



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년07월30일  
(11) 등록번호 10-1290610  
(24) 등록일자 2013년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/50 (2006.01) H05B 33/10 (2006.01)  
H05B 33/12 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-7004456  
(22) 출원일자(국제) 2009년07월27일  
심사청구일자 2011년02월25일  
(85) 번역문제출일자 2011년02월25일  
(65) 공개번호 10-2011-0043722  
(43) 공개일자 2011년04월27일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2009/063344  
(87) 국제공개번호 WO 2010/013673  
국제공개일자 2010년02월04일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2008-196997 2008년07월30일 일본(JP)  
JP-P-2009-172426 2009년07월23일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2007242733 A\*  
WO2006115848 A1\*  
WO2005009087 A1  
JP2006066380 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
파나소닉 주식회사  
일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006  
반치  
(72) 발명자  
이데 노부히로  
일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1048반치  
파나소닉 전공 주식회사내  
이토 노리히로  
일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1048반치  
파나소닉 전공 주식회사내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

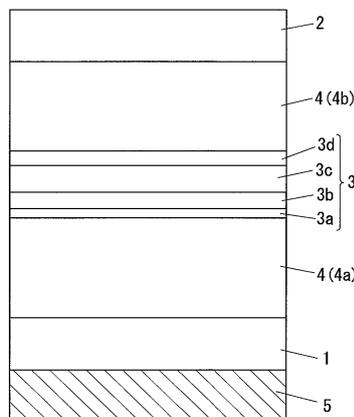
심사관 : 신창우

**(54) 발명의 명칭 유기 전계 발광 소자 및 그 제조 방법**

**(57) 요약**

본 발명의 목적은 중간층을 개선하여 내구성 및 지속성이 우수한 전계 발광 장치를 제공하는 것이다. 본 발명은 유기 전계 발광 장치를 제공하며, 상기 장치는 애노드(1)와 캐소드(2) 사이에 배치된 복수의 발광층(4) 및, 상기 복수의 발광층 사이에 배치된 중간층(3)을 포함한다. 상기 중간층(3)은, 전하 이동 착물로 만들어진 전하 이동 착물층, 일함수가 3.7 eV인 금속으로 만들어진 금속층, 또는 일함수가 3.7 eV인 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 하나의 층(3a); 도전성 재료를 함유하는 광 투광성 층(3b); 전하 수송성 유기 재료로 형성된 전하 수송성 유기 재료층(3c); 및 정공 주입 재료로 형성된 정공 주입 재료층(3d)으로 이러한 순서로 중첩된다. 상기 전하 수송성 유기 재료층(3c)의 두께는 0.5 nm 내지 30 nm의 범위이다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**쓰지 히로야**

일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1048반지  
파나소닉 전공 주식회사내

**마쓰히사 유코**

일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1048반지  
파나소닉 전공 주식회사내

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

유기 전계 발광 장치에 있어서,

애노드;

캐소드;

상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 배치된 복수의 발광층; 및

상기 복수의 발광층 사이에 배치된 중간층

을 포함하며,

상기 중간층은,

전하 이동 착물(charge transfer complex)로 만들어진 전하 이동 착물층, 또는 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층, 또는 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층;

도전성 재료를 함유하는 광 투광성 층;

전하 수송성 유기 재료로 형성되는 전하 수송성 유기 재료층; 및

정공 주입 재료로 형성되는 정공 주입 재료층

을 포함하며,

상기 전하 수송성 유기 재료층의 두께는 0.5 nm 내지 30 nm의 범위이고,

상기 전하 수송성 유기 재료는 정공 수송 능력 및 전자 수송 능력을 모두 나타내는, 유기 전계 발광 장치.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전하 수송성 유기 재료층은,

정공 수송 재료와 전자 수송 재료의 혼합물; 및

바이폴라 재료

중 하나로 형성되는, 유기 전계 발광 장치.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 도전성 재료를 함유하는 광 투광성 층은,

금속 산화물 및 금속 질화물 중 적어도 하나로 만들어진 층;

금속으로 만들어진 금속층 및 금속 산화물로 만들어진 금속 산화물층이 적층되어 형성되는 적층 층;

금속과 금속 산화물의 혼합물로 만들어진 혼합층; 및

금속으로 만들어진 금속층

으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 층으로 형성되는, 유기 전계 발광 장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층의 광 투과율은 80% 이상인, 유기 전계 발광 장치.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 정공 주입 재료층은, p-도핑층, 및 어셉터 재료로 만들어진 어셉터 재료층 중 하나로 형성되는, 유기 전계 발광 장치.

**청구항 8**

제1항 및 제4항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 유기 전계 발광 장치의 제조 방법에 있어서,

상기 중간층이,

상기 복수의 발광층 중 하나의 발광층 위에, 상기 전하 이동 착물로 만들어진 상기 전하 이동 착물층, 또는 상기 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층, 또는 상기 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물층을 형성하는 단계;

상기 전하 이동 착물층, 상기 금속층 및 상기 금속 화합물층 중 하나의 층의 표면 위에, 상기 도전성 재료를 함유하는 상기 광 투과성 층을 형성하는 단계;

상기 도전성 재료를 함유하는 상기 광 투과성 층의 표면 위에, 상기 전하 수송성 유기 재료층을 적층하는 단계; 및

상기 전하 수송성 유기 재료층의 표면 위에, 상기 정공 주입 재료로 만들어진 상기 정공 주입 재료층을 형성하는 단계

에 의해 제작되는, 유기 전계 발광 장치의 제조 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 유기 전계 발광 장치 및 그 제조 방법에 관한 것이다. 이러한 유기 전계 발광 장치는 루미네어 광원, 액정 디스플레이 백라이트, 평판 디스플레이 등으로서 활용될 수 있다.

**배경기술**

[0002] 일부의 유기 발광 장치를 유기 전계 발광 장치라 한다. 예를 들어, 이러한 유기 발광 장치는 애노드로서 기능하는 투명 전극, 정공 수송층(hole transport layer), 발광층(유기 발광층), 전자 주입층 및 캐소드로 이루어지는데, 이러한 순서로 중첩하여 투명 기판의 한 측면 위에 설치한다. 유기 전계 발광 장치는 전자 주입층으로부터 주입된 전자와 정공 수송층으로부터 주입된 정공을 발광층에서 재결하여, 이 발광층에서 발광이 이루어지도록 구성되어 있다. 유기 전계 발광 장치는 발광층으로부터 발광된 광을 투명 전극 및 투명 기판을 통해 외부로 전과하도록 설계되어 있다.

[0003] 유기 전계 발광 장치는 다양한 파장의 자체 발광을 비교적 고효율로 제공하도록 설계되어 있다. 이러한 전계 발광 장치는 디스플레이 장치, 평판 패널 디스플레이와 같은 발광체, 및 액정 디스플레이 백라이트 및 루미네어와 같은 광원을 생산하는데 적용될 것으로 기대된다. 일부의 유기 전계 발광 장치는 이미 실용화되어 있다.

[0004] 그렇지만, 유기 전계 발광 장치는 휘도와 내구성 간의 트레이드-오프 관계(trade-off relationship)를 일으키는 문제를 안고 있다. 즉, 유기 전계 발광 장치는 선명한 화질을 제공하거나 고휘도로 광을 조명하도록 구성되면 내구성이 악화한다.

[0005] 유기 발광 장치는 특허문헌 1 내지 5에 개시된 바와 같이, 이러한 문제를 감안해서 개발되었다. 각각의 유기

발광 장치는 애노드와 캐소드 사이에 배치된 복수의 발광층을 포함한다. 이 장치에서, 복수의 발광층은 서로 전기적으로 접속되어 있다.

[0006] 도 3은 이러한 유기 전계 발광 장치의 예를 도시하고 있다. 유기 전계 발광 장치는 애노드(1), 캐소드(2), 중간층(3), 복수의 발광층(4a,4b) 및 투명 기관(5)으로 이루어져 있다. 발광층(4a,4b)은 애노드와 캐소드 사이에 배치된다. 중간층(3)은 발광층(4a,4b) 사이에 개재한다. 애노드(1), 캐소드(2), 중간층(3) 및 발광층(4a,4b)은 투명 기관(5)의 표면에 적층된다. 애노드(1)는 광 투과성 재료로 형성된다. 캐소드(2)는 광 반사성 재료로 형성된다. 유기 전계 발광 장치는 발광층(4a,4b)의 양쪽에 전자 주입층 및 정공 수송층을 구비하며, 도 3에는 도시되어 있지 않다.

[0007] 이러한 유기 전계 발광 장치에서는, 중간층(3)이 복수의 발광층 사이에 개재하여 이 복수의 발광층(4a,4b)이 서로 분리되어 있으나, 서로 전기적으로 접속되어 있다. 애노드(1) 및 캐소드(2) 사이에 전압을 인가하면, 발광층(4a,4b)은 직렬 접속된 발광층처럼 광을 동시에 조명하게 되는데, 복수의 발광층(4a,4b)으로부터 조명되는 광을 조합하기 때문에, 종래의 유기 전계 발광 장치에 비해 고휘도의 광을 제공한다. 이 외에, 이 유기 전계 발광 장치는 전술한 회도와 내구성 간의 트레이드-오프 관계를 일으키는 문제를 회피할 수 있다.

[0008] 중간층(3)의 구성으로서는, 일반적으로 다음과 같은 것들이 알려져 있다: (1) BCP:Cs/V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (2)BCP:Cs/Li/ITO/V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (3) Li 착물(Li complex)와 Al 간의 반응 생성물, (4) Alq:Li/ITO/정공 수송 재료, (5) 금속-유기 혼합층, (6) 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토류 금속 산화물. 여기서, 상징 ":"는 2 재료의 혼합물을 나타내고 "/"는 2 조성물의 적층을 나타낸다.

[0009] 중간층(3)의 다른 구성이 특허문헌 6 및 비특허문헌 1에 개시되어 있다. 이러한 문헌에서의 중간층(3)은 (7) 전자 주입층, 전자 추출층 및 정공 수송층을 이루어지는 적층 및 (8) 전자 주입층, 전자 수송층, 전자 추출층 및 정공 수송층으로 이루어지는 적층으로 각각 형성된다.

[0010] 선행기술문헌

[0011] [특허문헌]

[0012] 특허문헌 1: 일본출원공개 JP11-329748

[0013] 특허문헌 2: 일본출원공개 JP2003-272860

[0014] 특허문헌 3: 일본출원공개 JP2003-135600

[0015] 특허문헌 4: 일본출원공개 JP2006-332048

[0016] 특허문헌 5: 일본출원공개 JP2006-173550

[0017] 특허문헌 6: 일본출원공개 JP2006-49393

[0018] [비특허문헌]

[0019] 비특허문헌 1: Japanese Journal of Applied Physics Vol. 45, No. 12, 2006, pp. 9212

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0020] 그렇지만, 중간층이 복수의 발광층 사이에 개재하는 종래의 조성물에서는, 구동 전압이 과도하게 증가하고 불필요한 전압이 증가하며 이에 따라 막질이 저하되어 단락-회로(short-circuit)와 같은 역효과가 생긴다.

[0021] 전술한 구성(1)의 중간층에서는 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 층의 막질에서 생기는 단락 회로의 문제가 생긴다.

[0022] 전술한 구성(2)의 중간층에서는 2개 층 사이에서 사소한 반응으로 인해 전압이 과도하게 증가하게 된다. 즉, 이 중간층에서는 루이스 산 분자 및 전자 수송층 간의 반응뿐만 아니라 루이스 염기로서 기능하는 알칼리 금속과 정공 수송층 간의 반응으로, 구동 전압이 과도하게 증가하는데, 이에 대해서는 "고분자 학회, 유기 EL 연구회, 2005년 12월 9일, 멀티-포톤 유기 EL 루미네어"에 보고되어 있다.

[0023] 전술한 구성(3)의 중간층에서는 Li 착물의 유기 배위자 성분에 의해 장치 자체에서 역효과가 생길 수도 있다.

- [0024] 전술한 구성(4)의 중간층에서는, ITO가 정공을 정공 수송층에 주입하기 위한 중간층으로서 불충분하게 작용하여, 구동 전압 및 장치 품질과 관련된 문제를 야기할 우려가 있다. 이 외에, ITO는 작은 상대 저항 (small relative resistance)을 가지고 있기 때문에, 전하를 원하는 부분으로 수송하여 의도하지 않는 영역에서 광을 방출할 우려가 있다.
- [0025] 전술한 구성(5)의 중간층은 금속(또는 금속 산화물과 같은 금속 화합물)과 유기 재료를 혼합하여 형성된다. 이러한 중간층은 열 안정성이 저하되는데, 특히 큰 전류가 흘러 가열될 때 저하된다.
- [0026] 전술한 구성(6)의 중간층은 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토류 금속 산화물로 형성된다. 그러나 금속 산화물은 중간층으로서 충분히 기능하지 못한다. 이에 의해, 이 중간층은 금속 산화물 이외에 추가의 물질을 함유하여야 하므로 구성이 복잡하게 된다.
- [0027] 그 외, 전술한 구성(1) 및 구성(4)은 큰 치수의 장치를 형성하도록 적용될 때는 내부의 압력이 과도하게 된다. 이 과도한 압력으로 인해 중간층의 근처에서 역효과가 생긴다.
- [0028] 특허문헌 3에서는, 하나의 매트릭스에 첨가제를 가하여 중간층 내의 모든 위치에서 농도가 0 이상이 되도록 하고 있다. 그렇지만, 이러한 중간층은 전술한 문헌에서 언급된 모든 문제를 해결하진 못한다.
- [0029] 구성(7)에서는 비특허문헌 1에서 언급한 바와 같이 구동 전압이 과도하게 된다. 구성(8)에서의 중간층은 구성(7)에서 과도한 전압이 생기는 것을 해결할 수는 있지만, 전자 수송층 양쪽에 각각 배치된 전자 주입층과 전자 추출층 사이에서의 확산 및 반응으로 생기는 내구성에 관한 문제를 해결하지는 못한다.
- [0030] 전술한 바와 같이, 복수의 발광층을 가지고 이 복수의 발광층 사이에 중간층이 개재된 전계 발광 장치를 형성하는 데는 여러 가지 문제가 있다. 현재, 이러한 전계 발광 장치를 제조할 때 전술한 문제를 해결하기 위해서는 중간층을 개선해야 한다.
- [0031] 본 발명은 전술한 문제를 감안하여 이루어진 것이며, 본 발명의 목적은 우수한 내구성 및 안정성을 갖춘 유기 전계 발광 장치 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0032] 본 발명의 유기 전계 방출 장치는 애노드(1), 캐소드, 중간층(3), 및 복수의 발광층(4)을 포함한다. 복수의 발광층(4)은 애노드(1)와 캐소드(2) 사이에 개재한다. 중간층(3)은 복수의 발광층(4) 사이에 개재한다. 중간층(3)은 층(3a), 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b), 전하 수송성 유기 재료층(3c) 및 정공 주입 재료층(3d)이 이 순서로 중첩되어 이루어진다. 층(3a)은 전하 이동 착물(charge transfer complex)로 만들어진 전하 이동 착물층, 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층, 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 산화물층 중 하나이다. 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 전하 수송성 유기 재료로 형성된다. 정공 주입 재료층(3d)은 정공 주입 재료로 형성된다. 전하 수송성 유기 재료층(3c)의 두께는 0.5 내지 30 nm의 범위이다.
- [0033] 본 발명에 따르면, 층(3a) 및 정공 주입 재료층(3d)은 중간층(3) 내에서, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)과 전하 수송성 유기 재료층(3c) 사이에 개재하며, 층(3a)은 전하 이동 착물층, 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층, 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 산화물층 중 하나이다. 이러한 구성에 의해, 전계 방출 장치는 층(3a)이 정공 주입 재료층(3d)과 직접적으로 반응하는 것을 방지할 수 있고 이러한 층들의 경계에서의 층(3a,3d)의 혼합뿐만 아니라, 구동하는 동안 층(3a,3d)을 형성하는 재료의 확산을 금지한다. 이에 의해, 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 방출 장치를 제공할 수 있다.
- [0034] 본 발명은 전하 수송성 유기 재료층(3c)이 전자 수송 재료로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 전자 수송 재료로 만들어진 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 정공 주입 재료층(3d)으로부터 공급되는 전자를 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로 낮은 저항으로 효과적으로 수송할 수 있다. 이에 의해, 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 방출 장치를 제공할 수 있다.
- [0036] 본 발명은 전하 수송성 유기 재료층(3c)이 정공 수송 재료로 만들어지는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 정공 수송 재료로 만들어진 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로부터 공급되는 전자를 정공 주입 재료층(3d)으로 낮은 저항으로 효과적으로 수송할 수 있다. 이에 의해, 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 방출 장치를 제공할 수 있다.

- [0038] 본 발명은 전하 수송성 유기 재료층(3c)이 바이폴라 재료 및 정공 수송 재료와 전자 수송 재료의 혼합물 중 하나로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 본 발명에 따르면, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 정공 및 전자 모두를 수송하는 역할을 한다. 즉, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 정공 주입 재료층(3d)으로부터 공급되는 전자를 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로 낮은 저항으로 효과적으로 수송할 수 있다. 마찬가지로, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로부터 공급되는 전자를 정공 주입 재료층(3d)으로 낮은 저항으로 효과적으로 수송할 수 있다. 이에 의해, 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 방출 장치를 제공할 수 있다.
- [0040] 본 발명은 상기 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)이, 금속 산화물 및 금속 질화물 중 적어도 하나로 만들어진 층; 금속으로 만들어진 금속층 및 금속 산화물로 만들어진 금속 산화물층을 함유하는 적층으로 형성되는 적층 층; 금속과 금속 산화물의 혼합물로 만들어진 혼합층; 및 금속으로 만들어진 금속층으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 층으로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 본 발명에 따르면, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)을 높은 내열성의 안정층으로서 형성할 수 있다. 또한, 전계 발광 장치는 또한 층(3a)이 정공 주입 재료층(3d)과 직접적으로 반응하는 것을 방지할 수 있고 이러한 층들의 경계에서의 층(3a,3d)의 혼합뿐만 아니라, 장치를 구동하는 동안 층(3a,3d)을 형성하는 재료의 확산을 금지한다. 이에 의해 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 발광 장치를 제공할 수 있다.
- [0042] 본 발명은 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 투과율을 80% 이상으로 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 본 발명에 따르면, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 광의 흡수율을 낮춰 유기 전계 발광 장치 내부의 광 흡수의 손실을 저감할 수 있다. 이에 의해, 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 발광 장치를 제공할 수 있다.
- [0044] 본 발명은 상기 정공 주입 재료층이 p-도핑층 및 어셉터 재료로 만들어진 어셉터 재료층 중 하나로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0045] 본 발명에 따르면, 장치는 정공 주입 성능을 향상시켜 정공 주입 재료층(3d)으로부터 주입되는 정공을 캐소드(2) 층의 정공 주입 재료층(3d)에 인접하는 정공 수송층으로 수송한다. 또한, 장치는 정공 주입 재료층(3d)과 애노드(1) 층의 정공 주입 재료층(3d)에 인접하는 전하 수송성 유기 재료층(3c) 사이에 전하를 수송하는데 필요한 저항을 감소시킬 수 있다. 이에 의해, 장치는 정공 주입 재료층(3d)과 전하 수송성 유기 재료층(3c) 간의 경계에서의 열 발생을 억제할 수 있다. 따라서, 본 발명은 내구성 및 지속성이 우수한 유기 전계 발광 장치를 제공할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0046] 본 발명의 중간층(3)에서, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b) 및 두께가 0.5 내지 30nm인 전하 수송성 유기 재료층(3c)이 층(3a)과 정공 주입층(3d) 사이에 개재된다. 층(3a)은 전하 이동 차단 층; 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 이루어진 층; 및 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속 화합물로 이루어진 금속 화합물 층 중 하나이다. 중간층(3)은 층(3a)과 정공 주입층(3d) 간의 직접적인 반응, 층(3a)과 정공 주입층(3d) 간의 계면에서 층(3a)과 정공 주입층(3d)의 혼합, 및 층(3a)과 정공 주입층(3d)을 형성하는 재료의 확산과를 억제할 수 있다. 이와 같이 개선된 중간층을 구비하면, 유기 전계 발광 장치는 우수한 내구성 및 지속 가능성을 보일 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0047] 도 1은 본 발명의 실시예의 일례에 따른 층 구성에 대한 단면도이다.  
 도 2a는 예에서 준비된 유기 전계 발광 장치의 개략 구성을 나타내는 평면도이고, 도 2b는 도 2a의 A-A의 라인을 절취한 단면도이다.  
 도 3은 종래 예에서의 층 구성에 대한 개략 단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0048] 도 1은 본 발명의 유기 전계 발광 장치의 구성에 대한 일례를 도시하며, 애노드(1), 캐소드(2), 발광층(유기 발광층)(4), 및 중간층(3)을 포함한다. 애노드(1)와 캐소드(2) 사이에 발광층(4)과 중간층(3)이 배치되어 있다.

발광층(4)은 복수의 발광층(4a,4b)으로 구성되어 있다. 복수의 발광층(4a,4b)은 애노드(1)와 캐소드(2) 사이에 배치되어 있다. 중간층(3)은 복수의 발광층(4a,4b)의 인접하는 발광층 사이에 배치되어 있다. 전극 중 하나(애노드(1))가 투명 기판(5)의 표면에 적층된다. 도 1에 도시된 일 실시예에서, 애노드(1)는 광 투과성 전극으로서 형성되고, 캐소드(2)는 광 반사성 전극으로서 형성된다.

[0049] 도 1에 도시된 실시예에서, 발광층(4)은 2개의 발광층(4a,4b)으로 이루어져 있고, 이 2개의 발광층 사이에 중간층(3)이 개재한다. 그러나 발광층(4)은 복수의 발광층으로 형성되고, 이 복수의 발광층의 각각의 인접하는 발광층 사이에 중간층이 각각 개재할 수도 있다. 중첩된 발광층의 수는 특정한 수에 제한되지 않지만, 중첩된 층의 수에 따라 광학 및 전기 장치의 설계상의 어려움이 증가하는 것이 감안하면 5 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 유기 전계 발광 장치는 종래의 유기 전계 발광 장치에서와 같이, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층 등을 구비할 수도 있다. 이러한 층들이 도 1에 도시되어 있지는 않다.

[0050] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 중간층(3)은 하나의 층(3a), 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b), 전하 수송성 유기 재료층(3c) 및 전하 주입 재료층(3d)으로 이루어지며, 이러한 층들은 캐소드(2)를 형성하기 전에 애노드(1)에 이 순서로 중첩된다. 층(3a)은 전하 이동 착물로 만들어진 전하 이동 착물 층(charge transfer complex layer), 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 만들어진 금속층, 및 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층 중 하나로 형성된다.

[0051] 본 발명에서, 층(3a)은 전하 이동 착물 층, 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 만들어진 금속층, 및 3.7 eV의 일함수를 가지는 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층 중 하나로 형성된다. 층(3a)은 중간층(3)으로부터 공급된 전자 전하를 애노드(1)에 인접하는 발광층(4)(4a) 중 하나로 주입하는 것을 용이하게 한다.

[0052] 전하 이동 착물 층(3a)은 전자 주입에 기여하는 전하 이동 복합 체계로 일반적으로 알려진 재료로 형성된다. 전하 이동 착물 층(3a)의 재료는 특정한 것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 전하 이동 착물 층(3a)은 전자 수송 재료 및 Ce, Li, Na, Mg, K, Rb, Sm, Y과 같은 작은 일함수를 가지는 재료(특히, 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속)의 혼합물로 형성될 수 있다. 대신, 전하 이동 착물 층(3a)은 전자 수송 재료 및 전자를 전자 수송 재료로 공급하는데 적합한 에너지 준위를 가지는 유기 재료(또는 무기 재료)의 혼합물로 형성될 수 있다. 예를 들어, 유기 도너(organic donor)로서 일반적으로 알려져 있는 유기 재료(예를 들어 Ru 착물), 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속, 전술한 금속을 함유하는 금속 산화물 반도체를 전자 수송 재료에 전자를 공급하는데 적합한 에너지 준위를 가지는 유기 재료(또는 무기 재료)로서 사용할 수 있다.

[0053] 전하 이동 착물 층(3a)은 환원성 금속(예를 들어 Al)으로 만들어진 금속막을, 전자 수송 재료와 작은 일함수를 가지는 환원성 금속의 화합물의 적층 또는 혼합물 위에 중첩시킴으로써 형성될 수 있다. 작은 일함수를 가지는 환원성 금속은 특정한 것에 제한되지 않는다. 환원성 금속 화합물은 금속 산화물, 금속-유기 착물일 수 있으며, 상기 금속은 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속 또는 희토류 금속(예를 들어, Li, Cs, Na, Sr, Mg, Ca, Y, Sm)일 수 있다. 환원성 금속 화합물은 전술한 물질 중 하나일 수 있거나 또는 전술한 물질의 혼합물일 수 있다.

[0054] 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 만들어진 금속층(3a)은 특정한 금속에 한정되지 않지만, 전술한 금속들을 포함하는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속 및 희토류 금속으로 이루어지는 그룹으로부터 선택된 것으로 형성될 수 있다. 금속 화합물 층은 특정한 화합물에 한정되지 않지만, 산화물, 할로겐화물, 질화물, 붕소화물, 탄화물, 산화질화물, 및 전술한 금속의 복합화합물로부터 선택된 하나로 형성될 수 있다.

[0055] 전하 이동 착물 층(3a), 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 만들어진 금속층, 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속 화합물로 만들어진 금속 화합물 층(3a)이 특정한 두께에 한정되지 않지만, 0.5 nm 내지 20 nm의 범위의 두께를 가지도록 형성하는 것이 바람직하다. 층(3a)은 다른 유기 화합물, 또는 금속(예를 들어, Al, Cu, Ni, Ag, Au 및 Ti), 금속 할로겐화물(예를 들어, LiF, NaF 및 CsF), 금속 산화물(예를 들어, Li<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, SiO, NiO, SnO 및 InO)과 같은 무기 물질을 함유할 수 있다. 2종 이상의 물질을 함유할 때, 층(3a)은 안정성이 열악한 재료의 안정성을 더 높이고 낮은 막질 및 인접하는 층에의 열악한 밀착성을 가지는 재료의 막 형성을 용이하게 한다.

[0056] 도전성 물질을 함유하는 광 투과성 층(3b)은 광 투과성이 높고 두께가 안정적인 공지의 도전성 재료로 형성되며, 특정한 화합물로 만들어질 필요는 없다. 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속, 금속 산화물, 금속 질화물, 도전성 화합물 등과 같은 종래의 도전성 재료로부터 선택된 한 재료로 형성될 수 있다. 예를 들어, 도전성 물질을 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속(예를 들어, Al, Cu, Ni, Ag, Au, Ti, Mg, Ca 및

Ba), 금속 화합물(예를 들어, CuI, ZnSe, ZnS 및 CuSe), 금속 산화물(예를 들어, ITO(In/Sn 산화물), SnO<sub>2</sub>, ZnO, IZO(In/Zn 산화물), LiWO<sub>4</sub> 및 LiMoO<sub>2</sub>), 금속 질화물(예를 들어, TiN, SiN 및 AlN) 또는 탄소 화합물(예를 들어, 탄소 나노튜브, 풀러렌)으로 형성될 수 있다. 대신, 도전성 금속을 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속 산화물과 금속 질화물의 혼합물(예를 들어, SiO<sub>2</sub>/SiN 혼합물, SiON/TiO<sub>2</sub>/TiN 혼합물 및 TiON)로 형성될 수 있다.

[0057] 전기적 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 재료(3b)는 하나의 재료에만 한정되지 않는다. 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 전술된 복수의 금속의 조합(예를 들어, In/Sn, In/Zn, Al/Ga, Ga/Zn 및 Ti/Nb), 금속 산화물과 금속 질화물의 조합, 또는 다른 조합으로 형성될 수도 있다. 대신, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속/금속 산화 혼합층(예를 들어, IZO/Mo 혼합층 및 ITO/W 혼합층), 금속/금속 산화 적층(예를 들어, Al/IZO 적층), 금속/금속 질화 혼합층(예를 들어, SiN/Al 혼합층 및 TiN/Mo 혼합층) 또는 금속/금속 질화 적층(예를 들어, SiN/Al 적층 및 TiN/Mo 적층)으로 형성될 수 있다. 대신, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속/금속 산화 혼합층(예를 들어, IZO/Mo 혼합층 및 ITO/W 혼합층), 금속/금속 산화 적층(예를 들어, Al/IZO 적층), 금속/금속 질화 혼합층(예를 들어, SiN/Al 혼합층 및 TiN/Mo 혼합층) 또는 금속/금속 질화 적층(예를 들어, SiN/Al 적층 및 TiN/Mo 적층)으로 형성될 수 있다. 금속의 산화물(또는 질화물)의 막질, 열 안정성 및 전기적 특성(바람직하게는 10<sup>5</sup> Ωcm 미만의 저항, 더 바람직하게는 10<sup>2</sup> Ωcm 미만의 저항)에 따라, 각각의 금속의 산화 수, 각각의 금속의 질화 수 및 복수 금속의 혼합비를 적절하게 설정할 수 있다. 이러한 재료의 각각은 진공 증기 증착법, 스퍼터링법, 도포법 등으로 막을 층으로서 형성하기 위해 적층될 수 있다.

[0058] 전기적 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 상기 도전성 재료 외에 유기 화합물 및 비도전성 무기 절연물을 더 포함할 수 있다. 무기 절연물은 도전성 금속 산화물과 함께 막으로 공동 증착되도록 적절하게 선택되며, 특정한 화합물에 한정되지 않는다. 예를 들어, 무기 절연물은 금속 불화물(예를 들어, 불화 리튬, 불화 마그네슘), 금속 염화물(예를 들어, 염화 나트륨, 염화 마그네슘)과 같은 금속 할로겐화물로부터 선택된 것일 수 있다. 대신, 무기 절연물은 Al, Co, Zr, Ti, V, Nb, Cr, Ta, W, Mn, Mo, Ru, Fe, Ni, Cu, Ga 및 Zn과 같은 금속의 금속 산화물(예를 들어, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO 및 산화철, 정공 주입 특성을 보이는 금속 산화물은 제외)로부터 선택된 것일 수 있다. 대신, 무기 절연물은 질화물(예를 들어, AlN, SiN 또는 BN), 탄화물(예를 들어, SiC), 산화 질화물(예를 들어, SiON), 실리콘 화합물(예를 들어, SiO<sub>2</sub> 및 SiO) 및 탄소 화합물로부터 선택된 것일 수 있다.

[0059] 절연물은 가시광 영역에서의 흡수성이 작고 굴절률이 작은 재료로부터 선택하는 것이 바람직한데, 광 투과성 층(3b)에서 광 흡수성 및 굴절률을 감소시키고 그에 따라 장치 자체 내에서 광 반사 및 광 흡수를 억제하기 위해서이다. 이에 의해, 발광층(4)으로부터 외부로 방출되는 광량의 손실을 최소화할 수 있다. 특히, 절연물은 내열성, 안정성 및 광학 특성의 관점으로부터 비도전성 금속 산화물, 금속 할로겐화물, 금속 질화물, 금속 탄화물, 탄소 화합물, 실리콘 화합물로부터 선택된 물질인 것이 바람직하다. 광 투과성 층(3b)이 이러한 혼합물로 형성되면, 이러한 혼합물의 혼합비는 광 투과성 층(3b)에서 1 x 10<sup>5</sup> Ωcm 이하의 상대 저항을 보이도록 적절하게 선택된다.

[0060] 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 금속 또는 금속의 화합물을 더 포함할 수 있다. 금속은 Ce, Cs, Li, Na, Mg, K, Rb, Sm, Y, W, Mo, Re, V, Ru, Al 등으로부터 바람직하게 선택된 금속이다. 금속 화합물은 이러한 금속들 중 한 금속의 화합물로 바람직하게 형성된다. 금속의 양은 광 투과성 층(3b)에서 상기 범위 내의 상대 저항성을 보이도록 적절하게 선택될 수 있으며, 특정한 범위에 한정되지 않는다. 그러나 금속의 양은 바람직하게는 0.1-20 질량%의 범위이다.

[0061] 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 1 x 10<sup>5</sup> Ωcm 이하의 상대 저항을 보이며 10 nm 이하의 두께로 바람직하게 형성되며, 더 바람직하게는 5 nm 이하의 두께로 형성된다. 광 투과성 층(3b)이 10 nm 이하의 두께로 형성되면, 광 투과성 층(3b)에서 측면 방향으로 도전성을 무시할 수 있을 정도로 감소시킬 수 있으며, 결국 원하지 않는 영역에서 종래 장치에서는 억제되지 않았던 광 투과를 억제하게 된다. 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 두께(nm)는 상대 저항(Ωcm)에 의해 계산될 때 10<sup>4</sup> 이하의 값을 제공하도록 바람직하게 선택된다.

[0062] 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)은 바람직하게 80% 이상의 광 투과율을 가지도록, 더 바람직하게는 90% 이상을 가지도록 형성된다. 80% 미만의 광 투과율을 가지도록 형성되는 경우에는, 광 투과성 층(3b)이 광

을 과도하게 흡수하게 되어 발광층(4)으로부터 방출되는 광으로부터 추출된 광량이 감소하게 된다. 층(3b)의 광 투과율은 실질적인 광 투과율에 따라 결정되며 광 투과성 층(3b)과 광 투과성 층(3b)에 인접하는 층 간의 경계에서 굴절률 차이로 인해 반사되는 광에 따라 결정되지 않는다. 실질적인 광 투과율은 종래의 방법에 따른 측정을 통해 얻어질 수 있고, 유리 기판과 같은 광 투과성 기판 위에 상이한 두께로 각각 형성되는 막들의 광 투과율 간의 차이에 따라 용이하게 결정될 수 있다.

[0063] 전하 수송성 유기 재료로 형성되는 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 전하, 즉 전자 및 정공을 수송하는 역할을 한다. 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 전자 수송 재료로 만들어진 전자 수송 재료층, 정공 수송 재료로 만들어진 정공 수송 재료층, 및 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료의 혼합물, 또는 바이폴라 재료로 만들어진 층으로 형성될 수 있다.

[0064] 전자 수송 재료로 만들어질 때는, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은, 캐소드(2) 측면 상의 광 투과성 층(3c)에 인접하는 정공 주입 재료층(3d)으로부터 주입되는 전자를, 애노드(1) 측면 상의 광 투과성 층(3c)에 인접하는 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로, 낮은 저항으로 효과적으로 수송하는 역할을 한다. 전자 수송 재료는 우수한 전자 수송 능력 및 우수한 열 안정성뿐만 아니라 전자에 대한 안정성을 보이도록 적절하게 선택될 수 있다. 전자 수송 재료는 특정한 화합물에 한정되지 않으며, 예를 들어 Alq과 같은 퀴놀린 유도체, 페난트론 유도체, 트리아졸 유도체, 피리딘 유도체일 수 있다.

[0065] 정공 수송 재료로 만들어질 때는, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은, 애노드(1) 측면 상의 광 투과성 층(3c)에 인접하는 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로부터 주입되는 정공을, 캐소드(2) 측면 상의 광 투과성 층(3c)에 인접하는 정공 주입 재료층(3d)으로, 낮은 저항으로 효과적으로 수송하는 역할을 한다. 정공 수송 재료는 우수한 정공 수송 능력 및 우수한 열 안정성뿐만 아니라 정공에 대한 우수한 안정성을 보이도록 적절하게 선택될 수 있다. 정공 수송 재료는 특정한 화합물에 한정되지 않으며, 예를 들어 트리아릴아민 유도체(NPD, TPD, 2-TNATA 등), 방향족 유도체(비페닐 유도체, 안트라센 유도체, 나프탈렌 유도체 등), 아닐린 유도체, 티오펜 유도체 등일 수 있다.

[0066] 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료의 혼합물로 만들어질 때는, 전하 수송성 유기 재료층(3c)을 전술한 정공 수송 재료 중 하나와 전술한 전자 수송 재료 중 하나와의 혼합물로 형성할 수 있다. 대신, 전하 수송성 유기 재료층(3c)을 바이폴라 재료로 만들 수도 있다. 이 바이폴라 재료는 정공-수송 능력 및 전자-수송 능력 모두를 보이도록 적절하게 선택되고, 안트라센 유도체, 다환식(polycyclic) 방향족 물질 등 중 하나일 수 있다. 바이폴라 재료는 정공 및 전자를 수송하는 우수한 능력뿐만 아니라 우수한 열 안정성도 보이도록 바람직하게 선택된다.

[0067] 바이폴라 재료로 형성하거나 정공 수송 재료와 전자 수송 재료의 혼합물로 형성하는 경우, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 정공 및 전자 모두를 수송하는 역할을 한다. 즉, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 정공 주입 재료층(3d)으로부터 주입되는 전자를 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로 낮은 저항으로 효과적으로 수송하는 역할을 한다. 마찬가지로, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로부터 주입되는 정공을 정공 주입 재료층(3d)에 낮은 저항으로 효과적으로 수송하는 역할을 한다. 특히, 바이폴라 재료로 형성되거나 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료의 혼합물로 형성되면, 전하 수송성 유기 재료층(3c)은 대향 전하(counter charge)가 침입할 때 저하되는 것을 방지하며, 이에 의해 유기 전계 발광 장치는 우수한 안정성 및 우수한 내구성을 지니게 된다.

[0068] 전하 수송성 유기 재료층(3c)의 두께는 0.5 nm 내지 30 nm로 설정되며, 바람직하게는 1 nm 내지 10 nm의 범위로 설정된다. 전하 수송성 유기 재료층(3c)의 두께가 0.5 nm를 하회해서 형성되면, 광 투과성 층(3b)이 정공 주입 재료층(3d)과 접촉하게 된다. 이 경우, 물질 확산(substance diffusion)을 방지할 수 없어 구동 성능이 저하될 우려가 있다. 30 nm를 상회해서 형성되면, 전하 수송 재료층(3c)은 그 전하-수송 능력의 불안정성으로 인해 열악한 내구성 및 열악한 성능을 보이게 된다.

[0069] 본 발명에서, 정공 주입 재료층(3d)은 정공 주입 유기 재료, 정공 주입 금속 산화물, 억셉터 타입 유기(또는 무기) 재료, p-도핑층 등으로 형성될 수 있다.

[0070] 정공 주입 유기 재료는 정공 수송 능력을 보이고 일함수가 5.0 eV 내지 6.0 eV의 범위에 있고 전극에 대해 강력한 밀착성을 가지도록 선택된다. 예를 들어, 정공 주입 유기 재료는 CuPc, 스타버스트 아민(starburst amine) 등일 수 있다. 정공 주입 금속 산화물은 Mo, Re, W, V, Zn, In, Sn, Ga, Ti 및 Al로부터 선택된 금속의 산화물일 수 있다. 정공 주입 금속 산화물은 단지 1종류의 금속 산화물에 한정되지 않으며, 복수의 금속의 산화물

의 조합일 수도 있다. 복수의 금속은 In/Sn, In/Zn, Al/Ga, Ga/Zn 및 Ti/Nb의 조합과 같은 전술한 물질의 조합일 수 있다. 각각의 금속의 산화 수 및 복수의 금속의 혼합비는 양호한 막질, 양호한 열 안정성 및 양호한 전기 성능을 보이도록 적절하게 선택될 수 있다. 정공 주입 재료층(3d)은 저기 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)과 거의 동일한 재료로 형성될 수 있다.

[0071] 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 다른 유기(무기) 재료로부터 공급되는 전자를 수용하는 전자 수용성을 보이도록 선택된다. 이러한 유기(무기) 재료는 정공 주입 재료층(3d)에 인접하는 층에 포함되거나 정공 주입 재료층(3d)에 혼합된다. 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 루이스 산(Lewis acid)으로서 기능하는 불소 치환기, 시안기, 붕소 치환기 또는 치환기를 가지는 유기 물질일 수 있다. 대신, 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 루이스 산과 상호작용하여 복합물을 형성하는 유기 물질일 수 있다. 예를 들어, 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 F<sub>4</sub>TCNQ, TCNQ, TTN, HAT-CN<sub>6</sub>, DDQ, CF<sub>2</sub>TCNQ, TBPAAH로부터 선택되는 재료나, 일부의 형광 색소(phosphor pigment) 등일 수 있다. 이러한 물질 중에는 잘 알려진 약어가 있다. 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 전술한 물질과 동일한 속성을 보이도록 적절하게 선택될 수 있으며, 특정한 하나의 재료에 한정되지 않는다. 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는 전술한 금속 산화물, 염화 철, 브롬화 철, 요오드화 구리와 같은 루이스 산, 할로젠(예를 들어, Br 및 Cl), 산(예를 들어, 인산) 등으로부터 선택된 재료일 수 있다.

[0072] 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는, 층(3d)에 인접하는 층에 포함되어 있거나 층(3d)에 혼합되어 있는 다른 유기(무기)재료로부터 전자를 주고 받기 위한 층(3d)에 인가된 전압이 없을 때는, 전하-주기/받기 능력을 보이도록 선택될 필요는 없다. 즉, 어셉터 타입 유기(또는 무기) 재료는, 층(3d)에 인접하는 층에 포함되어 있거나 층(3d)에 혼합되어 있는 다른 유기(무기)재료로부터 전자를 주고 받기 위한 층(3d)에 인가된 전압이 있을 때는, 전하-주기/받기 능력을 보이도록 선택될 수 있다. 전술한 물질 중에서, TCNQ, HAT-CN<sub>6</sub> 및 일부의 형광 색소는 각각 전자 수용기의 함유량이 적으며 열악한 전자 수용 능력을 보인다. 전하-주기/받기 능력은 2종의 재료를 함유하는 막의 흡수 스펙트럼(또는 라만 스펙트럼)과 2종의 재료의 흡수 스펙트럼(또는 라만 스펙트럼)의 중첩(superposition)과의 비교를 통해 확인할 수 있다. 전하-주기/받기 능력을 보일 때는, 2종의 재료를 함유하는 막은, 새로운 피크의 출현, 일부 피크의 소멸 및 일부 피크의 강도의 변동이 관찰되는 흡수 스펙트럼(또는 라만 스펙트럼)을 제공한다. 전하-주기/받기 능력을 보이지 않을 때는, 2종의 재료를 함유하는 막은, 2종의 재료의 흡수 스펙트럼(또는 라만 스펙트럼)의 중첩과 거의 동일한 흡수 스펙트럼(또는 라만 스펙트럼)을 제공한다.

[0073] p-도핑 층은 정공 주입 재료 및 이 정공 주입 재료로부터 전자를 수용하는 전자 수용 재료의 혼합물로 형성된다. 정공 주입 재료는 트리아릴아민 유도체(NPD, TPD, 2-TNATA 등), 방향족 유도체(예를 들어, 비페닐 유도체, 안트라센 유도체, 나프탈렌 유도체), 아닐린 유도체, 티오펜 유도체와 같은 유기 재료로 대체될 수 있다. 정공 주입 재료에 대한 전자 수용 재료의 용량 비는 선택된 재료에 따라 선택될 수 있는데 바람직하게는 0.1-80 mol%, 더 바람직하게는 1-50 mol%가 되도록 선택된다.

[0074] 정공 주입 재료층(3d)의 두께는 특정한 범위에 한정되지 않지만, 0.5-20 nm의 범위로 설정되는 것이 바람직하다.

[0075] 전술한 층들(3a,3b,3c,3d)로 이루어진 중간층(3)을 준비하는 프로세스는, 전하 이동 착물로 만들어진 전하 이동 착물 층(3a), 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속으로 만들어진 금속층(3a), 또는 3.7 eV 이하의 일함수를 가지는 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층을, 복수의 발광층 중 하나의 위에 형성함으로써 개시된다. 그런 다음, 상기 층(3a)의 표면에 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)을 적층한다. 다음, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 표면 위에 정공 수송 유기 재료로 만들어진 정공 수송 유기 재료층(3c)을 적층한다. 다음, 정공 수송 유기 재료층(3c)의 표면에 정공 주입 재료로 만들어진 정공 주입 재료층(3d)을 적층한다. PVD법(예를 들어, 진공증착법 및 스퍼터링법), 도포 또는 그외의 방법을 적용하여 층(3a,3b,3c,3d)을 각각 층으로서 형성할 수 있다. 복수의 발광층(4) 중 하나는 그 표면에 전자 수송층이 형성될 수 있다. 이 경우, 층(3a,3b,3c,3d)으로 이루어진 중간층(3)이 발광층(4)에 제공되는데, 그 사이에 전자 수송층이 개재된다.

[0076] 본 발명의 발광층(4)은 전계 발광 장치의 제조를 위해 잘 알려진 재료들 중 임의의 재료로 형성될 수 있는데, 예를 들어, 안트라센, 나프탈렌, 피렌(pyrene), 테트라센, 코로닌(coronene), 페릴렌(perylene), 나프탈로페릴렌(naphthaloperylene), 디페닐부타디엔(diphenylbutadiene), 테트라페닐부타디엔(tetraphenylbutadiene), 쿠마린(coumalin), 옥사디아졸(oxadiazole), 비스벤조자졸린(bisbenzoxazoline), 비스스티릴(bisstyryl), 시클로펜타디엔(cyclopentadiene), 퀴놀린 금속 착물(quinoline-metal complex), 트리스(8-히드록시퀴놀리네이트)알루미늄 착물, 트리스(4-메틸-8-퀴놀리네이트)알루미늄 착물, 트리스(5-페닐-8-히드록시퀴놀리네이트)알루미늄 착물, 아미노퀴놀린-금속 착물, 벤조퀴놀린-금속 착물, 트리(p-터페닐-4yl)아민, 1-아릴-2,5-디(2-티에닐)피롤

유도체, 피란(pyran), 퀴나크리돈(quinacridone), 루브린(rubrene), 디스티릴벤젠 유도체(distyrylbenzene derivative), 디스티릴아릴렌 유도체(distyrylarylene derivative), 디스티릴아민 유도체, 또는 각종의 형광 색소뿐만 아니라 전술한 재료 및 그 유도체로 형성될 수 있다. 발광체(4)는 전술한 물질로 형성하는 것으로 한정되지 않는다. 발광체(4)는 이러한 물질들 중에서 선택된 발광 재료들의 혼합물로 바람직하게 형성된다. 발광체(4)는 전술한 형광성 화합물 대신, 인광성 재료 및 인광성 일부를 가지는 화합물과 같이, 스핀-다중항으로부터 광전자 방출을 일으키는 그외의 발광 재료 중 하나로 형성될 수도 있다. 전술한 재료로 형성되는 각각의 유기층은 건식 프로세스(예를 들어, 증기 증착(vapor deposition) 및 전사(transferring)) 또는 습식 프로세스(예를 들어, 스핀 코팅, 스프레이 코팅, 다이코팅(diecoating) 및 그라비아 인쇄(gravure printing))로 형성될 수 있다.

[0077] 다른 부재(component), 즉 기관(5), 애노드(1) 및 캐소드(2)는 종래의 재료로 각각 형성되어 유기 전계 발광 장치를 구성한다.

[0078] 기관(5)은 광을 투과시키는 광 투과 능력이 있고, 무색 투명 유리(non-colored transparent glass), 약간의 착색 유리(subtly colored glass) 또는 젓빛 유리(frosted glass)로 형성될 수 있다. 기관(5)은 투명 유리(예를 들어, 소다-석회 유리, 무알칼리 유리), 및 플라스틱 막(또는 플라스틱 플레이트)으로 형성될 수 있는데, 이러한 플라스틱 막은 수지(예를 들어, 폴리에스테르 수지, 폴리올레핀 수지, 폴리아미드 수지, 에폭시 수지 및 불소 수지)로부터 임의의 방법으로 제작된다. 기관(5)은 기관(5)의 굴절률과는 상이한 굴절률을 가지는 입자(파우더, 버블 등)를 포함할 수 있거나, 표면에 형상을 부여하여 광 확산 효과가 생기도록 형성될 수도 있다. 전계 발광 장치가 기관(5)을 통해 광을 방출하도록 구성되지 않으면, 기관(5)을 광 투과성 재료로 형성할 필요가 없지만 장치의 광 방출 능력 및 내구성 등을 고려하여 다른 재료로 형성될 수도 있다. 특히, 기관(5)은 장치를 통과하는 전기에 의해 열이 발생하는 것을 최소화하기 위해 높은 열 도전성 재료로 형성될 수 있다.

[0079] 애노드(1)는 정공을 유기 발광층(4)에 주입하도록 설계되는데, 일함수가 큰(4 eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물 및 이러한 물질의 혼합물로 형성되는 전극 재료로 형성하는 것이 바람직하다. 애노드(1)는 금속(예를 들어, Au), CuI, ITO(In-Sn 산화물), SnO<sub>2</sub>, ZnO, IZO(In-Zn 산화물), PEDOT, 도전성 고분자(예를 들어, 폴리아닐린), 어셉터 재료(등)가 도핑된 도전성 재료, 도전성 광 투과성 재료(예를 들어, 탄소 나노튜브)로 형성될 수 있다. 애노드(1)는 진공 증기 증착법, 패터닝법, 도포 등으로 기관(5)의 표면 위에 막으로서 형성될 수도 있다. 유기 발광층(4)으로부터 방출되는 광이 애노드(1)를 통해 외부로 향하도록 장치를 구성하면, 애노드(1)의 광 투과율이 70% 이상이 되도록 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 애노드(1)는 바람직하게는 스퀘어(square)당 수백 Ω 이하, 더 바람직하게는 스퀘어당 100 Ω 이하의 시트 저항(sheet resistance)을 가지도록 형성된다. 애노드(1)의 두께를 선택된 재료에 따라 적절하게 제어하여 전술한 광 투과율 및 시트 저항을 달성할 수 있는데, 바람직하게는 500 nm 이하, 더 바람직하게는 10-200 nm의 범위로 형성된다.

[0080] 캐소드(2)는 유기 발광층(4)에 전자를 주입하도록 설계되는데, 일함수가 큰(바람직하게는 5 eV 이하) 금속, 합금, 도전성 화합물, 또는 이러한 재료들의 혼합물로 형성되는 전극 재료로 형성되는 것이 바람직하다. 캐소드(2)는 알칼리 금속, 알칼리 금속 할로겐화물, 알칼리 금속 산화물, 알칼리 토류 금속, 이러한 금속 중 임의의 금속과 다른 금속의 합금(예를 들어, Na-K 합금, Li, Mg, Mg-Ag 혼합물, Mg-In 혼합물, Al-Li 혼합물, Al/LiF 혼합물), 및 Al, Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 혼합물로 형성될 수 있다. 캐소드(2)는 알칼리 금속 산화물(알칼리 금속 할로겐화물 또는 금속 산화물)로 만들어진 하부 층, 및 금속과 같은 도전성 재료로 만들어진 하나 이상의 상부 층을 포함하는 적층으로서 형성될 수 있다. 예를 들어, 캐소드(2)는 알칼리 금속/Al 적층, 알칼리 금속 할로겐화물/알칼리 토류 금속/Al 적층, 알칼리 금속 산화물/Al 적층으로 형성될 수 있다. 캐소드(2)는 ITO 및 IZO와 같이 광을 통과시킬 수 있는 투명 전극으로 형성될 수 있다. 캐소드(2)에 인접하는 유기 금속층(2)은 알칼리 금속(예를 들어, Li, Na, Cs) 또는 알칼리 토류 금속(예를 들어, Ca)으로 도핑될 수 있다.

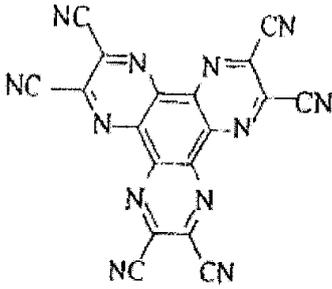
[0081] 캐소드(2)는 진공 증기 증착법 또는 스퍼터링법에 의해 이러한 전극 재료로 만들어진 막으로서 제작될 수 있다. 유기 발광층(4)으로부터 방출되는 광이 애노드(1)를 통해 외부로 전파되도록 장치를 구성할 때는, 캐소드(2)의 광 투과율을 10% 이하가 되도록 형성하는 것이 바람직하다. 대안으로, 캐소드(2)를 유기 발광층(4)으로부터 방출되는 광을 전파시키기 위한(또는 유기 발광층(4)으로부터 방출되는 광을 애노드(1) 및 캐소드(2) 모두를 통해 전파시키기 위한) 투명 전극으로 형성할 때는, 캐소드(2)의 광 투과율을 70% 이상이 되도록 형성하는 것이 바람직하다. 이 경우, 캐소드(2)의 두께를 원하는 광 투과성 능력을 가지게 하도록 선택된 재료에 따라 적절하게 제어할 수 있는데, 바람직하게는 50 nm 이하, 더 바람직하게는 100-200 nm의 범위로 되도록 제어된다.

[0082] 본 발명의 유기 전계 발광 장치를 형성하기 위해, 본 발명의 목적에 반하지 않는다면, 다른 구성을 사용할 수도

있다. 예를 들어, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 주입층, 전자 수송층은 도 1에 도시되어 있지 않지만, 유기 전계 발광 장치를 형성하기 위해 필요에 따라 적절하게 설치될 수 있다.

- [0083] 정공 수송층은 정공 수송 능력을 보이는 화합물 중에서 선택된 것으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 정공 수송층은, 4,4'-비스[N-(나프틸)-N-페닐-아미노]비페닐(알파-NPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민(TPD), 2-TNATA, 4,4',4'-트리스(N-(3-메틸페닐)N-페닐아미노)트리페닐아민(MTDATA), 4,4'-N,N'-디카바졸비페닐(CBP), 스피로-NPD, 스피로-TPD, 스피로-TAD, TNB와 같은 아릴아민 화합물로 형성될 수 있다. 대신, 정공 수송층은 카바졸기(carbazole group)를 함유하는 아민 화합물, 플루오렌 유도체를 함유하는 아민 화합물로 형성될 수도 있다. 대신, 종래의 정공 수송 재료를 사용하여 정공 수송층을 형성할 수도 있다.
- [0084] 전자 수송 재료층은 전자 수송 성능을 보이는 화합물 중에서 선택된 것으로 형성될 수 있다. 이러한 전자 수송 화합물은 전자 수송 능력을 보이는 금속 착물(예를 들어, Alq<sub>3</sub>), 및 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 테트라진 유도체, 옥사디아졸 유도체와 같은 헤테로사이클릭 화합물 중에서 선택된 것일 수 있다. 대신, 다른 종래의 전자 수송 재료를 전자 수송 재료로서 사용할 수도 있다.
- [0085] 전술한 프로세스에 따라 제조되는 유기 전계 발광 장치에서, 복수의 발광층(4) 사이에 중간층(3)이 개재하는데, 이에 의해 복수의 발광층을 직렬로 연결하여 고휘도의 발광이 가능하다.
- [0086] 본 실시예에서, 중간층(3)은 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층(3a), 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물층(3a) 중 하나를 포함한다. 중간층(3)은 도전성 금속을 함유하는 광 투과성 층(3b), 전하 수송성 유기 금속층(3c), 및 정공 주입 재료층(3d)을 더 포함한다. 이 구성에서는, 금속 화합물 층(3a) 및 정공 주입 재료층(3d)이 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b) 및 전하 수송성 유기 재료층(3c)에 의해 서로 분리되어 있으며, 이에 의해 서로 직접적으로 반응하지 않게 된다. 이 외에, 중간층(3)은 층(3a,3d) 사이의 재료들의 층간 혼합 또는 층간 확산을 억제할 수 있어서, 전계 발광 장치의 내구성 및 지속성이 우수하게 된다.
- [0087] 본 발명을 예를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0088] (실시예 1)
- [0089] 애노드(1)의 제작에서는, ITO 막을 도 2에 도시된 미리 결정된 패턴으로 형성한다. ITO 막의 두께는 150 nm이고 폭은 5 mm이며, 시트 저항은 스퀘어당 약 10Ω이다. 기판(5)으로서 두께가 0.7 mm인 유리 기판(5)을 사용하였다. 기판(5)은 5분 동안 세척제로 초음파적으로 세척하고, 10분 동안 이온-교환수(ion-exchange water)로 세척하고, 10분 동안 아세톤으로 세척하였다. 그런 다음, 세척된 기판(5)을 IPA(이소프로필알콜)로 증기 세척하고 건조시키고, 이어서 UV/O<sub>3</sub> 처리를 수행하였다.
- [0090] 다음, 기판(5)을 진공 증기 증착 장치 내에 배치하였다. 1 x 10<sup>-4</sup> Pa 이하의 감소된 압력하에서, 4,4'-비스[N-(나프틸)-N-페닐-아미노]비페닐(알파-NPD) 및 몰리브덴 산화물(MoO<sub>3</sub>)을 증기 공증착하여, 정공 주입층으로서 두께가 30 nm인 알파-NPD/MoO<sub>3</sub> 막(1:1 몰비)을 형성하였다. 그런 다음, 알파-NPD를 증기 공증착하여, 정공 수송층으로서 두께가 30 nm인 알파-NPD 막을 형성하였다.
- [0091] 다음, Alq<sub>3</sub> 및 퀴나크리돈(quinacridone)을 정공 수송층에 증기 공증착하여, 발광층(4a)으로서 두께가 30 nm인 Alq<sub>3</sub> 층(퀴나크리돈을 3%질량 함유)을 형성하였다. 이어서, 발광층(4a) 위에 BCP를 증착하여 두께가 60 nm인 BCP 막을 전자 수송층으로서 형성하였다.
- [0092] 다음, 전자 수송층에 Alq<sub>3</sub> 및 Li를 공증착하여 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub>/Li 혼합막(1:1 몰비)을 전하 이동 착물층(3a)으로서 형성하였다. 이 전하 이동 착물층은 전자 주입층으로서 기능한다. 다음, 층(3a) 위에 Al을 증착하여, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 두께가 3 nm인 Al막을 형성하였다. 그런 다음, 층(3b) 위에 BCP를 증착하여 두께가 5 nm인 BCP 막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6(화학식 1)을 증착하여, 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써, 중간층(3)을 제작하였다.

[0093] (화학식 1)



HAT-CN6

[0094]

[0095] 다음, 중간층(3) 위에 알파-NPD를 증기 증착하여, 두께가 40 nm인 알파-NPD 막을 정공 수송층으로서 형성하였다. 그런 다음, 정공 수송층 위에 Alq3 및 퀴나크리돈을 증기 공증착하여 두께가 30 nm인 Alq3막(퀴나크리돈을 7%질량 함유)을 발광층(4b)으로서 형성하였다.

[0096] 다음, 발광층(4b) 위에 BCP를 증착하여 두께가 40 nm인 BCP 막을 전자 수송층으로서 형성하였다. 그런 다음, LiF를 증착하여 두께가 0.5 nm인 LiF 막을 형성하였다.

[0097] 이어서, Al을 초당 0.4 nm의 속도로 증기 증착하여 도 2에 도시된 바와 같이, 폭 5 mm, 두께 100 nm인 Al 막을 캐소드(2)로서 형성하였다.

[0098] 이와 같은 과정에 의해, 발광층(4)이 2층으로 구성되고 이 2층 사이에 중간층(3)이 개재하는, 도 1에 도시된 전계 발광 장치를 얻을 수 있다. 정공 주입층, 정공 수송층 및 전자 수송층은 도 1에 도시되어 있지 않다.

[0099] (실시예 2)

[0100] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Na 및 Li<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>를 저항 가열 증착(resistive heating deposition)에 의해 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 Na/Li<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 적층막을 층(3a)으로서 형성하였다. 이와 같은 층(3a)은 두께가 1 nm인 Na 막 및 두께가 4 nm인 Li<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 층으로 이루어진 적층층으로서 형성된다. 그런 다음, 층(3a) 위에 저항 가열 증착에 의해 ZnO를 증착하여 두께가 5 nm인 ZnO 층을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 층(3c,3d)을 실시예 1에서와 동일한 방식으로 형성하여 중간층(3)을 제작한다. 다른 층들도 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0101] (실시예 3)

[0102] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>를 저항 가열 증착(resistive heating deposition)에 의해 증기 증착하여, 두께가 1 nm인 Li<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Al을 증착하여 두께가 1.5 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 Alq<sub>3</sub>을 증착하여 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub> 막을 전자 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 층을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0103] (실시예 4)

[0104] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li<sub>2</sub>O를 저항 가열 증착(resistive heating deposition)에 의해 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 Li<sub>2</sub>O 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 저항 가열 증착에 의해 Al을 증착하여 두께가 1.5 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 Alq<sub>3</sub>을 증착하여 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub> 막을 전자 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 F4-TCNQ를 증착하여 두께가 3 nm인 F4-TCNQ 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

- [0105] (실시예 5)
- [0106] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Alq<sub>3</sub> 및 Rb를 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub>/Rb 혼합막(1:1 몰비)을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 저항 가열 증착에 의해 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Al을 증착하여 두께가 1.5 nm인 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al(10:1 몰비) 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 저항 가열 증착에 의해 Al을 증착하여 두께가 1.5 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 NPD 및 Alq<sub>3</sub>을 공증착하여 두께가 5 nm인 NPD/Alq<sub>3</sub> 혼합층(1:1 몰비)을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 MoO<sub>3</sub> 및 NPD를 증착하여 두께가 3 nm인 MoO<sub>3</sub>/NPD 혼합막(1:1 몰비)(p-도핑층으로서 기능함)을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0107] (실시예 6)
- [0108] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 BCP 및 K를 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 BCP/K 혼합막(1:1 몰비)을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 스피터링에 의해 IZO를 증착하여 두께가 2 nm인 IZO 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 스피로-DPVBi를 증착하여 두께가 5 nm인 스피로-DPVBi 막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 F4-TCNQ 및 NPD를 증착하여 두께가 3 nm인 F4-TCNQ/NPD 막(2:98 몰비)을, p-도핑층으로서 기능하는 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0109] (실시예 7)
- [0110] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Alq<sub>3</sub> 및 Cs를 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub>/Cs 혼합막(1:0.5 몰비)을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Mg 및 Ag를 증착하여 두께가 3 nm인 Mg/Ag(1:1 몰비) 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 NPD를 증착하여 두께가 5 nm인 NPD 막(정공 수송 능력을 보임)을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6 및 NPD를 증착하여 두께가 10 nm인 HAT-CN6/NPD 혼합막(1:4 몰비)(p-도핑층으로서 기능함)을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0111] (실시예 8)
- [0112] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> 및 Li를 증기 증착하여, 두께가 5 nm인 Li<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>/Li 혼합막(4:1 몰비)을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Li를 공증착하여 두께가 5 nm인 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Li(10:1 몰비) 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 바이폴라 스피로-DPVBi를 증착하여 두께가 5 nm인 스피로-DPVBi 막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 10 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0113] (실시예 9)
- [0114] Al을 증착하여 두께가 10 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다른 층들은 실시예 3에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0115] (실시예 10)
- [0116] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li를 저항 가열 증착에 의해 증기 증착하여, 두께가 1 nm인 Li 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Al을 증착하여 두께가 2 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에 Alq<sub>3</sub>을 증착하여 두께가 5 nm인 Alq<sub>3</sub> 막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하

였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0117] (실시예 11)

[0118] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Na를 저항 가열 증착에 의해 증기 증착하여, 두께가 1 nm인 Na 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Al을 증착하여 두께가 1 nm인 Al 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에  $AlQ_3$  을 증착하여 두께가 5 nm인  $AlQ_3$  막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 F4-TCNQ를 증착하여 두께가 3 nm인 F4-TCNQ 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0119] (실시예 12)

[0120] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li를 저항 가열 증착에 의해 증기 증착하여, 두께가 2 nm인 Li 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 IZO를 증착하여 두께가 3 nm인 IZO 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에  $AlQ_3$  을 증착하여 두께가 5 nm인  $AlQ_3$  막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0121] (실시예 13)

[0122] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Li를 저항 가열 증착에 의해 증기 증착하여, 두께가 2 nm인 Li 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Mg를 증착하여 두께가 1.5 nm인 Mg 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에  $AlQ_3$  을 증착하여 두께가 5 nm인  $AlQ_3$  막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0123] (실시예 14)

[0124] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에 Na를 저항 가열 증착에 의해 증기 증착하여, 두께가 2 nm인 Na 막을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Ca를 증착하여 두께가 2 nm인 Ca 막을 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성하였다. 다음, 층(3b) 위에  $AlQ_3$  을 증착하여 두께가 5 nm인  $AlQ_3$  막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 중간층(3)을 제작하였다. 다른 층들은 실시예 1에서와 동일한 방식으로 제작하여 전계 발광 장치를 얻었다.

[0125] (종래의 실시예 1)

[0126] 실시예 1에서 발광층(4a) 위에 제공된 제1 전자 수송층으로서 기능하는 BCP 층 위에  $AlQ_3$  및 Li를 증기 증착하여, 두께가 5 nm인  $AlQ_3/Li$  막(1:1 몰비)을 층(3a)으로서 형성하였다. 그런 다음, 층(3a) 위에 Al을 증착하여 두께가 80 nm인 Al 막을 캐소드(2)로서 형성함으로써, 발광하였다. 다음, 층(3b) 위에  $AlQ_3$  을 증착하여 두께가 5 nm인  $AlQ_3$  막을 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성하였다. 이어서, 층(3c) 위에 HAT-CN6을 증착하여 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성함으로써 발광 장치(4)가 제1 발광층(4a)으로만 구성되는 전계 발광 장치를 얻었다.

[0127] (종래의 실시예 2)

[0128] 실시예 1에서 애노드(1)로서 기능하는 ITO 막 위에 HAT-CN6을 증착하여, 두께가 5 nm인 HAT-CN6 막을 중간층(3)의 최종 층(3d)으로서 형성하였다. 그런 다음, 실시예 1에서와 동일한 방식으로 후속의 층들(정공 수송층, 발광층(4b), 전자 수송층, 및 캐소드(2))을 제작하여, 발광 장치(4)가 제2 발광층(4b)으로만 구성되는 전계 발광 장치를 얻었다.

[0129] (비교예 1)

- [0130] 실시예 5에서의 공증착된 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al 막이 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성되지 않았다. 다른 층들을 실시예 5와 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0131] (비교예 2)
- [0132] 실시예 4의 Li<sub>2</sub>O 막이 층(3a)으로서 형성되지 않았다. 다른 층들을 실시예 4와 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0133] (비교예 3)
- [0134] 실시예 4의 Alq<sub>3</sub> 막이 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성되지 않았다. 다른 층들을 실시예 4와 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0135] (비교예 4)
- [0136] p-도핑된 층으로서 기능하는 실시예 6의 F4-TCNA/NPD 막이 정공 주입 재료층(3d)으로서 형성되지 않았다. 다른 층들을 실시예 6과 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0137] (비교예 5)
- [0138] 실시예 3에서와 거의 동일한 방식으로 Alq<sub>3</sub> 막이 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성되었으나, 두께를 50 nm으로 형성하였다. 다른 층들을 실시예 3과 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0139] (비교예 6)
- [0140] 실시예 4에서와 거의 동일한 방식으로 Alq<sub>3</sub> 막이 전하 수송성 유기 재료층(3c)으로서 형성되었으나, 두께를 0.5 nm으로 형성하였다. 다른 층들을 실시예 4와 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0141] (비교예 7)
- [0142] 실시예 12의 증착된 IZO 막이 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)으로서 형성되지 않았다. 다른 층들을 실시예 12와 동일한 방식으로 형성함으로써 전계 발광 장치를 얻었다.
- [0143] 표 1은 전술한 실시예 1-14 및 비교예 1-7에서의 전하 수송층(3a)(또는 일함수가 3.7 eV인 금속의 금속층, 금속 화합물 층), 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b), 전하 수송성 유기 재료층(3c), 및 정공 주입 재료층(3d)의 속성 및 두께를 나타낸다.
- [0144] 표 1은 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 투과율을 나타낸다. 투과율은 수정 기관 위에 상이한 두께 (5 nm 및 10 nm)로 각각 제공된 2종의 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)에 대해 측정되었는데, 460 nm 내지 800 nm의 파장 범위에서의 평균 흡수율을 획득하여 두께 5 nm 당 흡수율을 산출하였다. 이와 같이 두께 5 nm 당 흡수율을 기초해서, 전술한 예 및 비교예 각각에서 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)에 대해 투과율을 측정하였다.

[0145] (표 1)

	층(3a)(전하 이동 작용층, 일함수가 3.7 eV 인 금속의 금속층, 상기 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물층	도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)	전하 수송 유기 재료층(3c)	정공 수송 유기 재료층(3d)	도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 투과율
실시예 1	Alq <sub>3</sub> 및 Li (1:1) 5nm	Al 3nm	BCP 5nm	HAT-CN6 5nm	96%
실시예 2	Na(1nm)+Li <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> (5nm)	ZnO 5nm	BCP 5nm	HAT-CN6 5nm	98%
실시예 3	Li <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> 1nm	Al 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	98%
실시예 4	LiO <sub>2</sub> 5nm	Al 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	F4-TCNQ 3nm	98%
실시예 5	Alq <sub>3</sub> : Rb (1:1) 5nm	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Al (10:1) 1.5 nm	NPD : Alq <sub>3</sub> (1:1) 5nm	NPD:MoO <sub>3</sub> (1:1) 3nm	95%
실시예 6	BCP : K (1:1) 5nm	IZO 2nm	spiro-DPVBi 5nm	F4-TCNQ :NPD (2:98) 3nm	98%
실시예 7	Alq <sub>3</sub> : Cs (1:0.5) 5nm	Mg : Ag (1:1) 3 nm	NPD 5nm	NPD : HAT-CN6 (4:1) 10nm	97%
실시예 8	Li <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> : Li (4:1) 5nm	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Li (10:1) 5 nm	spiro-DPVBi 5nm	HAT-CN6 10nm	96%
실시예 9	Li <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> 1nm	Al 10nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	70%
실시예 10	Li 1nm	Al 2nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	96%

[0146]

실시예 11	Na 1nm	Al 1nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	F4-TCNQ 3nm	97%
실시예 12	Li 2nm	IZO 3nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	97%
실시예 13	Li 2nm	Mg 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	98%
실시예 14	Na 2nm	Ca 2nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	97%
비교예 1	Alq <sub>3</sub> : Rb (1:1) 5nm	—	NPD:Alq <sub>3</sub> (1:1) 5nm	NPD:MoO <sub>3</sub> (1:1) 3nm	—
비교예 2	—	Al 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	98%
비교예 3	LiO <sub>2</sub> 5nm	Al 1.5nm	—	F4-TCNQ 3nm	98%
비교예 4	BCP : K (1:1) 5nm	IZO 2nm	spiro-DPVBi 5nm	—	98%
비교예 5	Li <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> 1nm	Al 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 50nm	HAT-CN6 5nm	98%
비교예 6	LiO <sub>2</sub> 5nm	Al 1.5nm	Alq <sub>3</sub> 0.1nm	F4-TCNQ 3nm	98%
비교예 7	Li 2nm	—	Alq <sub>3</sub> 5nm	HAT-CN6 5nm	97%

[0147]

[0148] 실시예 9는 이하의 표 2에 나타난 바와 같이 우수한 내구성 및 지속성을 보이지만, 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층(3b)의 두께가 과도하여 생기는 열악한 투과 능력을 제공한다.

[0149] 실시예 1-14, 비교예 1-7 및 종래의 실시예 1-2 각각에 대해 10 mA/cm<sup>2</sup>의 전류를 인가하여 구동 전압을 측정하였다. 실시예 1-14, 비교예 1-7 및 종래의 실시예 1-2 각각에 대해 초기의 휘도와 관련해서 10 mA/cm<sup>2</sup>의 전류를 인가하여 80% 이상의 휘도를 유지하는 지속 기간도 측정하였다. 획득된 구동 전압 및 지속 기간이 표 2에 나타나 있다.

[0150] (표 2)

	구동 전압	초기 휘도에 대해 80% 이상의 휘도를 유지하기 유지하는 시간
종래의 실시예 1	5.8 V	600 hours
종래의 실시예 2	5.2 V	500 hours
실시예 1	11.1 V	600 hours
실시예 2	11.3 V	620 hours
실시예 3	11.3 V	680 hours
실시예 4	11.1 V	670 hours
실시예 5	10.9 V	660 hours
실시예 6	10.8 V	620 hours
실시예 7	10.7 V	610 hours
실시예 8	11.0 V	600 hours
실시예 9	11.4 V	670 hours
실시예 10	10.8 V	670 hours
실시예 11	10.8 V	640 hours
실시예 12	11.2 V	650 hours
실시예 13	11.6 V	680 hours
실시예 14	11.4 V	670 hours
비교예 1	12.3 V	530 hours
비교예 2	16.1 V	300 hours
비교예 3	11.3 V	510 hours
비교예 4	17.4 V	340 hours
비교예 5	16.9 V	500 hours
비교예 6	11.3 V	510 hours
비교예 7	13.2 V	600 hours

[0151]

[0152] 실시예 1-14에서의 각각의 장치는 종래의 실시예 1 및 2의 장치에서의 구동 전압과 실질적으로 동일한 구동 전압을 보이며, 중간층(3)은 종래의 실시예 1 및 2에서의 장치들 간의 접속을 양호하게 하는 역할을 하는 것으로 나타나 있다. 실시예 1-14에서의 각각의 장치는 종래의 실시예 1 및 2에서의 각각의 장치의 내구성과 동일한 내구성을 제공하며, 각각의 중간층(3)은 장치에 악영향을 미치지 않는 것으로 나타나 있다. 실시예 1-14에서의 각각의 장치는 종래의 실시예 1-2에서의 발광 성능을 합한 것과 동일한 발광 성능 보이고 있다.

[0153] 비교예 1-7에서의 각각의 장치는 종래의 실시예 1-2에서의 장치들의 발광 성능을 합한 것과 실질적으로 동일한 발광 성능을 보이고 있다. 그렇지만, 종래의 실시예 1, 5 및 7에서의 각각의 장치는 높은 전압을 보이고 있다. 비교예 1 및 2에서의 각각의 장치는 실질적으로 높은 구동 전압뿐만 아니라 저하된 내구성도 보이고 있다. 비교예 3 및 6에서의 각각의 장치는 각각의 예에서의 구동 전압과 실질적으로 동일한 낮은 구동 전압뿐만 아니라 비교적 낮은 내구성도 보이고 있다.

[0154] 실시예 9에서의 장치는 전압 및 내구성을 우수하게 제공하지만, 종래의 실시예 1 및 2의 발광 성능을 합한 것에 비해서는 열악한 발광 성능을 보이고 있다. 열악한 발광 성능은 중간층(3)의 층(3b)에서의 투과율이 낮기 때문인 것으로 추측된다.

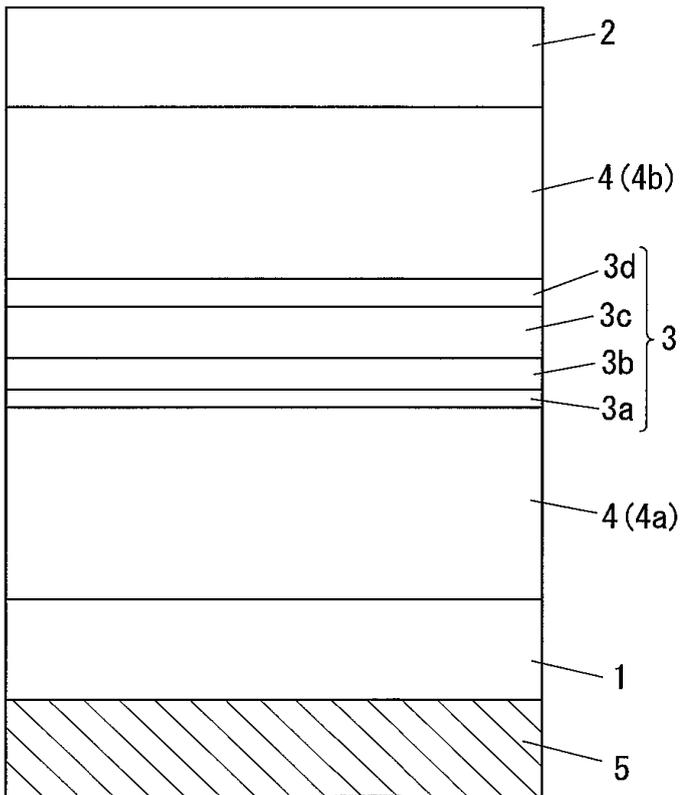
**부호의 설명**

- [0155] 1 애노드
- 2 캐소드
- 3 중간층

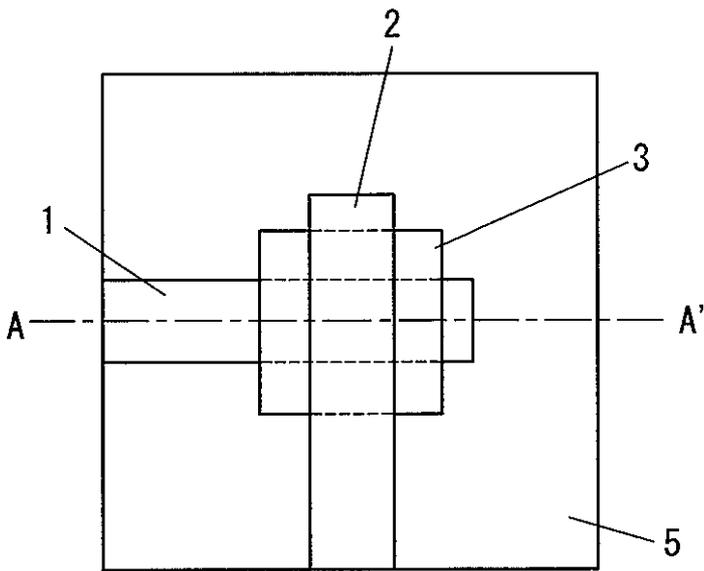
- 3a 전하 이동 착물층, 일함수가 3.7 eV 이하인 금속으로 만들어진 금속층, 또는 일함수가 3.7 eV 이하인 금속의 화합물로 만들어진 금속 화합물 층
- 3b 도전성 재료를 함유하는 광 투과성 층
- 3c 전하 수송성 유기 재료층
- 3d 정공 주입 재료층
- 4(4a,4b) 기판
- 5 기판

**도면**

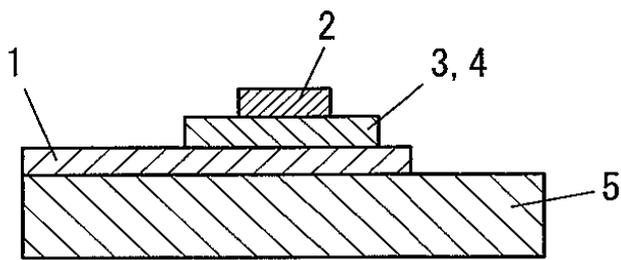
**도면1**



도면2a



도면2b



도면3

