)들의 상기 분산성은 상온에서 무기산화물 입자(121) 표면에 존재하는 수산화기(-OH)로부터 기인한 것일 수 있다. 일례로, ZnO 입자의 경우 상온에서 표면에 수산화기(-OH)가 다수 형성되어 있다. 따라서 ZnO 입자를 상온에서 물, 에탄올 등의 극성 용매에 투입할 경우 교반과 같은 간단한 물리적 처리만으로 ZnO 입자들이 서로 뭉치지 않고 극성 용매 내부에 고르게 분산되도록 제어할 수 있다.
- [0065] 따라서, 무기산화물 입자(121)를 극성 용매에 분산시킨 용액을 제1 전극(110) 위에 도포 후 건조하는 방식을 통해 무기산화물 입자(121)들로 이루어진 집합층을 형성하기 용이하다. 또한, 이를 통해 형성된 집합층은 무기산화물 입자(121)들이 특정 부분에서 과하게 응집(agglomerate)되지 않고 비교적 고르게 분포되어 있을 수 있다.
- [0066] 한편, 일 구현예에 따른 무기산화물 입자(121)의 평균 입경은, 예를 들어 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.

- [0067] 무기산화물 입자(121)의 평균 입경이 상기 범위 내를 만족할 경우, 무기산화물 입자(121)로 이루어지는 집합층이 우수한 전자 수송성을 나타낼 수 있다.
- [0068] 일 구현예에서, 전자 수송층(120)은 비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함할 수 있다.
- [0069] 상기 금속-유기 화합물은 유기기를 가진 금속 염일 수 있다. 금속-유기 화합물은 전술한 무기산화물 입자(121)와 마찬가지로 전자 수송성을 갖되, 전술한 무기산화물 입자(121)와는 달리 비극성(non-polar) 용매에 대한 가용성을 가질 수 있다.
- [0070] 일 구현예에서, 금속-유기 화합물은 무기 산화물 입자(121)과 같거나 유사한 수준의 전자 수송성을 가질 수 있다. 이를 위한 금속-유기 화합물 중 금속은 Zn, Ti, Sn, W, Ta, Mg, Ga, Na, Cu, Ag, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속일 수 있다.
- [0071] 한편, 금속-유기 화합물의 전자 이동도나 에너지 준위 등은 금속, 및/또는 유기 화합물의 종류에 따라 다양할 수 있으나, 전술한 무기산화물 입자(121)와 같거나 유사한 수준의 전자 이동도 및/또는 에너지 준위를 가질 수 있다.
- [0072] 예컨대, 금속-유기 화합물 내 금속은 무기 산화물 입자(121) 내 금속과 같은 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 무기산화물 입자(121)는 금속 산화물 입자이고, 금속 산화물 입자에 포함된 금속 원소와 상기 금속-유기 화합물에 포함된 금속 원소는 서로 동일할 수 있다. 이 경우 전자 수송층(120)의 에너지 준위 및/또는 전자 이동도를 같거나 유사한 수준으로 제어하기 용이하다.
- [0073] 단, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 전계 발광 소자(10)를 이루는 각 구성요소들 간 전하 캐리어 밸런스를 고려하여 무기 산화물 입자(121) 내 금속과 금속-유기 화합물의 금속을 서로 달리 조절할 수도 있다.
- [0074] 일 구현예에서, 금속-유기 화합물 내 유기 화합물은 금속-유기 화합물에 비극성 용매에 대한 가용성을 부여한다. 상기 유기 화합물은 올레이트계 화합물, 아민계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 유기 화합물은 올레이트계 화합물일 수 있다.
- [0075] 또한, 상기 금속-유기 화합물을 용해하는 비극성 용매의 예시로는 C6 내지 C20의 직쇄형, 분지쇄형, 또는 고리형 지방족 탄화수소, C6 내지 C20의 방향족 탄화수소, 염화메틸렌, 에틸아세테이트, 에틸렌글리콜, 및 디에틸렌글리콜로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상을 들 수 있다.
- [0076] 일 구현예에 따른 금속-유기 화합물 내 유기 화합물이 전술한 군으로부터 선택된 유기 화합물인 경우, 비극성 용매에 금속-유기 화합물이 함유된 용액을 전술한 집합층 위에 도포 및 건조함으로써 간편한 방법으로 전자 수송층(120)을 형성할 수 있다.
- [0077] 구체적으로, 전술한 집합층은 극성 용매를 사용하여 제조되므로, 금속-유기 화합물로 극성 용매에 대한 가용성을 갖는 것을 사용할 경우 극성 용매에 의해 집합층이 손상될 우려가 있다. 그러나, 일 구현예에 따른 금속-유기 화합물은 무기산화물 입자(121)와는 상이한 화학적 특성을 갖는 비극성 용매를 사용하므로, 집합층 위에 도포하더라도 집합층 표면의 손상을 최소화할 수 있다.
- [0078] 상기 금속-유기 화합물의 열분해 생성물은 전술한 금속-유기 화합물이 함유된 용액을 도포 및 건조하는 과정에서 소정의 온도 하에 열분해되어 얻어지는 생성물을 의미한다. 상기 금속-유기 화합물의 열분해 생성물은 금속, 금속 산화물, 유기 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0079] 구체적으로, 상기 열분해 생성물은 Zn, Ti, Sn, W, Ta, Mg, Ga, Na, Cu, Ag, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속, 또는 그 산화물, 및 탄소 화합물을 포함할 수 있다.
- [0080] 상기 탄소 화합물은 전술한 금속-유기 화합물의 열분해에 의해 금속-유기 화합물 내 유기 화합물, 구체적으로 올레이트계 화합물, 아민계 화합물, 및 다른 유기 화합물들이 금속으로부터 분리된 것일 수도 있고, 이들의 유도체일 수도 있다. 상기 열분해 생성물은 무기산화물 입자(121) 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있을 수도 있다.
- [0081] 상기 탄소 화합물은 비극성 용매에 대한 가용성을 가지고 있을 수 있다.

- [0082] 일 구현예와 같이 금속-유기 화합물, 또는 그의 열분해 생성물과 무기산화물 입자(121)를 함께 포함할 경우, 무기산화물 입자(121)에 금속을 단순 도핑한 경우와 에너지 준위 변화 측면에서 차이가 있다.
- [0083] 구체적으로, 예컨대 금속-유기 화합물 내 금속으로 Mg을, 무기산화물 입자(121)로 ZnO 입자를 사용할 경우, 순수 Mg-유기 화합물, 또는 그의 열분해 생성물과 ZnO 입자가 혼재하는 전자 수송층(120)은 ZnO 입자만 포함하는 전자 수송층 대비 LUMO (lowest unoccupied molecular orbital) 에너지 준위와 HOMO (highest occupied molecular orbital) 에너지 준위가 다소 감소하는 반면, ZnO에 Mg 가 도핑되는 ZnMgO 의 경우 ZnO 입자만 포함하는 전자 수송층 대비 LUMO와 HOMO 에너지 준위가 다소 증가하는 양상을 나타낸다.
- [0084] 일 구현예에서 금속-유기 화합물의 함량은 전자 수송층(120)의 전술한 에너지 준위 및/또는 전자 이동도 간 관계를 고려하여 다양하게 변경될 수 있다. 금속-유기 화합물의 함량은 예를 들어, 상기 금속과 결합을 이루는 유기 화합물의 종류, 무기산화물 입자(121)의 종류, 전자 수송층(120)의 형성 두께 등을 고려하여 다양하게 조절될 수 있다.
- [0085] 도 2 내지 도 4를 참조하면, 전계 발광 소자(10, 10', 10'') 내 전자 수송층(120)은 무기산화물 입자(121)로 이루어진 집합층을 포함하는 제1층(124)을 포함할 수 있다. 이 경우, 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물은 제1층(124)과 발광층(140) 사이에 다양하게 위치하고 있을 수 있다.
- [0086] 상기 제1층(124)의 평균 두께는, 무기산화물 입자(121)의 평균 입경, 재료, 발광층(140) 및/또는 정공 수송층(150), 정공 주입층(160) 등과의 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 이하일 수 있고, 예를 들어 20 nm 이상, 예를 들어 25 nm 이상, 예를 들어 30 nm 이상일 수 있다.
- [0087] 제1층(124)의 평균 두께가 상기 범위 내를 만족할 경우, 제1층(124)이 우수한 전자 수송성을 나타낼 수 있다.
- [0088] 먼저 도 2를 참조하면, 전계 발광 소자(10) 내 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물(122)은 발광층(140)과 마주보는 제1층(124)의 표면과 직접 접촉하되, 상기 표면에 존재하는 빈 공간을 메우고 있을 수 있다.
- [0089] 구체적으로, 발광층(140)과 마주보는 전자 수송층(120)의 표면을 기준으로 볼 때, 상기 표면은 무기산화물 입자(121)가 위치한 제1영역, 및 이웃한 무기산화물 입자(121) 사이의 빈 공간을 메우고 있는 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물(122)이 위치한 제2영역을 포함할 수 있다.
- [0090] 발광층(140)과 마주보는 전자 수송층(120)의 표면은 무기산화물 입자(121)와 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물(122)들이 혼재되어 있을 수 있다.
- [0091] 이에 따라 도 2에 따른 전계 발광 소자(10)의 경우 전술한 바와 같이 전자 수송층이 무기산화물 입자(121)를 포함하는 제1층(124)과, 발광층과 마주보는 제1층(124) 표면의 빈 공간을 메우는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물(122)을 포함하는 복합층일 수 있다.
- [0092] 한편 도 3을 참조하면, 전계 발광 소자(10')은 전술한 도 2에 따른 전계 발광 소자(10)와 달리 발광층(140)과 제1층(124) 사이에 위치하는 소정 두께의 제2층(126)을 더 포함하고, 제2층(126)은 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2층(126)은 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물로 이루어진 층일 수 있다.
- [0093] 구체적으로, 발광층(140)과 마주보는 전자 수송층의 표면은 상기 제2층(126) 표면이 되며, 도 2의 전계 발광 소자(10)와 달리 무기산화물 입자(121)는 상기 표면으로 노출되지 않고 제2층(126)에 의해 덮이게 될 수 있다. 발광층(140)과 마주하는 상기 제2층(126)의 표면은 상기 제2층(126)과 접촉하는 제1층(124) 표면 대비 비교적 평탄화된 표면을 가질 수 있다. 따라서 발광층(140)과 접하는 전자 수송층(120)의 모폴로지를 개선할 수 있다.
- [0094] 도 3의 전계 발광 소자(10') 또한 도 2의 전계 발광 소자(10)와 마찬가지로 제1층(124) 표면이 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물과 직접 접촉하고 있으며, 이를 통해 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물이 제1층(124) 표면에 존재하는 빈 공간을 메우고 있을 수 있다.
- [0095] 일 구현예에 따른 제2층(126)의 두께는, 전술한 바와 같이 제2층(126)이 적어도 접촉하는 제1층(124) 표면을 덮어 무기산화물 입자(121)가 발광층(140) 방향을 향해 노출되지 않을 정도의 두께를 가질 수 있다. 한편, 상기 제2층(126)의 형성 시, 후술할 발광층(140) 형성 과정에서 발광층 형성용 용액과의 상호작용을 더 고려하여, 목표하는 두께보다 더 두껍게 형성할 수 있다.
- [0096] 일 구현예에서 전술한 조건들을 고려한 제2층(126)의 평균 두께는 제1층(120)보다 얇을 수 있으며, 예를 들어 2

nm 이상, 예를 들어 3 nm 이상, 예를 들어 4 nm 이상, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 10 nm 이상일 수 있고, 예를 들어 15 nm 이하일 수 있으며, 예를 들어 3 nm 내지 15 nm, 예를 들어 5 nm 내지 15 nm, 예를 들어 7 nm 내지 15 nm, 예를 들어 10 nm 내지 15 nm일 수 있다.

- [0097] 제2층(126)의 평균 두께가 2 nm 미만일 경우, 후술할 발광층(140) 형성 과정에서 비극성 용매에 의해 제2층(126) 두께가 줄어들거나 무기산화물 입자(121)가 노출될 우려가 있다. 반면 제2층(126)의 평균 두께가 15 nm를 초과할 경우, 전계 발광 소자 전체적인 전하 캐리어 밸런스가 저하될 우려가 있다.
- [0098] 도 2와 도 3에 따른 전계 발광 소자(10, 10')에서 제1층(124) 표면의 빈 공간은 무기산화물 입자(121)의 평균 입경, 제1층(124)의 형성 두께 등에 따라 달라질 수 있으나, 제1층(124)이 무기산화물 입자(121)들로 이루어진 집합체인 이상 불가피하게 형성되는 공간이다. 상기 빈 공간은 무기산화물 입자(121)들 사이의 보이드(void), 또는 크랙(crack) 등을 포함한다.
- [0099] 상기 빈 공간은 소자 구동 시 전자의 누설 경로(leakage path)로 작용하는 공간으로, 극성 용매에 대한 분산성이 우수한 무기산화물을 이용하여 제1층(124)을 형성하더라도 상기 빈 공간을 완전히 제거하는 것은 어려울 수 있다.
- [0100] 그러나, 도 2와 도 3에 따른 전계 발광 소자(10, 10')의 경우 적어도 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물이 제1층(124) 표면의 빈 공간을 메우도록 형성되는 것은 물론, 도 3의 전계 발광 소자(10')와 같이 제1층(124) 표면을 제2층(126)으로 덮고 있을 수도 있다.
- [0101] 즉, 도 2와 도 3에 따른 전계 발광 소자(10, 10')의 경우, 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 통해 제1층(124) 표면의 빈 공간을 메움으로써, 전자 수송층의 누설경로를 줄일 수 있다.
- [0102] 단, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 도 4에 따른 전계 발광 소자(10'')의 경우 제1층(124')이 전술한 도 2 및 도 3에 따른 전계 발광 소자(10, 10')의 집합층과 달리, 제1층(124')이 이웃한 상기 무기산화물 입자(121) 사이를 메우고 있는 유기물 매트릭스를 포함하고 있을 수 있다. 이 경우, 상기 유기물 매트릭스는 모노머, 올리고머 및/또는 고분자에서 선택된 유기물을 포함할 수 있으며, 유기물은 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물과는 다른 물질일 수 있다.
- [0103] 예를 들어, 상기 유기물 매트릭스는 바인더일 수 있다. 즉, 상기 제1층(124')은 무기산화물 입자(121)와 바인더 기능을 수행하는 유기물이 혼합된 층일 수도 있다. 상기 유기물 매트릭스는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물과 상이하면서도 공지된 바인더 기능을 수행할 수 있는 다양한 유기물이라면 특별히 제한되지 않고 포함될 수 있다.
- [0104] 한편, 제2층(126')은 제1층(124') 내부 빈 공간을 메우지는 않으나, 제1층(124') 표면이 발광층(140)을 향해 노출되지 않도록 제1층(124')을 덮고 있을 수 있다. 이 경우, 제2층(126')을 통해 제1층(124')의 표면을 덮음으로써 제1층(124') 표면의 모폴로지를 개선할 수 있으며, 이를 통해 전자 수송층의 누설전류의 경로를 줄일 수 있다.
- [0105] 일 구현예에서, 전술한 도 3과 도 4에 따른 전계 발광 소자(10', 10'')의 제1층(124, 124')과 제2층(126, 126') 간에는 동일하거나 거의 유사한 수준의 에너지 준위를 가질 수 있다. 예를 들어, 제1층(124, 124')과 제2층(126, 126')에 사용되는 금속이 서로 동일한 금속일 경우, 제2층(126, 126')의 루모 에너지 준위는 유기 화합물 등의 존재에 의해 제1층(124, 124') 대비 미세하게 높아질 수 있다.
- [0106] 그러나, 전자 수송에 에너지 장벽으로 작용하는 것을 최소화할 수 있도록, 제2층(126, 126')의 루모 에너지 준위와 제1층(124')의 루모 에너지 준위 차이는 예를 들어 0.3 eV 이하, 예를 들어 0.2 eV 이하, 예를 들어 0.1 eV 이하일 수 있고, 전술한 바와 같이 전자 수송층(120)에 사용되는 금속의 종류, 유기 화합물의 종류를 달리 설계함으로써 0 eV에 가깝게 조절할 수도 있다.
- [0107] 한편, 일 구현예가 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 제2층(126, 126')의 루모 에너지 준위와 제1층(124, 124')의 루모 에너지 준위 차이가 예를 들어 0.3 eV 초과, 예를 들어 0.4 eV 이상, 예를 들어 0.5 eV 이하, 예를 들어 0.3 eV 내지 0.7 eV의 범위 내에서 다양하게 조절될 수 있다. 단, 이 경우 제2층(126, 126')이 에너지 장벽으로 작용하는 것을 최소화할 수 있도록, 제2층(126, 126')의 형성 두께 등을 조절할 수 있다.
- [0108] 한편, 전자 수송층(120)과 제1 전극(110) 사이에는 전자의 주입을 용이하게 하는 전자 주입층(도시하지 않음), 및/또는 정공의 이동을 저지하는 정공 차단층(도시하지 않음)이 더 형성되어 있을 수 있다.

- [0109] 전자 주입층, 정공 차단층 각각의 평균 두께는 적절히 선택할 수 있다. 예컨대, 각층의 평균 두께는 1 nm 이상 및 500 nm 이하일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 전자 주입층은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있으며, 전자 수송층(120)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0110] 상기 전자 주입층은 예컨대 1,4,5,8-나프탈렌-테트라카복실릭 디안하이드라이드(1,4,5,8-naphthalene-tetracarboxylic dianhydride, NTCDA), 바소쿠프로인(bathocuproine, BCP), 트리스[3-(3-피리딜)-메시틸]보레인(3TPYMB), LiF, Alq₃, Gaq₃, Inq₃, Znq₂, Zn(BTZ)₂, BeBq₂, ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 8-hydroxyquinolino lithium (Liq), n형 금속 산화물 (예를 들어, ZnO, HfO₂ 등), 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0111] 상기 정공 차단층은 예컨대 1,4,5,8-나프탈렌-테트라카복실릭 디안하이드라이드(1,4,5,8-naphthalene-tetracarboxylic dianhydride, NTCDA), 바소쿠프로인(BCP), 트리스[3-(3-피리딜)-메시틸]보레인(3TPYMB), LiF, Alq₃, Gaq₃, Inq₃, Znq₂, Zn(BTZ)₂, BeBq₂ 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 전계 발광 소자(10) 내 다른 구성요소의 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0112] 발광층(140)은 전자 수송층(120)과 정공 수송층(150)의 사이에 위치할 수 있다. 발광층(140)은 전자 수송층(120)과 접촉하고 있을 수 있으며, 2 이상의 발광체 입자를 포함할 수 있다.
- [0113] 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.
- [0114] 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 초과 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.
- [0115] 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.
- [0116] 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.
- [0117] 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 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.
- [0118] 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 ZnSeSTe, 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.
- [0119] 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).
- [0120] 상기 IV-VI족 화합물은 SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원

소 화합물; SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다. 상기 I족-III-VI족 화합물의 예는, CuInSe₂, CuInS₂, CuInGaSe, CuInGaS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 I-II-IV-VI 족 화합물의 예는 CuZnSnSe, CuZnSnS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 IV족 화합물은 Si, Ge 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 단원소; 및 SiC, SiGe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.

- [0121] 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.
- [0122] 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.
- [0123] 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.
- [0124] 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.
- [0125] 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.
- [0126] 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.
- [0127] 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.
- [0128] 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. 이처럼 양자점의 표면에 배위된 유기 용매는 소자 내에서 안정성에 영향을 줄 수 있으므로, 나노 결정의 표면에 배위되지 않은 잔여물은 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. 잔여물을 제거한 후 양자점의 표면에 배위된 리간드 화합물, 유기 용매, 또는 이들의 조합의 양은 양자점 무게의 50 중량% 이하, 예컨대, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하, 또는 10 중량% 이하일 수 있다.
- [0129] 상기 발광체 입자의 표면에는 소수성 장기를 가지는 소수성 유기 리간드가 결합되어 있을 수 있다. 일 구현예에서, 소수성 유기 리간드는, RCOOH, RNH₂, R₂NH, R₃N, RSH, R₃PO, R₃P, ROH, RCOOR', RPO(OH)₂, R₂POOH (여기서, R, R'는 각각 독립적으로 C5 내지 C24의 알킬기, C5 내지 C24의 알케닐기, C6 내지 C20의 지환족기, 또는 C6 내지 C20의 아릴기임), 고분자 유기 리간드 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 소수성 유기 리간드로 올레산(oleic acid), 팔미트산(palmitic acid), 미리스트산(myristic acid, 스테아르산(stearic acid), 또는 이들의 조합을 들 수 있다. 상기 소수성 유기 리간드는 단일 작용기(mono-functional)를 갖는 유기

리간드일 수 있고, 상기 작용기는 양자점 표면과 화학적으로 결합을 이루고 있을 수 있다.

[0130] 상기 발광체 입자의 표면에 소수성 유기 리간드가 부착될 경우, 일 구현예에 따른 발광체 입자와 발광층 모두 전체적으로 소수성을 띄게 된다. 이와 같이 발광층(140)이 소수성을 띄게 되면 비극성 용매에 취약할 우려가 있다. 즉, 상기 발광층(140)과 비극성 용매가 접촉할 경우, 발광층(140)이 비극성 용매에 의해 손상됨에 따라 소자 특성이 크게 저하될 우려가 있다.

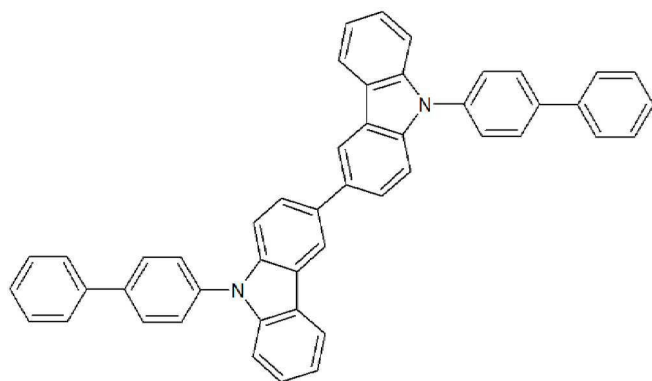
[0131] 그러나, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전술한 바와 같이 무기산화물 입자(121)로 이루어진 집합층과 발광층(140) 사이에 전술한 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물이 위치하며, 상기 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물은 집합층 표면의 빈 공간을 메우고 있을 수도 있고, 집합층과 발광층(140) 사이에서 소정의 두께를 갖는 층을 이루고 있을 수도 있다. 따라서, 이미 형성된 전자 수송층(120) 위에 소수성을 갖는 발광층(140)을 형성할 경우, 비극성 용매에 의해 발광층이 손상되는 것을 미연에 방지할 수 있다.

[0132] 정공 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(170) 사이, 및/또는 정공 주입층(160)과 발광층(140)의 사이에 위치할 수 있다. 정공 수송층(150)은 발광층(140)으로 정공을 공급, 수송하는 역할을 수행할 수 있다. 정공 수송층(150)은 발광층(140)의 바로 아래에 형성되어 발광층(140)과 직접 접촉할 수 있다.

[0133] 일 구현예에서 정공 수송층(150)은 상기 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질, 또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 정공 수송층(150)은 바이카르바졸계 유도체, 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(스피로-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, NiO, MoO₃ 등과 같은 금속 산화물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

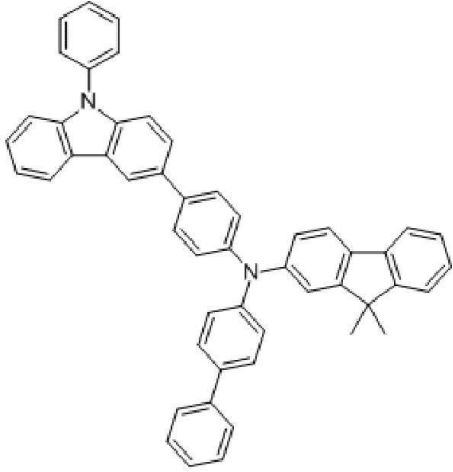
[0134] 예를 들어, 상기 정공 수송층(150)은 TCTA, 및 하기 화학식 1 내지 화학식 9 로 표현되는 화합물 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0135] [화학식 1]



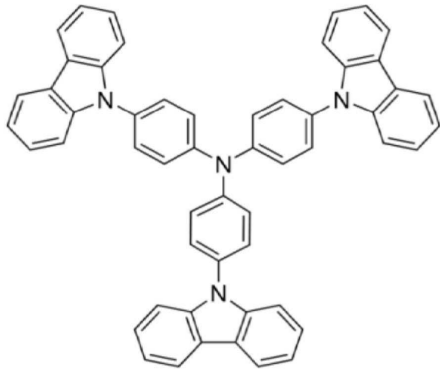
[0136]

[0137] [화학식 2]



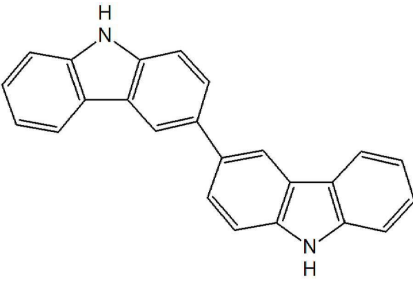
[0138]

[0139] [화학식 3]



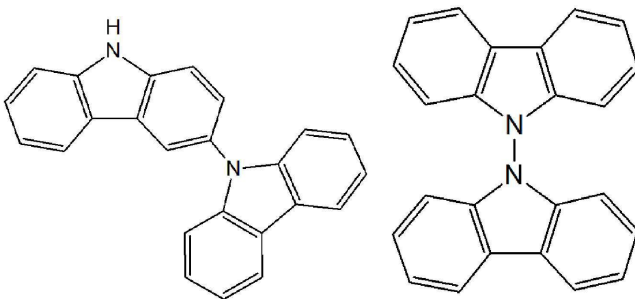
[0140]

[0141] [화학식 4]



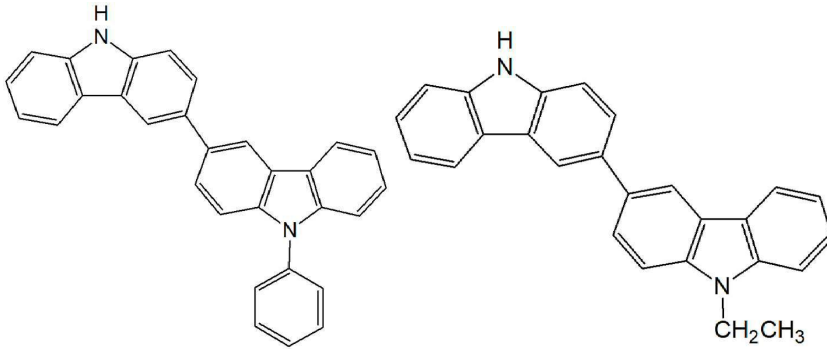
[0142]

[0143] [화학식 5] [화학식 6]



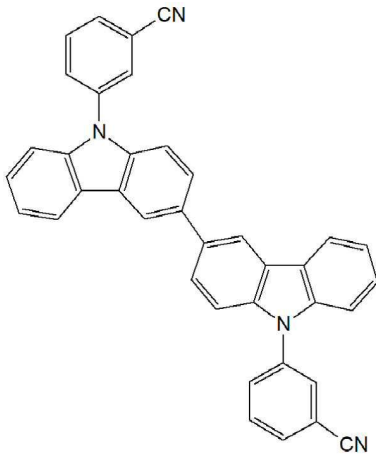
[0144]

[0145] [화학식 7] [화학식 8]



[0146]

[0147] [화학식 9]



[0148]

[0149] 이러한 정공 수송층(150)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, MIDATA, TFB, PFB, poly-TPD 등 p-타입 유기 반도체 소재의 정공 수송층(150)은 저분자 유기 소재에 비하여, 산소나 수분 등의 유해물질에 대해 상대적으로 내성이 강한 특성을 가지며, 결정화에 대한 높은 저항성을 가질 수 있다.

[0150] 상기 정공 수송층(150)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 이를 통해, 정공 수송층(150)을 간편한 방법으로 발광층(140) 위에 형성할 수 있을 뿐 아니라, 발광층(140)이 소수성을 갖는 경우, 발광층(140)에 영향을 최소화할 수 있도록 정공 수송층(150) 형성에 사용하는 용매로 극성 용매를 선택할 수 있다.

[0151] 예를 들어, 상기 발광층(140) 위에 PPV 등의 폴리머 막을 성막하는 경우, PPV 전구체 폴리머와 극성 용매(예를 들어, 물, 메탄올, 에탄올 등)가 포함된 전구체 용액을 발광층(140) 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(150)을 얻을 수 있다.

[0152] 상기 정공 수송층(150)은 스핀 코팅 등의 습식 코팅법에 의하여 형성될 수 있다. 이를 통해, 정공 수송층(150)을 간편한 방법으로 발광층(140) 위에 형성할 수 있을 뿐 아니라, 발광층(140)이 소수성을 갖는 경우, 발광층(140)에 영향을 최소화할 수 있도록 정공 수송층(150) 형성에 사용하는 용매로 극성 용매를 선택할 수 있다.

[0153] 예를 들어, 상기 발광층(140) 위에 PPV 등의 폴리머 막을 성막하는 경우, PPV 전구체 폴리머와 극성 용매(예를 들어, 물, 메탄올, 에탄올 등)가 포함된 전구체 용액을 발광층(140) 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(150)을 얻을 수 있다.

[0154] 정공 주입층(160)은 정공 수송층(150)과 제2 전극(170) 사이에 위치할 수 있다. 정공 주입층(160)은 정공 수송층(150)과 함께 발광층(140)으로 정공을 공급하는 역할을 수행할 수 있다. 다만, 정공 주입층(160)은 정공 수송층(150)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.

[0155] 한편, 정공 주입층(160)은 전술한 정공 수송층(150)과 마찬가지로 p-타입 반도체(p-type semiconductor) 물질,

또는 p-타입 도펀트로 도핑되어 있는 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 상기 정공 주입층(160)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(스피로-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-메틸페닐-N-페닐아미노)-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.

[0156] 이와 같이 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전자 수송층(120)이 무기산화물 입자(121)와 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함한다. 이에 따라 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 이용하여 이웃하는 무기산화물 입자 사이의 빈 공간을 최소화할 수 있다. 그 결과, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 누설 전류를 낮추어 소자의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0157] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.

[0158] 일 구현예에 따른 표시 장치는 기관과, 기관 위에 형성되어 있는 구동 회로, 구동 회로 위에 소정 간격으로 각각 이격되어 배치되어 있는 제1 전계 발광 소자, 제2 전계 발광 소자 및 제3 전계 발광 소자를 포함할 수 있다.

[0159] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이할 수 있다.

[0160] 일 구현예에서 제1 전계 발광 소자는 적색광을 발광하는 적색 소자일 수 있고, 제2 전계 발광 소자는 녹색광을 발광하는 녹색 소자일 수 있으며, 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.

[0161] 다만, 일 구현예가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 중 적어도 하나가 마젠타(magenta), 옐로우(yellow) 및 시안(cyan) 색 중 어느 하나를 표시할 수도 있고, 이외 다른 색을 표시할 수도 있다.

[0162] 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.

[0163] 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.

[0164] 기관은 투명한 절연 기관이며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기관은 유리, 또는 고분자 물질을 포함할 수 있으며, 고분자 물질은 유리전이점(Tg)이 150℃ 보다 높은 물질에서 선택될 수 있으며, 예컨대, COC(Cyclo Olefin Copolymer) 또는 COP(Cyclo Olefin Polymer) 계열의 소재로 이루어질 수 있다. 기관의 위에는 전술한 제1 내지 제3 전계 발광 소자가 모두 형성되어 있다. 즉, 일 구현예에 따른 표시 장치의 기관은 공통층을 이루고 있다.

[0165] 구동 회로는 기관 위에 위치하며, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 각각과 독립적으로 연결된다. 구동 회로는 하나 하나 이상의 스캔 라인, 데이터 라인, 구동 전원 라인, 공통 전원 라인 등을 포함하는 배선, 하나의 유기 발광 소자에 대응하여 배선에 연결된 둘 이상의 박막 트랜지스터(thin film transistor, TFT)와 하나 이상의 커패시터(capacitor) 등을 포함할 수 있다. 구동 회로는 공지된 다양한 구조를 가질 수 있다.

[0166] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 누설 전류를 줄이고 소자 특성을 향상시킬 수 있으므로, 저전력으로도 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0167] 이하에서는 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 권리범위가 제한되어서는 아니된다.

[0168] **실시예 1**

- [0169] 유리 기판 위에 인듐-주석 산화물(Indium-Tin-Oxide, ITO) 층을 증착하고, 그 위에 평균 입경 4.5 nm 인 ZnO 입자 3 mmol을 에탄올에 분산시킨 제1 전자 수송층 형성용 조성물을 4000 rpm, 40 초의 조건으로 스핀 코팅한 후, 80 °C에서 30 분 간 건조하는 과정을 거쳐 약 30 nm 내지 35 nm 의 평균 두께를 갖는 ZnO 집합층을 형성한다.
- [0170] 이후, Zn과 올레이트(oleate)가 1:1의 몰비를 이루는 징크-올레이트 화합물 0.1 mmol 을 1 mL의 헥산(hexane)에 용해시킨 다음, 이를 형성된 ZnO 집합층 위에 4000 rpm, 40 초의 조건으로 스핀 코팅한다.
- [0171] 스핀 코팅된 층을 헥산을 이용하여 세척한 후, 세척된 층을 80 °C에서 30 분 간 건조하는 과정을 거쳐 헥산을 제거하고 층 내 징크-올레이트 화합물들의 결정화(crystallization)를 유도하여, ZnO 집합층 위에 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층을 형성한다. 형성된 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층은 ZnO 집합층 상부면을 덮고 있으며, ZnO 집합층의 평균 두께보다 얇은 평균 두께를 가진다.
- [0172] 이후, 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층 위에, 소수성 유기 리간드(올레산)가 부착된 청색 양자점(ZnSeTe/ZnSe/ZnS 코어-셸 청색 양자점)과 바인더가 옥탄에 분산된 발광층 형성용 조성물을 코팅 후 80 °C에서 가열함으로써, 25 nm 두께를 갖는 청색 발광층을 형성한다. 상기 청색 양자점은 최대 발광 파장이 440 nm 내지 460 nm, 반치폭이 18 nm 내지 25 nm, 외부양자효율이 85 % 이상인 것을 사용한다.
- [0173] 청색 발광층 형성 후의 전자 수송층 평균 두께 (ZnO 집합층과 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층을 합한 평균 두께) 는 약 35 nm 내지 45 nm 이다.
- [0174] 이후, 청색 발광층 위에 TCTA가 메탄올에 용해된 정공수송층 형성용 조성물을 도포 후, 가열함으로써 TCTA층을 형성한다.
- [0175] 이후, TCTA층 위에 MoO₃를 증착하여, 정공 주입층으로 MoO₃층을 형성한다.
- [0176] 이후, MoO₃층 위에 은(Ag) 층을 증착함으로써, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO집합층/징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층/청색 발광층/TCTA/MoO₃/Ag)를 제조한다.
- [0177] **실시예 2**
- [0178] 소수성 유기 리간드(올레산)가 부착된 청색 양자점(ZnSeTe/ZnSe/ZnS) 대신 소수성 유기 리간드(올레산)가 부착된 적색 양자점 (InP)를 사용하여 적색 발광층을 제조하고, TCTA층 대신 전술한 화학식 1로 표현되는 바이카르 바즐게 유도체의 층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 실시예 2에 따른 전계 발광 소자 (ITO/ZnO집합층/징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층/적색 발광층/바이카르 바즐게 유도체층(화학식 1)/MoO₃/Ag)를 제조한다.
- [0179] **비교예 1**
- [0180] ZnO 집합층 바로 위에 청색 발광층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 1에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO 집합층/청색 발광층/TCTA/MoO₃/Ag)를 제조한다.
- [0181] **비교예 2**
- [0182] 제2 전자 수송층 형성용 조성물로 Zn과 아세테이트(acetate)가 1:1의 몰비를 이루는 징크-아세테이트 화합물 0.1 mmol 을 1 mL의 에탄올에 용해시킨 것을 사용하고, 세척 단계에서도 헥산 대신 에탄올을 사용하여 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층 대신 징크-아세테이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 2에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO집합층/징크-아세테이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층/청색 발광층/TCTA/MoO₃/Ag)를 제조한다.
- [0183] **비교예 3**
- [0184] 제2 전자 수송층 형성용 조성물로 ZnCl₂ 0.1 mmol 을 1 mL의 아세톤에 용해시킨 것을 사용하고, 세척 단계에서도 헥산 대신 아세톤을 사용하여 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층 대신 ZnCl₂ 층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 3에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO집

합층/ZnCl₂/청색 발광층/TCTA/MoO₃/Ag)를 제조한다.

[0185] **비교예 4**

[0186] 제2 전자 수송층 형성용 조성물로 Zn과 디에틸디티오카바메이트(diethyldithiocarbamate)가 1:1의 몰비를 이루는 징크-디에틸디티오카바메이트 화합물 0.1 mmol 을 클로로포름(CHCl₃)에 용해시킨 것을 사용하고, 세척 단계에서도 hexan 대신 클로로포름을 사용하여 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층 대신 징크-디에틸디티오카바메이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 4에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO집합층/징크-디에틸디티오카바메이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층/청색 발광층/TCTA/MoO₃/Ag)를 제조한다.

[0187] **비교예 5**

[0188] ZnO 집합층 바로 위에 적색 발광층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 2와 동일한 과정을 거쳐 비교예 5에 따른 전계 발광 소자(ITO/ZnO 집합층/적색 발광층/화합식 1/MoO₃/Ag)를 제조한다.

[0189] **평가 1: ZnO 집합층 표면과 ZnO 집합층/징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층의 표면 이미지 비교**

[0190] 비교예 1에서 ZnO 집합층 상부면과, 실시예 1에서 ZnO 집합층 위에 형성된 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층의 표면 이미지를 각각 도 5와 도 6에 나타낸다.

[0191] 도 5는 비교예 1에 따른 ZnO 집합층 표면의 주사 전자 현미경(Scanning Electron Image, SEM) 이미지를 나타낸 것이고, 도 6은 실시예 1에 따른 ZnO 집합층 위에 형성된 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층의 표면 SEM 이미지를 나타낸 것이다.

[0192] 도 5를 참고하면, 비교예 1에 따른 ZnO 집합층은 전술한 바와 같이 ZnO 입자들로 채워진 제1영역(비교적 밝은 영역)과, 채워지지 않은 빈 공간인 제2영역(검은 영역)을 가지게 된다. 이와 같은 빈 공간인 제2영역은 보이드 및/또는 크랙을 포함하며, 소자의 전자 수송 중 누설 경로로 작용하게 될 우려가 있다.

[0193] 반면, 도 6을 참고하면, 실시예 1에 따른 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층은 ZnO 집합층 표면에 존재하는 빈 공간을 일부 및/또는 전부 메우도록 형성될 수 있는 것은 물론, ZnO 집합층을 덮도록 형성될 수 있다. 이에 따라, 실시예에 따른 징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층을 ZnO 집합층 바로 위에 형성할 경우, ZnO 집합층에 존재하던 보이드 및/또는 크랙을 제거, 또는 최소화할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0194] **평가 2: 실시예와 비교예들에 따른 전계 발광 소자의 소자 특성**

[0195] 전술한 실시예 1와 비교예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자에 대한 전압-전류 밀도관계, 및 휘도-외부 양자 효율 관계를 각각 도 7 내지 도 8로 나타낸다.

[0196] 도 7은 실시예 1과 비교예 1 내지 4에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류 밀도 곡선을 나타낸 것이다. 도 7에서는 전압에 따른 전류 밀도 변화를 로그 스케일(log scale)로 나타내었다.

[0197] 도 7을 참조하면, 실시예 1에 따른 전자 수송층(ZnO 집합층/징크-올레이트 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층)을 갖는 전계 발광 소자는 비교예들에 따른 전계 발광 소자들 대비 약 2.5 V 이하의 전압에서 전류 밀도가 증가한 것을 확인할 수 있으며, 특히 비교예 1 대비 안정적인 전류 밀도 증가 효과를, 비교예 3 내지 4 대비 우수한 전류 밀도 증가 효과를 각각 보이는 것을 알 수 있다.

[0198] 도 8은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율(External Quantum Efficiency, EQE) 곡선을 나타낸 것이다.

[0199] 도 8을 참조하면, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 비교예들 대비 1.8 배 내지 2.5 배의 최대 외부양자효율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, 특정 휘도 별 외부 양자효율을 비교할 경우, 100 니트에서의 외부양자효율은 실시예 1이 약 1.4 %, 비교예 1이 약 0.8 %, 비교예 2와 비교예 4가 각각 약 1.0 %, 비교예 3이 약 0 %를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0200] 또한, 500 니트에서의 외부양자효율은 실시예 1이 약 2.4 %, 비교예 1이 약 1.4 %, 비교예 2가 약 1.5 %, 비교예 3이 0 %, 비교예 4가 약 0.9 %를 나타내었고, 1000 니트에서의 외부양자효율은 실시예 1이 약 2.3 %, 비교예

1이 약 1.2 %, 비교예 2가 약 0.5 %, 비교예 3과 비교예 4는 각각 약 0 %를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0201] 한편, 각 전계 발광 소자의 최대 휘도는 실시예 1이 약 1400 Cd/m², 비교예 1이 약 1200 Cd/m², 비교예 2가 약 1000 Cd/m², 비교예 3이 약 24 cd/m², 비교예 4가 약 740 Cd/m²로 각각 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0202] 우선, 비교예 3은 다른 비교예들보다도 더욱 열위한 물성을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 전자 수송층 형성을 위한 화합물로 금속-유기 화합물 아닌 ZnCl₂을 포함한 결과, ZnO 집합층 위에 형성된 ZnCl₂층이 ZnO 집합층과 비슷하거나, 그 이상의 보이드 및/또는 크랙을 가지게 되었기 때문으로 추측된다. 이를 통해 금속-유기 화합물이 아닌 ZnCl₂ 등의 무기 화합물을 이용하여 제2 전자 수송층을 형성할 경우 오히려 소자 특성을 발현하기 어려울 수 있음을 확인할 수 있다.

[0203] 한편, 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 포함하는 층 형성 과정에서 극성 용매가 사용된 비교예 2 내지 비교예 4의 경우, ZnO 집합층만 형성된 비교예 1과 비슷한 수준이거나(비교예 2), 비교예 1보다 크게 열위한 외부양자효율 및/또는 최대 휘도를 나타낸다(비교예 3과 비교예 4). 이를 통해 비극성 용매가 아닌 극성 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물을 사용할 경우, 극성 용매가 적어도 ZnO 집합층에 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

[0204] 즉, 비교예 2 내지 비교예 4의 경우 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물을 이용하여 실시예 1과 유사하게 ZnO 집합층의 보이드 및/또는 크랙을 매우더라도, 극성 용매에 의해 ZnO 집합층의 손상 등이 발생함으로써 경우 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물 형성의 효과가 크지 않거나(비교예 2), 오히려 형성하지 않는 경우보다 더 열위한 성능을 갖게 되는 경우(비교예 3과 비교예 4)가 발생함을 알 수 있다.

[0205] 따라서, 실시예 1과 같이 비극성 용매에 대한 가용성을 갖는 금속-유기 화합물을 이용하여 ZnO 집합층 위에 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물 층을 형성하는 경우가 전술한 비교예들 대비 약 100 니트에서부터 1000 니트에 이르기까지 넓은 휘도 영역에 걸쳐 우수한 외부양자효율을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0206] **평가 3: 실시예와 비교예들에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성**

[0207] 실시예 1와 비교예 1에 따른 전계 발광 소자(청색)의 수명 특성과, 실시예 2와 비교예 5에 따른 전계 발광 소자(적색)의 수명 특성을 각각 도 9 내지 도 10으로 나타낸다.

[0208] 도 9는 실시예 1과 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 것이고, 도 10은 실시예 2와 비교예 5에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 것이다.

[0209] 도 9와 도 10을 참조하면, 실시예 1의 T50은 약 1.5시간, 비교예 1의 T50은 약 1 시간으로, 청색 전계 발광 소자 기준 약 1.5 배의 수명 향상 효과가 있음을 확인할 수 있다. 한편, 실시예 2의 T50은 약 67.7 시간, 비교예 5의 T50은 약 9.7 시간으로, 적색 전계 발광 소자 기준 약 7 배의 수명 향상 효과가 있음을 확인할 수 있다.

[0210] 따라서, 실시예들에 따른 전계 발광 소자 모두, 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물 층을 포함하지 않는 비교예들 대비 우수한 수명 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이는 금속-유기 화합물 또는 그의 열분해 생성물 층의 존재로 인해 전자 수송층의 안정적인 전류 주입이 가능해지고, 이에 따라 전하 캐리어 밸런스가 향상되었기 때문으로 파악된다.

[0211] 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.

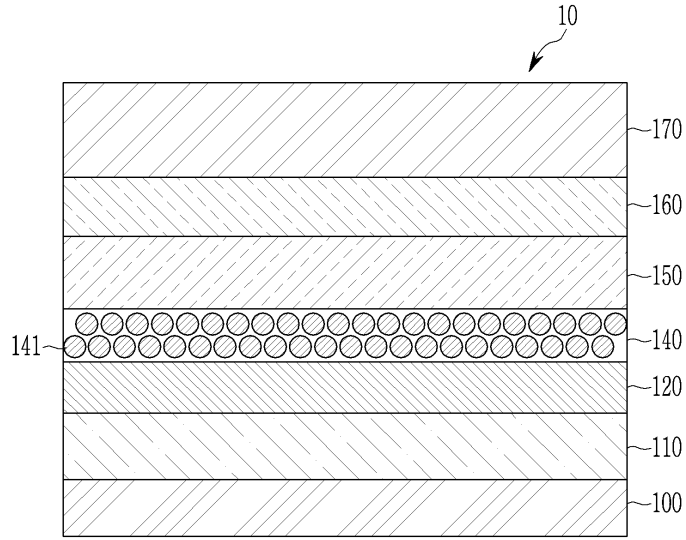
부호의 설명

- [0212] 10: 전계 발광 소자 100: 기관
- 110: 제1 전극 120: 전자 수송층
- 121: 무기산화물 입자 124: 제1층
- 126: 제2층 140: 발광층
- 141: 발광체 입자 150: 정공 수송층

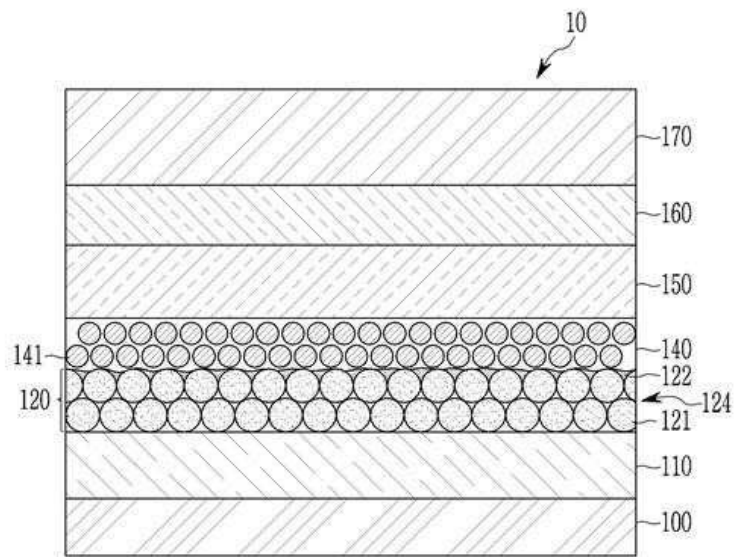
160: 정공 주입층 170: 제2 전극

도면

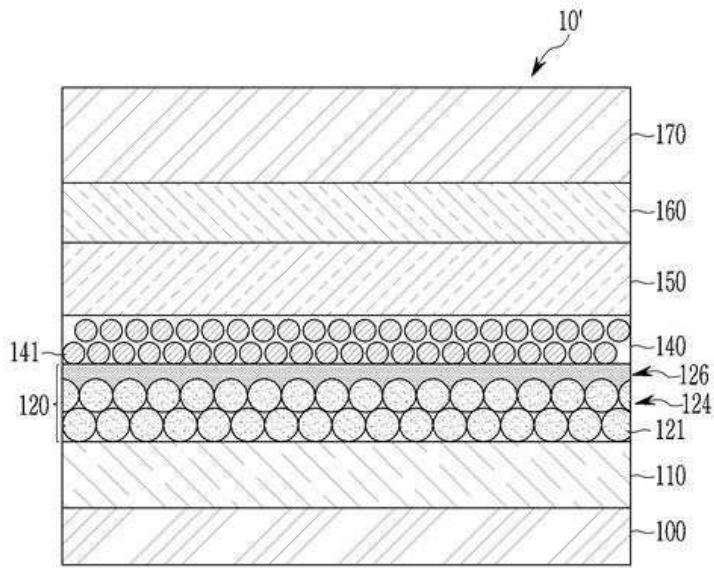
도면1



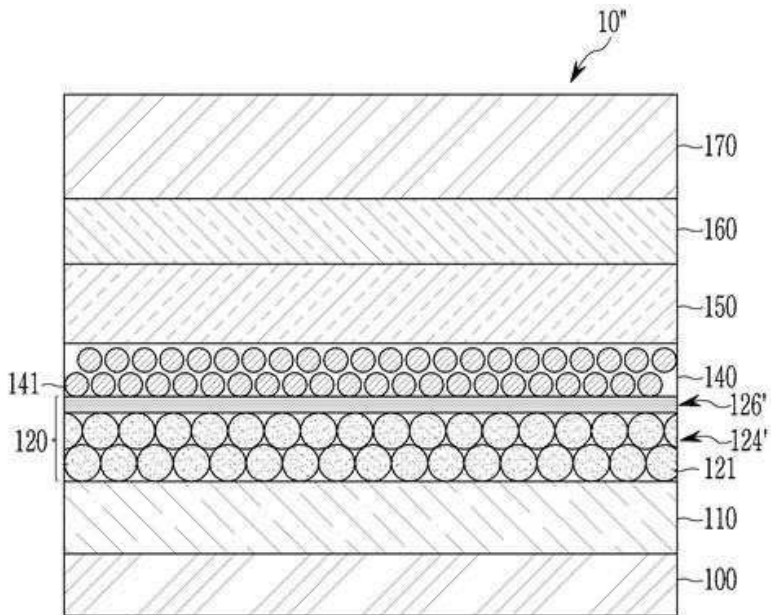
도면2



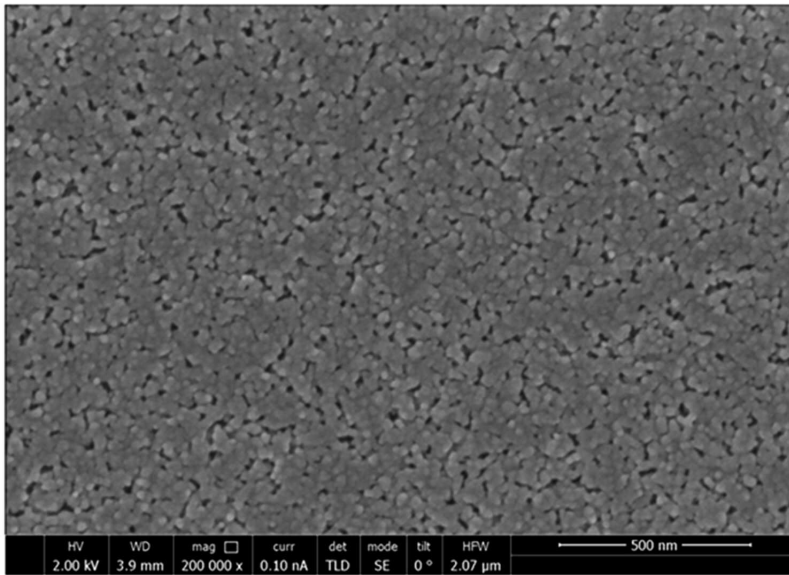
도면3



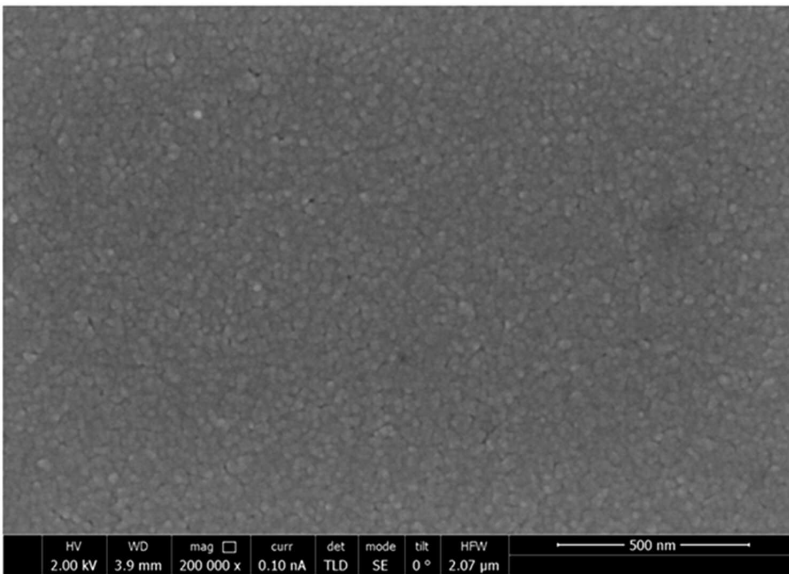
도면4



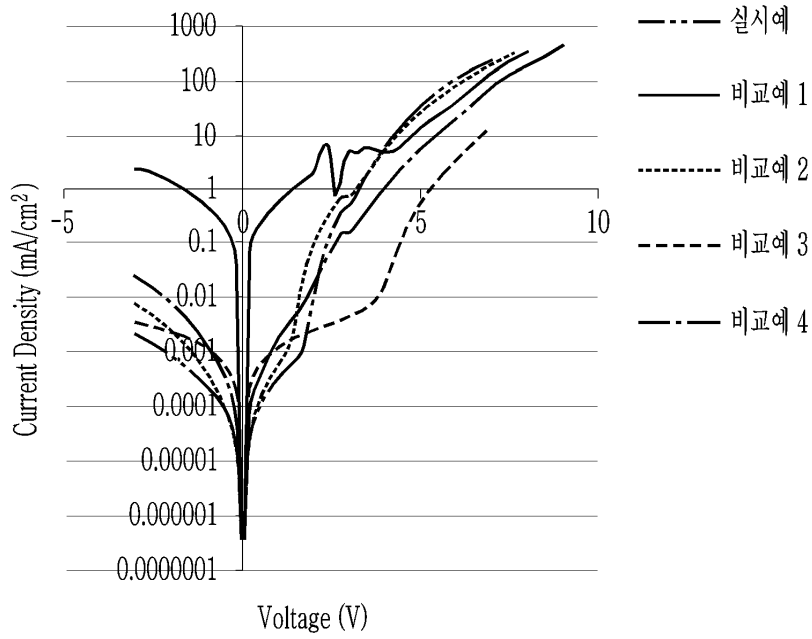
도면5



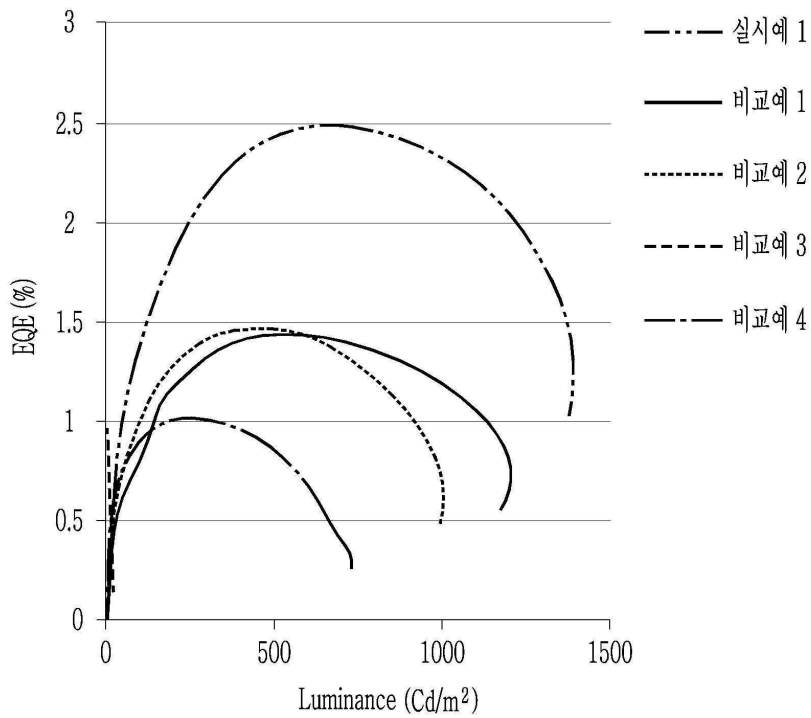
도면6



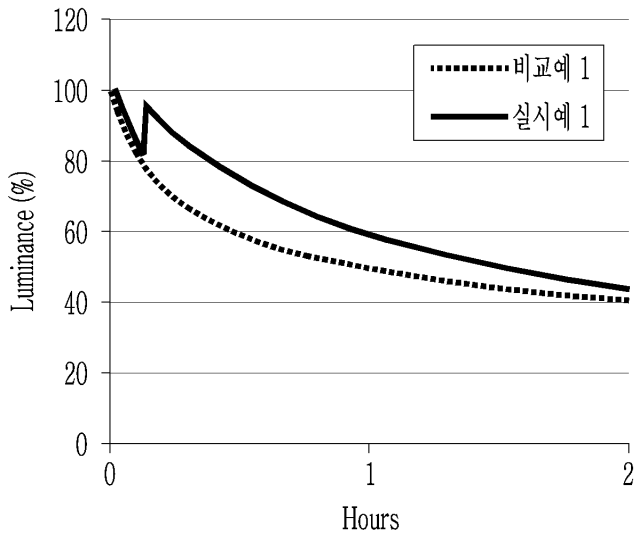
도면7



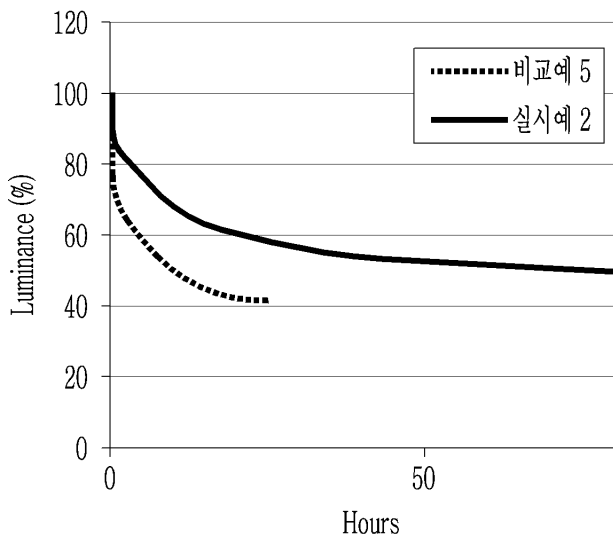
도면8



도면9



도면10



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	KR1020190108504A	公开(公告)日	2019-09-24
申请号	KR1020190028358	申请日	2019-03-12
[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 김찬수 김태호 박건수 장은주 김진아 김태형 이정희		
发明人	김성우 김찬수 김태호 박건수 장은주 김진아 김태형 이정희		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/5072 H01L51/5012 H01L51/5048 H01L51/5203		
优先权	1020180029942 2018-03-14 KR		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种电致发光元件和包括该电致发光元件的显示装置。该电致发光元件包括：彼此面对的第一电极和第二电极；以及第一电极和第二电极。发光层，位于第一电极和第二电极之间，并且包括发光体颗粒；位于第一电极和发光层之间的电子传输层；空穴传输层位于第二电极和发光层之间。电子传输层包括无机氧化物颗粒和在非极性溶剂中具有溶解性的金属有机化合物或热解产物。因此，本发明旨在提供一种通过减少电流泄漏而具有改善的元件特性的电致发光元件。

