



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0108389
(43) 공개일자 2019년09월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
H01L 51/52 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/502 (2013.01)
H01B 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0029851
(22) 출원일자 2018년03월14일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김찬수
서울특별시 강북구 오패산로30길 30, 107동 2004호 (미아동, 경남아너스빌)
김태호
경기도 성남시 분당구 판교원로82번길 60, 1412동 1501호 (운중동, 산운마을)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

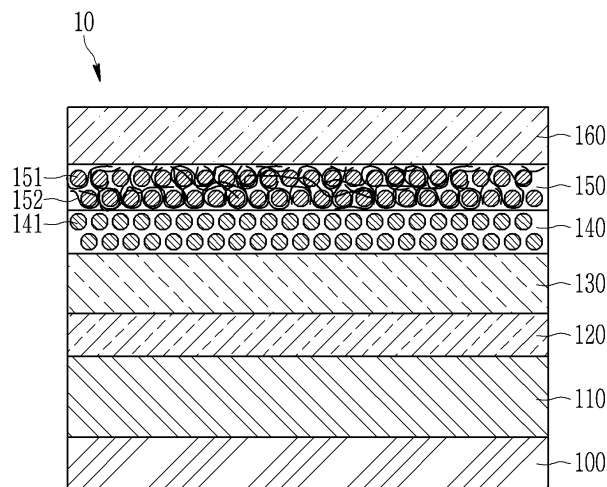
전체 청구항 수 : 총 15 항

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

(57) 요약

제1 전극과, 제1 전극 위에 위치한 정공 수송층과, 정공 수송층의 위에 위치하며, 발광체 입자를 포함하는 발광층과, 발광층 위에 위치하며, 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함하는 전자 수송층, 및 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며, 유기 고분자는 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 7 중량% 내지 30 중량% 함유되어 있는 전계 발광 소자와, 그 제조 방법, 및 이를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/5072 (2013.01)

H01L 51/5203 (2013.01)

(72) 발명자

박건수

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

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, 발광체 입자를 포함하는 발광층;

상기 발광층 위에 위치하며, 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함하는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며,

상기 유기 고분자는 상기 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 7 중량% 내지 30 중량% 함유되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,

상기 유기 고분자는 극성 용매에 대한 용매선택성을 가지며,

상기 유기 고분자는 극성 용매에 용해된 상태에서 상기 금속 산화물 입자에 대한 흡착능을 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 3

제2항에서,

상기 극성 용매는 메탄올, 에탄올, 아이소프로필알콜, 부탄올, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

상기 유기 고분자는 아민계 화합물, 알콜계 화합물, 아크릴계 화합물, 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제1항에서,

상기 유기 고분자는 1,000 g/mol 내지 30,000 g/mol 의 중량평균 분자량을 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 6

제1항에서,

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

청구항 7

제1항에서,

상기 금속 산화물 입자의 평균 입경은 0.1 nm 내지 10 nm 인, 전계 발광 소자.

청구항 8

제1항에서,

상기 전자 수송층의 루모(LUMO) 에너지 준위는 -4.20 eV 내지 -3.5 eV 인, 전계 발광 소자.

청구항 9

제1항에서,

상기 전자 수송층의 호모(HOMO) 에너지 준위는 -8.0 eV 내지 -7.0 eV 인, 전계 발광 소자.

청구항 10

제1항에서,

상기 전자 수송층의 밴드 갭 에너지(band gap energy)는 2.5 eV 내지 3.8 eV 인, 발광 소자.

청구항 11

제1항에서,

상기 전자 수송층의 두께는 5 nm 내지 100 nm 인, 발광 소자.

청구항 12

제1항에서,

상기 발광체 입자는 양자점을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 13

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 14

제1항에서,

상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가지는, 전계 발광 소자.

청구항 15

제1항 내지 제14항 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] 발광 효율과 수명 특성이 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, 발광체 입자를 포함하는 발광층; 상기 발광층 위에 위치하며, 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함하는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 위에 위치하는 제2 전극을 포함하며, 상기 유기 고분자는 상기 전자 수송층의 총 중량을 기준으로 7 중량% 내지 30 중량% 함유되어 있는 전계 발광 소자가 제공된다.

[0007] 상기 유기 고분자는 극성 용매에 대한 용매선택성을 가지며, 상기 유기 고분자는 극성 용매에 용해된 상태에서 상기 금속 산화물 입자에 대한 흡착능을 가질 수 있다.

[0008] 상기 극성 용매는 메탄올, 에탄올, 아이소프로필알콜, 부탄올, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0009] 상기 유기 고분자는 아민계 화합물, 알콜계 화합물, 아크릴계 화합물, 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 유기 고분자는 1,000 g/mol 내지 30,000 g/mol 의 중량평균 분자량을 가질 수 있다.

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

[0012] 상기 금속 산화물 입자의 평균 입경은 0.1 nm 내지 10 nm 일 수 있다.

[0013] 상기 전자 수송층의 루모(LUMO) 에너지 준위는 -4.20 eV 내지 -3.5 eV 일 수 있다.

[0014] 상기 전자 수송층의 호모(HOMO) 에너지 준위는 -8.0 eV 내지 -7.0 eV 일 수 있다.

[0015] 상기 전자 수송층의 밴드 갭 에너지(band gap energy)는 2.5 eV 내지 3.8 eV 일 수 있다.

[0016] 상기 전자 수송층의 두께는 5 nm 내지 100 nm 일 수 있다.

[0017] 상기 발광체 입자는 양자점을 포함할 수 있다.

[0018] 상기 발광체 입자 각각은 Cd을 포함하지 않는 II족-VI족 화합물, III족-V족 화합물, IV족-VI족 화합물, IV족 원소 또는 화합물, I족-III족-VI족 화합물, Cd을 포함하지 않는 I족-II족-IV족-VI족 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 발광체 입자는 코어-셸 구조를 가질 수 있다.

[0020] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0021] 누설 전류를 방지하고 전자 수송성과 정공 차단 성능이 개선됨으로써 발광 효율과 수명 특성이 향상된 전계 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0022] 또한, 전술한 바와 바와 같이 발광 효율과 수명 특성이 향상된 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 2는 일 구현예에 따른 전자 수송층의 기능을 개략적으로 나타낸 단면도이고,

도 3 내지 도 5는 각각 실시예 2, 실시예 3, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층의 상부면을 나타낸 주사전자현미경 이미지(Scanning Electron Microscope, SEM)이고,

도 6은 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이고,

도 7은 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1, 비교예 2, 및 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도별 외부 양자효율(External QuantumEfficiency, EQE)을 나타낸 그래프이고,

도 8은 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전압별 외부 양자효율을 나타낸 그래프이고,

도 9는 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이고,

도 10은 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 휘도별 외부 양자효율(External QuantumEfficiency, EQE)을 나타낸 그래프이고,

도 11은 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 전압별 외부 양자효율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 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.
- [0025] 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.
- [0026] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.
- [0027] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0028] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속"의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.
- [0029] "III족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0030] "IV족"은 IVA족 및 IVB 족을 포함할 수 있으며, IV족 금속의 예들은 Si, Ge, Sn을 포함할 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 본 명세서에서, "금속"이라는 용어는 Si와 같은 준금속도 포함한다.
- [0031] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Ru, Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0032] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0033] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0034] 일 구현예에서 입자의 입경에 관해서는, 측정법에 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.
- [0035] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
- [0036] 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 발광체 입자(141)를 포함하는 발광층(140), 발광층(140) 위에 위치하며, 금속 산화물 입자(151)와 유기 고분자(152)가 복합화된 복합체를 포함하는 전자 수송층(150), 전자 수송층(150) 위에 위치하는 제2 전극(160)을 포함한다.

- [0037] 즉, 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 사이에 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 및 전자 수송층(150)이 배치되어 있는 적층형 구조를 갖는다.
- [0038] 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.
- [0039] 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.
- [0040] 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.
- [0041] 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.
- [0042] 일 구현예에서 기판(100)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 사이에 배치된 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140), 전자 수송층(150)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(160)의 위에 배치되거나, 경우에 따라서는 생략될 수도 있다.
- [0043] 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.
- [0044] 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.
- [0045] 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.
- [0046] 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(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.
- [0047] 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.
- [0048] 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-비닐카

르바졸(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.

- [0049] 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 자길 수 있다.
- [0050] 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 250v ℃ 내지 300v ℃의 경화(curing) 온도로 3시간 동안 열처리(thermal treatment)함으로써 PPV 박막으로 이루어진 정공 수송층(130)을 얻을 수 있다.
- [0051] 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자(141)를 포함할 수 있다. 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.
- [0052] 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.
- [0053] 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.
- [0054] 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.
- [0055] 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.
- [0056] 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.
- [0057] 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).

- [0058] 상기 IV-VI족 화합물은 SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물; SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 삼원소 화합물; 및 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다. 상기 I족-III-VI족 화합물의 예는, CuInSe₂, CuInS₂, CuInGaSe, CuInGaS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 I-II-IV-VI 족 화합물의 예는 CuZnSnSe, CuZnSnS를 포함하나 이에 제한되지 않는다. 상기 IV족 화합물은 Si, Ge 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 단원소; 및 SiC, SiGe 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 이원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.
- [0059] 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.
- [0060] 한편, 발광체 입자(141)는 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 발광체 입자(141)는 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.
- [0061] 한편, 발광체 입자(141)가 코어-셸 구조를 갖는 양자점일 경우, 코어보다 셸을 구성하는 물질 조성이 더 큰 밴드갭 에너지를 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다.
- [0062] 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 발광체 입자(141)는 자외선 내지 적외선 파장 범위의 광을 발광할 수 있다.
- [0063] 한편, 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.
- [0064] 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.
- [0065] 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.
- [0066] 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.
- [0067] 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.
- [0068] 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.
- [0069] 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.

- [0070] 비용매의 구체적 종류로는, 아세톤, 에탄올, 메탄올 등을 들 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 여분의 유기물을 제거한 후 양자점의 표면에 배워진 유기물의 양은 양자점 무게의 50 중량% 이하, 예컨대, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하, 또는 10 중량% 이하일 수 있다.
- [0071] 이러한 유기물은, 리간드 화합물, 유기 용매, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0072] 상기 양자점은, 예를 들어 표면에 결합된, 소수성 잔기를 가지는 유기 리간드를 가질 수 있다. 일 구현예에서, 상기 소수성 잔기를 가지는 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, 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.
- [0073] 이와 같이 양자점이 소수성 잔기를 갖는 유기 리간드를 가질 경우, 후술할 전자 수송층(150) 형성 과정에서 전자 수송층 형성용 물질(예를 들어 용매 등)과의 접촉에 의해 양자점의 성능이 저하되거나 발광층(140)이 손상되는 것을 방지할 수 있다.
- [0074] 일 구현예에서 전자 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다.
- [0075] 전자 수송층(150)의 두께는 소자 내 정공 주입층(120), 정공 수송층(130), 발광층(140)과의 전하 캐리어 밸런스를 고려하여 다양하게 변경될 수 있지만, 예를 들어 5 nm 이상, 예를 들어 10 nm 이상, 예를 들어 15 nm 이상, 예를 들어 20 nm 이상, 예를 들어 30 nm 이상일 수 있고, 예를 들어 200 nm 이하, 예를 들어 150 nm 이하, 예를 들어 120 nm 이하, 예를 들어 100 nm 이하, 예를 들어 90 nm 이하, 예를 들어 80 nm 이하, 예를 들어 70 nm 이하, 예를 들어 60 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하일 수 있으며, 예를 들어 20 nm 내지 200 nm, 예를 들어 약 40 nm 내지 150 nm, 예를 들어 약 40 nm 내지 120 nm의 두께를 가질 수 있다.
- [0076] 전자 수송층(150)의 두께가 5 nm 미만인 경우, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)에서 요구되는 전하 수송성을 충족시키지 못할뿐더러 전자 수송층의 기능을 수행하기 어려울 우려가 있다. 또한, 상기 두께 미만의 경우 균일한 두께를 갖도록 전자 수송층을 형성하기 어렵고, 형성된 전자 수송층이 손상되기 비교적 쉬우므로 누설 전류가 증가할 우려가 있다.
- [0077] 한편, 전자 수송층(150) 두께가 200 nm 을 초과할 경우, 전계 발광 소자(10) 내 다른 구성요소와의 전하 캐리어 밸런스를 맞추기 곤란해질 우려가 있다. 즉, 정공 대비 이동도가 높은 전자가 전계 발광 소자(10) 내에서 발광층(140)을 지나 정공 수송층(130)이나 정공 주입층(120)으로 이동될 우려가 있고, 발광층(140) 내 정공과 전자의 결합 위치가 발광층(140)과 정공 수송층(130)의 계면으로 치우칠 우려가 있어, 이로 인한 여기자 소광 현상 등이 발생할 우려가 있다.
- [0078] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함할 수 있다. 상기 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체는 도 1에 도시된 바와 같이 금속 산화물 입자(151)과 유기 고분자(152)가 서로 복잡하게 엉켜 복합화된 구조를 이루고 있을 수 있다.
- [0079] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)은 금속 산화물 입자(151), 유기 고분자(152) 및/또는 불가피한 불순물 (예를 들어 제거되지 않고 잔류하는 미량의 용매 등)로 이루어진 것일 수 있다. 즉, 전자 수송층(150)은 금속 산화물 입자(151)와 유기 고분자(152)를 부착시키기 위한 별도의 바인더 등을 사용하지 않고도 금속 산화물 입자(151)와 유기 고분자(152) 간 결합이 형성되어 있을 수 있다.
- [0080] 상기 금속 산화물 입자(151)와 유기 고분자(152) 간 결합은 흡착에 의한 것일 수 있다. 일 구현예에서, 상기 흡착은 물리적 흡착과 화학적 흡착을 포함할 수 있다.
- [0081] 일 구현예에서, 상기 흡착은 화학적 흡착일 수 있다. 예를 들어, 유기 고분자(152)는 극성 용매에 대한 용매 선택성을 가질 수 있고, 상기 극성 용매에 용해된 상태의 유기 고분자(152)는 상기 금속 산화물 입자(151)에 대한 화학적인 흡착능을 가질 수 있다. 예를 들어 유기 고분자(152) 내 히드록시기(-OH), 아민기(-NH₂, -NR₁H, -NR₁R₂-) 등은 금속 산화물 입자(151)와 화학적인 결합(예를 들어, 공유결합, 수소결합 등)을 이루고 있을 수 있다.
- [0082] 한편, 일 구현예에서, 금속 산화물 입자(151)는 상기 극성 용매에 의해 서로 뭉치지 않고 고르게 분산될 수 있다. 이는 상온에서 금속 산화물 입자(151) 표면에 형성되는 히드록시기(-OH)와 상기 극성 용매 간의 상호작용에

기인한 것이다.

- [0083] 유기 고분자(152) 및 금속 산화물 입자(151)와 각각 전술한 바와 같은 상호작용이 가능한 극성 용매로는, 예를 들어 메탄올, 에탄올, 아이소프로필알콜, 부탄올, 또는 이들의 조합을 포함하는 것을 들 수 있다.
- [0084] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전술한 바와 같이 금속 산화물 입자(151)와 유기 고분자(152)가 극성 용매와 전술한 상호작용을 나타냄에 따라, 용액 공정과 같은 비교적 간편한 공정을 이용하여 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함하는 전자 수송층(150)을 형성할 수 있다.
- [0085] 한편, 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 이루는 일 구성요소인 금속 산화물 입자(151)는 전자 수송층(150)에 전자 수송성을 부여하는 기능을 수행한다. 금속 산화물 입자(151)의 재료로는, 예컨대 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.
- [0086] 전계 발광 소자(10) 내에서 우수한 전자 수송 효율과 전자 수송 신뢰성을 갖기 위한 금속 산화물 입자(151)의 평균 입경은, 예를 들어 1 nm 내지 20 nm 일 수 있다.
- [0087] 금속 산화물 입자(151)의 평균 입경이 1 nm 미만인 경우, 전계 발광 소자(10)에서 요구되는 수준의 전자 수송성을 갖추지 못할 우려가 있고, 20 nm를 초과할 경우, 전자 수송층(150)의 호모 (Highest Occupied Molecular Orbital, HOMO) 에너지 준위가 낮아지고 전자 수송층(150) 표면 모폴로지(morphology)가 균일하지 못하게 되어 정공 차단성과 전자 수송 신뢰성이 모두 저하될 우려가 있다.
- [0088] 금속 산화물 입자(151)의 형상은 특별히 제한되지 않고 구형, 타원형, 정육면체형, 사면체형, 피라미드형, 육팔면체형, 실린더형, 다면체형, 피라미드형, 다중 가지형(multi-arm), 또는 입방체(cubic)의 나노입자, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0089] 한편, 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 이루는 일 구성요소인 유기 고분자(152)는 전술한 금속 산화물 입자(151) 표면에 화학적으로 흡착되어 전자 수송층(150)의 내부 기공(pore), 크랙(crack) 등을 최소화하는 한편, 전자 수송층(150)의 표면 모폴로지를 균일하게 제어하는 역할을 수행한다.
- [0090] 일 구현예에서, 유기 고분자(152)로는, 예컨대 아민계 화합물, 알콜계 화합물, 아크릴계 화합물, 또는 이들의 유도체 중에서 선택된 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 일 구현예에서는 유기 고분자(152)로 아민계 화합물을 사용할 수 있다. 일 구현예에서는, 아민계 화합물 중에서도 폴리비닐피롤리돈(Polyvinylpyrrolidone)을 사용할 수 있다.
- [0091] 유기 고분자(152)는 전술한 극성 용매에 의해 전술한 바와 같이 금속 산화물 입자(151)와의 상호 작용이 가능하다.
- [0092] 한편, 전자 수송층(150)이 우수한 소자 특성과 수명 특성을 나타내기 위하여, 유기 고분자(152)는 전자 수송층(150) 총 중량을 기준으로 예를 들어 7 중량% 내지 30 중량%, 예를 들어 10 중량% 내지 30% 함유될 수 있다.
- [0093] 유기 고분자(152) 함량이 전술한 7 중량% 미만인 경우, 전자 수송층(150)의 내부 기공(pore), 크랙(crack)을 효과적으로 메우기에는 부족하며, 이에 따라 전계 발광 소자(10)의 발광 특성(휘도 및/또는 외부양자효율)을 저하시킬 우려가 있다.
- [0094] 유기 고분자(152) 함량이 전술한 30 중량%를 초과하는 경우, 유기 고분자(152)에 의해 정공 차단성은 향상되지만 전자 수송성은 저하될 우려가 있다. 즉, 절연체로 기능하는 유기 고분자(152)가 과도하게 함유될 경우, 전자 수송층의 저항이 증가하여 절연막 특성이 강해지게 될 우려가 있다. 이 경우, 전자 수송이 원활하지 않아 소자 성능이 떨어지거나, 심지어는 소자 구동이 불가능해질 우려가 있으며, 이에 따라 발광 특성도 저하될 우려가 있다.
- [0095] 일 구현예에서, 유기 고분자(152)의 중량평균 분자량은 전자 수송층(150) 내 유기 고분자(152) 함유량, 금속 산화물 입자(151)의 크기와 재료, 전자 수송층(150)의 목표 전자 이동도, 전계 발광 소자(10)의 전반적인 캐리어 밸런스 등을 고려하여 다양하게 조절할 수 있다.
- [0096] 단, 전자 수송층(150) 내 유기 고분자(152)가 전술한 함량으로 함유될 경우, 유기 고분자(152)는 예를 들어 1,000 g/mol 내지 30,000 g/mol의 중량평균 분자량을 가질 수 있다.
- [0097] 유기 고분자(152)의 중량평균 분자량이 전술한 범위를 만족하는 경우, 일 구현예에 다른 전계 발광 소자(10)의

전자 수송층(150)이 우수한 전자 수송성과 정공 차단 성능을 나타낼 수 있다. 특히, 아민, 카르복시산 등의 유기 단분자들을 사용하는 경우와 비교할 때, 전자 수송층(150)이 보다 우수한 표면 모폴로지, 최소화된 내부 기공(pore), 크랙(crack)을 나타낼 수 있다.

- [0098] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)의 루모 (Lowest Unoccupied Molecular Orbital, LUMO) 에너지 준위는, 예를 들어 -4.20 eV 내지 -3.5 eV, 예를 들어 -4.15 eV 내지 -3.0 eV, 일 수 있다.
- [0099] 일 구현예에서, 전자 수송층(150)의 호모 에너지 준위는, 예를 들어 -8.0 eV 내지 -7.0 eV 일 수 있다.
- [0100] 한편, 일 구현예에서 전자 수송층(150)의 밴드 갭 에너지(band gap energy)는, 예를 들어 2.5 eV 내지 3.8 eV 일 수 있다.
- [0101] 일 구현예에서 전자 수송층(150)의 에너지 준위들과 밴드 갭 에너지가 각각 전술한 범위 내인 경우, 정공 차단 성과 전자 수송성이 동시에 우수한 전계 발광 소자(10)를 제공할 수 있다. 이에 대해서는 후술할 실험예에서 보다 상세히 서술한다.
- [0102] 일반적인 무기물 전자 수송층 재료로 사용되는 ZnO 입자는 표면에 수산화기(-OH)가 다수 형성되어 있으며, 상온에서 서로 응집되는 성질이 있다.
- [0103] 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.
- [0104] 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.
- [0105] 도 2는 일 구현예에 따른 전자 수송층의 기능을 개략적으로 나타낸 단면도이다.
- [0106] 반면, 도 1과 도 2를 함께 참고하면, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 금속 산화물-유기 고분자 복합체로 이루어진 전자 수송층(150)을 통해 금속 산화물 입자(151)를 고르게 분산시키는 한편, 유기 고분자(152)를 통해 분산된 금속 산화물 입자(151) 사이의 공간을 효과적으로 메울 수 있다.
- [0107] 따라서, 전자 수송층(150)에 공급된 전자(e⁻)는 다른 경로로 누설되거나 소광되지 않고 발광층(140)으로 잘 공급될 수 있다. 또한, 발광층(140) 측에 위치한 정공(H⁺)은 전자 수송층(150) 내 내부 기공이나 크랙 최소화, 및 발광층(140)과 전자 수송층(150)간 높은 호모 에너지 차이에 의해 전자 수송층(150)으로 이동하지 못하고 발광층(140)에 머무를 수 있다.
- [0108] 따라서, 일 구현예에 따른 산화물-유기 고분자 복합체로 이루어진 전자 수송층(150) 표면은 기존 ZnO 집합층 대비 우수한 표면 모폴로지를 나타내며, 이를 통해 전자의 누설 경로를 최소화 하고 정공의 이동을 효과적으로 차단할 수 있다.
- [0109] 이와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체를 포함한 전자 수송층(150)을 통해 발광 효율과 수명 특성 향상을 달성할 수 있다.
- [0110] 상기 전자 수송층(150)은 용액 공정으로서, 예를 들어 스핀 코팅 등의 습식 코팅법을 이용하여 형성될 수 있다. 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 용액 공정을 이용하여 전자 수송층(150)과 상기 발광층(140)을 함께 형성하거나, 상기 정공 수송층(130) 및 발광층(140)을 함께 형성할 수 있다.
- [0111] 예를 들어, 정공 수송층 형성용 조성물을 도포 후, 그 위에 발광층 형성용 조성물을 도포하고, 그 위에 극성 용매에 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체가 포함된 전자 수송층 형성용 조성물을 도포한 후, 예컨대, N₂의 비활성 가스 분위기 또는 진공 속에서 열처리(thermal treatment)하는 과정을 거쳐 정공 수송층(130), 발광층(140), 전자 수송층(150)을 함께 형성할 수 있다.
- [0112] 이와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 용액 공정을 이용하여 정공 수송층(130), 발광층(140), 및 전자 수송층(150)을 용이하게 형성할 수 있다.
- [0113] 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니고, 정공 수송층(130), 발광층(140), 전자 수송층(150) 각각의 소재

등에 따라 각 층이 서로 별개의 공정을 거쳐 각각 형성될 수도 있다.

- [0114] 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.
- [0115] 전자 주입층, 정공 차단층 각각의 두께는 적절히 선택할 수 있다. 예컨대, 각층의 두께는 1 nm 이상 및 500 nm 이하일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 전자 주입층은 증착에 의해 형성되는 유기층일 수 있으며, 전자 수송층(150)의 형성 두께, 재료 등을 고려하여 생략될 수도 있다.
- [0116] 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, Alq₃, Gaq₃, Inq₃, Znq₂, Zn(BTZ)₂, BeBq₂, ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 8-hydroxyquinolino lithium (Liq), n형 금속 산화물 (예를 들어, ZnO, HfO₂ 등), ET204 (8-(4-(4,6-di(naphthalen-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)quinolone), 및 이들의 조합에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0117] 상기 정공 차단층은 예컨대 1,4,5,8-나프탈렌-테트라카르복실릭 디안하이드라이드(1,4,5,8-naphthalene-tetracarboxylic dianhydride, NTCDA), 바소쿠프로인(BCP), 트리스[3-(3-피리딜)-메시틸]보레인(3TPYMB), LiF, 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.
- [0118] 전술한 바와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체로 이루어진 전자 수송층(150)을 포함하되, 유기 고분자(152) 함량이 전자 수송층(150) 총 중량 대비 7 중량% 내지 30 중량% 으로 조절될 수 있다.
- [0119] 이에 따라, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전자 수송층(150)을 통해 전자의 누설 경로(leakage path)를 최소화하고 정공이 전자 수송층(150)으로 이동하는 것을 효과적으로 차단할 수 있으며, 그 결과로 향상된 발광 효율과 수명 특성을 제공할 수 있다.
- [0120] 이하에서는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명한다.
- [0121] 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.
- [0122] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.
- [0123] 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.
- [0124] 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.
- [0125] 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.
- [0126] 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.
- [0127] 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.
- [0128] 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.

[0129] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 누설 전류를 방지하고 전자 수송성을 개선할 수 있으므로, 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

[0130] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.

[0131] **실시예 1**

[0132] 유리 기판 위에 인듐-주석 산화물(Indium-Tin-Oxide, ITO) 층을 증착하고, 그 위에 PEDOT:PSS를 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.

[0133] 이후, 도데칸싸이올(dodecanethiol) 리간드가 코팅된 청색 양자점이 옥탄에 분산되어 있는 발광층 형성용 조성물을 정공 수송층 위에 코팅 후 80 °C에서 가열함으로써, 25 nm 두께를 갖는 청색 발광층을 형성한다. 청색 발광층이 발광하는 청색광의 중심파장은 452 nm 내지 458 nm, 반치폭은 20 nm 내지 28 nm 이다.

[0134] 한편, ZnO 입자(평균 입경: 3 nm 내지 7 nm)가 분산된 에탄올 10 mg/mL 내지 100mg/mL 용액에 폴리비닐피롤리돈(중량평균 분자량: 10,000 g/mol)을 상온에서 소정의 비율을 갖도록 혼합하여 에탄올에 ZnO 입자들과 폴리비닐피롤리돈이 복합화되어 있는 ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물을 제조한다.

[0135] 이후, 청색 발광층 위에 상기 ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물을 코팅 후 80 °C에서 10~100분 가열함으로써, 약 40 nm 의 두께를 갖는 ZnO-PVP 복합체층을 형성한다. ZnO-PVP 복합체층 내 PVP의 함량은 10 중량% 이다.

[0136] 이후, 형성된 ZnO-PVP 복합체층 위에 알루미늄(Al) 층을 약 90 nm의 두께로 증착하여, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0137] **실시예 2**

[0138] ZnO-PVP 복합체층 내 PVP의 함량이 15 중량% 이 될 수 있도록 전술한 ZnO-PVP복합체층 형성용 조성물을 용액을 제조, 및 사용한 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 실시예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0139] **실시예 3**

[0140] ZnO-PVP 복합체층 내 PVP의 함량이 25 중량% 이 될 수 있도록 전술한 ZnO-PVP복합체층 형성용 조성물을 용액을 제조, 및 사용한 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 실시예 3에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0141] **비교예 1**

[0142] ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물 대신, 평균 입경 4.5 nm 인 ZnO 입자들을 에탄올에 분산시켜 제조한 ZnO 집합층 형성용 조성물을 사용하는 점을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 1에 따른 전계 발광 소자를 제조한다. 비교예 1은 소자 내 PVP를 전혀 함유하지 않는다.

[0143] **비교예 2**

[0144] ZnO-PVP 복합체층 내 PVP의 함량이 5 중량% 이 될 수 있도록 전술한 ZnO-PVP복합체층 형성용 조성물을 용액을 제조, 및 사용한 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 2에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0145] **비교예 3**

[0146] 전술한 제조예에서 중량평균 분자량이 50,000 g/mol인 PVP를 사용한 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 3에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0147] **비교예 4**

[0148] 전술한 제조예에서 중량평균 분자량이 10,000 g/mol인 PVP를 ZnO-PVP 복합체층 내 PVP의 함량이 40 중량% 이 될

수 있도록 전술한 ZnO-PVP복합체층 형성용 조성물을 용액을 제조, 및 사용한 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 4에 따른 전계 발광 소자를 제조한다.

[0149] **평가 1: 전자 수송층 형성용 조성물의 에너지 준위**

[0150] 전술한 실시예 2, 실시예 3, 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 형성 과정 중, 전자 수송층 형성용 조성물 (ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물 또는 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 밴드갭 에너지(Bandgap energy)를 측정하고, 그 결과를 표 1에 나타낸다.

표 1

[0151]

	LUMO	HOMO	Bandgap energy
실시예 1	-4.08 eV	-7.24 eV	3.16 eV
실시예 2	-4.09 eV	-7.23 eV	3.13 eV
비교예 1	-4.18 eV	-7.54 eV	3.36 eV
비교예 2	-4.05 eV	-7.35 eV	3.30 eV

[0152] 표 1을 참고하면, 실시예 1과 실시예 2에 따른 ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물은 PVP를 포함하지 않는 비교예 1의 ZnO 집합층 형성용 조성물 대비 루모 에너지 준위는 약 0.1 eV 가량, 호모 에너지 준위는 약 0.3 eV 가량 각각 상승한 것을 확인할 수 있다. 이로부터, ZnO-PVP 복합체층을 형성하더라도 ZnO 집합층과 유사한 수준의 전자 수송성을 가질 것을 알 수 있다. 즉, PVP를 함유하더라도 이로 인해 상승한 루모 에너지 준위가 에너지 장벽으로 작용하기에는 미미한 수준이므로, ZnO과 유사한 수준의 우수한 전자 수송성을 가짐을 알 수 있다.

[0153] 반면, ZnO-PVP 복합체층을 형성함으로써 높아진 호모 에너지 준위가 루모 에너지 준위 향상 수준의 약 3배에 달하는 점으로부터, ZnO-PVP 복합체층이 ZnO 집합층 우수한 정공 차단성을 가짐을 알 수 있다.

[0154] 한편, 실시예 1과 실시예 2에 따른 ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물은 비교예 2에 따른 ZnO-PVP 복합체층 형성용 조성물과 유사한 수준(약 0.5 eV 가량의 차이)의 루모 에너지 준위를 갖되, 약 0.11 eV 내지 0.12 eV 가량 상승한 호모 에너지 준위를 가짐을 확인할 수 있다.

[0155] 이로부터, 실시예 1과 실시예 2의 경우, 비교예 2의 경우와 유사한 수준의 전자 수송성을 가지면서도 비교예 2의 경우 대비 더욱 우수한 정공 차단성을 가짐을 알 수 있다.

[0156] **평가2: 전자 수송층의 상부면 표면 모폴로지**

[0157] 실시예 2, 실시예 3, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 형성 과정 중, 전자 수송층(ZnO-PVP 복합체층 또는 ZnO 집합층) 형성 후 Al층 증착 전 각 전자 수송층의 표면 이미지를 측정하고, 이를 도 3 내지 도 5로 나타낸다.

[0158] 도 3 내지 도 5는 각각 실시예 2, 실시예 3, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층의 상부면을 나타낸 주사전자현미경 이미지(Scanning Electron Microscope, SEM)이다.

[0159] 도 3과 도 4를 참고하면, 실시예 2와 실시예 3에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층은 ZnO 입자들이, PVP에 의해 덮혀있는 것을 확인할 수 있다. 실시예 3은 실시예 2 대비 PVP의 함량비가 증가하였으므로, ZnO 입자들 사이 공간이 PVP에 의해 더욱 보이지 않도록 메워져 있는 것을 확인할 수 있다.

[0160] 실시예 2와 실시예 3에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층 모두, 도 3과 도 4로부터 확인 가능한 표면 크랙이나 기공은 실질적으로 없는 것을 알 수 있다.

[0161] 반면, 도 5를 참고하면, 비교예 1에 따른 전계 발광 소자의 전자 수송층은 도 3, 도 4와는 달리 ZnO 입자들끼리 서로 응집(agglomerate)된 형상이 지배적이고, PVP는 ZnO 입자 사이를 일부 메우고 있을 뿐이다. 이에 따라, 도 5로부터 확인 가능한 표면 크랙이나 기공이 다수 존재함을 알 수 있다.

[0162] 따라서, 전계 발광 소자가 우수한 발광 효율과 수명 특성을 나타내기 위해서는, 전자 수송층 내 PVP가 적어도 5 중량%를 초과하도록 함유되어 있어야 함을 확인할 수 있다.

[0163] **평가 3: PVP 함량에 따른 전계 발광 소자의 소자 특성**

[0164] 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 수명 특성을 도 6로 나타내고, 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1, 비교예 2, 및 비교예 4에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 휘도별 외부 양자효율 특성을

도 7로 나타내며, 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1 및 비교예 2에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 전압별 외부 양자효율 특성은 도 8로 나타낸다.

- [0165] 도 6은 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0166] 도 6을 참고하면, 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자가 각각 최초 휘도의 50 % 수준의 휘도를 발광하는 시점의 시간(T50)은 각각 약 0.45 시간, 약 0.2 시간, 약 0.3 시간 임을 확인할 수 있다. 이로부터, PVP가 전혀 포함되지 않은 경우의 소자 수명이 현저히 낮고, PVP를 포함하더라도 5 중량% 수준으로 포함할 경우 소자 수명 향상 효과가 미미함을 확인할 수 있다.
- [0167] 반면 PVP를 15 중량% 함유한 전계 발광 소자는 비교예들 대비 약 1.5 내지 2 배 가량의 수명향상 효과를 나타내는데, 이는 ZnO 입자 사이 공간을 PVP로 충분히 메움으로써 전자 수송층의 표면 크랙, 기공 등을 최소화하였기 때문인 것으로 파악된다.
- [0168] 도 7은 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1, 비교예 2, 및 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 휘도별 외부 양자효율(External QuantumEfficiency, EQE)을 나타낸 그래프이다.
- [0169] 도 7을 참고하면, 실시예 1과 실시예 2에 따른 전계 발광 소자의 최대 외부양자효율이 각각 약 4.94 %, 4.64% 수준으로, 3.32 % (비교예 1), 3.64 % (비교예 2), 약 1.4 % (비교예 4) 대비 향상된 것을 확인할 수 있다.
- [0170] 한편, 100 니트(nit)의 휘도를 기준으로, PVP를 포함한 경우(실시예 1, 실시예 2, 비교예 2)는 그렇지 않은 경우(비교예 1) 대비 다소 낮아진 외부양자효율을 나타내지만, PVP를 5 중량% 함유한 경우(비교예 2), 및 PVP를 40 중량% 함유한 경우(비교예 4)에 비해 PVP를 7 중량% 이상 함유한 실시예들의 외부양자효율이 상승한 것을 확인할 수 있다.
- [0171] 한편, 약 500 니트 내지 1800 니트의 전반적인 휘도 구간을 기준으로, PVP를 7 중량% 이상 함유한 실시예들이 비교예들 대비 우수한 외부양자효율을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0172] 도 8은 실시예 1, 실시예 2, 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 전압별 외부 양자효율을 나타낸 그래프이다.
- [0173] 도 8을 참고하면, PVP를 전혀 포함하지 않은 비교예 1 대비 PVP를 포함한 실시예들과 비교예 2의 개시전압이 다소 증가한 것을 확인할 수 있으나, 실시예들과 비교예 2의 개시전압 차이는 미미한 편임을 확인할 수 있다. 한편, 최대 외부양자효율이 발현되는 전압 또한 비교예 1, 비교예 2, 실시예 1, 실시예 2 순으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 ZnO에 비해 전자 수송성이 약한 PVP 함량이 증가하였기 때문으로 파악된다.
- [0174] 그러나, 도 8에 나타난 최대 외부 양자효율은 실시예들이 비교예들 대비 상당히 높은 편이고, 그에 비해 요구되는 전압은 실제 구동 전원에서 공급 가능한 범위 내로 큰 차이를 나타낸다고 볼 수 없다. 따라서, 이를 통해 PVP를 7 중량% 이상 함유한 경우 개시전압 상승 대비 외부양자효율 상승 효과가 두드러짐을 확인할 수 있다.
- [0175] **평가 4: PVP 중량평균 분자량에 따른 전계 발광 소자의 소자 특성**
- [0176] 실시예 1과 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자 각각에 대한 수명 특성, 휘도별 외부 양자효율 특성, 전압별 외부 양자효율 특성을 도 9 내지 도 11로 나타낸다.
- [0177] 도 9는 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 수명 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0178] 도 9를 참고하면, 실시예 1와 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자가 각각 최초 휘도의 50 % 수준의 휘도를 발광하는 시점의 시간(T50)은 각각 약 0.45 시간, 약 0.2 시간, 약 0.17 시간 임을 확인할 수 있다. 이로부터 중량평균 분자량의 변화에 따라 전계 발광 소자의 수명 특성이 서로 달라지는 것을 확인할 수 있다. 특히, 중량평균 분자량이 50,000 g/mol 인 비교예 3 대비 중량평균 분자량이 10,000 g/mol 인 실시예 1의 수명 특성이 열위한 점으로부터, 적정 중량평균 분자량 범위 내의 PVP를 적정 함량으로 제어하여 소자 특성이 우수한 전계 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.
- [0179] 도 10은 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 휘도별 외부 양자효율(External QuantumEfficiency, EQE)을 나타낸 그래프이다.
- [0180] 도 10을 참고하면, 100 니트의 저휘도 조건에서 중량평균 분자량이 50,000 g/mol 인 비교예 3의 경우 PVP를 포함하지 않은 비교예 1과 거의 유사한 수준으로 확인된다. 그러나 비교예 3은 최대 외부양자효율이 비교예 1과 유사한 수준으로 확인된다.

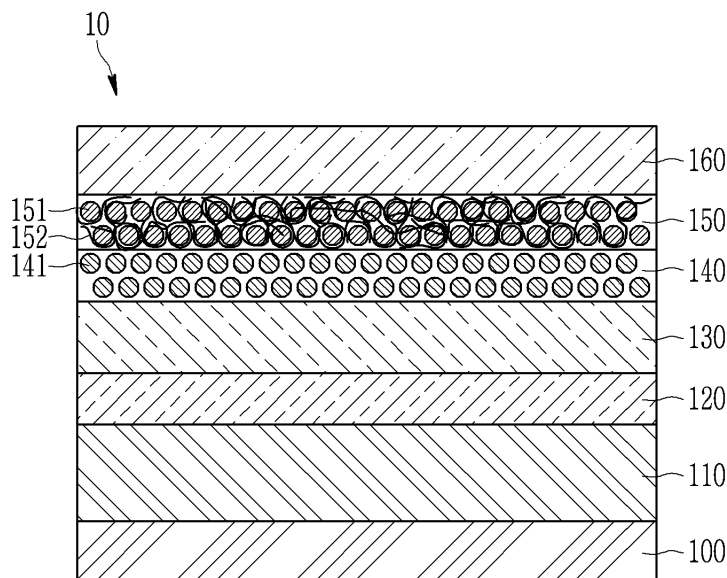
- [0181] 반면, 실시예 1의 경우는 100 니트의 저휘도 조건에서는 외부 양자효율이 비교예들 대비 다소 작으나, 최대 외부 양자효율과 약 500 니트 내지 1800 니트에서의 전반적인 휘도 구간에서 비교예들 대비 우수한 외부 양자효율을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0182] 따라서, 적정 중량평균 분자량 범위 내의 PVP를 적정 함량으로 제어함으로써 소자 특성이 우수한 전계 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.
- [0183] 도 11은 실시예 1, 비교예 1, 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 전압별 외부 양자효율을 나타낸 그래프이다.
- [0184] 도 11을 참고하면, 실시예 1의 경우 비교예들 대비 개시전압 및 최대 외부양자효율이 발현되는 전압은 각각 증가하였으나, 최대 외부 양자효율이 상당히 높은 것을 확인할 수 있다. 따라서, 적정 중량평균 분자량 범위 내의 PVP를 적정 함량으로 제어함으로써 소자 특성이 우수한 전계 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.
- [0185] 따라서, 일 구현예에 따르면 금속 산화물 입자-유기 고분자 복합체로 이루어진 전자 수송층(150)을 이용하여, 발광 효율과 수명 특성이 모두 향상된 전계 발광 소자(10)를 제공할 수 있다.
- [0186] 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

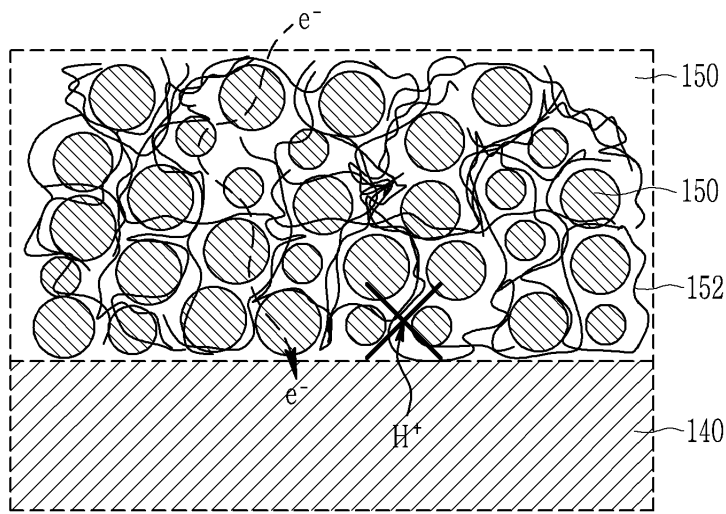
- [0187] 10: 전계 발광 소자 100: 기판
- 110: 제1 전극 120: 정공 주입층
- 130: 정공 수송층 140: 발광층
- 141: 발광체 입자 150: 전자 수송층
- 151: 금속 산화물 입자 152: 유기 고분자
- 160: 제2 전극

도면

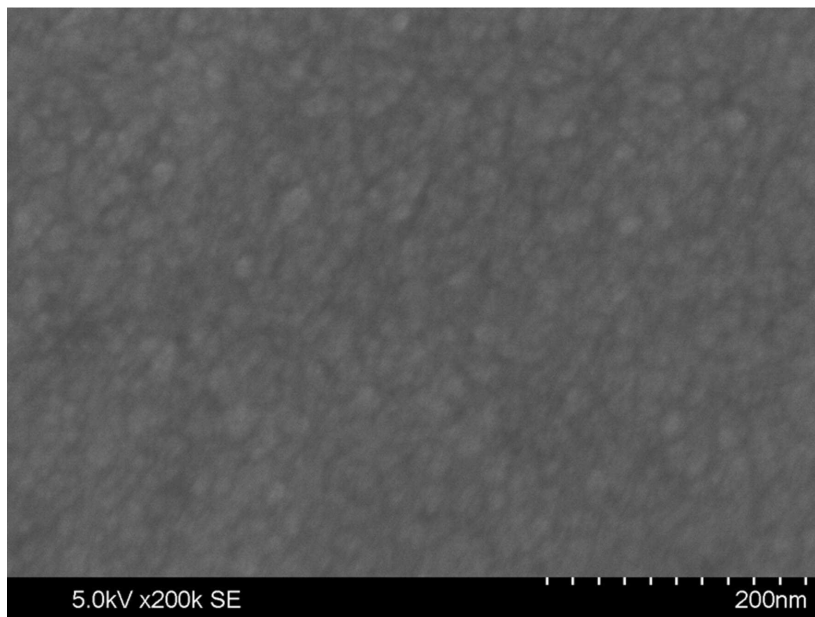
도면1



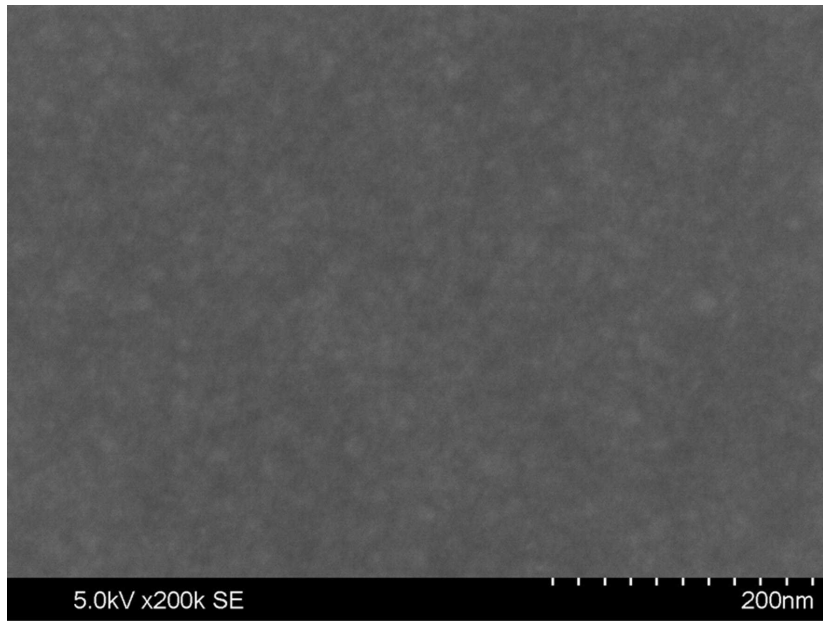
도면2



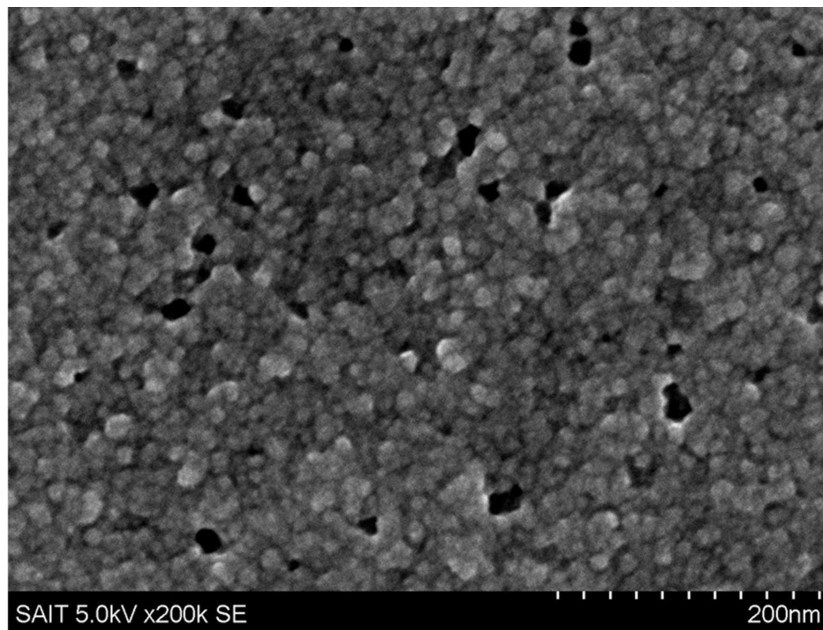
도면3



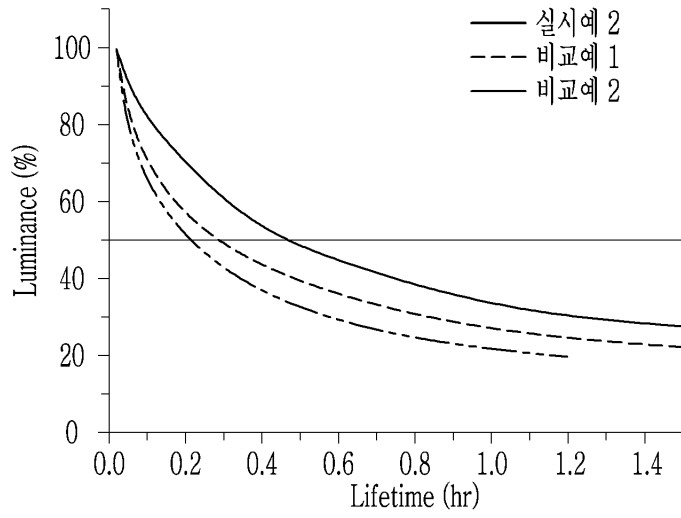
도면4



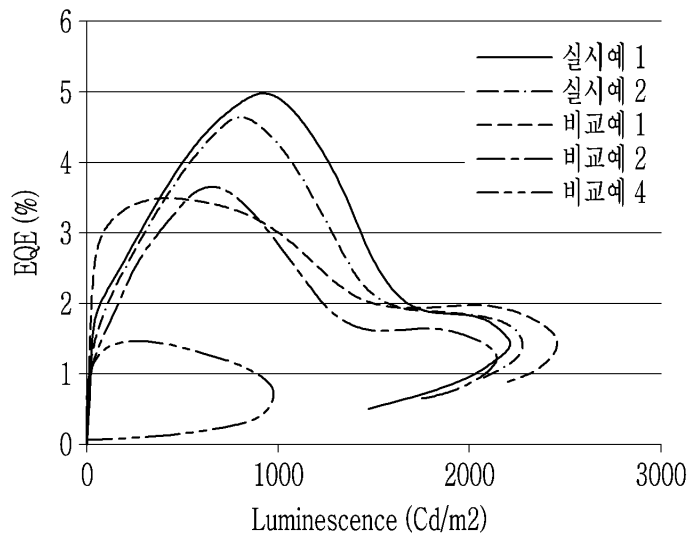
도면5



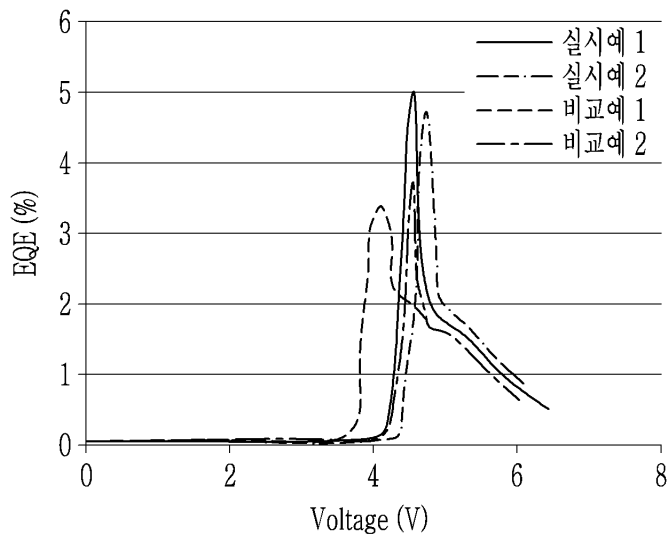
도면6



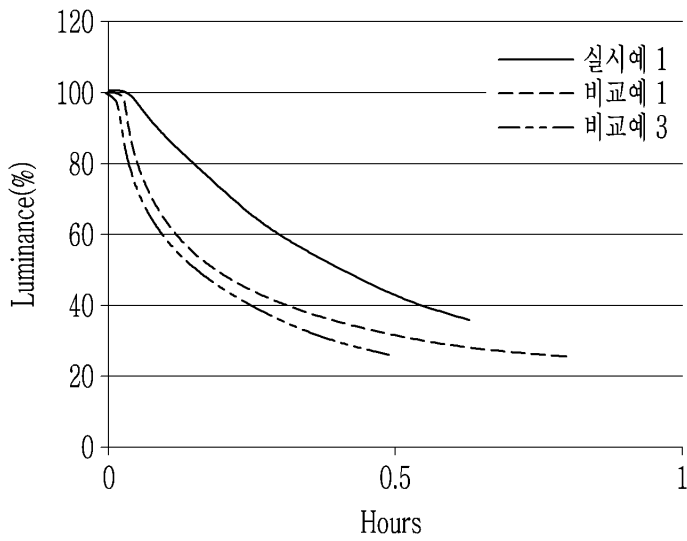
도면7



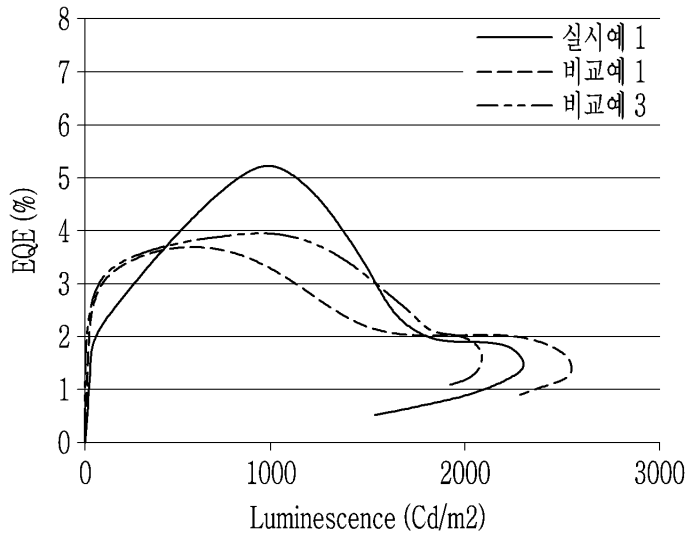
도면8



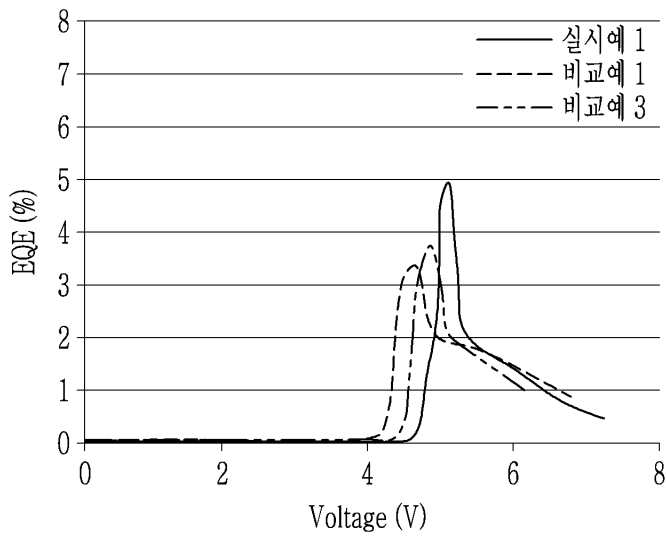
도면9



도면10



도면11



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	KR1020190108389A	公开(公告)日	2019-09-24
申请号	KR1020180029851	申请日	2018-03-14
[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	김찬수 김태호 박건수 장은주		
发明人	김찬수 김태호 박건수 장은주		
IPC分类号	H01L51/50 H01B1/02 H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/502 H01B1/02 H01L51/5072 H01L51/5203 H01L51/0035 H01L51/5056 H01L51/56		
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，其中该电致发光元件包括：第一电极；以及第二电极。位于第一电极上的空穴传输层；位于空穴传输层上并包括发光体颗粒的发光层；电子传输层位于发光层上，并且包括金属氧化物颗粒-有机聚合物复合物；第二电极位于电子传输层上。基于电子传输层的总重量，有机聚合物的含量为7wt%至30wt%。因此，本发明具有改善的发光效率和寿命特性。

