



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0107506
(43) 공개일자 2019년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
H01L 51/56 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/502 (2013.01)
H01L 51/0032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0028836
(22) 출원일자 2018년03월12일
심사청구일자 없음

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

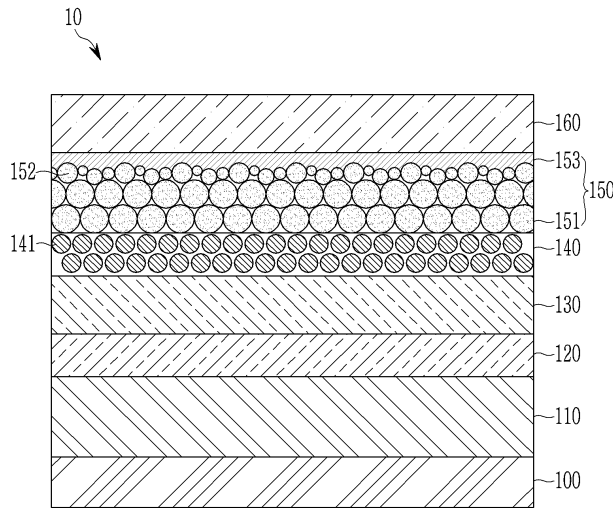
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **전계 발광 소자, 및 표시 장치**

(57) 요약

전계 발광 소자, 및 이를 포함하는 표시 장치를 제공한다. 전계 발광 소자는 서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극, 제1 전극과 제2 전극 사이에 위치하고, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층, 제1 전극과 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층, 및 발광층과 제2 전극 사이에 위치하는 전자 수송층을 포함하며, 전자 수송층은 발광층 위에 형성되고, 2 이상의 무기물 나노입자를 포함하는 무기층, 및 상기 무기층의 바로 위에 형성되고, 상기 무기층보다 높은 일함수(work function)를 갖는 유기층을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/56 (2013.01)

(72) 발명자

장은주

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

정대영

경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 19, 8203동 203
호 (이의동, 한양수자리아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하고, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층;

상기 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층; 및

상기 발광층과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 전자 수송층을 포함하며,

상기 전자 수송층은

상기 발광층 위에 형성되고, 2 이상의 무기물 나노입자를 포함하는 무기층; 및

상기 무기층의 바로 위에 형성되고, 상기 무기층보다 높은 일함수(work function)를 갖는 유기층을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,

상기 유기층은 상기 무기층의 상부면을 전부 덮고 있는, 전계 발광 소자.

청구항 3

제1항에서,

상기 유기층은 -1.8 eV 내지 -2.8 eV 의 LUMO (Lowest Energy occupied Molecular Orbital) 를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 4

제1항에서,

상기 유기층은 10^{-3} cm/Vs 내지 10^{-1} cm/Vs 의 전자 이동도를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 5

제1항에서,

상기 무기물 나노입자는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 6

제1항에서,

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

청구항 7

제1항에서,

상기 무기층은 무기물 나노입자로 이루어진 집합층을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 8

제7항에서,

상기 집합층은 상기 발광층의 바로 위에 형성되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 9

제7항에서,

상기 집합층의 상부면은 상기 무기물 나노입자로 이루어진 2 이상의 결정립, 및 이웃하는 상기 결정립 사이에 형성된 결정립계를 포함하고,

상기 유기층은 상기 결정립계의 적어도 일부를 메우고 있는, 전계 발광 소자.

청구항 10

제1항에서,

상기 유기층은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 11

제1항에서,

상기 유기층은 서로 다른 2 이상의 유기반도체 화합물을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 12

제1항에서,

상기 유기층은 서로 다른 제1 유기반도체 화합물과 제2 유기반도체 화합물을 포함하며,

상기 유기층 내 상기 제1 유기반도체 화합물과 상기 제2 유기반도체의 중량비는 3:7 내지 7:3 인, 전계 발광 소자.

청구항 13

제1항에서,

상기 유기층의 평균 두께는 2 nm 내지 20 nm 인, 전계 발광 소자.

청구항 14

제1항에서,

상기 무기층과 상기 유기층은 2회 이상 교번적으로 적층되어 있는, 전계 발광 소자.

청구항 15

제1항에서,

상기 발광체 입자는 양자점을 포함하는, 전계 발광 소자.

청구항 16

제15항에서,

상기 양자점은 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 17

제15항에서,

상기 양자점은 코어-셸 구조를 갖는, 전계 발광 소자.

청구항 18

제1항에서,

상기 전자 수송층은 발광성을 갖지 않는, 전계 발광 소자.

청구항 19

제1항 내지 제18항 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 외부 양자 효율, 전하 캐리어의 밸런스, 광 추출 효율 등에 의해 결정된다. 이에 따라, 양자점을 포함하는 발광층을 전계 발광층으로 적용할 경우, 발광층의 발광 효율 향상을 위해서는 전하 캐리어의 밸런스와 광 추출 효율을 향상시키고, 누설 전류를 최소화할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 발광층의 전하 캐리어 밸런스와 광 추출 효율을 향상시키는 동시에 누설 전류를 최소화할 수 있는 전계 발광 소자, 및 표시 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 구현예에 따르면, 서로 대향하는 제1 전극과 제2 전극; 상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 위치하고, 2 이상의 발광체 입자를 포함하는 발광층; 상기 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치하는 정공 수송층; 및 상기 발광층과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 전자 수송층을 포함하며, 상기 전자 수송층은 상기 발광층 위에 형성되고, 2 이상의 무기물 나노입자를 포함하는 무기층; 및 상기 무기층의 바로 위에 형성되고, 상기 무기층보다 높은 일함수(work function)를 갖는 유기층을 포함하는 전계 발광 소자가 제공된다.

[0007] 상기 유기층은 상기 무기층의 상부면을 전부 덮고 있을 수 있다.

[0008] 상기 유기층은 -1.8 eV 내지 -2.8 eV 의 LUMO (Lowest Energy occupied Molecular Orbital) 를 가질 수 있다.

[0009] 상기 유기층은 10^{-3} cm/Vs 내지 10^{-1} cm/Vs 의 전자 이동도를 가질 수 있다.

[0010] 상기 무기물 나노입자는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₅, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 무기물 나노입자의 평균 입경은 100 nm 이하일 수 있다.

[0012] 상기 무기층은 무기물 나노입자로 이루어진 집합층을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 집합층은 상기 발광층의 바로 위에 형성되어 있을 수 있다.

[0014] 상기 집합층의 상부면은 상기 무기물 나노입자로 이루어진 2 이상의 결정립, 및 이웃하는 상기 결정립 사이에 형성된 결정립계를 포함하고, 상기 유기층은 상기 결정립계의 적어도 일부를 메우고 있을 수 있다.

- [0015] 상기 유기층은 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 유기층은 서로 다른 2 이상의 유기반도체 화합물을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 유기층은 서로 다른 제1 유기반도체 화합물과 제2 유기반도체 화합물을 포함하며, 상기 유기층 내 상기 제1 유기반도체 화합물과 상기 제2 유기반도체의 중량비는 3:7 내지 7:3 일 수 있다.
- [0018] 상기 유기층의 평균 두께는 2 nm 내지 20 nm 일 수 있다.
- [0019] 상기 무기층과 상기 유기층은 2회 이상 교번적으로 적층되어 있을 수 있다.
- [0020] 상기 발광체 입자는 양자점을 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 양자점은 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.
- [0022] 상기 양자점은 코어-셸 구조를 가질 수 있다.
- [0023] 상기 전자 수송층은 발광성을 갖지 않을 수 있다.
- [0024] 한편, 다른 일 구현예에 따르면, 전술한 전계 발광 소자를 포함하는 표시 장치가 제공된다.

발명의 효과

- [0025] 발광층의 전자 캐리어 밸런스와 광 추출 효율을 향상시키는 동시에 누설 전류를 최소화함으로써 구동 특성과 수명 특성이 우수한 전계 발광 소자, 및 이를 포함하는 표시 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이고,
 도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중, 무기층의 상부면을 나타낸 현미경 이미지이고,
 도 3은 Zygo 간섭계를 이용하여 측정된 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중, 무기층의 상부면 3차원 형상 이미지와 위치 별 높이 편차를 나타낸 그래프이고,
 도 4는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램이고,
 도 5 내지 도 7은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 나타낸 그래프로써, 도 5는 전압-전류밀도, 도 6은 전압-휘도, 도 7은 휘도-외부 양자 효율(External QuantumEffeciency, EQE)을 각각 나타낸 것이고,
 도 8은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 관계를 나타낸 그래프이고,
 도 9는 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 시간-휘도 그래프이고,
 도 10 내지 도 12는 실시예 3과 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 나타낸 그래프로써, 도 10은 전압-전류밀도, 도 11은 전압-휘도, 도 12는 휘도-외부 양자 효율을 각각 나타낸 것이고,
 도 13은 실시예 3과 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 시간-전류밀도 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 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.
- [0028] 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.
- [0029] 본 명세서에서, "족(Group)"은 원소 주기율표의 족을 말한다.

- [0030] 여기서, "II족"은 IIA족 및 IIB 족을 포함할 수 있으며, II족 금속의 예는 Cd, Zn, Hg 및 Mg를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0031] 한편, 본 명세서에서 "Cd를 포함하지 않는 II족 금속" 의 예는 Cd를 제외한 나머지 II족 금속, 예를 들어 Zn, Hg, Mg 등을 들 수 있다.
- [0032] "III 족"은 IIIA족 및 IIIB 족을 포함할 수 있으며, III족 금속의 예들은 Al, In, Ga, 및 Tl을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0033] "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.
- [0034] "I족"은 IA족 및 IB 족을 포함할 수 있으며, Li, Na, K, Ru,Cs을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0035] "V족"은 VA 족을 포함하며 질소, 인, 비소, 안티몬, 및 비스무스를 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0036] "VI족"은 VIA 족을 포함하며 황, 셀레늄, 텔루리움을 포함하나 이에 제한되지 않는다.
- [0037] 우선, 도 1을 참조하여 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 개략적인 구성을 설명한다.
- [0038] 도 1은 일 구현예에 따른 전계 발광 소자를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
- [0039] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 서로 대향하는 제1 전극(110)과 제2 전극(160), 상기 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 사이에 위치하고, 2 이상의 발광체 입자(141)를 포함하는 발광층(140), 상기 제1 전극(110)과 상기 발광층(140) 사이에 위치하는 정공 수송층(130), 및 상기 발광층(140)과 상기 제2 전극(160) 사이에 위치하는 전자 수송층(150)을 포함한다.
- [0040] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 제1 전극(110)과 제2 전극(160)을 통해 발광체 입자(141) 포함 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 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.
- [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(160)에 의해 샌드위치되어 있는 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.
- [0045] 제2 전극(160)은 광학적으로 투명한 물질로서, 후술할 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.
- [0046] 한편, 제1 전극(110)과 제2 전극(160) 각각은 기판(100) 또는 후술할 유기층(153) 위에 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 전극 형성용 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.

- [0047] 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자(141)들을 포함할 수 있다. 발광층(140)은 2 이상의 발광체 입자(141)들이 분산되어 있는 수지를 후술할 정공 수송층(130) 위에 도포 후, 경화함으로써 형성할 수 있다.
- [0048] 발광층(140)은 제1 전극(110)과 제2 전극(160)으로부터 공급된 전류에 의해 전달된 전자와 정공이 결합되는 장소로, 상기 전자와 정공은 발광층(140)에서 결합하여 엑시톤(exciton)을 생성하고, 생성된 엑시톤은 여기 상태에서 기저 상태로 전이하면서 상기 발광체 입자(141)의 크기에 대응하는 파장의 빛을 발생시킬 수 있다.
- [0049] 일 구현예에서, 발광체 입자(141)는 양자점을 포함할 수 있다.
- [0050] 양자점은 양자 구속 효과(quantum confinement effect)에 의해 불연속적인 에너지 밴드갭(energy band gap)을 가지므로, 입사된 광을 특정 파장을 갖는 광으로 변환하여 방사할 수 있다. 즉, 발광층(140)이 발광체 입자(141)로 양자점을 포함하는 경우, 발광층(140)은 우수한 색재현율과 색순도를 갖는 광을 발생시킬 수 있다.
- [0051] 일 구현예에서, 양자점의 소재는 특별히 제한되지 않으며, 공지되었거나 상업적으로 입수 가능한 양자점을 사용할 수 있다. 예를 들어 양자점은, 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. 즉, 일 구현예에 따른 양자점은 비 카드뮴계 양자점일 수 있다. 이와 같이 양자점이 비 카드뮴계 소재로 이루어질 경우, 기존 카드뮴계 양자점 대비 독성이 없어 인체에 무해하고 환경 친화적이다.
- [0052] 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.
- [0053] 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).
- [0054] 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.
- [0055] 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.
- [0056] 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.
- [0057] 일 구현예에 따른 양자점이 코어-셸 구조를 가질 경우, 코어보다 셸을 구성하는 물질 조성이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖고 있어, 양자 구속 효과가 효과적으로 나타나는 구조를 가질 수 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니다. 한편, 다층의 셸을 구성하는 경우도 코어에 가까운 셸보다 코어의 바깥 쪽에 있는 셸이 더 큰 에너지 밴드갭을 갖는 구조일 수 있으며, 이 때 양자점은 자외선 내지 적외선 파장 범위를 가질 수 있다.
- [0058] 양자점은 약 10 % 이상, 예컨대, 약 30 % 이상, 약 50 % 이상, 약 60 % 이상, 약 70 % 이상, 약 90 % 이상, 또

는 심지어 100 %의 양자 효율(quantum efficiency)을 가질 수 있다.

- [0059] 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.
- [0060] 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.
- [0061] 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.
- [0062] 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.
- [0063] 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.
- [0064] 일 구현예에서 정공 수송층(130)은 제1 전극(110)과 발광층(140)의 사이에 위치할 수 있다. 정공 수송층(130)은 발광층(140)으로 정공을 수송하는 역할을 수행한다.
- [0065] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 정공 수송층(130)과 제1 전극(110) 사이에 정공 주입층(120)을 더 포함할 수 있다. 정공 주입층(120)은 정공 수송층(130)을 향해 정공을 공급하는 역할을 수행할 수 있다.
- [0066] 정공 주입층(120)과 정공 수송층(130) 각각은, 예를 들어 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리(스티렌술포네이트) (poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate), PEDOT:PSS), 폴리(9,9-디옥틸-플루오렌-코-N-(4-부틸페닐)-디페닐아민) (Poly(9,9-dioctyl-fluorene-co-N-(4-butylphenyl)-diphenylamine), TFB), 폴리아릴아민(polyarylamine), 폴리(N-비닐카바졸)(poly(N-vinylcarbazole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리피롤(polypyrrole), N,N,N',N'-테트라키스(4-메톡시페닐)-벤지딘(N,N,N',N'-tetrakis(4-methoxyphenyl)-benzidine, TPD), 4-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐-아미노]비페닐 (4-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl, α-NPD), m-MTDATA (4,4',4"-Tris[phenyl(m-tolyl)amino]triphenylamine), 4,4',4"-트리스(N-카바졸릴)-트리페닐아민 (4,4',4"-tris(N-carbazolyl)-triphenylamine, TCTA), 1,1-비스[(di-4-토일아미노)페닐]시클로hexan (1,1-Bis[(di-4-tolylamino)phenyl]cyclohexane, TAPC) 및 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 전계 발광 소자(10) 내부 에너지 준위에 따라 다양한 반도체 소재, 또는 이들의 조합이 적용될 수 있다.
- [0067] 일 구현예에 따른 정공 주입층(120)과 정공 수송층(130)은 제1 전극(110) 위에 용액형 상용재료를 도포 후 경화하는 방법 등을 통하여 형성할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0068] 일 구현예에서 전자 수송층(150)은 발광층(140)과 제2 전극(160) 사이에 배치되어 발광층(140)에 전자를 수송하는 역할을 수행한다.

- [0069] 일 구현예에 따른 전자 수송층(150)은 전계에 의해 발광하지 않는 비 발광성 전자 수송용 물질로 이루어져 있을 수 있다. 이를 통해 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10) 내부의 발광이 전자 수송층(150)에서 이루어지지 않고 발광층(140) 내에서만 이루어지도록 조절할 수 있다.
- [0070] 한편, 일 구현예에 따른 전자 수송층(150)은, 발광층(140) 위에 형성되고 2 이상의 무기물 나노입자(152)를 포함하는 무기층(151)과, 무기층(151)의 바로 위에 형성되는 유기층(153)을 포함할 수 있다.
- [0071] 무기층(151)은 도 1에 도시된 바와 같이 발광층(140)의 바로 위에 형성되어 있을 수 있다.
- [0072] 무기층(151)은 2 이상의 무기물 나노입자(152)를 포함할 수 있으며, 상기 2 이상의 무기물 나노입자(152)는 서로 응집되어 집합층을 이루고 있을 수 있다. 일 구현예에서는 무기층(151)이 2 이상의 무기물 나노입자(152)들로 이루어진 집합층일 수 있다.
- [0073] 이와 같이 무기물 나노입자(152)들로 이루어진 집합층을 발광층(140) 바로 위에 배치할 경우, 발광층(140)에서 발생하는 전하 교환 엑시톤들의 비발광 소광을 방지할 수 이어 발광층(140)의 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0074] 일 구현예에 따른 무기물 나노입자(152)는 ZnO, TiO₂, ZrO₂, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, 또는 이들의 조합을 포함하는 무기산화물 나노입자일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0075] 이와 같이 집합층이 무기산화물 나노입자들로 이루어진 경우, 예를 들어 비카드뮴계 양자점을 포함하는 발광층(140)은 소자 구동 중 내부 발열에 의해 전하 교환 엑시톤들이 다량 발생하게 되나, 발생된 전하 교환 엑시톤들은 상기 집합층에 의해 비발광 소광되지 않고 집합층(140)과의 계면에서 오제 전자(auger electron)을 방출할 수 있다. 방출된 상기 오제 전자는 집합층(140) 내부에서 정공과 재결합하여 발광하게 되므로, 고휘도 영역에서 전계 발광 소자(10)의 롤-오프(roll-off)가 최소화될 수 있다.
- [0076] 한편, 일 구현예에 따른 무기물 나노입자(152)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.
- [0077] 이와 같이 무기층(151)이 위와 같은 무기물 나노입자(152)들로 이루어진 집합층일 경우, 일반적인 무기반도체 막 또는 유기반도체 막 대비 전자 이동도가 매우 우수하다. 따라서, 상기 무기층(151)이 적용된 집합층을 통해 비카드뮴계 양자점의 발광 안정성과 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0078] 또한, 일 구현예에 따른 집합층의 평균 두께는, 예를 들어 100 nm 이하, 90 nm 이하, 80 nm 이하, 70 nm 이하, 60 nm 이하, 50 nm 이하, 40 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 10 nm 이상, 15 nm 이상, 20 nm 이상, 25 nm 이상, 30 nm 이상일 수 있다.
- [0079] 무기물 나노입자(152)의 평균 입경과 집합층의 평균 두께가 상기 범위 내를 만족할 경우, 무기층(151)이 매우 우수한 전자 이동도를 나타낼 수 있다.
- [0080] 도 2는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중, 무기층의 상부면을 나타낸 현미경 이미지이고, 도 3은 Zygo 간섭계를 이용하여 측정된 일 구현예에 따른 전계 발광 소자 중, 무기층의 상부면 3차원 형상 이미지와 위치 별 높이 편차를 나타낸 그래프이다.
- [0081] 도 2와 도 3은 평균 입경 3 nm 의 ZnO 나노 입자들을 응집시켜 약 40 nm 의 두께의 집합층이 형성된 경우에 해당한다.
- [0082] 우선, 도 2를 참고하면, 집합층의 표면은 무기물 나노입자(152)들로 이루어진 2 이상의 결정립(grain)들과, 이웃하는 결정립들 사이에 형성된 결정립계(grain boundary)를 포함하는 것을 확인할 수 있다.
- [0083] 또한, 도 3의 집합층 표면 프로파일 이미지에서 표시된 직선 부분의 표면 거칠기 곡선을 나타낸 그래프를 참고하면, 상기 집합층 표면의 PV(peak to valley)는 16.343 nm이고, 제곱평균제곱근(root mean square, rms) 방법에 의해 산출된 제곱평균 거칠기(Rq)는 1.914 nm인 것을 확인할 수 있다.
- [0084] 따라서 일 구현예에 따른 집합층 표면은 고르지 않은 표면 모폴로지(morphology)를 나타낼 수 있으며, 이는 무기물 나노입자(152)들의 불균일한 응집, 무기물 나노입자(152)들의 입경 편차, 집합층 표면에서의 무기물 나노입자(152) 탈락, 결정립계의 존재 등에 기인하는 것으로 파악된다.
- [0085] 한편, 일 구현예에 따르면, 무기층(151)의 바로 위에는 유기층(153)이 형성되어 있다. 유기층(153)은 상기 무기

물 나노입자(152)의 집합층 위에 증착 등의 방법을 통해 형성할 수 있다.

- [0086] 유기층(153)은 유기 반도체 재료들로 이루어진 층으로, 공액 구조를 갖는 전도성 단분자 및 저분자 유기 나노 소재들을 포함할 수 있다. 유기층(152)을 이루는 소재들의 구체적 예시로는 퀴놀론계 화합물, 트리아진계 화합물, 퀴놀린계 화합물, 트리아졸계 화합물, 나프탈렌계 화합물, 또는 이들의 조합을 들 수 있으나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0087] 유기층(153)은 무기층(151)보다 높은 일함수(work function)를 갖는 물질로 이루어질 수 있다. 이에 따라, 유기층(153)은 제2 전극(160)으로부터 무기층(151)으로 이동하는 전자에게 에너지 장벽으로 작용할 수 있다.
- [0088] 유기층(153)의 LUMO (Lowest Energy occupied Molecular Orbital) 는, 예를 들어 -1.8 eV 내지 -2.8 eV, -1.8 eV 내지 -2.7 eV, -1.8 eV 내지 -2.6 eV, -1.8 eV 내지 -2.5 eV, -1.8 eV 내지 -2.4 eV, -1.8 eV 내지 -2.3 eV, -1.8 eV 내지 -2.2 eV 일 수 있다.
- [0089] 한편, 유기층(153)의 전자 이동도는, 예를 들어 10^{-4} cm/Vs 이상, 예를 들어 10^{-3} cm/Vs 이상일 수 있고, 예를 들어 1 cm/Vs 이하, 예를 들어 10^{-1} cm/Vs 이하일 수 있다.
- [0090] 일 구현예에 따른 유기층(153)은 도 1에 도시된 것과 같이 무기층(151)이 제2 전극(160)을 향해 노출되지 않도록 무기층(151) 상부면을 전부 덮고 있을 수 있다. 이에 따라, 유기층(153)은 접촉하는 집합층의 표면에 형성된 결정립계의 적어도 일부, 또는 전부를 메우고 있을 수 있다.
- [0091] 한편으로, 유기층(153)은 접촉하는 집합층 표면 중 무기물 나노 입자(152)의 탈락이나 무기물 입자의 불균일한 응집에 의해 발생된 크랙(crack)이나 보이드(void) 중 적어도 일부, 또는 전부를 메우고 있을 수도 있다.
- [0092] 유기층(153)의 두께는 유기층(153)의 전자 이동도, 일함수 등에 따라 다양하게 설계될 수 있으나, 적어도 전자가 터널링(tunneling)을 통해 유기층(153)을 통과하여 무기층(151)으로 수송될 수 있을 정도로 얇되, 무기층(153) 표면의 결정립계, 크랙, 보이드를 메우면서 무기층(153)을 노출시키지 않고 덮을 수 있을 정도의 두께를 가질 수 있다.
- [0093] 일 구현예에서 유기층(153)의 두께는, 예를 들어 20 nm 이하, 18 nm 이하, 16 nm 이하, 14 nm 이하, 12 nm 이하, 10 nm 이하, 8 nm 이하, 6 nm 이하, 4 nm 이하일 수 있고, 예를 들어 2 nm 이상, 2.5 nm 이상, 3 nm 이상 일 수 있다.
- [0094] 유기층(153)은 무기층(151) 대비 높은 일함수를 가지므로, 전자 수송층으로 무기층만을 사용하는 경우와 비교하여 전자 이동에 필요한 구동 전압이 다소 증가할 수 있다. 그러나, 일 구현예에 따른 유기층(153)의 LUMO와 전자 이동도가 상기 범위 내이고, 유기층의 두께를 상기 범위 내로 조절할 경우, 밴드 밴딩(band bending)과 터널링 효과(tunneling effect)에 의해 구동 전압과 전자 이동 속도가 적정 수준이 되도록 조절할 수 있다.
- [0095] 한편, 유기층(153)은 서로 다른 2 이상의 유기반도체 화합물을 포함할 수 있다. 일 구현예에 따른 유기층(153)은 서로 다른 2 이상의 유기반도체 화합물을 공증착 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0096] 예컨대 하나의 유기반도체 화합물만을 이용할 경우, 유기반도체 화합물 형성 과정에서 무기층(151) 표면의 고르지 않은 모폴로지에 의해 아일랜드(island) 형상의 중간체들이 다수 형성되므로, 두께 편차가 큰 유기층(153)이 얻어질 수 있다. 반면, 서로 다른 2 이상의 유기반도체 화합물을 이용할 경우에는 비교적 두께 편차가 작은 유기층(153)을 형성할 수 있다.
- [0097] 한편, 유기층(153)은 서로 다른 두 유기반도체 화합물(제1 유기반도체 화합물, 제2 유기반도체 화합물)을 포함할 수 있다.
- [0098] 이 경우, 유기층(153) 내 제1 유기반도체 화합물과 제2 유기반도체 화합물의 중량비는 각 유기반도체 화합물의 소재에 따라 다양하게 설정될 수 있으나, 형성 과정에서 아일랜드 형상의 중간체 형성이 최소화 될 수 있도록 조절될 수 있다.
- [0099] 일 구현예에서 유기층(153) 내 제1 유기반도체와 제2 유기반도체의 중량비는, 예를 들어 2:8 내지 8:2, 예를 들어 3:7 내지 7:3, 예를 들어 4:6 내지 6:4, 예를 들어 5:5 일 수 있다.
- [0100] 한편, 무기층(151)과 유기층(153)은, 발광층(140)의 위에 2회 이상 교번적으로 적층되어 있을 수도 있다. 즉, 전자 수송층(150)이 무기층(151)과 유기층(153)으로 이루어진 적층 유닛을 2 이상 포함할 수 있다. 이와 같이 무기층(151)과 유기층(153)의 교번 적층 수를 조절함으로써, 제1 전극(110), 제2 전극(160) 정공 주입층(120),

정공 수송층(130), 발광층(140) 각각의 에너지 준위와 그 차이 등을 고려하여 전계 발광 소자 내 전하 캐리어 밸런스를 적정 수준으로 유지할 수 있다.

- [0101] 한편, 양자점 포함 발광층에 무기 나노입자로 이루어진 집합층을 적용할 경우 고휘도에서의 소자 효율을 확보할 수는 있으나, 예를 들어 집합층 표면의 크랙, 보이드, 결정립계 등은 전류의 누설 경로(leakage path)로 작용하므로, 상기 누설 경로에 의한 누설 전류(leakage current)에 의해 저전압, 저휘도 영역에서 소자 효율이 저하될 우려가 있다.
- [0102] 그러나, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 상기 집합층 표면의 크랙, 보이드, 결정립계 등을 유기층(153)을 통하여 메울 수 있으므로, 집합층에 의한 누설 전류 발생을 최소화할 수 있다.
- [0103] 한편, 일 구현예에 따른 전계 발광 장치(10)는 제2 전극(160)과 전자 수송층(150) 사이에 전자 주입층(도시하지 않음)을 더 포함하거나, 제2 전극(160)과 전자 주입층(도시하지 않음) 사이, 또는 전자 주입층(도시하지 않음)과 전자 수송층(150) 사이에 전자 차단층(도시하지 않음)을 더 포함할 수도 있다. 다만, 일 구현예가 이에 제한되는 것은 아니고, 전자 주입층(도시하지 않음)과 전자 차단층(도시하지 않음)은 전계 발광 장치(10)의 전하 캐리어 밸런스를 적정 수준으로 유지하기 위해 생략될 수도 있다.
- [0104] 이하, 도 4를 참고하여 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 구동 원리를 설명한다.
- [0105] 도 4는 일 구현예에 따른 전계 발광 소자의 에너지 밴드 다이어그램이다.
- [0106] 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광체 입자(141)로 양자점을 포함하므로, 발광층(140)이 일반적인 유기 발광 소자와 상이한 에너지 준위를 갖는다.
- [0107] 특히, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전극으로부터 전자 수송층을 거쳐 발광층으로 LUMO 에너지 레벨을 따라 순차적인 전자의 수송이 이루어지는 일반적인 전계 발광 소자들과 달리, 유기층(153)의 LUMO 에너지 레벨이 무기층(151) 대비 높아 에너지 장벽으로 작용한다. 이는 일 구현예에 따른 전자 수송층(150)이 무기 나노입자들로 이루어진 집합층 형태의 무기층(151)과, 이를 덮고 있는 유기층(153)의 하이브리드 구조로 이루어진 것에 기인한다.
- [0108] 일 구현예에서는 양자점 포함 발광층(140) 표면에 무기 나노입자들로 이루어진 집합층을 형성하는데, 이러한 집합층은 정공 주입층(120)과 정공 수송층(130)의 정공 이동도 대비 매우 높은 전자 이동도를 가지며, 집합층의 고르지 않은 표면 모폴로지에 기인한 누설 전류가 발생할 우려가 있다.
- [0109] 따라서, 일 구현예에서는 상기 집합층의 표면을 집합층 대비 더 높은 일함수를 갖는 유기층(153)으로 덮어 집합층으로부터 발생하는 누설 전류를 최소화할 수 있다. 또한, 이와 동시에 유기층(153)이 도 4에 도시된 바와 같이 일종의 에너지 장벽으로 작용하므로, 전자 수송층(150)의 전체 전자 이동도를 적정 수준으로 조절하여 전하 캐리어 밸런스를 향상시킬 수 있다.
- [0110] 전술한 바와 같이, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 전자 이동도가 매우 높고 양자점 포함 발광층(140)의 발광 효율을 향상시킬 수 있는 무기층(150)과, 무기층(151)의 표면 모폴로지에 의한 누설 전류를 최소화하는 동시에 전자 수송층(150) 전체의 전자 이동도를 적정 수준으로 조절할 수 있는 유기층(153)을 포함하여 전자 수송층(150)이 무기층(151)-유기층(153) 하이브리드 적층 구조를 이룬다.
- [0111] 따라서, 일 구현예에 따른 전계 발광 소자(10)는 발광층의 전하 캐리어 밸런스와 광 추출 효율을 향상시키고 누설 전류를 최소화 함에 따라 우수한 구동 특성과 수명 특성을 나타낼 수 있다.
- [0112] 한편, 일 구현예는 전술한 전계 발광 소자(10)를 포함하는 표시 장치를 설명한다.
- [0113] 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.
- [0114] 제1 내지 제3 전계 발광 소자는 전술한 전계 발광 소자(10)와 동일한 구조를 가질 수 있으며, 각각의 양자점이 발광하는 광의 파장이 상이하다.
- [0115] 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.
- [0116] 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 있으며,

- [0117] 또한, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 중 어느 하나만이 전술한 전계 발광 소자(10)일 수 있다. 예를 들어, 표시 장치 내에서 청색을 표시하는 전계 발광 소자만 전술한 전계 발광 소자(10)이고 적색 및 녹색을 표시하는 다른 전계 발광 소자들은 전자 수송층이 유기층만으로, 또는 무기층만으로 이루어지거나, 유기층과 무기층을 모두 포함하되 발광층 바로 위에는 유기층이 형성될 수도 있다. 혹은, 제1 내지 제3 전계 발광 소자 중 어느 하나만이 전술한 전계 발광 소자(10)이고, 나머지는 발광체로 양자점이 아닌 형광물질, 인광물질 등을 포함하는 전계 발광 소자들일 수도 있다.
- [0118] 기관은 투명한 절연 기관이며, 연성 물질로 이루어질 수 있다. 기관은 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.
- [0119] 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.
- [0120] 이상에서 살펴본 바와 같이, 일 구현예에 따른 표시 장치는 백라이트유닛 등의 별도 광원을 배치하지 않고도 색 순도 및 색재현율이 우수한 화상을 표시할 수 있으며, 특히 구동 특성과 수명 특성이 우수하다.
- [0121] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.
- [0122] **실시예 1**
- [0123] 유리 기관 위에 ITO층을 증착하고, 그 위에 용액 공정을 이용하여 PEDOT:PSS층(정공 주입층)과 TFB 고분자층(정공 수송층)을 순차적으로 형성한다. 이후, 유기 용매에 분산된 청색 양자점(ZnTeSe)을 도포 후, 질소 분위기에서 섭씨 80 도로 30 분 동안 열처리하여 청색 발광층을 형성한다.
- [0124] 한편, 평균입경 3 nm 의 ZnO 입자를 3회 세척한 후, 이를 이용하여 약 40 nm 두께를 갖는 ZnO 집합층을 청색 발광층의 위에 형성한다.
- [0125] 이후, ZnO 집합층 표면에 0.5 Å/s 내지 1.0 Å/s의 증착 속도로 2nm 내지 20 nm 의 두께로 NET218층을 증착하고, 그 위에 Al층을 증착하여 실시예 1의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0126] **실시예 2**
- [0127] NET218층 대신, NET218과 NDN87을 1:1의 중량비로 공증착하여 NET218:NDN87층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 실시예 2의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0128] **실시예 3**
- [0129] 청색 발광층 제조 시 질소 분위기에서 섭씨 80 도로 30 분 동안 열처리하는 것과, ZnO 집합층의 두께가 20 nm 가 되도록 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 실시예 3의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0130] **비교예 1**
- [0131] ZnO 집합층 위에 NET218층을 형성하지 않고 바로 Al층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 1의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0132] **비교예 2**
- [0133] 평균입경 3 nm 의 ZnO 입자를 2 회 내지 3 회 세척하고, 이를 NET218와 20:1 의 중량비로 혼합하여 청색 발광층의 위에 NET218:ZnO 블렌드층을 형성하며, 그 위에 Al층을 증착하는 것을 제외하고는, 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 2의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0134] **비교예 3**
- [0135] NET218 대신 ZnO와 NDN87이 20:1의 중량비로 혼합되어 있는 ZnO:NDN87 블렌드층을 형성하는 것을 제외하고는, 전술한 비교예 2와 동일한 과정을 거쳐 비교예 3의 전계 발광 소자를 제조한다.

- [0136] **비교예 4**
- [0137] 청색 발광층 제조 시 질소 분위기에서 섭씨 80 도로 30 분 동안 경화하는 것과, ZnO 집합층 위에 NET218층을 형성하지 않고 바로 A1층을 형성하는 것을 제외하고는 전술한 실시예 1과 동일한 과정을 거쳐 비교예 4의 전계 발광 소자를 제조한다.
- [0138] 우선, 전술한 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 3에 대한 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 각각 도 5 내지 도 7로 나타내고, J-V 특성을 도 8로 나타낸다.
- [0139] 도 5 내지 도 7은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 나타낸 그래프로서, 도 5는 전압-전류밀도, 도 6은 전압-휘도, 도 7은 휘도-외부 양자 효율(External QuantumEffeciency,EQE)을 각각 나타낸 것이다.
- [0140] 도 5와 도 6을 참고하면, 실시예 1은 비교예 1, 비교예 2 대비 동일 전압 기준 전류밀도, 동일 전압 기준 휘도가 낮는데, 이는 NET218층이 에너지 장벽으로 작용하여 저전압에서 전류 밀도가 낮아졌기 때문인 것으로 추측된다.
- [0141] 그러나, 도 7을 참고하면 실시예 1은 약 1000 cd/m^2 이하의 휘도에서 비교예들 대비 매우 우수한 외부 양자 효율을 나타냄을 확인할 수 있다. 특히, 실시예 1은 약 100 cd/m^2 의 휘도에서 가장 우수한 외부 양자 효율(약 1.7 %)을 나타냄을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 1은 고전압, 고휘도 영역으로 갈수록 외부 양자 효율의 감소폭이 비교예들 대비 작으므로, 안정적인 구동 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0142] 즉, ZnO 집합층에 NET218층을 더 형성함으로써 NET218층이 A1층으로부터 ZnO 집합층으로 이동하려는 전자에 대하여 에너지 장벽으로 작용하여 전류밀도와 휘도는 다소 낮아지지만, 저휘도에서의 발광효율이 매우 우수함을 확인할 수 있다.
- [0143] 한편, 비교예 3은 비교예 2는 물론이고 실시예 1과 대비하여 동일 전압 기준 전류밀도, 동일 전압 기준 휘도, 및 동일 휘도 기준 외부 양자 효율이 모두 낮는데, 이는 유기반도체 소재의 차이에서 기인한 것으로 추측된다.
- [0144] 도 8은 실시예 1과 비교예 1 내지 비교예 3에 따른 전계 발광 소자의 전압-전류밀도 관계를 나타낸 그래프이다. 도 8은 y축의 전류밀도를 로그 스케일로 나타낸 그래프이다.
- [0145] 도 8을 참고하면, ZnO 집합층 표면에 NET218층을 더 형성하여 무기-유기 하이브리드 적층 구조를 갖는 실시예 1은 ZnO 집합층만이 적용된 비교예 1 대비 약 1000 배에 달하는 누설 전류 감소 효과를 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0146] 한편, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자의 과장 대비 전계발광 강도(electroluminescence intensity)를 확인한 결과, 실시예 1에 따른 전계 발광 소자는 약 28 nm의 좁은 반치폭을 나타내었다.
- [0147] 한편, 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 시간에 따른 휘도 감소를 측정한 후, 도 9에 나타낸다.
- [0148] 도 9는 실시예 2와 비교예 1, 비교예 2에 따른 전계 발광 소자의 시간-휘도 그래프이다.
- [0149] 도 9를 참고하면, 실시예 2에 따른 전계 발광 소자는 비교예 1, 비교예 2 대비 휘도가 완만히 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 최초 휘도 기준 50 %의 휘도를 나타내는 시간(T_{50})의 경우 실시예 2가 1.42 시간으로 제일 길고, 비교예 1은 0.27 시간, 비교예 2는 0.74 시간을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0150] 이러한 소자의 수명 특성은 ZnO 집합층의 표면 모폴로지에 기인한 누설 경로(leakage path)가 증가할수록 감소하는 양상을 나타내며, ZnO 집합층의 누설 경로를 NET218:NDN87층으로 덮어 최소화한 실시예 2의 경우가 비교예들 대비 우수한 수명 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0151] 한편, 실시예 3과 비교예 4에 대한 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 각각 도 10 내지 도 12로 나타내고, J-V 특성을 도 13으로 나타낸다.
- [0152] 도 10 내지 도 12는 실시예 3과 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 I-V-L 특성을 나타낸 그래프로서, 도 10은 전압-전류밀도, 도 11은 전압-휘도, 도 12는 휘도-외부 양자 효율을 각각 나타낸 것이다.
- [0153] 도 10 내지 도 12를 참고하면, 실시예 3의 경우 NET218:NDN87층이 A1층으로부터 ZnO 집합층으로 이동하려는 전

자에 대하여 에너지 장벽으로 작용하여 동일 전압 대비 전류 밀도와 동일 전압 대비 휘도는 다소 낮아지지만, 약 500 cd/m^2 이하, 특히 약 100 cd/m^2 의 저휘도에서 휘도-외부 양자 효율이 약 2.6 % 로 매우 높은 것을 확인할 수 있다.

[0154] 도 13은 실시예 3과 비교예 4에 따른 전계 발광 소자의 시간-전류밀도 그래프이다. 도 13은 y축의 전류밀도를 로그 스케일로 나타낸 그래프이다.

[0155] 도 13을 참고하면, ZnO 집합층 표면에 NET218:NDN87층을 더 형성한 실시예 1의 경우, ZnO 집합층만이 적용된 비교예 4 대비 우수한 누설전류 감소 효과를 나타냄을 확인할 수 있다.

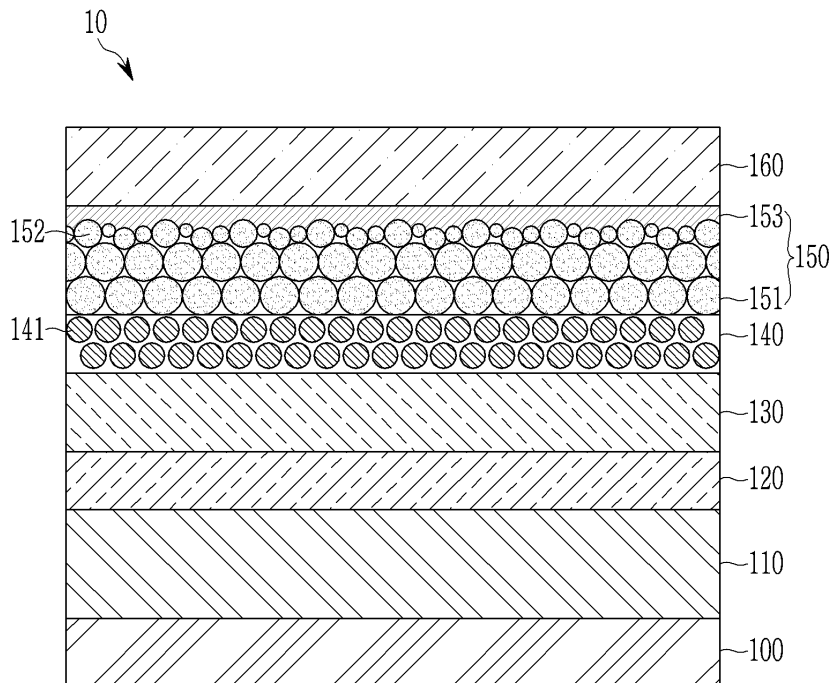
[0156] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구 범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

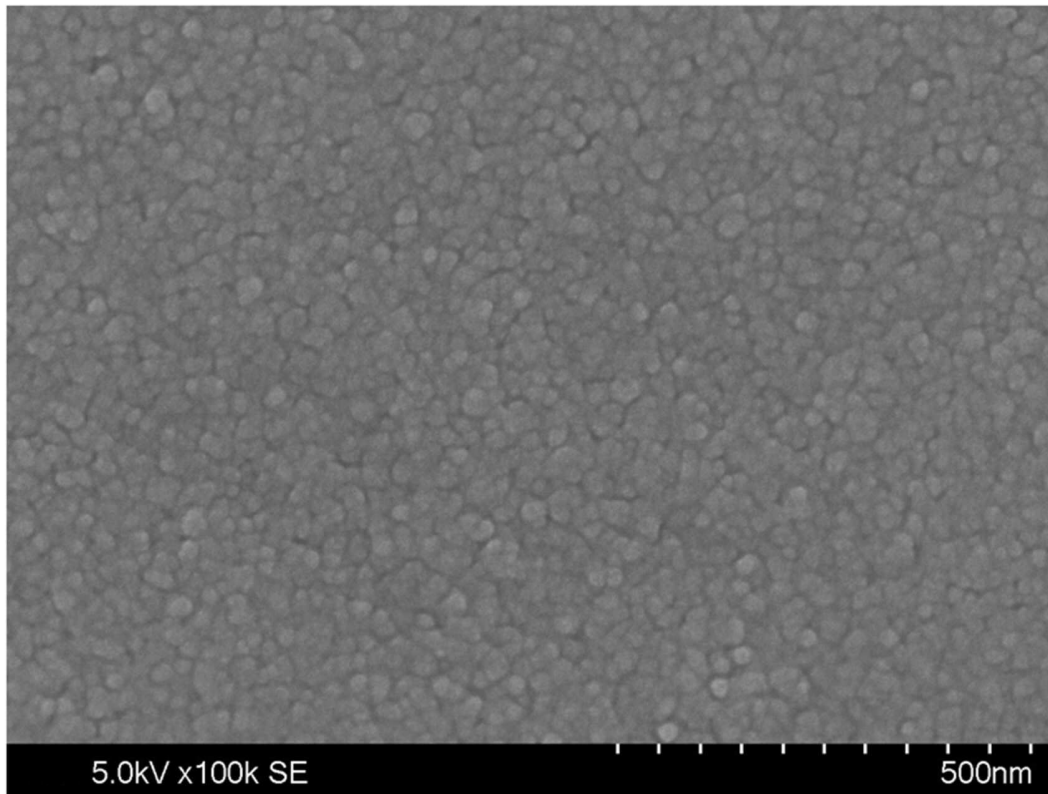
- [0157] 10: 전계 발광 소자 100: 기판
 110: 제1 전극 120: 정공 주입층
 130: 정공 수송층 140: 발광층
 141: 발광체 입자 150: 전자 수송층
 151: 무기층 152: 무기물 나노입자
 153: 유기층 160: 제2 전극

도면

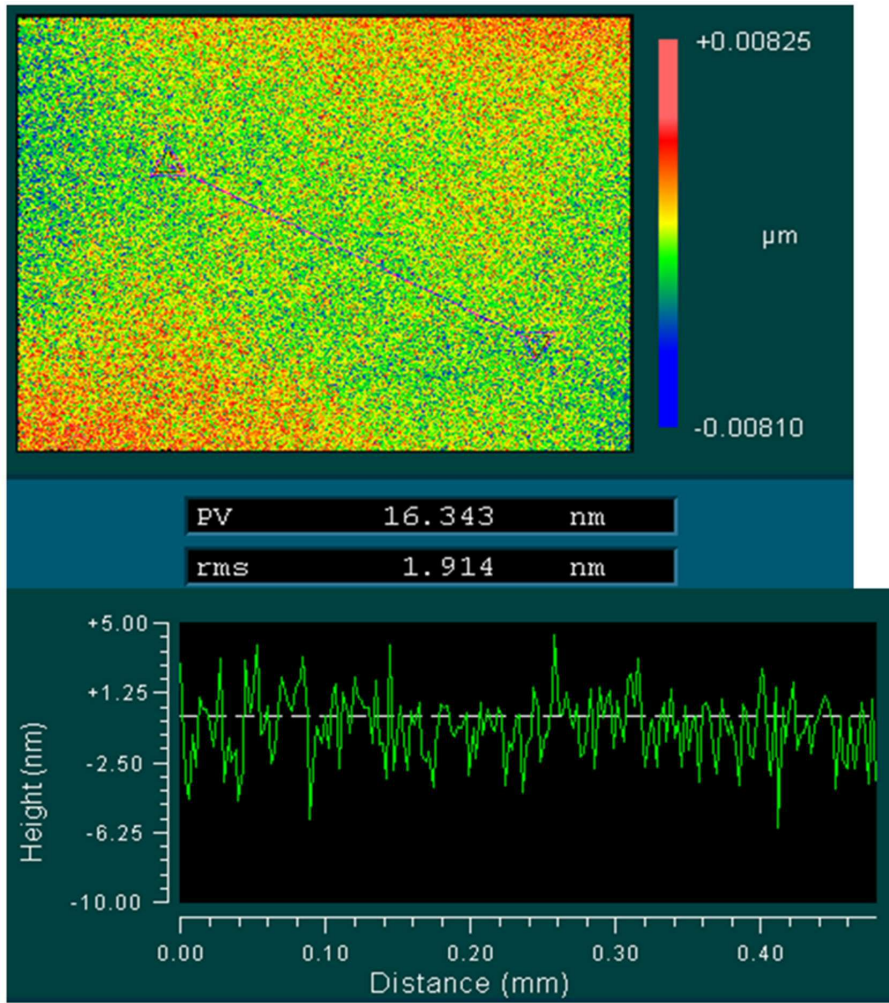
도면1



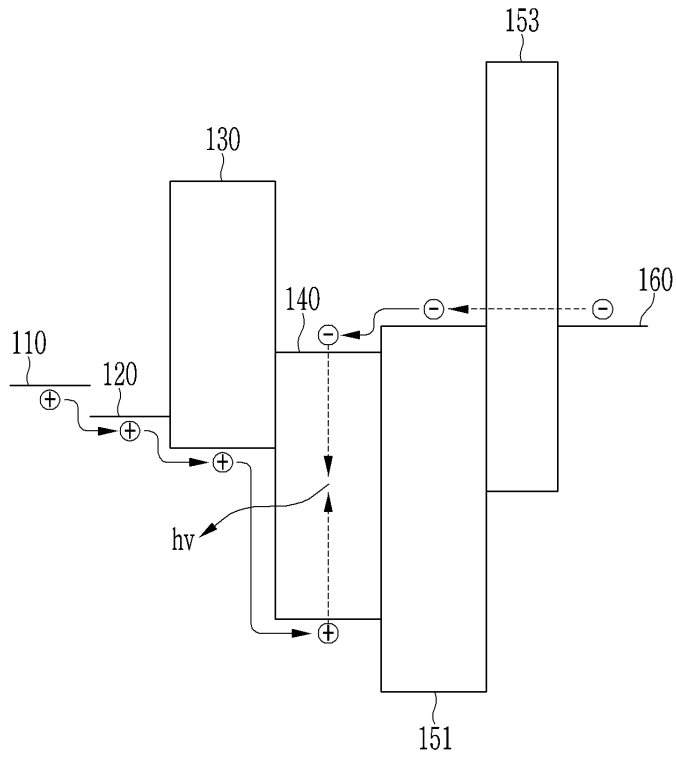
도면2



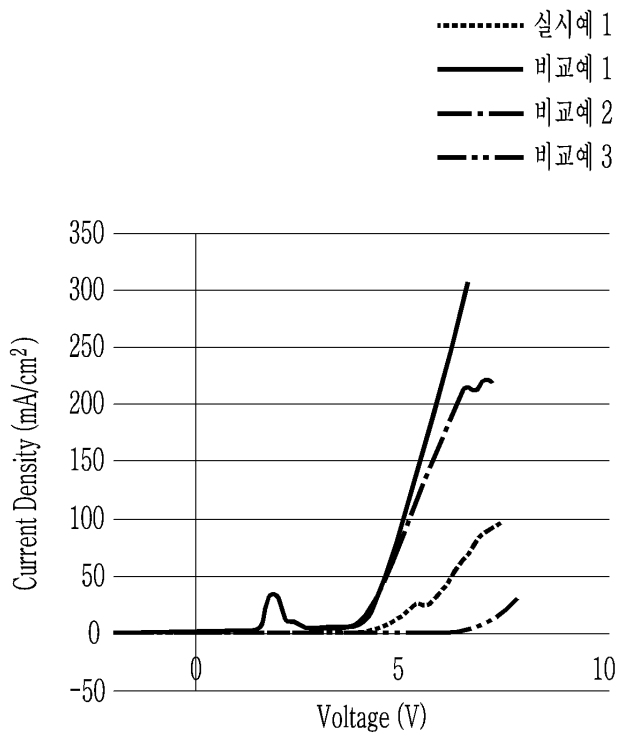
도면3



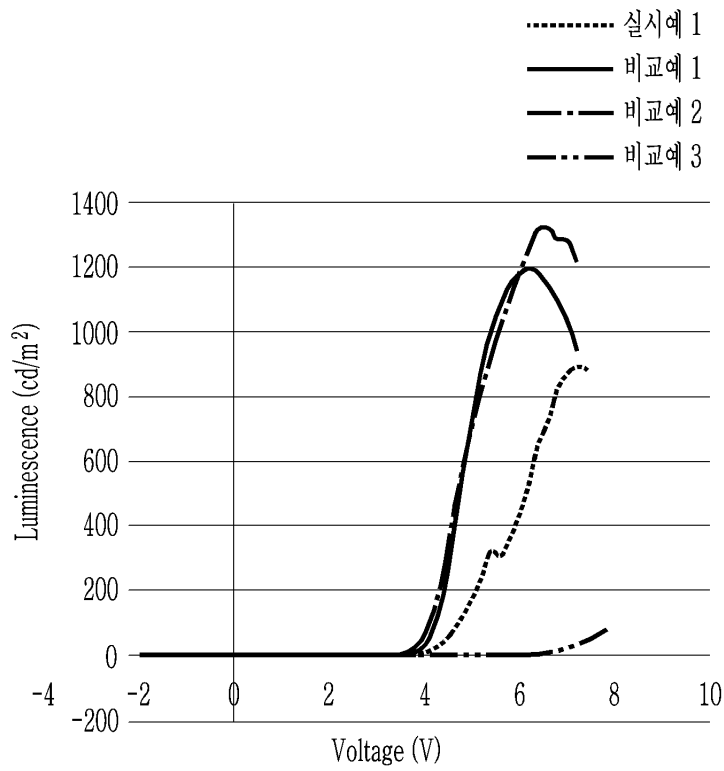
도면4



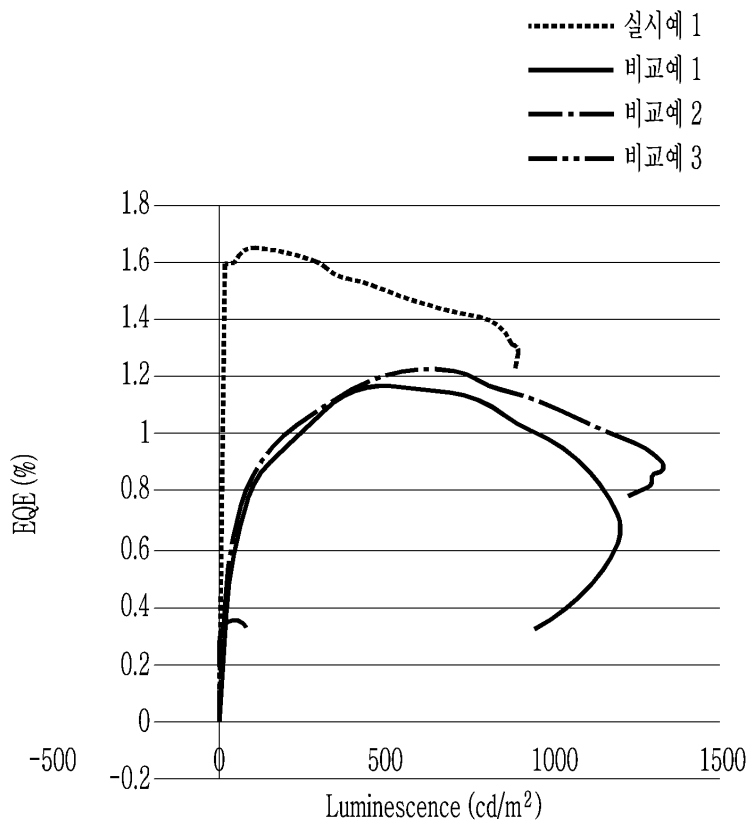
도면5



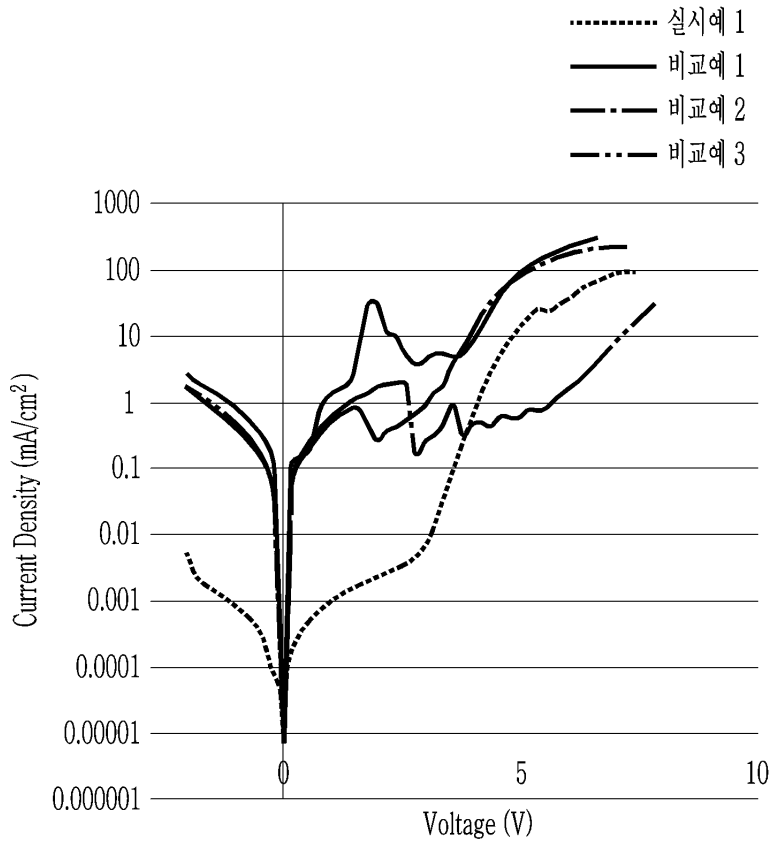
도면6



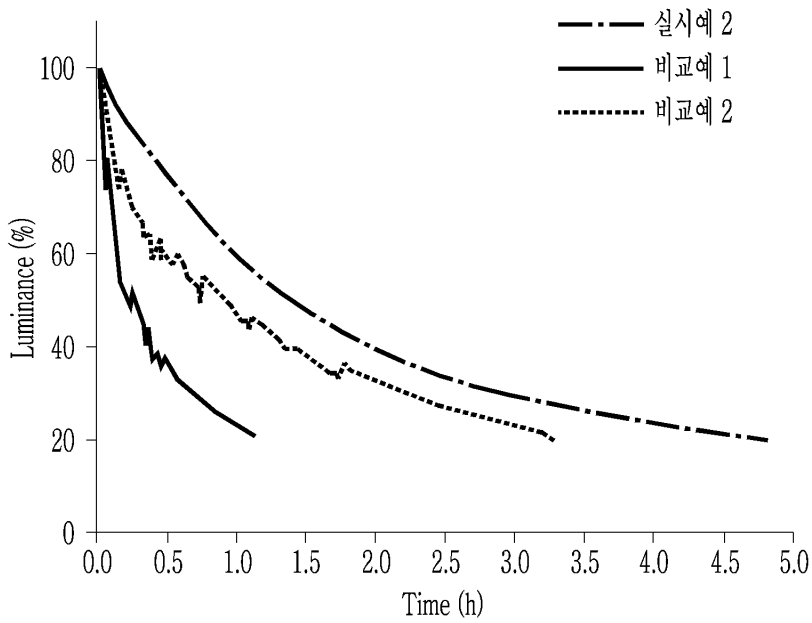
도면7



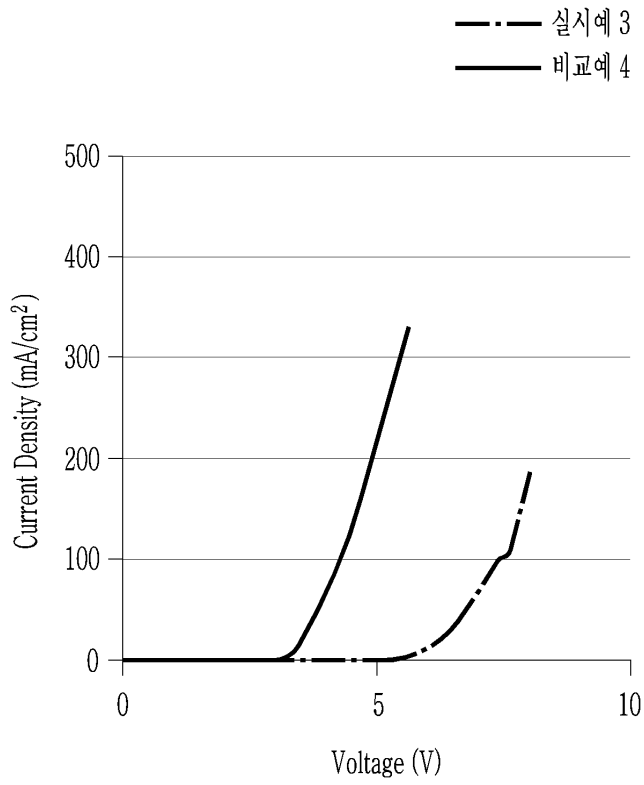
도면8



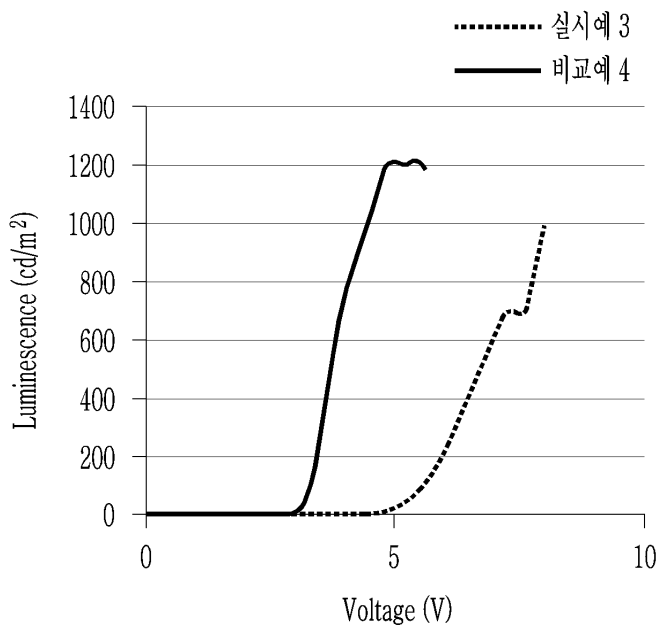
도면9



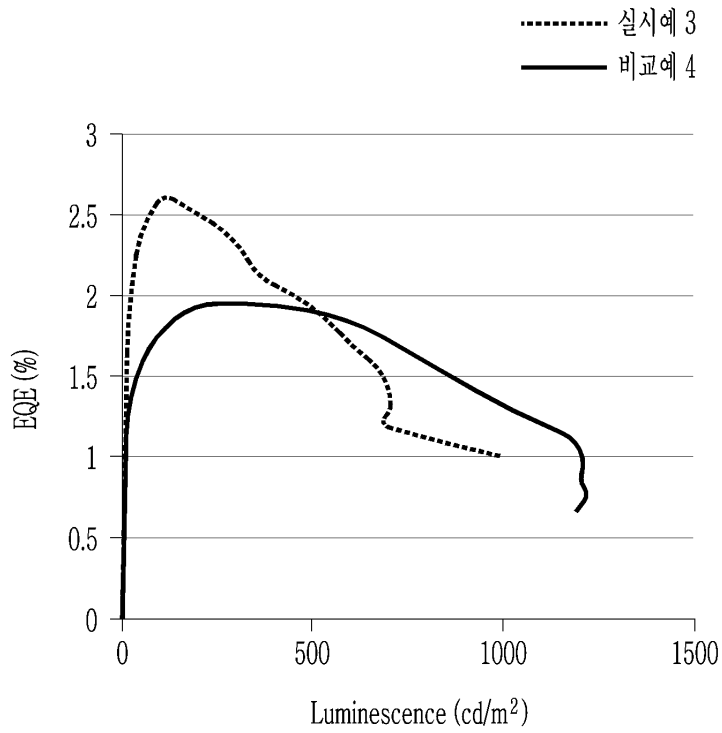
도면10



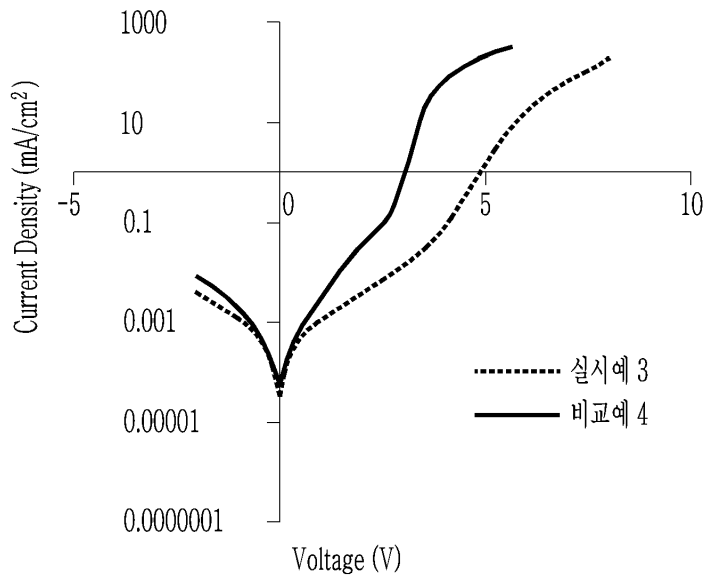
도면11



도면12



도면13



专利名称(译)	EL设备和显示设备		
公开(公告)号	KR1020190107506A	公开(公告)日	2019-09-20
申请号	KR1020180028836	申请日	2018-03-12
[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	김태호 김성우 장은주 정대영		
发明人	김태호 김성우 장은주 정대영		
IPC分类号	H01L51/50 H01L51/00 H01L51/56		
CPC分类号	H01L51/502 H01L51/0032 H01L51/56 H01L27/32 H01L51/508 H01L51/0052 H01L51/0067 H01L51/0072 H01L51/5004 H01L2251/303 H01L2251/5369 H01L2251/552		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种能够使泄漏电流最小的电致发光装置以及显示装置。该电致发光器件包括：彼此面对的第一电极和第二电极；以及第二电极。发光层，位于第一电极和第二电极之间，并且包括两个或更多个发光粒子；空穴传输层，位于第一电极和发光层之间；电子传输层位于发光层和第二电极之间。电子传输层包括形成在发光层上并包括两个或更多个无机纳米粒子的无机层，以及直接形成在无机层上并且具有比无机层的功函高的功函的有机层。

