



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0078515  
(43) 공개일자 2020년07월01일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)<br/>H05B 33/02 (2006.01) H05B 33/14 (2006.01)<br/>H05B 33/26 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H01L 51/502 (2013.01)<br/>H01L 51/0005 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-7012490</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2018년11월07일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2020년04월28일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/041259</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2019/093345<br/>국제공개일자 2019년05월16일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>JP-P-2017-215800 2017년11월08일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인<br/>엔에스 마테리얼스 아이엔씨.<br/>일본 후쿠오카 8180042 치쿠시노-썬터 리움요우지 511-1</p> <p>(72) 발명자<br/>미야나가 아키히루<br/>일본 후쿠오카 8180042 치쿠시노-썬터 리움요우지 511-1 엔에스 마테리얼스 아이엔씨. 내<br/>이토 테츠지<br/>일본 후쿠오카 8180042 치쿠시노-썬터 리움요우지 511-1 엔에스 마테리얼스 아이엔씨. 내<br/>와타나베 마유코<br/>일본 후쿠오카 8180042 치쿠시노-썬터 리움요우지 511-1 엔에스 마테리얼스 아이엔씨. 내</p> <p>(74) 대리인<br/>정홍식, 김태현</p> |
|--|--|

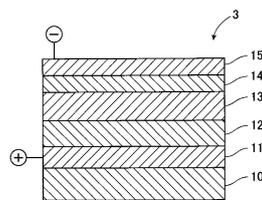
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 표시 장치

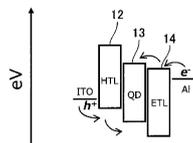
(57) 요약

양자점을 포함하는 표시 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명은, 표시 영역을 구비한 표시 장치(1)에 있어서, 상기 표시 영역은, 제1 전극(11), 상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층(12), 상기 발광층(13), 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층(14), 및, 상기 제2 전극(15)이 기판 위에 이 순서로 적층된 발광 소자를 갖고, 상기 발광층은, 양자점을 포함하는 무기층으로 형성되어 있으며, 상기 발광 소자는, 보텀 에미션형인 것을 특징으로 한다. 본 발명에서는, 상기 제1 전극으로부터 상기 제2 전극에 이르는 모든 층이, 무기층으로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

대표도 - 도4



도 4a



도 4b

(52) CPC특허분류

*H05B 33/02* (2013.01)

*H05B 33/14* (2013.01)

*H05B 33/26* (2013.01)

*H01L 2251/5307* (2013.01)

*H01L 2251/5338* (2013.01)

*H01L 2251/5369* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

표시 영역을 구비한 표시 장치에 있어서,

상기 표시 영역은, 제1 전극, 상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층, 및, 상기 제2 전극이 기판 위에 이 순서로 적층된 발광 소자를 갖고,

상기 발광층은, 양자점을 포함하는 무기층으로 형성되어 있으며, 상기 발광 소자는, 보텀 에미션형인 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1 전극으로부터 상기 제2 전극에 이르는 모든 층이, 무기층으로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 및 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층이, 나노 입자로 형성된 상기 무기층인 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표시 장치는, 가요성을 갖는 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 5

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 양자점은, 코어의 표면이 셀로 덮여 있지 않은 구조인 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 및 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층의 적어도 어느 한 층은, 잉크젯법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 표시 장치.

#### 청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극과의 사이에 위치하는 모든 층이, 도포하여 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 표시 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은, 양자점을 이용한 표시 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0001]

[0002] 하기의 특허문헌에는, 유기 EL(organic electro-luminescence)에 관한 발명이 개시되어 있다.

[0003] 유기 EL 소자는, 기관 위에, 양극, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층 및, 음극이 적층되어 구성되어 있다. 이와 같은 유기 EL 소자는, 유기 화합물로 형성되어 있으며, 유기 화합물 안에 주입된 전자와 정공과의 재결합에 의해 생긴 여기자에 의해 발광된다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 특개 2017-45650호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 그런데, 최근, 양자점을 이용한 발광 소자의 개발이 진행되고 있다. 양자점은, 수 백~수 천개 정도의 원자로 구성된, 입경이 수 nm~수 십 nm 정도의 나노 입자이다. 양자점은, 형광 나노 입자, 반도체 나노 입자, 또는 나노 크리스탈이라고도 불린다. 양자점은, 나노 입자의 입경이나 조성에 의해, 발광 파장을 다양하게 변경할 수 있다는 특징을 갖는다. 양자점을 이용한 발광 소자는, 유기 EL 소자와 마찬가지로, 박형화 및 면발광을 실현할 수 있다.

[0006] 그러나, 보텀 에미션형에 있어서의, 양자점을 이용한 발광 소자의 적층 구조에 대해서는, 아직 확립되어 있지 않다.

[0007] 본 발명은, 상기 점을 감안하여 이루어진 것이며, 양자점을 포함하는 발광 소자를 구비한 표시 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명은, 표시 영역을 구비한 표시 장치에 있어서, 상기 표시 영역은, 제1 전극, 상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층, 및, 상기 제2 전극이 기관 위에 이 순서로 적층된 발광 소자를 갖고, 상기 발광층은, 양자점을 포함하는 무기층으로 형성되어 있으며, 상기 발광 소자는, 보텀 에미션형인 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명에서는, 상기 제1 전극으로부터 상기 제2 전극에 이르는 모든 층이, 무기층으로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

[0010] 본 발명에서는, 상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 및 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층이, 나노 입자로 형성된 상기 무기층인 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 본 발명에서는, 상기 표시 장치는, 가요성을 갖는 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 본 발명에서는, 상기 양자점은, 코어의 표면이 셸로 덮여 있지 않은 구조인 것이 바람직하다.

[0013] 또한, 본 발명에서는, 상기 제1 전극과 발광층과의 사이의 층, 상기 발광층, 및 상기 발광층과 제2 전극과의 사이의 층의 적어도 어느 한 층은, 잉크젯법으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 본 발명에서는, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극과의 사이에 위치하는 모든 층이, 도포하여 형성되어 있는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

[0015] 본 발명의 표시 장치에 의하면, 표시 장치에 이용되는, 양자점을 포함하는 발광 소자의 적층 구조를 적정화할 수 있다. 또한, 본 발명에서는, 양극으로부터 음극에 이르는 모든 층을 무기층으로 형성할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 본 실시형태의 표시 장치의 부분 평면도이다.

- 도 2는 도 1에 도시하는 표시 장치의 하나의 표시 영역을 확대하여 나타낸 부분 확대 단면도이다.
- 도 3은 도 2와는 다른 박막 트랜지스터의 구조를 나타내는 단면도이다.
- 도 4a는, 제1 실시형태에 있어서의 발광 소자의 단면도이며, 도 4b는, 제1 실시형태의 표시 장치에 있어서의 각층의 에너지 준위도다.
- 도 5는 본 실시형태에 있어서의 양자점의 모식도이다.
- 도 6은 도 1과는 다른 실시형태의 발광 소자의 단면도이다.
- 도 7a는, 코어셸 구조의 양자점을 이용한 경우의 에너지 준위도이며, 도 7b는, 코어가 셸로 덮여 있지 않은 구조의 양자점을 이용한 경우의 에너지 준위도이다.
- 도 8a는, 도 4와는 다른 발광 소자의 단면도이며, 도 8b는, 도 8a의 발광 소자에 있어서의 각층의 에너지 준위도이다.
- 도 9는 도 8과는 다른 실시형태의 발광 소자의 단면도이다.
- 도 10a는, 코어셸 구조의 양자점을 이용한 경우의 에너지 준위도이며, 도 10b는, 코어가 셸로 덮여 있지 않은 구조의 양자점을 이용한 경우의 에너지 준위도이다.
- 도 11은 잉크젯법으로 무기층을 형성하는 공정을 나타내는 모식도이다.
- 도 12는 실시 예의 도포 사진이다.
- 도 13은 Cd계 녹색 양자점의 PYS 측정 데이터이다.
- 도 14는 PYS 측정 데이터이다.
- 도 15는 실험에서 사용한 발광 소자에 있어서의 각층의 에너지 준위도이다.
- 도 16은 녹색 양자점을 사용한 EL 발광체 및 PL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 17은 적색 양자점을 사용한 EL 발광체 및 PL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프, 또한, 청색 양자점을 사용한 EL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 18은 실험에서 사용한 발광 소자에 있어서의 각층의 에너지 밴드갭  $E_g$ , 전도대 하단의 에너지  $E_{CB}$ , 가전자대 상단의 에너지  $E_{VB}$ 를 나타내는 그래프, 및 각층의 에너지 준위도이다.
- 도 19는 전자 수송층(ETL)에 사용되는  $ZnO_x(Li)$  및  $ZnO_x(K)$ 의 UV 데이터이다.
- 도 20은 전자 수송층(ETL)에 사용되는  $ZnO_x(Li)$  및  $ZnO_x(K)$ 의 PL 데이터이다.
- 도 21은 전자 수송층(ETL)에 사용되는  $ZnO_x(Li)$  및  $ZnO_x(K)$ 의 PYS 데이터이다.
- 도 22a 및 도 22b는, 보텀 에미션형에 있어서의 추출 효율을 향상시키는 구성을 나타내는 모식도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 일 실시형태(이하, '실시형태'라고 약기한다.)에 대해, 상세하게 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시형태에 한정되는 것이 아니며, 그 요지의 범위 내에서 다양하게 변형하여 실시할 수 있다.
- [0018] 도 1에 도시하는 바와 같이, 표시 장치(1)에는, 복수의 표시 영역(2)이 매트릭스 형상으로 배치되어 있다. 표시 영역(2)에는, 적색으로 발광하는 적색 발광 영역(2a), 녹색으로 발광하는 녹색 발광 영역(2b), 및 청색으로 발광하는 청색 발광 영역(2c)의 3 종류가 있다. 이들 3개의 발광 영역(2a, 2b, 2c)은, 예를 들면, 행 방향으로 나열하여 한 조가 되고, 컬러 표시에 있어서의 1 픽셀(화소)을 구성하고 있다.
- [0019] 각 발광 영역(2a, 2b, 2c)에는, 각각, 발광 소자(3)가 형성되어 있다. 발광 소자(3)의 층 구조는 후술한다. 각 발광 소자(3)에는, 박막 트랜지스터(TFT: Thin Film Transistor)(4)가 접속되어 있다. 발광 소자(3)는, 보텀 에미션형이다.
- [0020] 도 2에 도시하는 바와 같이, 박막 트랜지스터(4)는, 기판(5) 위에, 게이트 전극(4a), 채널층(4b), 게이트 절연

막(미도시), 드레인 전극(4c), 소스 전극(4d) 등이 적층되어 구성되어 있다. 채널층(4b)의 재질을 따지는 것이 아니지만, P형 반도체이며, 예를 들면, 비정질 실리콘(amorphous silicon)으로 형성된다. 도 2에 도시하는 박막 트랜지스터(4)는, 톱 콘택트-보텀 게이트형이지만, 보텀 콘택트-보텀 게이트형으로 해도 좋다.

- [0021] 소스 전극(4d)은, 전원 라인에 접속되고, 드레인 전극(4c)은, 발광 소자(3)에 접속되어 있다.
- [0022] 또한, 박막 트랜지스터(4)는, 도 3에 도시하는 톱 게이트형이어도 좋다. 도 3에 도시하는 바와 같이, 기관(5) 위에, 채널층(4b)이 형성되고, 채널층(4b)의 표면은 게이트 절연막(4e)으로 덮여 있다. 그리고, 게이트 절연막(4e)의 표면에, 게이트 전극(4a)이 형성되어 있다. 도 3에 도시하는 바와 같이, 게이트 전극(4a)의 표면은, 절연막(4f)으로 덮여 있다. 또한, 게이트 절연막(4e) 및 절연막(4f)을 관통하고, 채널층(4b)으로 이어지는 복수의 관통공이 형성되고, 각 관통공을 통해, 각각, 드레인 전극(4c), 및 소스 전극(4d)이 형성되어 있다. 또한, 드레인 전극(4c) 및 소스 전극(4d)의 표면은 보호막(7)으로 덮여 있다. 또한, 드레인 전극(4c) 및 소스 전극(4d)으로 이어지는 투명 전극이, 보호막(7)의 표면에 형성된다. 도 3에 도시하는 투명 전극(8)은, 드레인 전극(4c)으로 이어져 있다.
- [0023] 도 3에 도시하는 박막 트랜지스터(4)의 채널층(4b)은, 예를 들면, P-Si로 형성되어 있다.
- [0024] 도 2에 도시하는 바와 같이, 표시 장치(1)는, 한 쌍의 기관(5, 6) 사이에 박막 트랜지스터(4) 및 발광 소자(3)가 개재한 구조이며, 각 기관(5, 6) 사이에는, 도시하지 않는 밀봉 수지(Sealing resin)가 틀 형상으로 마련되고, 밀봉 수지를 통해 각 기관(5, 6) 사이가 접속되어 있다.
- [0025] 이하, 발광 소자(3)의 구조에 대해 설명한다. 도 4a는, 제1 실시형태에 있어서의 발광 소자의 단면도이며, 도 4b는, 제1 실시형태의 표시 장치에 있어서의 각층의 에너지 준위도이다.
- [0026] 도 4a에 도시하는 바와 같이, 발광 소자(3)는, 기관(10)과, 기관 위에 형성된 양극(Anode)(11)과, 양극(11) 위에 형성된 정공 수송층(HTL: Hole Transport Layer)(12)과, 정공 수송층(12) 위에 형성된 발광층(EML: emitter layer)(13)과, 발광층(13) 위에 형성된 전자 수송층(ETL: Electron Transport Layer)(14)과, 전자 수송층(14) 위에 형성된 음극(Cathode)(15)을 갖고 구성된다. 이 실시형태에서는, 양극(11)이 제1 전극, 음극(15)이 제2 전극으로 구성된다.
- [0027] 본 실시형태의 발광 소자(3)의 전극 사이에 전압이 인가되면, 양극(11)으로부터 정공이 주입되고, 음극(15)으로부터 전자가 주입된다. 도 4b는, 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14)의 에너지 준위 모델을 각각 도시하고 있다. 도 4b에 도시하는 바와 같이, 정공 수송층(12)으로부터 수송되어온 정공은, 정공 수송층(12)의 HOMO 준위로부터 발광층(13)의 HOMO 준위에 주입된다. 한편, 전자 수송층(14)으로부터 수송되어온 전자는, 전자 수송층(14)의 LUMO 준위로부터 발광층(13)의 LUMO 준위에 주입된다. 그리고, 정공과 전자는, 발광층(13)에서 재결합하고, 발광층(13) 안의 양자점이 여기 상태가 되어, 여기된 양자점으로부터 발광을 얻을 수 있다.
- [0028] 본 실시형태에서는, 발광층(13)은, 양자점을 포함하는 무기층으로 형성되어 있다.
- [0029] (양자점)
- [0030] 양자점의 구성 및 재질을 한정하는 것은 아니지만, 예를 들면, 본 실시형태에 있어서의 양자점은, 수 nm~수 십 nm 정도의 입경을 갖는 나노 입자이다.
- [0031] 예를 들면, 양자점은, CdS, CdSe, ZnS, ZnSe, ZnSeS, ZnTe, ZnTeS, InP, (Zn)AgInS<sub>2</sub>, (Zn)CuInS<sub>2</sub> 등으로 형성된다. Cd은 그 독성으로 각국에서 그 사용에 규제가 있기 때문에, 양자점에, Cd은 포함하지 않는 것이 바람직하다.
- [0032] 도 5a에 도시하는 바와 같이, 양자점(20)의 표면에는 다수의 유기 배위자(21)가 배위되어 있는 것이 바람직하다. 이로 인해, 양자점(20)끼리의 응집을 억제할 수 있고, 목적으로 하는 광학 특성이 발현된다. 반응에 이용할 수 있는 배위자는 특별히 한정되지 않지만, 예를 들면, 이하의 배위자가, 대표적인 것으로서 들 수 있다.
- [0033] 지방족 1급 아민계, 올레일아민: C<sub>18</sub>H<sub>35</sub>NH<sub>2</sub>, 스테아릴(옥타데실)아민: C<sub>18</sub>H<sub>37</sub>NH<sub>2</sub>, 도데실(라우릴)아민: C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>NH<sub>2</sub>, 데실아민: C<sub>10</sub>H<sub>21</sub>NH<sub>2</sub>, 옥틸아민: C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>NH<sub>2</sub>, 지방산, 올레인산: C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>COOH, 스테아린산: C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH, 팔미틴산: C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>COOH, 미리스틴산: C<sub>13</sub>H<sub>27</sub>COOH, 라우릴(도데칸)산: C<sub>11</sub>H<sub>23</sub>COOH, 데칸산: C<sub>9</sub>H<sub>19</sub>COOH, 옥탄산: C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>COOH
- [0034] 티올계, 옥타데칸티올(Octadecanethiol): C<sub>18</sub>H<sub>37</sub>SH, 헥사데칸티올: C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>SH, 테트라데칸티올: C<sub>14</sub>H<sub>29</sub>SH, 도데칸티

올:  $C_{12}H_{25}SH$ , 데칸티올:  $C_{10}H_{21}SH$ , 옥탄티올:  $C_8H_{17}SH$

- [0035] 포스핀계, 트리옥틸포스핀:  $(C_8H_{17})_3P$ , 트리페닐포스핀:  $(C_6H_5)_3P$ , 트리부틸포스핀:  $(C_4H_9)_3P$
- [0036] 포스핀옥사이드계, 트리옥틸포스핀옥사이드:  $(C_8H_{17})_3P=O$ , 트리페닐포스핀옥사이드:  $(C_6H_5)_3P=O$ , 트리부틸포스핀옥사이드:  $(C_4H_9)_3P=O$
- [0037] 또한, 도 5b에 도시하는 양자점(20)은, 코어(20a)와, 코어(20a)의 표면에 코팅된 셸(20b)을 갖는 코어셸 구조이다. 도 5b에 도시하는 바와 같이, 양자점(20)의 표면에는 다수의 유기 배위자(21)가 배위되어 있는 것이 바람직하다. 도 5b에 도시하는 양자점(20)의 코어(20a)는, 도 5a에 도시하는 나노 입자이다. 따라서, 코어(20a)는, 예를 들면, 상기에 언급한 재질에 의해 형성된다. 셸(20b)의 재질을 따지는 것은 아니지만, 예를 들면, 황화아연(ZnS) 등으로 형성된다. 셸(20b)도 코어(20a)와 마찬가지로, 카드뮴(Cd)을 포함하지 않는 것이 바람직하다.
- [0038] 또한, 셸(20b)은, 코어(20a)의 표면에 고용화된 상태여도 좋다. 도 5b에서는, 코어(20a)와 셸(20b)과의 경계를 점선으로 나타냈지만, 이는, 코어(20a)와 셸(20b)과의 경계를 분석으로 확인할 수 있어도 없어도 어느 쪽이라도 상관없다는 것을 가리킨다.
- [0039] (발광층(13))
- [0040] 발광층(13)은, 상기에 언급한 양자점만으로 형성되어도 좋으며, 양자점과, 다른 형광 물질을 포함하고 있어도 좋다. 또한, 발광층(13)은, 용제에 녹인 양자점을, 예를 들면, 잉크젯법에 의해 도포하여 형성할 수 있고, 발광층(13) 안에 다소, 용제 성분이 남아 있어도 좋다.
- [0041] 도 1에 도시하는 적색 발광 영역(2a)에 형성되는 발광 소자(3)의 발광층(13)에는, 적색으로 형광하는 적색 양자점이 포함된다. 또한, 도 1에 도시하는 녹색 발광 영역(2b)에 형성되는 발광 소자(3)의 발광층(13)에는, 녹색으로 형광하는 녹색 양자점이 포함된다. 또한, 도 1에 도시하는 청색 발광 영역(2c)에 형성되는 발광 소자(3)의 발광층(13)에는, 청색으로 형광하는 청색 양자점이 포함된다.
- [0042] 또한, 청색 발광의 파장은, 450 nm 정도인 것이 바람직하다. 이와 같이, 450 nm보다도 단파인 빛을 발광하지 않도록 조정함으로써, 건강 리스크를 억제할 수 있다.
- [0043] 발광층(13)은, 상기에 언급한 잉크젯법이나, 진공 증착법 등, 기존의 박막 형성 방법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0044] (정공 수송층(12))
- [0045] 정공 수송층(12)은, 정공을 수송하는 기능을 갖는 무기 물질, 혹은, 유기 물질로 이루어진다. 정공 수송층(12)은, 무기 물질로 이루어지는 것이 바람직하고, 예를 들면, NiO나,  $WO_3$  등이 무기 산화물로 형성되는 것이 바람직하다. 정공 수송층(12)은, 특히, NiO의 나노 입자로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 정공 수송층(12)에는, 예를 들면, NiO에  $Al_2O_3$  등을 혼합시키는 것도 가능하다. 또한, 금속 산화물에, Li, Mg, Al 등이 도핑되어도 좋다. 또한, 정공 수송층(12)은, 무기 산화물 이외의 무기 물질이어도 좋다.
- [0046] 정공 수송층(12)은, 발광층(13)과 마찬가지로, 잉크젯법 등의 인쇄법으로 형성하거나, 혹은, 진공 증착법 등의 기존의 박막 기술로 형성할 수 있다.
- [0047] (전자 수송층(14))
- [0048] 전자 수송층(14)은, 전자를 수송하는 기능을 갖는 무기 물질, 혹은, 유기 물질로 이루어진다. 전자 수송층(14)은, 무기 물질로 이루어지는 것이 바람직하고, 예를 들면,  $ZnO_x$ , Ti-O, Zn-O, Sn-O, V-O, Mo-O 등의 무기 산화물로 형성되는 것이 바람직하다. 이들 중 2종 이상 선택할 수도 있다. 전자 수송층(14)은, 특히,  $ZnO_x$ 의 나노 입자로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 금속 산화물에, Li, Mg, Al, Mn 등이 도핑되어도 좋다. 또한, 전자 수송층(14)은, 무기 산화물 이외의 무기 물질(예를 들면,  $CsPbBr_3$  등)이어도 좋다. X는, 한정되는 것은 아니지만, 0.8~1.2 정도이다.
- [0049] 전자 수송층(14)은, 발광층(13)과 마찬가지로, 나노 입자를 포함하는 용제를, 잉크젯법 등의 인쇄법으로 형성하거나, 혹은, 진공 증착법 등의 기존의 박막 기술로 형성할 수 있다.

- [0050] (양극(11))
- [0051] 본 실시형태에서는, 양극(11)의 재질을 한정하는 것은 아니지만, 예를 들면, 양극(11)은, 인듐-주석의 복합 산화물(ITO), Au 등의 금속,  $CuI\text{SnO}_2$ ,  $ZnO_x$  등의 도전성 투명재로 형성되는 것이 바람직하다. 이 중, 양극(11)은, ITO로 형성되는 것이 바람직하다. 양극(11)은, 기판(10) 위에, 이들의 전극 물질을 증착이나 스퍼터링 등의 방법으로 인해 박막으로 형성할 수 있다.
- [0052] 본 실시형태에서는, 기판(10) 측으로부터 빛을 추출하는 구성이기 때문에, 양극(11)은 투명 전극일 필요가 있으며, 상기한 금속 산화물이나 매우 얇은 금속막인 것이 바람직하다.
- [0053] (음극(15))
- [0054] 본 실시형태에서는, 음극(15)의 재질을 한정하는 것은 아니지만, 예를 들면, 음극(15)은, 금속, 합금, 전기 전도성 화합물 및 이들의 혼합물을 전극 물질로서 이용할 수 있다. 예를 들면, 전극 물질로서는, Al, Mg, Li, 혹은 이들의 혼합물 등을 들 수 있다. 이 중, 음극(15)은, Al으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0055] 음극(15)은, 이들의 전극 물질을 증착이나 스퍼터링 등의 방법으로 인해 박막으로 형성할 수 있다.
- [0056] (기판(10))
- [0057] 본 실시형태에서는, 기판(10)의 재질을 한정하는 것은 아니지만, 기판(10)으로서, 예를 들면, 유리, 플라스틱 등으로 형성할 수 있다. 본 실시형태는, 기판(10) 측(박막 트랜지스터 측)으로부터 빛을 추출하는 구성이기 때문에, 기판(10)은, 투명 기판인 것이 바람직하다. 투명 기판으로서, 예를 들면, 유리, 석영, 투명 수지 필름을 들 수 있다.
- [0058] 기판(10)은, 리지드한 기판이든 플렉시블한 기판이든 어느 쪽이어도 좋지만, 플렉시블한 기판을 이용함으로써, 가요성을 갖게 할 수 있다. 투명 수지 필름은, 예를 들면, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN) 등의 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 셀로판, 셀룰로오스 디아세테이트, 셀룰로오스 트리아세테이트(TAC) 등이다.
- [0059] 도 2의 표시 장치(1)에서는, 기판(5, 6)의 쌍방을 플렉시블한 기판으로 함으로써, 표시 장치(1)에 가요성을 갖게 할 수 있다. 또한, 기판(5, 6)에 대해서도, 기판(10)과 동일한 재질로 형성하는 것이 가능하다. 기판(5)은, 기판(10)을 겸할 수 있다.
- [0060] 본 실시형태에서는, 양극(11)으로부터 음극(15)에 이르는 모든 층, 즉, 양극(11), 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14) 및 음극(15)을 모두 무기층으로 형성할 수 있다. 이와 같이 모든 층을 무기층으로 형성함으로써, 같은 도포·건조 장치 등을 이용하여 성막(成膜)할 수 있고, 제조 공정을 간략화할 수 있다. 또한, 양극(11)으로부터, 정공 수송층(12) 및 발광층(13)에 이르는 HOMO 준위의 대소 관계를 적정화할 수 있고, 음극(15)으로부터 전자 수송층(14) 및 발광층(13)에 이르는 LUMO 준위의 대소 관계를 적정화할 수 있고, 캐리어 밸런스를, 유기 화합물을 이용하는 경우보다도 개선할 수 있다.
- [0061] 도 4에 도시하는 제1 실시형태에서는, 정공 주입층 및 전자 주입층을 수송층과는 따로 형성하지 않고, 층수를 줄일 수 있다. 즉, 수송층이 주입층을 겸하는 구성으로 할 수 있다. 단, 본 실시형태에서는, 무기물의 정공 주입층이나 전자 주입층을, 각 전극과 각 수송층의 사이에 개재(介在)시키는 것도 가능하다.
- [0062] 도 6a는, 제2 실시형태의 발광 소자의 단면도이다. 도 6a에서는, 기판(10) 위에, 양극(11), 정공 주입층(HIL: Hole Injection layer)(16), 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14), 및 음극(15)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 6a에서는, 도 4a와 달리, 양극(11)과 정공 수송층(12)과의 사이에 정공 주입층(16)을 포함한다.
- [0063] 도 6b는, 제3 실시형태의 발광 소자의 단면도이다. 도 6b에서는, 기판(10) 위에, 양극(11), 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14), 전자 주입층(EIL: Electron Injection layer)(18), 및 음극(15)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 6b에서는, 도 4a와 달리, 전자 수송층(14)과 음극(15)과의 사이에, 전자 주입층(18)을 포함한다.
- [0064] 도 6c는, 제4 실시형태의 발광 소자의 단면도이다. 도 6c에서는, 기판(10) 위에, 양극(11), 정공 주입층(16), 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14), 전자 주입층(18), 및 음극(15)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 6c에서는, 도 4a와 달리, 양극(11)과 정공 수송층(12)과의 사이에 정공 주입층(16)을 포함하고, 또한, 전자 수송층(14)과 음극(15)과의 사이에, 전자 주입층(18)을 포함한다.

- [0065] 정공 주입층(16) 및 전자 주입층(18)의 재질을 따지는 것은 아니며, 무기 물질이든 유기 물질이든 좋지만, 정공 주입층(16) 및 전자 주입층(18)을 무기층으로 형성함으로써, 양극(11)으로부터 음극(15)에 이르는 모든 층을, 무기층으로 형성할 수 있고 바람직하다. 정공 주입층(16) 및 전자 주입층(18)의 재질은, 에너지 준위 모델에 기초하여 다양하게 선택된다.
- [0066] 본 실시형태에서는, 양극(11)과 발광층(13)과의 사이의 층이, 정공 수송층(12), 혹은, 정공 주입층(16), 또는, 정공 주입층과 정공 수송층을 겸용하는 층, 또는, 정공 수송층(12)과 정공 주입층(16)이 적층된 층인 것이 바람직하다.
- [0067] 본 실시형태에서는, 음극(15)과 발광층(13)과의 사이의 층이, 전자 수송층(14), 혹은, 전자 주입층(18), 또는, 전자 주입층과 전자 수송층을 겸용하는 층, 또는, 전자 수송층(14)과 전자 주입층(18)이 적층된 층인 것이 바람직하다.
- [0068] 또한, 도 2에 도시하는 표시 장치(1)의 구조인 경우, 박막 트랜지스터(4)는, 예를 들면, 보텀 게이트형이며, 드레인 전극(4c)이, 발광 소자(3)의 양극(11)에 접속된다. 이때, 드레인 전극(4c)에 겹쳐서 양극(11)을 형성하지 않고, 드레인 전극(4c)을, 양극(11)과 겸용시킬 수 있다. 이로 인해, 발광 소자(3)와, 박막 트랜지스터(4)나 접지 라인과의 접속을 적절하게 수행할 수 있다.
- [0069] 본 실시형태에서는, 정공 수송층(12), 발광층(13) 및 전자 수송층(14)을, 모두 나노 입자로 형성된 무기층으로 할 수 있다. 상기 경우, 각층을 잉크젯법 등으로 인쇄 형성할 수 있고, 각층을 용이하고 그리고 균일한 막두께로 형성할 수 있다. 이로 인해, 발광 효율을 효과적으로 향상시킬 수 있다.
- [0070] 본 실시형태의 발광층(13)에 이용되는 양자점이, 코어셸 구조이면, 도 7a에 도시하는 에너지 준위도가 되고, 셸의 에너지 준위가 정공과 전자와의 재결합의 장벽이 될 가능성이 있다. 이 때문에, 도 7b에 도시하는 바와 같이, 코어의 표면을 셸로 덮지 않는(코어의 표면이 노출되어 있는: 양자점을 구성하는 재질이, 양자점의 중심으로부터 표면에 걸쳐 균일한) 양자점을 이용하는 것이 바람직하다. 이와 같은, 양자점을 이용함으로써, 정공과 전자와의 재결합 시의 에너지 장벽이 없어지고, 정공과 전자를 효율적으로 재결합시킬 수 있고, 발광 효율을 향상시키는 것이 가능하다. 또한, 전자 수송 효율 및 정공 수송 효율을 향상시키기 위해, 도 5a에 도시하는 바와 같이, 양자점(20)의 표면에 유기 배위자(21)를 배위시키는 것이 바람직하다.
- [0071] 또한, 본 실시형태에서는, 도 8a에 도시하는 바와 같이, 발광 소자(3)는, 기관(10)과, 기관 위에 형성된 음극(Cathode)(15)과, 음극(15) 위에 형성된 전자 수송층(ETL: Electron Transport Layer)(14)과, 전자 수송층(14) 위에 형성된 발광층(EML: emitter layer)(13)과, 발광층(13) 위에 형성된 정공 수송층(HTL: Hole Transport Layer)(12)과, 정공 수송층(12) 위에 형성된 양극(Anode)(11)을 갖고 구성되어도 좋다.
- [0072] 각층의 재질은 상기한 바와 같다. 단, 도 8a에서는, 양극(11)이 제2 전극을 구성하고, 음극(15)이 제1 전극을 구성한다. 본 실시형태의 발광 소자(3)는, 보텀 에미션형이기 때문에, 음극(15)은, ITO 등의 투명 전극으로 형성되고, 양극(11)은, Al 등의 빛을 반사 가능한 비투과성의 재질인 것이 바람직하다. 이로 인해, 빛은, 양극(11)에서 반사되고, 빛을, 음극(15) 측(박막 트랜지스터 측)으로부터 취출할 수 있다.
- [0073] 도 9a는, 도 8a와는 다른 실시형태에 있어서의 발광 소자의 단면도이다. 도 9a에서는, 기관(10) 위에, 음극(15), 전자 수송층(14), 발광층(13), 정공 수송층(12), 정공 주입층(HIL: Hole Injection layer)(16), 및, 양극(11)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 9a에서는, 도 8a와 달리, 양극(11)과 정공 수송층(12)과의 사이에 정공 주입층(16)을 포함한다.
- [0074] 도 9b는, 도 8a와는 다른 실시형태에 있어서의 발광 소자의 단면도이다. 도 9b에서는, 기관(10) 위에, 음극(15), 전자 주입층(EIL: Electron Injection layer)(18), 전자 수송층(14), 발광층(13), 정공 수송층(12), 및 양극(11)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 9b에서는, 도 8a와 달리, 전자 수송층(14)과 음극(15)과의 사이에, 전자 주입층(18)을 포함한다.
- [0075] 도 9c는, 도 8a와는 다른 실시형태에 있어서의 발광 소자의 단면도이다. 도 9c에서는, 기관(10) 위에, 음극(15), 전자 주입층(18), 전자 수송층(14), 발광층(13), 정공 수송층(12), 정공 주입층(16), 양극(11)이, 이 순서로 적층되어 있다. 도 9c에서는, 도 8a와 달리, 양극(11)과 정공 수송층(12)과의 사이에 정공 주입층(16)을 포함하고, 또한, 전자 수송층(14)과 음극(15)과의 사이에, 전자 주입층(18)을 포함한다.
- [0076] 도 8 및 도 9에 도시하는 본 실시형태의 발광층(13)에 이용되는 양자점이, 코어셸 구조이면, 도 10a에 도시하는 에너지 준위도가 되고, 셸의 에너지 준위가 정공과 전자와의 재결합의 장벽이 될 가능성이 있다. 이 때문에, 도

10b에 도시하는 바와 같이, 코어의 표면을 셀로 덮지 않는 양자점을 이용함으로써, 정공과 전자와의 재결합 시의 에너지 장벽이 없어지고, 정공과 전자를 효율적으로 재결합시킬 수 있고, 발광 효율을 향상시키는 것이 가능하다. 또한, 전자 수송 효율 및 정공 수송 효율을 향상시키기 위해, 도 5a에 도시하는 바와 같이, 양자점(20)의 표면에 유기 배위자(21)를 배위시키는 것이 바람직하다.

[0077] 도 8, 도 9에 도시하는 본 실시형태의 발광 소자는, 도 4, 도 6의 실시형태를 역적층한 Inverted EL이며, 박막 트랜지스터가 n-ch TFT인 것이 바람직하고, 채널층에 In-Ga-Zn-O계 반도체를 바람직하게 이용할 수 있다. 또한, Poly-Si도 바람직하게 이용할 수 있다.

[0078] 이상과 같이, 본 실시형태의 발광 소자(3)는, 보텀 에미션형이기 때문에, 기관(10) 측의 제1 전극은, 투명 전극이며, 기관(10)으로부터 먼 쪽의 제2 전극은, 빛의 반사성이 뛰어난 비투과성의 재질(금속인 것이 바람직하다)로 형성된다.

[0079] 본 실시형태에서는, 양극(11)과 발광층(13)과의 사이의 층, 발광층(13), 및, 발광층(13)과 음극(15)과의 사이의 층의 적어도 한 층을, 잉크젯법으로 형성할 수 있다. 도 11에 도시하는 바와 같이, 기관(10) 위에 마스크(30)를 배치하고, 마스크(30)에 마련된 공간인 복수의 도포 영역(30a) 내에, 잉크젯법에 의해, 무기층(31)을 인쇄한다. 이때, 마스크(30)의 측벽(30b)에, 예를 들면 발수성을 갖게 하기 위해 측벽(30b)의 표면을 불소 처리한다. 이로 인해, 잉크의 측벽(30b) 표면과의 친화성을 억제하여, 인쇄된 무기층(31)의 표면이 꺼지는 등의 불량을 억제할 수 있고, 무기층(31)의 표면의 평탄화도를 높이는 것이 가능하다.

[0080] 본 실시형태는, 보텀 에미션형이며, 도 4나 도 6에 도시하는 conventional EL형 발광 소자(3)에 있어서는, 캐리어 밸런스를 적절하게 개선할 수 있다. 게다가, 양극(11)과 음극(15)과의 사이에 위치하는 모든 층을, 도포하여 형성할 수 있다. 즉, 도 4a, 도 8a의 구성에서는, 정공 수송층(12), 발광층(13) 및 전자 수송층(14)을 전부 도포하여 형성할 수 있다. 또한, 도 6a, 도 9a의 구성에서는, 정공 주입층(16), 정공 수송층(12), 발광층(13) 및 전자 수송층(14)을 전부 도포하여 형성할 수 있다. 또한, 도 6b, 도 9b의 구성에서는, 정공 수송층(12), 발광층(13), 전자 수송층(14) 및 전자 주입층(18)을 전부 도포하여 형성할 수 있다. 이로 인해, 발광 소자의 제조 공정의 간략화를 도모할 수 있다.

[0081] 도 1에 도시하는 표시 장치(1)는, 일 예이며, 적색 발광 영역(2a), 녹색 발광 영역(2b), 및 청색 발광 영역(2c)의 나열법은 도 1 이외의 것이어도 좋다. 또한, 적색 발광 영역(2a), 녹색 발광 영역(2b), 및 청색 발광 영역(2c) 중, 한 색의 발광 영역만, 혹은 두 색의 발광 영역을 갖는 표시 장치로 하는 것도 가능하다.

[0082] 본 실시형태와 같이, 양자점을 이용한 표시 장치에 있어서는, 양자점을 점광원에도 면광원에도 구성하는 것이 가능하고, 기관의 선정에 따라, 곡면 광원이나 플렉시블한 제품도 실현할 수 있다.

[0083] 또한, 본 실시형태에 의하면, 지금까지 실현이 어려웠던 태양광과 같은 혼색성을 갖는 조명이나, 눈이 피로하지 않은 조명, 식물 공장에 최적화된 조명 등, 특징이 있는 제품을 개발하는 것이 가능하다.

[0084] 이와 같이, 양자점을 이용한 표시 장치에 있어서는, 얇고 가볍고, 곡면으로 형성할 수 있는 등, 배치의 자유도가 높고, 면 전체를 발광시킬 수 있고, 직시해도 눈이 부시지 않고, 그림자가 잘 생기지 않는 자연스러운 발광을 실현할 수 있다. 또한, 소비 전력이 적고, 수명도 길다. 예를 들면, 유기 EL 표시 장치에 대해서는, 본 실시형태의 양자점을 이용한 표시 장치가, 연색성·발광성, 제품 수명, 및 제품 가격의 면에서, 뛰어나다.

[0085] 본 실시형태의 양자점을 이용한 표시 장치로서는, EL 발광체와 병행하여, PL 발광체로서 이용할 수 있다. 또한, 양자점을 이용한 표시 장치에 있어서는, EL 발광체와 PL 발광체를 적층한 하이브리드형 발광 소자를 실현할 수 있다. 예를 들면, EL 발광체의 표면에, PL 발광체를 겹쳐서, EL 발광체에서, 여기된 양자점으로부터의 발광에 의해, PL 발광체 안에 포함되는 양자점으로 발광 파장을 변경할 수 있다. EL 발광체는, 상기한 발광 소자의 적층 구조이며, PL 발광체로서는, 예를 들면, 복수의 양자점이 수지 안에 분산된 시트 형상의 파장 변환 부재이다. 이와 같은 하이브리드형 구성은, 양자점을 이용함으로써 실현할 수 있다.

[0086] 또한, 본 실시형태에서는, 양자점을 이용한 표시 장치의 대면적화와 제조 비용의 절감을 양립시키기 위해, 도포 방법에는, 잉크젯 인쇄 방식이나, 스핀코터 방식, 디스펜서 방식을 이용하는 것이 바람직하다.

[0087] 실시 예

[0088] 이하, 본 발명의 실시 예에 의해 본 발명의 효과를 설명한다. 또한, 본 발명의 실시형태는 이하의 실시 예에 의해 어떠한 한정이 되는 것이 아니다.

[0089] 이하의 표 1에 나타내는 각 샘플을 제작하고, 잉크젯에 의한 적하(滴下: dripping)성을 조사했다. 또한, 표 1에 나타내는 'Abs10'이란, 양자점을 분산한 상태에서 흡광도 10%를 가리키고, 'Abs20'이란, 양자점을 분산한 상태에서 흡광도 20%를 가리킨다.

[0090] [표 1]

샘플	용매	비중 점도 (mPa·s)	R. T. (°C)	토출 횟수	질량 (g)	질량/drop (g)	부피/drop (pL)	드리핑(적하) 평가	EPD에 의한 의의	비고
녹색 QD Abs10	시클로도데칸	0.87	23.5	1000만	0.0407	4.07E-09	4.68	○		
적색 QD Abs20	시클로도데칸	0.87	25.6	1000만	0.0397	3.97E-09	4.56	○		
적색 QD Abs20	테트라히드로포린	0.77	26.1	1000만	0.0303	3.03E-09	3.94	○	CAP 변경	헤드 막힘
녹색 QD Abs10	테트라히드로포린			1000만	중시			○		
녹색 QD Abs10	옥타데칸	0.79	25.0	1000만	0.0447	4.47E-09	5.66	○		사전 헤드 교환
적색 QD Abs20	옥타데칸	0.79	26.7	1000만	0.0449	4.49E-09	5.68	○		에탄올 세정으로 막힘 면피 필터 막힘
폴리비닐카바졸	디메틸시벤젠	1.08	26.7	1000만	0.0579	5.79E-09	5.34	○	헤드 교환 2회	
폴리비닐카바졸	디메틸시벤젠: 사이클로헥산벤젠 1:1							×	액체방울이 뒤지 않음(2방향)	
폴리비닐카바졸	디메틸시벤젠: 사이클로헥산벤젠 2:1	1.13	26.5	1000만	0.0527	5.27E-09	4.66	○		
산화아연 나노입자	IPA: 프로필렌글라이콜 1:1							×	액체방울을 물음 경도 표음?	
용매만	테트라히드로포린			100만	0.0040	4.00E-09	4.60	○		
	테트라히드로포린			300만	0.0126	4.20E-09	4.83	○		
	테트라히드로포린	0.77	23.8		0.0109	3.63E-09	4.18	○		
	테트라히드로포린			1000만	0.0362	3.62E-09	4.16	○		
	0DE (1-옥타데칸)	0.79	23.0	1000만	0.0385	3.85E-09	4.87	○	CAP 변경	
용매만	테트라하이드로나프탈렌	0.88	23.0	1000만	0.0430	4.30E-09	4.89	○	있음	
용매만	시클로도데칸	0.87	23.0	1000만	0.0514	5.14E-09	5.91	○		
용매만	에틸렌 글라이콜	1.10	21.7	불가	-	-	-	×	없음	
용매만	에틸렌 글라이콜 1: IPA 1	0.94	25.0	1000만	0.0500	5.00E-09	5.32	○	없음	IPA 비중 0.78
용매만	에틸렌 글라이콜 3: IPA 1	1.02	22.7	1000만	0.0481	4.81E-09	4.72	○	없음	
용매만	에틸렌 글라이콜 3: IPA 2	0.97	22.3	1000만	0.0500	5.00E-09	5.15	○	없음	
용매만	페닐사이클로헥세인	0.94	26.3	1000만	0.0444	4.44E-09	4.72	○	없음	
용매만	다이클로로벤젠	1.30	25.5	불가	-	-	-	×	있음	
용매만	n-옥타데칸	0.70	24.3	불가	-	-	-	×	CAP 변경	

[0091]

[0092] 표 1에 나타내는 '드리핑(적하)' 칸의 ○가, 적절하게 드리핑된 샘플이며, ×가, 드리핑 불량을 일으킨 샘플이었다.

[0093] 표 1 중, '적색 QD', '녹색 QD'의 각 샘플은, 발광층에 적용된다. 또한, '폴리비닐카바졸'의 각 샘플은, 정공 주입층(홀 주입층)에 적용된다. '산화아연 나노입자'의 샘플은, 전자 수송층이나 전자 주입층에 적용된다.

[0094] 표 1에 나타내는 바와 같이, 산화아연 나노입자의 용매로서는, IPA 및 프로필렌글라이콜로는 바람직하지 않고, 변경할 필요가 있다는 것을 알 수 있었다. 표 1에 나타내는 '드리핑(적하)' 칸이 ○인 용매를 적절하게 적용할 수 있지만, 친수성 용매가 바람직하다. 예를 들면, 친수성 용매로서는, 알코올계를 적용할 수 있다.

[0095] 도 12는, ZnO<sub>x</sub>에, 용매로서, 에톡시에탄올:EG=7:3을 이용하여, 잉크젯법에 의해 도포한 상태의 사진이다. 도 12에 도시하는 바와 같이, 양호한 도포 상태를 얻을 수 있었다.

[0096] 또한, 잉크젯 헤드의 내부의 EPDM(에틸렌 프로필렌 다이엔 고무)으로의 악영향에 대해서도 조사했다. 표 1에 나타내는 바와 같이, 샘플에 따라서는, 캡 변형되거나, EPDM으로의 악영향이 있었다. 따라서, EPDM이 사용되는 경우에는, EPDM으로의 영향도 고려하는 것이 바람직하다고 알 수 있었다.

[0097] (양자점의 셀 두께 의존성에 관한 실험)

[0098] 실험에서는, 표 2에 나타내는 각 샘플의 양자점(녹색 QD)을 제조하고, 도 4a의 발광 소자를 구비한 보텀 에미션형의 표시 장치에서, 셀 두께와 외부 양자 효율(External Quantum Efficiency: EQE)과의 관계에 대해 조사했다.

[0099] [표 2]

No.	Core	코팅 1	코팅 2	코팅 3	셀 total (nm)	CV(%)	EQE(%)	QY(%)	FWHM	QD층 막두께
1	GC_A	I_A	II_A	III_A 두께 1	1.8	17.2	-	86	38	-
2	GC_A	I_A	II_A	III_A 두께 2	2.4	18.8	4.5	80	39	37
3	GC_A	I_A	II_A	III_A 두께 3	3.1	15.2	0.9	43	39	23
4	GC_A	I_A	II_A	-	1.2	12.4	0.5	85	30	15
5	GC_A	I_A	II_B	-	1.8	21.9	2	88	32	25
6	GC_A	I_A	II_C	-	2	18.9	1.2	82	38	27
7	GC_A	-	-	-	기준	10.3	-	13	30	
8	GC_A	I_B 얇기	-	-	0.2	16.8		10	38	
9	GC_A	I_B 얇기	-	-	0.9	12.5		91	34	
10	GC_A	I_B	-	-	1.3	12.9	6	86	33	36
11	GC_A	I_B	II_D	-	1.4	14.5	6	93	33	31

[0100] 표 2에 나타내는 바와 같이, 셀 두께와 EQE와의 사이에 상관 관계를 볼 수 있었다. 한정하는 것은 아니지만, 셀 두께는 0.1nm 이상 4.0nm 이하, 바람직하게는, 0.5nm 이상 3.5nm 이하, 보다 바람직하게는, 1.0nm 이상 3.0nm 이하, 더욱 바람직하게는, 1.3nm 이상 2.5nm 이하였다.

[0102] 또한, 양자점 두께(지름)와 EQE와의 관계에 대해 조사하면, 어느 정도의 양자점 두께가 있음으로써, EQE가 커지는 경향을 볼 수 있었다. 양자점 두께를 한정하는 것은 아니지만, 양자점 두께가, 5nm 이상 50nm 이하, 바람직하게는, 10nm 이상 45nm 이하, 보다 바람직하게는 15nm 이상 40nm 이하, 더욱 바람직하게는, 20nm 이상 40nm 이하, 보다 더욱 바람직하게는, 25nm 이상 40nm 이하였다.

[0103] 또한, Cd계 녹색 양자점의 PYS 측정을 수행했다. 도 13에 도시하는 동그라미 표시는, 실시 예 1은, 코어만, 네모 표시의 실시 예 2는, 코어에 셀을 코팅한 것의, 실험 데이터이다.

[0104] 광전자 수득 분광학(Photoelectron Yield Spectroscopy, PYS)에서는, 이온화포텐셜을 측정할 수 있다. 예를 들면, 주식회사 리켄케이키(RIKEN KEIKI Co., Ltd.)의 AC-2, AC-3이라는 장치로 측정할 수 있다.

[0105] 도 13에 도시하는 바와 같이, 실시 예 1과 실시 예 2에서는 개시 에너지(onset energy)가 다른 것을 알 수 있었다. 실시 예 1에서는, 약 6.1 eV, 실시 예 2에서는, 약 7.1 eV였다.

[0106] 도 14는, 셀 두께가 다른 Cd계 녹색 양자점의 실시 예 3과 실시 예 4의 PYS 측정 결과이다. 실시 예 4가 실시 예 3보다도 두껍다. 실시 예 3과 실시 예 4에서는 개시 에너지가 다른 것을 알 수 있었다. 실시 예 3에서는, 약 7.1 eV, 실시 예 4에서는, 약 8.1 eV이었다.

[0107] (EQE의 전류 의존성에 관한 실험)

[0108] 도 15는, 실험에서 사용한 발광 소자에 있어서의 각층의 에너지 준위도이다. 도 16은, 적색 양자점을 사용한 EL

발광체 및 PL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프이다. 또한, 도 17은, 적색 양자점을 사용한 EL 발광체 및 PL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프, 또한, 청색 양자점을 사용한 EL 발광체의 전류값과 EQE와의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 16에 도시하는 실시 예 5와 실시 예 6에서는, 셀 두께가 다르다. 실시 예 5가 실시 예 6보다 셀 두께가 두껍다. 또한, 도 17에서는, 실시 예 7이, 가장 셀 두께가 두껍고, 실시 예 8 및 실시 예 9 순서로 셀 두께가 얇아져 있다.

[0109] 도 16, 도 17에 도시하는 바와 같이, EL 발광체 및 PL 발광체에 있어서는, 20 mA 정도까지는, EQE의 상승을 볼 수 있었다. 한편, 적색 디바이스에 있어서는, 전류값이 20 mA 이상에서도 EQE의 상승을 볼 수 있었다. 또한, 도 16, 도 17에 도시하는 바와 같이, 셀 두께가 두꺼울수록, EQE의 상승을 볼 수 있었다.

[0110] (ZnO<sub>x</sub> 합성에 관한 실험)

[0111] 도 18은, 실험에서 사용한 발광 소자에 있어서의 각층의 에너지 밴드갭 E<sub>g</sub>, 전도대 하단의 에너지 E<sub>CB</sub>, 가전자대 상단의 에너지 E<sub>VB</sub>를 나타내는 그래프, 및 각층의 에너지 준위도이다. 도 18에 도시하는 L1 혹은 L2에, ZnO<sub>x</sub>(Li)을 이용했다. 여기서, Li은 도핑되어 있어도, 되어 있지 않아도 좋다. 한정하는 것은 아니지만, X는, 0.8~1.2 정도이다. 도 18에 도시하는 바와 같이, 전자 주입층(ETL)이나, 전자 수송층에 이용하는 ZnO<sub>x</sub>에, ZnO<sub>x</sub>(Li)을 이용하면 밴드갭을 넓힐 수 있다고 알 수 있었다. ZnO<sub>x</sub>(Li)에 의해 입경을 작게 하는 효과가 있다고 추측된다. 도 18에 도시하는 PVK는, 홀 주입층이며, B1, B2, G(H), G(13), R(F)는, 발광층(EL 층)이며, ZnO<sub>x</sub>, L2, L4가 전자 주입층이다. 발광층에, B1이나 B2를 이용하는 경우, 전자 주입층에, ZnO<sub>x</sub>을 이용할 수 있지만, 발광층에, G(H), G(13), R(F)를 이용하는 경우는, 전자 주입층에, L2 혹은 L4를 이용하는 것이 바람직하다고 알 수 있었다. L2 및 L4는, ZnO<sub>x</sub>(Li)이다.

[0112] 특히, 전도대가 얇은 발광층(EL 층)을 이용한 경우, ZnO<sub>x</sub>(Li)을 전자 주입층이나, 전자 수송층에 적용하면 유효하다.

[0113] 한정하는 것은 아니지만, ZnO<sub>x</sub>(Li)은, 아세트산 아연-에탄올 용액을 소정 온도 및 시간으로 교반시킨 후, LiOH·4H<sub>2</sub>O-에탄올 용액을 섞어 교반시키고, 원심분리, 세정 등을 거쳐 생성할 수 있다.

[0114] 도 19 내지 도 21은, 전자 주입층(ETL)에 적용되는 ZnO<sub>x</sub>(Li) 및 ZnO<sub>x</sub>(K)의 UV(밴드갭), PL, 및 PYS 데이터이다. ZnO<sub>x</sub>(K)는, KOH를 촉매적으로 사용하여 생성한 것이며, K나 Li은 도핑되어 있지 않다. ZnO<sub>x</sub>(Li)과 ZnO<sub>x</sub>(K)에서는, 모두, UV, 및 PL 데이터에 오차가 생기는 것을 알 수 있었다. 한편, PYS에서는, ZnO<sub>x</sub>(Li)과 ZnO<sub>x</sub>(K)에서, 거의 오차가 생기지 않았으며, 개시 에너지는 거의 바뀌지 않았다는 것을 알 수 있었다.

[0115] 이와 같이, 양자점을 이용한 EL 소자의 전자 주입·수송층으로서 다양한 입경으로 밴드갭을 제어한 ZnO<sub>x</sub>이나, 도핑 종류를 첨가함으로써, 결함 제어나 밴드갭 제어한 도핑형 ZnO<sub>x</sub>을 제안할 수 있다.

[0116] 그래도, 빛을 발생시키는 전자와 홀의 재결합의 밸런스가 맞지 않는 경우에는, 밸런스 조정을 위해, EL 층과 전자 주입층과의 사이에 얇은 절연층을 개재시키거나, ZnO<sub>x</sub>과 분자를 일체화시킴으로써, 홀 블록을 수행하는 기능을 부가시키는 것이 바람직하다. 여기서, 일체화층은, 예를 들면, ZnO<sub>x</sub>과 T2T(2, 4, 6-tris(biphenyl-3-yl)-1, 3, 5-triazine)의 일체화를 가리킨다. 한정하는 것은 아니지만, X는, 0.8~1.2 정도이다.

[0117] 또한, ZnO<sub>x</sub>은, 전자 주입·수송층뿐 아니라, 오존 처리 등을 수행함으로써, 홀 주입·수송층으로서 이용하는 것도 가능한 기능을 갖는 것을 알 수 있었다. 즉, ZnO<sub>x</sub>에 오존 처리를 수행함으로써, 홀의 수송 능력이 향상되는 것을 도출했다.

[0118] (취출 효율에 관한 고찰)

[0119] 보텀 에미션형에 있어서, 취출 효율을 향상시키기 위해, 도 22에 도시하는 바와 같이, 굴절률을 최적화함으로써, 취출 효율을 약 1.5배~2배로 할 수 있다고 생각된다. 또한, 도 22a 및 도 22b에 도시하는 수치는, 각층의 굴절률을 나타내고 있다.

[0120] 도 22a에서는, ITO 기판(굴절률 1.8~2.0)의 하면에 유리 기판(굴절률 1.6 정도)을 배치하고, 또한, 유리 기판

의 하면에 수지 등으로 이루어지는 굴절률이 약 1.6인 렌즈를 배치했다.

[0121] 특히, 도 22b에 도시하는 바와 같이, ITO 전극과 유리 기판과의 사이에, 굴절률이 높은(1.5보다 크고 1.8보다 작은) 한 종류 혹은 복수 종류의 예를 들면, 수지층이나 유리를 배치함으로써, 확산 효과도 발휘되고, 추출 효율의 더욱의 향상이 기대된다.

[0122] 또한, 추출 효율을 향상시킴으로써, EQE의 향상을 도모할 수 있다.

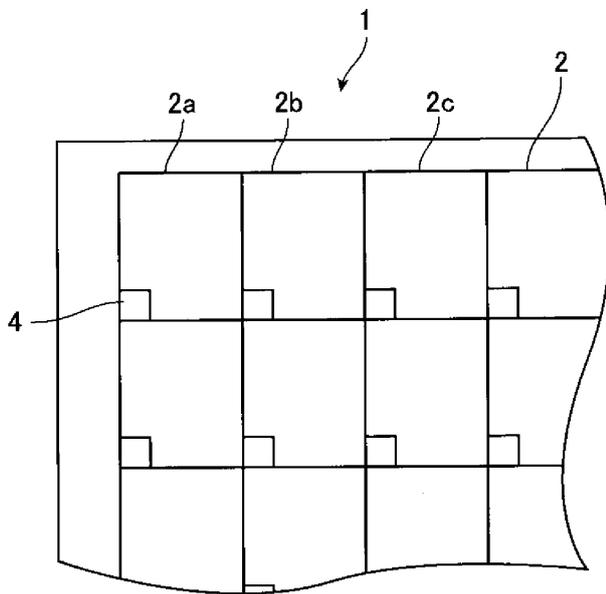
[0123] 산업 상의 이용 가능성

[0124] 본 발명에 의하면, 양자점을 포함하는 발광 소자를 표시 장치에 적용할 수 있고, 뛰어난 발광 특성을 얻을 수 있다.

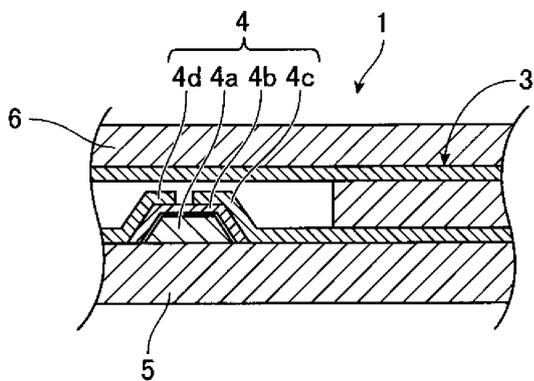
[0125] 본 출원은, 2017년 11월 8일 출원의 특원 2017-215800에 기초한다. 이 내용은 모두 여기에 포함시켜둔다.

**도면**

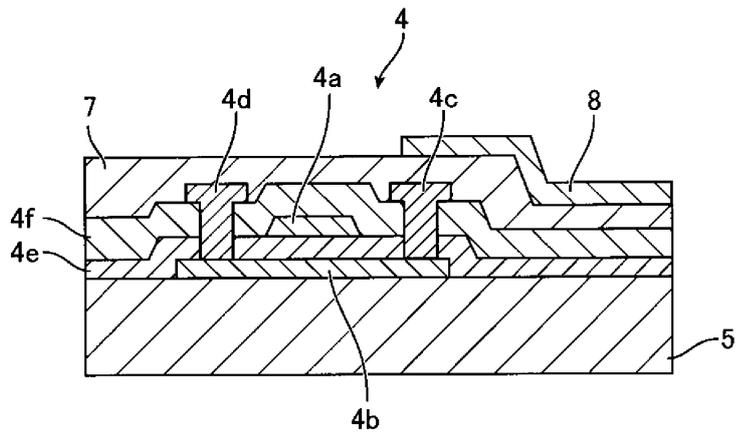
**도면1**



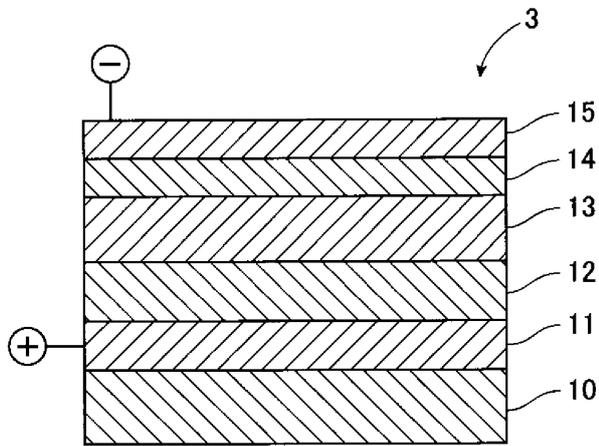
**도면2**



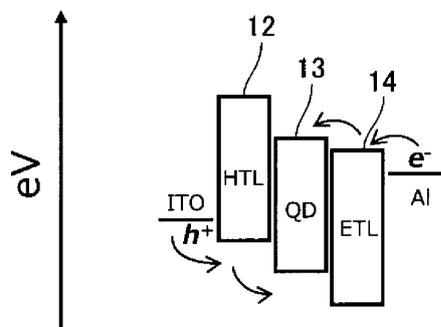
도면3



도면4

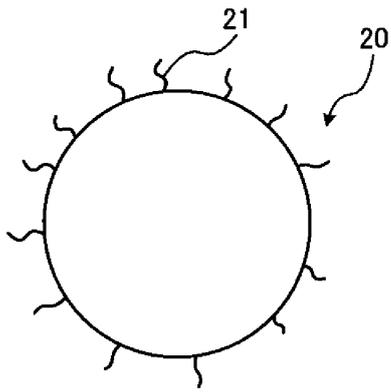


도 4a

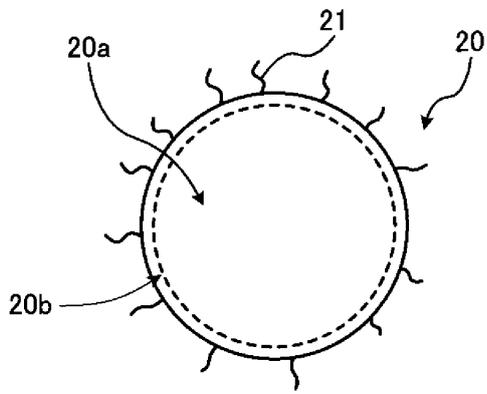


도 4b

도면5

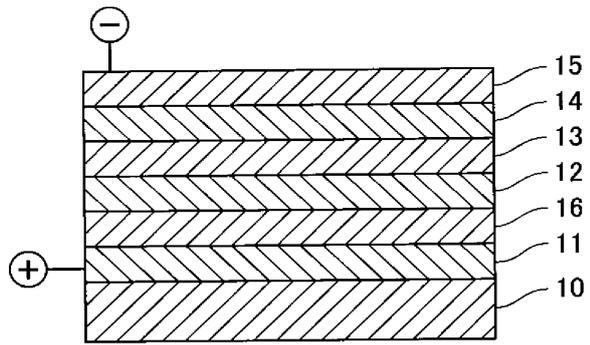


도 5a

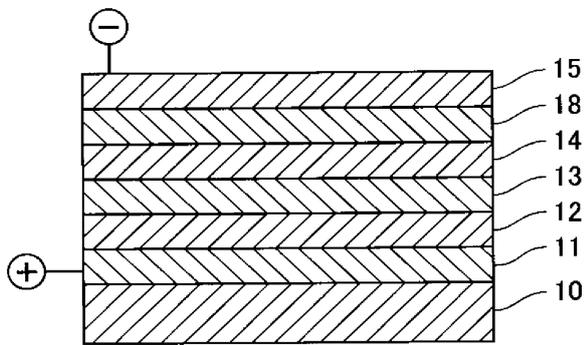


도 5b

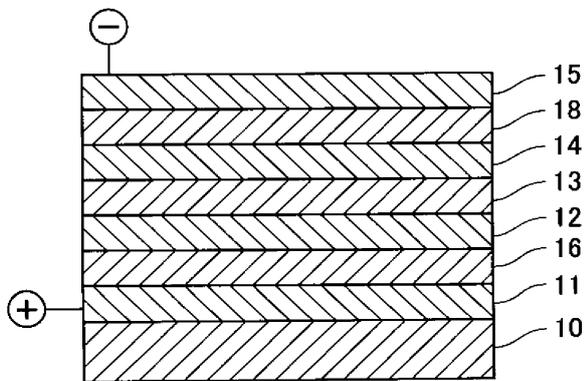
도면6



도 6a

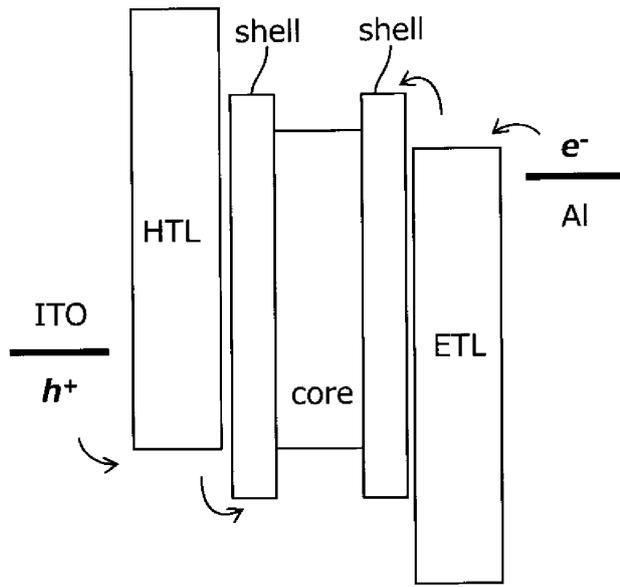


도 6b

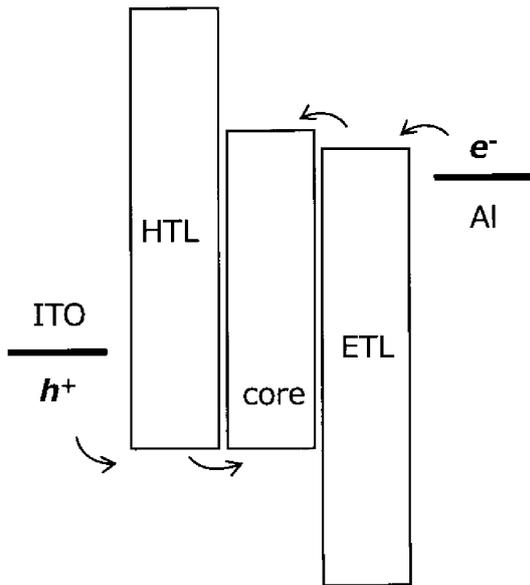


도 6c

도면7

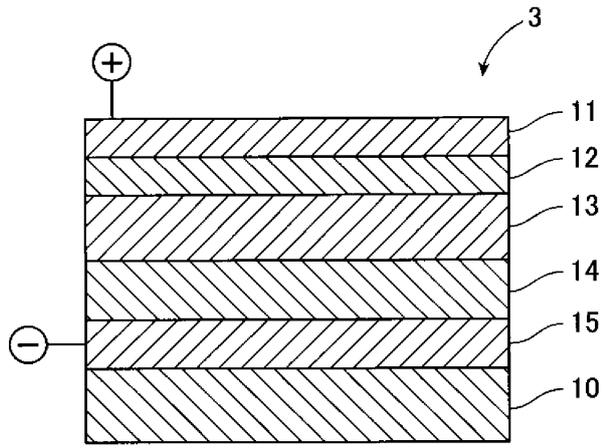


도 7a

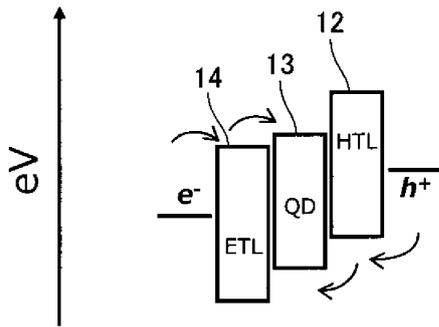


도 7b

도면8

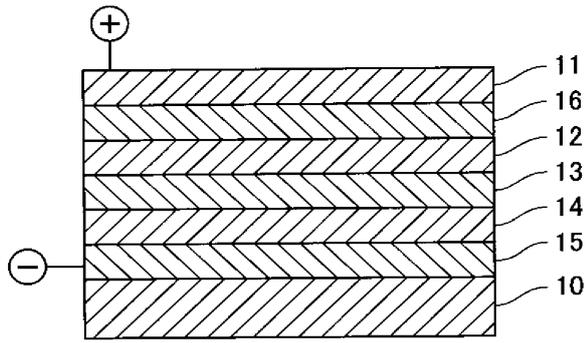


도 8a

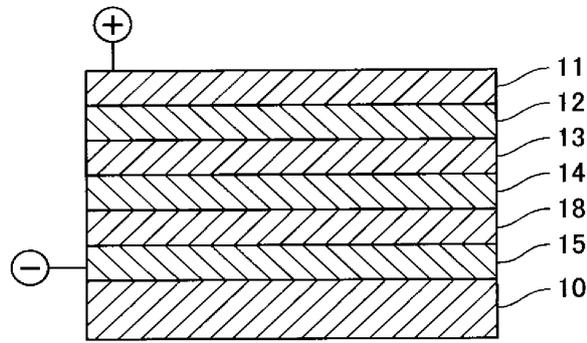


도 8b

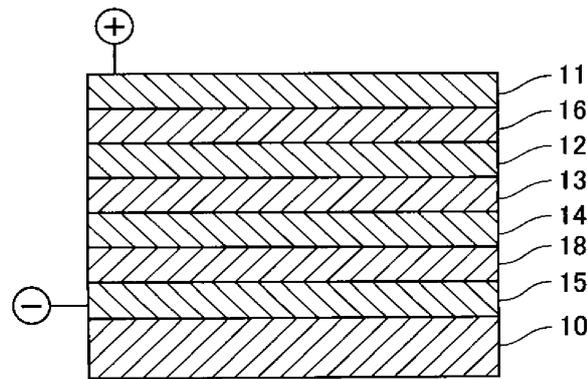
도면9



도 9a

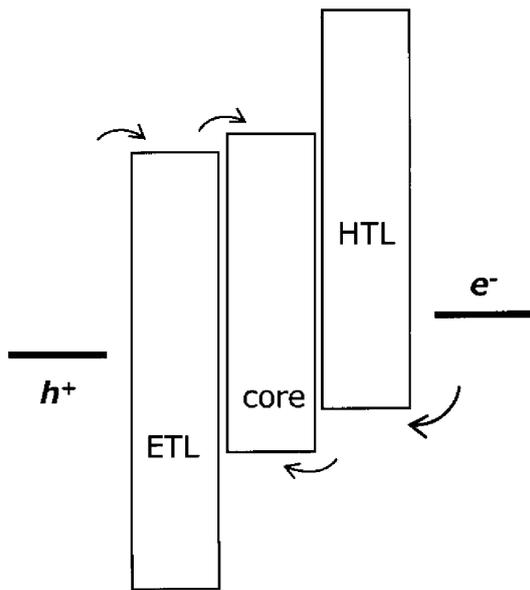
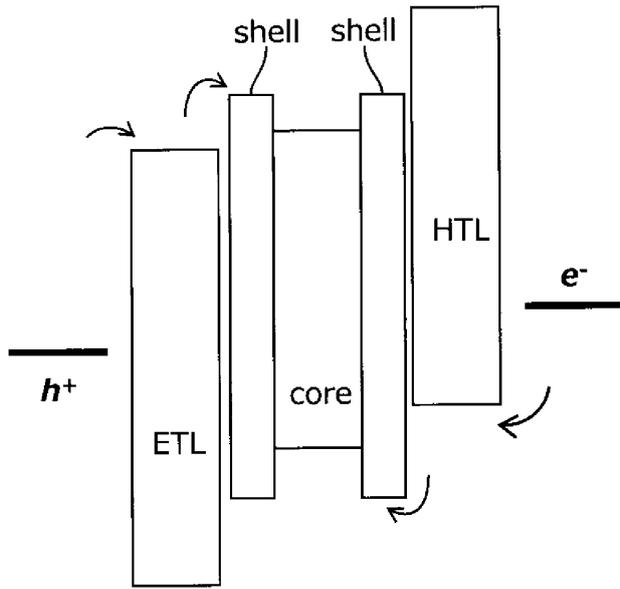


도 9b

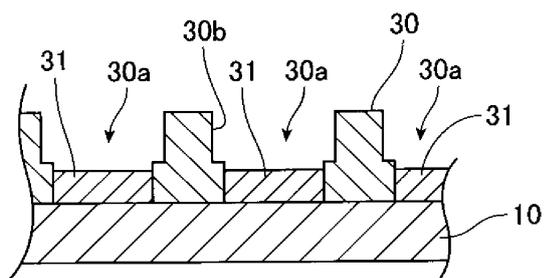


도 9c

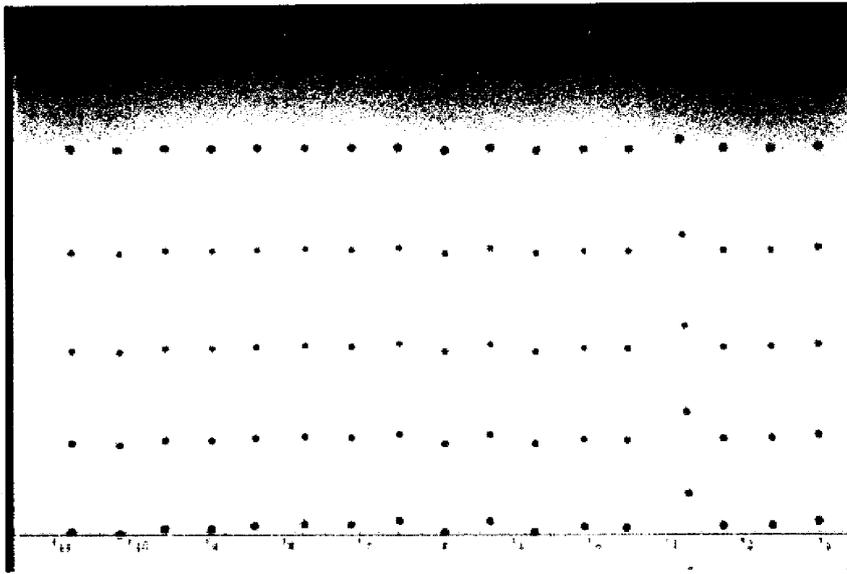
도면10



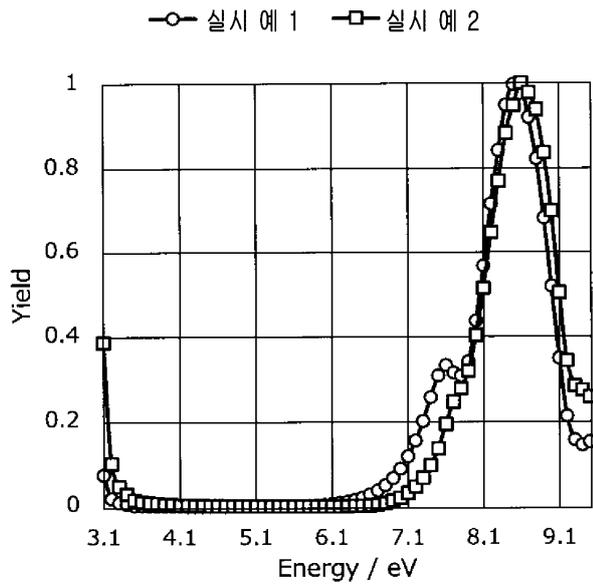
도면11



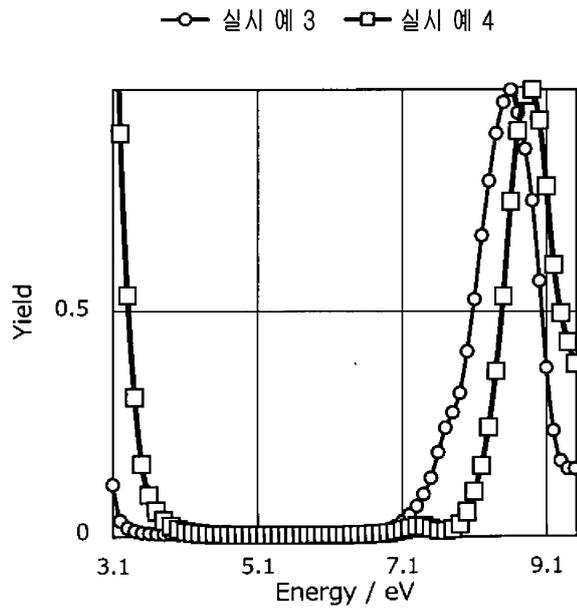
도면12



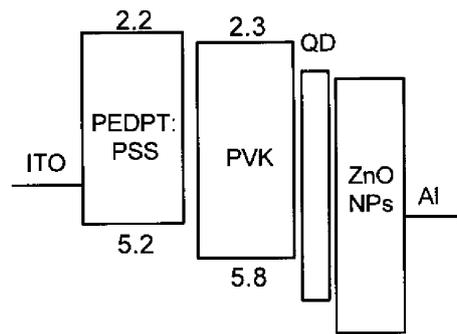
도면13



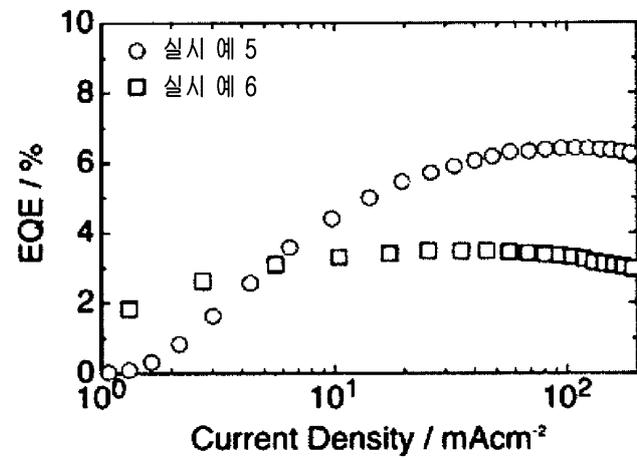
도면14



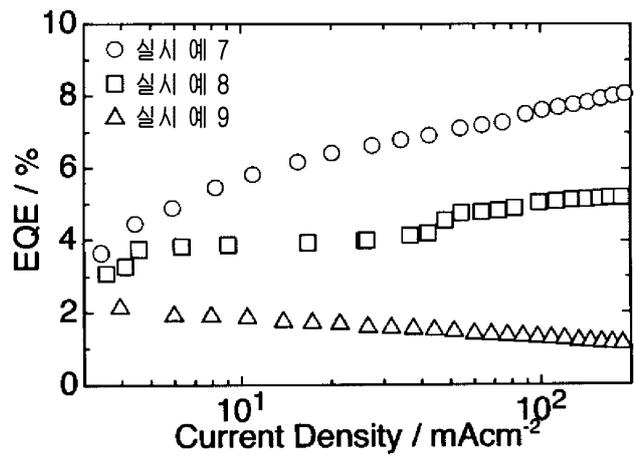
도면15



도면16

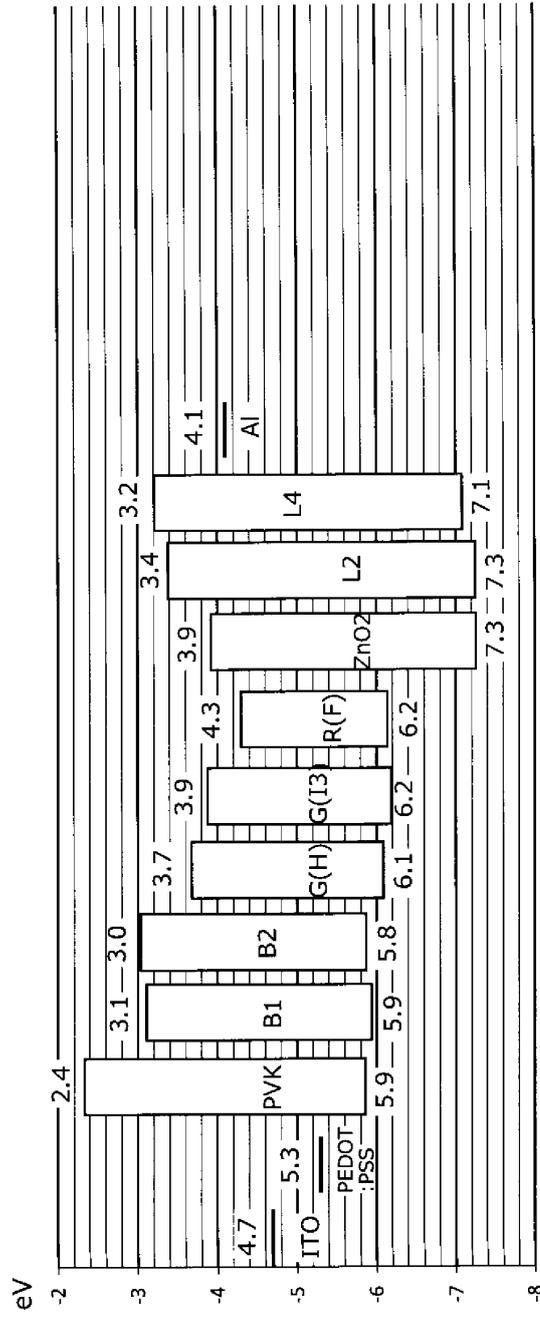


도면17

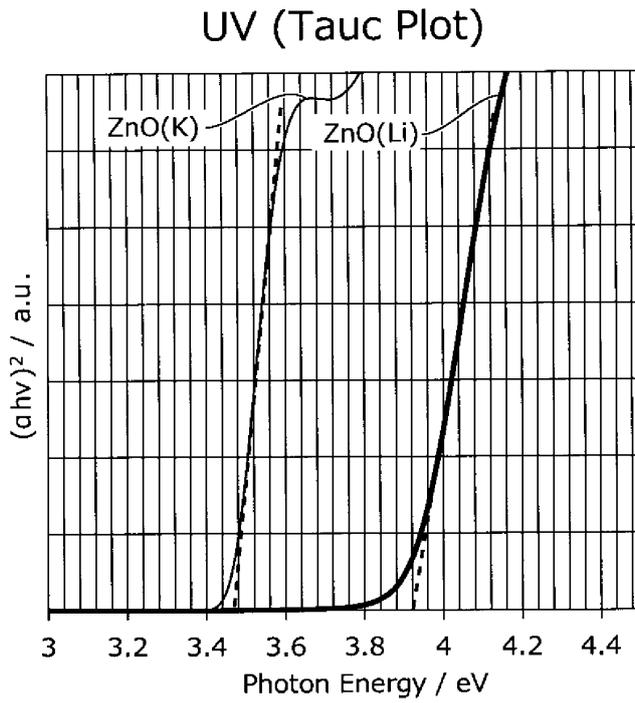


도면18

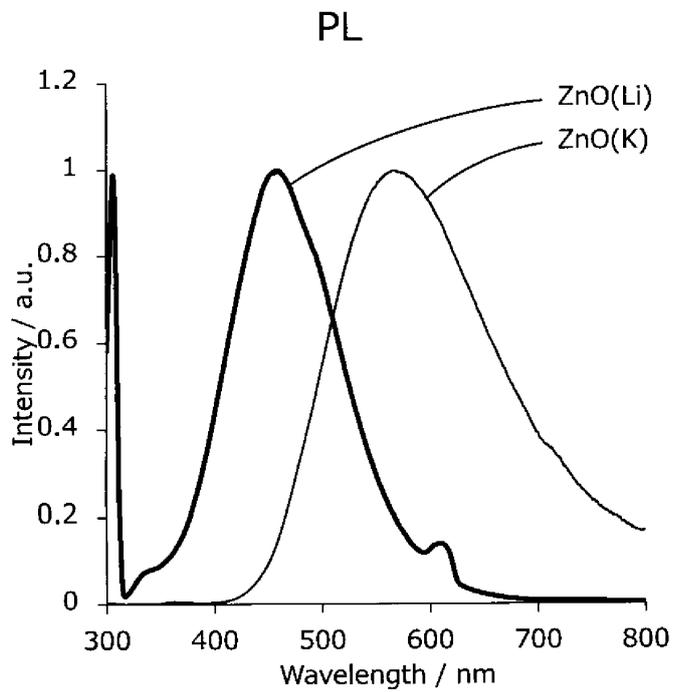
	poly-TPD	G(I3)	PEDO T:PSS	ZnSe	R(F)	PVK	G(H)	G2-5	ZnSe 20180 802-1	ZnO2	L2	L4
E <sub>CB</sub>	5.30	3.91	0.00	3.10	4.25	2.36	3.73	3.81	2.98	3.86	3.44	3.19
E <sub>g</sub>		2.31		2.75	1.95	3.54	2.33	2.33	2.82	3.47	3.86	3.91
E <sub>VB</sub>	5.30	6.22		5.85	6.20	5.90	6.06	6.14	5.80	7.33	7.30	7.10



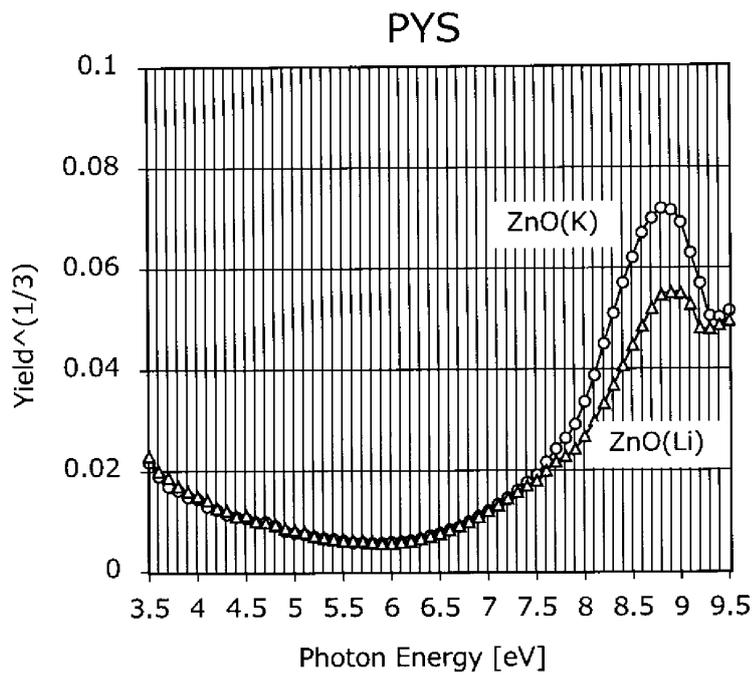
도면19



도면20



도면21



도면22

