



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월06일  
(11) 등록번호 10-1663000  
(24) 등록일자 2016년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H05B 33/20 (2006.01) H01L 51/54 (2006.01)  
H05B 33/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-0088095  
(22) 출원일자 2008년09월08일  
심사청구일자 2013년09월06일  
(65) 공개번호 10-2009-0028420  
(43) 공개일자 2009년03월18일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2007-00237910 2007년09월13일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP09298088 A\*  
JP2004079413 A\*  
JP2005502165 A\*  
JP2006066890 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
스즈키 츠네히로  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이  
시타가키 사토코  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이  
세오 사토시  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이  
(74) 대리인  
이화익

전체 청구항 수 : 총 16 항

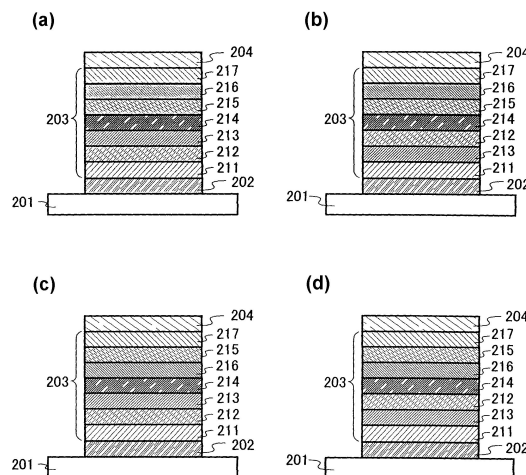
심사관 : 권보람

(54) 발명의 명칭 발광소자 및 발광장치

(57) 요약

수명이 긴 발광소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은 정공의 수송을 제어하는 층이며, 제2층은 전자의 수송을 제어하는 층이며, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 발광소자를 제공한다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광소자에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극 위의 정공수송층;

상기 정공수송층 위의 발광층;

상기 발광층 위의 전자수송층;

상기 전자수송층 위의 제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 정공수송층 사이의 제1층; 및

상기 발광층과 상기 전자수송층 사이의 제2층을 포함하고,

상기 제1층은, 정공수송성의 제1 유기 화합물과, 전자수송성의 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 정공수송성의 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 유기 화합물은 상기 제1 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 발광층의 발광 재료는 제1 인광성 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제1 인광성 화합물과 다르고, 전자 트랩성을 갖는 제2 인광성 화합물인, 발광소자.

#### 청구항 2

발광소자에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극 위의 정공수송층;

상기 정공수송층 위의 발광층;

상기 발광층 위의 전자수송층;

상기 전자수송층 위의 제2 전극;

상기 정공수송층과 상기 발광층 사이의 제1층; 및

상기 발광층과 상기 전자수송층 사이의 제2층을 포함하고,

상기 제1층은, 정공수송성의 제1 유기 화합물과, 전자수송성의 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 정공수송성의 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 유기 화합물은 상기 제1 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 발광층의 발광 재료는 제1 인광성 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제1 인광성 화합물과 다르고, 전자 트랩성을 갖는 제2 인광성 화합물인, 발광소자.

#### 청구항 3

발광소자에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극 위의 정공수송층;

상기 정공수송층 위의 발광층;

상기 발광층 위의 전자수송층;

상기 전자수송층 위의 제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 정공수송층 사이의 제1층; 및

상기 전자수송층과 상기 제2 전극 사이의 제2층을 포함하고,

상기 제1층은, 정공수송성의 제1 유기 화합물과, 전자수송성의 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 정공수송성의 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 유기 화합물은 상기 제1 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 발광층의 발광 재료는 제1 인광성 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제1 인광성 화합물과 다르고, 전자 트랩성을 갖는 제2 인광성 화합물인, 발광소자.

#### 청구항 4

발광소자에 있어서,

제1 전극;

상기 제1 전극 위의 정공수송층;

상기 정공수송층 위의 발광층;

상기 발광층 위의 전자수송층;

상기 전자수송층 위의 제2 전극;

상기 정공수송층과 상기 발광층 사이의 제1층; 및

상기 전자수송층과 상기 제2 전극 사이의 제2층을 포함하고,

상기 제1층은, 정공수송성의 제1 유기 화합물과, 전자수송성의 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 정공수송성의 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 유기 화합물은 상기 제1 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고,

상기 발광층의 발광 재료는 제1 인광성 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 상기 제1 인광성 화합물과 다르고, 전자 트랩성을 갖는 제2 인광성 화합물인, 발광소자.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 유기 화합물은, 옥사디아졸 유도체, 트리아졸 유도체 및 페난트롤린 유도체 중 어느 하나인, 발광소자.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제3 유기 화합물은 금속착체인, 발광소자.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제4 유기 화합물은 방향족 아민 화합물인, 발광소자.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제2 유기 화합물은 정공 블록 재료인, 발광소자.

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제1층에 있어서의 상기 제2 유기 화합물의 농도는, 1중량% 이상 20중량% 이하인, 발광소자.

#### 청구항 11

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜과, 상기 제1 유기 화합물의 이온화퍼텐셜의 차는 0.5eV 이상인,  
발광소자.

#### 청구항 12

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜은 5.8eV 이상인, 발광소자.

#### 청구항 13

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 상기 제4 유기 화합물의 최저 공궤도 준위의 차는 0.3eV보다 작은,  
발광소자.

#### 청구항 14

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제3 유기 화합물의 쌍극자모멘트를  $P_1$ , 상기 제4 유기 화합물의 쌍극자모멘트를  $P_2$ 라고 하면,  $P_1/P_2 \geq 3$  또는  $P_1/P_2 \leq 0.33$ 의 관계를 만족하는, 발광소자.

#### 청구항 15

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제1층의 두께는, 1nm 이상 20nm 이하인, 발광소자.

#### 청구항 16

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제2층의 두께는, 5nm 이상 20nm 이하인, 발광소자.

**청구항 17**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 발광소자를 포함한, 발광장치.

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

삭제

**청구항 32**

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 전류여기형 발광소자에 관한 것이다. 또한 발광소자를 갖는 발광장치, 전자기기에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근, 일렉트로루미네선스(electroluminescence)를 이용한 발광소자의 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이들 발광소자의 기본적인 구성은, 한 쌍의 전극 간에 발광성 물질을 끼운 것이다. 이 소자에 전압을 인가함으로써, 발광성 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 이러한 발광소자는 자발광형이기 때문에, 액정 모니터에 비해 화소의 시인성이 높고, 백라이트를 필요로 하지 않는 등의 이점이 있어, 플랫 패널 디스플레이 소자로서 적합하다고 여겨지고 있다. 또한 이러한 발광소자는 초경량으로 제조할 수 있는 것도 큰 이점이다. 또한 상당히 응답 속도가 빠른 것도 특징의 하나다.

[0004] 또한 이들 발광소자는 막 형상으로 형성하는 것이 가능하기 때문에, 대면적의 소자를 형성함으로써, 면형의 발광을 용이하게 얻을 수 있다. 이것은, 백열전구나 LED로 대표되는 점광원, 혹은 형광등으로 대표되는 선광원에서는 얻기 어려운 특색이기 때문에, 조명 등에 응용할 수 있는 면광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0005] 일렉트로루미네선스를 이용한 발광소자는, 발광성 물질이 유기 화합물인지, 무기 화합물인지에 따라 크게 나누어진다.

[0006] 발광성 물질이 유기 화합물일 경우, 발광소자에 전압을 인가함으로써, 한 쌍의 전극으로부터 전자 및 정공이 각각 발광성의 유기 화합물을 포함한 층에 주입되어, 전류가 흐른다. 그리고, 그들 캐리어(전자 및 정공)가 재결합함으로써, 발광성의 유기 화합물이 여기상태를 형성하고, 그 여기상태가 기저상태로 되돌아올 때에 발광한다. 이러한 메커니즘 때문에, 이러한 발광소자는, 전류여기형 발광소자라고 불린다.

[0007] 이 때 유기 화합물이 형성하는 여기상태의 종류로서는, 단일항 여기상태와 삼중항 여기상태가 가능하고, 단일항 여기상태로부터의 발광을 형광, 삼중항 여기상태로부터의 발광을 인광이라고 부르고 있다.

[0008] 이러한 발광소자에 대해서는, 그 소자특성을 향상시키는 데 있어서, 재료에 의존한 문제가 많고, 이것들을 극복

하기 위해서 소자구조의 개량이나 재료 개발 등이 이루어지고 있다.

[0009] 예를 들면 비특허문헌 1에서는, 정공 블록층을 설치함으로써, 인광재료를 사용한 발광소자를 효율적으로 발광시킨다.

[0010] [비특허문헌 1] 테츠오 츠츠이 외 8명, 저패니즈 저널 오브 어플라이드 피직스, vol.38, L1502-L1504(1999).

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0011] 그러나 비특허문헌 1에 기재되어 있는 바와 같이 정공 블록층은 내구성이 없고, 발광소자의 수명은 짧고, 그 때문에 발광소자의 수명을 한층 연장할 것이 요구되고 있다.

[0012] 이상으로부터, 본 발명은 수명이 긴 발광소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또한 수명이 긴 발광장치 및 전자기기를 제공하는 것을 과제로 한다.

### 과제 해결수단

[0013] 본 발명자들은, 예의 검토를 거듭한 결과, 캐리어의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 발광 효율이 높은 발광소자가 얻어진다는 것을 알아냈다. 또한 수명이 긴 발광소자가 얻어진다는 것을 알아냈다.

[0014] 이에 따라, 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 정공수송성의 제1 유기 화합물과, 상기 제1 유기 화합물의 정공수송성을 저하하는 제2 유기 화합물을 포함하고, 상기 제2 유기 화합물은, 상기 제1 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.

[0015] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물은, 정공이 주입되지 않은 물질이며, 또한, 제1층의 정공수송성을 낮추는 물질이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.

[0016] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물은, 쌍극자모멘트가 2.0debye 이상인 정공 블록 재료이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.

[0017] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜과, 제1 유기 화합물의 이온화퍼텐셜의 차는, 0.5eV 이상이며, 또한, 제2 유기 화합물의 쌍극자모멘트는 2.0debye 이상이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.



- [0018] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜은 5.8eV 이상이며, 또한, 제2 유기 화합물의 쌍극자모멘트는 2.0debye 이상이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.
- [0019] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜과, 제1 유기 화합물의 이온화퍼텐셜의 차는, 0.5eV 이상이며, 또한, 제2 유기 화합물은 복소환을 갖는 분자구조이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.
- [0020] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물의 이온화퍼텐셜은 5.8eV 이상이며, 또한, 제2 유기 화합물은 복소환을 갖는 분자구조이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.
- [0021] 또한 본 발명의 하나는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 발광층과 제1층과 제2층을 가지고, 제1층은, 발광층과 제1 전극의 사이에 설치되어 있고, 제2층은, 발광층과 제2 전극의 사이에 설치되어 있고, 제1층은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있고, 제1 유기 화합물은, 정공수송성이며, 제2 유기 화합물은, 옥사디아졸 유도체, 트리아졸 유도체, 페난트롤린 유도체 중 어느 하나이며, 제2층은, 전자수송성의 제3 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물의 전자수송성을 저하하는 제4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제4 유기 화합물은, 상기 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있고, 제1 전극이 제2 전극보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 발광층으로부터의 발광이 얻어지는 것을 특징으로 하는 발광소자다.
- [0022] 상기 구성에 있어서, 제2 유기 화합물은, 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3, 4-옥사디아졸-2-일]벤젠, 3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1, 2, 4-트리아졸, 바소큐프로인 중 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0023] 또한 상기 구성에 있어서, 제1층에 있어서의 제2 유기 화합물의 농도는, 1중량% 이상 20중량% 이하인 것이 바람직하다.
- [0024] 또한 상기 구성에 있어서, 제1층과 발광층의 사이에 층이 설치되어 있고, 또한, 제1층과 제1 전극의 사이에 층이 설치되어 있는 것이 바람직하다.
- [0025] 또한 상기 구성에 있어서, 제1층의 막 두께는, 1nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다.
- [0026] 상기 구성에 있어서, 제3 유기 화합물은, 전자수송성이며, 제4 유기 화합물은, 정공수송성인 것이 바람직하다.
- [0027] 또한 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 제4 유기 화합물의 최저 공궤도 준위의 차는 0.3eV보다 작은 것이 바람직하다.
- [0028] 또한 제3 유기 화합물은, 금속착체이며, 제4 유기 화합물은, 방향족 아민 화합물인 것이 바람직하다.
- [0029] 또한 제3 유기 화합물의 쌍극자모멘트를 P1, 제4 유기 화합물의 쌍극자모멘트를 P2라고 하면,  $P1/P2 \geq 3$  또는  $P1/P2 \leq 0.33$ 의 관계를 만족시키는 것이 바람직하다.
- [0030] 또한 상기 구성에 있어서, 제3 유기 화합물은, 전자수송성의 유기 화합물이며, 제4 유기 화합물은, 전자 트랩성

의 유기 화합물인 것이 바람직하다.

- [0031] 또한 제4 유기 화합물은 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위보다 0.3eV 이상 낮은 최저 공궤도 준위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0032] 또한 제3 유기 화합물은, 금속착체인 것이 바람직하다.
- [0033] 또한 제4 유기 화합물은, 쿠마린 유도체인 것이 바람직하다. 또는, 제4 유기 화합물은, 퀴나크리돈 유도체인 것이 바람직하다.
- [0034] 또한 상기 구성에 있어서, 제2층의 막 두께는, 5nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다.
- [0035] 또한 상기 구성에 있어서, 제2층과 발광층은 접하도록 설치되는 것이 바람직하다.
- [0036] 또한 본 발명은, 전술한 발광소자를 갖는 발광장치도 범주에 포함하는 것이다. 본 명세서에 있어서의 발광장치란, 화상표시 디바이스, 발광 디바이스, 혹은 광원(조명 장치를 포함한다)을 포함한다. 또한 발광소자가 형성된 패널에 코넥터, 예를 들면 FPC(Flexible Printed circuit) 혹은 TAB(Tape Automated Bonding) 테이프 혹은 TCP(Tape Carrier Package)가 부착된 모듈, TAB테이프나 TCP의 끝에 프린트 배선판이 설치된 모듈, 또는 발광소자에 COG(Chip On Glass) 방식에 의해 IC(집적회로)가 직접 설치된 모듈도 모두 발광장치에 포함하는 것으로 한다.
- [0037] 또한 본 발명의 발광소자를 표시부에 사용한 전자기기도 본 발명의 범주에 포함하는 것으로 한다. 따라서, 본 발명의 전자기기는, 표시부를 가지고, 표시부는, 전술한 발광소자와 발광소자의 발광을 제어하는 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

## 효 과

- [0038] 본 발명의 발광소자는, 캐리어의 이동을 제어하는 층을 설치하고 있어, 캐리어 밸런스의 시간에 따른 변화를 억제할 수 있다. 따라서, 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0039] 또한, 본 발명의 발광소자를, 발광장치 및 전자기기에 적용함으로써, 수명이 긴 발광장치 및 전자기기를 얻을 수 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0040] 이하, 본 발명의 실시의 형태에 대해서 도면을 사용해서 상세하게 설명한다. 단, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 이탈하지 않고 그 형태 및 상세한 내용을 다양하게 변경할 수 있다는 것은 당업자라면 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명이 이하에 나타내는 실시의 형태의 기재 내용에 한정해서 해석되는 것은 아니다.
- [0041] (실시의 형태 1)
- [0042] 본 발명에 따른 발광소자의 일 형태에 대해서 도 1을 사용해서 이하에 설명한다. 본 발명에 따른 발광소자는, 정공의 이동을 제어하는 층과 전자의 이동을 제어하는 층을 가진다.
- [0043] 본 발명의 발광소자는, 한 쌍의 전극 간에 복수의 층을 가진다. 그 복수의 층은, 전극에서 떨어진 곳에 발광 영역이 형성되도록, 즉 전극에서 떨어진 부위에서 캐리어의 재결합이 이루어지도록, 캐리어 주입성이 높은 물질이나 캐리어 수송성이 높은 물질로 이루어지는 층을 조합해서 적층된 것이다.
- [0044] 본 실시의 형태에 있어서, 발광소자는, 제1 전극(202)과, 제2 전극(204)과, 제1 전극(202)과 제2 전극(204)의 사이에 설치된 EL층(203)으로 구성되어 있다. 이 때 본 형태에서는, 제1 전극(202)은 양극으로서 기능하고, 제2 전극(204)은 음극으로서 기능하는 것으로 해서, 이하 설명을 한다. 즉, 제1 전극(202)이 제2 전극(204)보다도 전위가 높아지도록, 제1 전극(202)과 제2 전극(204)에 전압을 인가했을 때에, 발광이 얻어지는 것으로 해서, 이하 설명을 한다.
- [0045] 기판(201)은 발광소자의 지지체로 사용할 수 있다. 기판(201)으로서는, 예를 들면 유리, 또는 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 이 때 발광소자의 제조 공정에 있어서 지지체로서 기능하는 것이면, 이들 이외의 것으로 해도 된다.
- [0046] 제1 전극(202)으로서는, 일함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상인 것이 바람직하다) 금속, 합금, 도전성 화합물,

및 이것들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 산화인듐-산화주석(I T O:Indium Tin Oxide), 규소 혹은 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연(I Z O:Indium Zinc Oxide), 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(I W Z O) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속산화물막은, 보통 스퍼터에 의해 성막되지만, 졸-겔법 등을 응용하여, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등에 의해 제조해도 상관없다. 예를 들면 산화인듐-산화아연(I Z O)은, 산화인듐에 대하여 1~20wt%의 산화아연을 가한 타겟을 사용해서 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 또한 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(I W Z O)은, 산화인듐에 대하여 산화텅스텐을 0.5~5wt%, 산화아연을 0.1~1wt% 함유한 타겟을 사용해서 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 이 외에, 금(A u), 백금(P t), 니켈(N i), 텅스텐(W), 크롬(C r), 몰리브덴(M o), 철(F e), 코발트(C o), 구리(C u), 팔라듐(P d), 티타늄(T i), 또는 금속재료의 질화물(예를 들면 질화 티타늄) 등을 들 수 있다.

[0047] 또한 제1 전극과 접하는 층으로서, 후술하는 복합재료를 포함한 층을 사용했을 경우에는, 제1 전극으로서, 일함수의 대소에 상관없이, 여러 가지 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 예를 들면 알루미늄(A l), 은(A g), 알루미늄을 포함한 합금(A l S i) 등을 사용할 수 있다. 또한 일함수가 작은 재료인, 원소주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 즉 리튬(L i)이나 세슘(C s) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(M g), 칼슘(C a), 스트론튬(S r) 등의 알칼리 토금속, 및 이것들을 포함한 합금(M g A g, A l L i), 유로퓸(E u), 이테르븀(Y b) 등의 희토류 금속 및 이것들을 포함한 합금 등을 사용할 수도 있다. 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 이것들을 포함한 합금의 막은, 진공증착법을 사용해서 형성할 수 있다. 또한 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 포함한 합금은 스퍼터링법에 의해 형성하는 것도 가능하다. 또한 은 페이스트 등을 잉크젯법 등에 의해 성막하는 것도 가능하다.

[0048] 본 실시의 형태에 나타내는 E L층(203)은, 정공주입층(211), 정공의 이동을 제어하는 층(212), 정공수송층(213), 발광층(214), 전자의 이동을 제어하는 층(215), 전자수송층(216), 전자주입층(217)을 가지고 있다. 이 때 E L층(203)은, 본 실시의 형태에서 나타내는 캐리어의 이동을 제어하는 층과, 발광층을 가지고 있으면 되고, 그 밖의 층의 적층구조에 대해서는 특별히 한정되지 않는다. 즉, E L층(203)은, 층의 적층구조에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 전자수송성이 높은 물질 또는 정공수송성이 높은 물질, 전자주입성이 높은 물질, 정공 주입성이 높은 물질, 바이폴라성(전자 및 정공의 수송성이 높은 물질)의 물질 등을 포함한 층과, 본 실시의 형태에서 나타내는 캐리어의 이동을 제어하는 층 및 발광층을 적절히 조합하여 구성하면 좋다. 예를 들면 정공 주입층, 정공수송층, 발광층, 전자수송층, 전자주입층 등을 적절히 조합하여 구성할 수 있다. 각 층을 구성하는 재료에 대해서 이하에 구체적으로 나타낸다.

[0049] 정공주입층(211)은, 정공 주입성이 높은 물질을 포함한 층이다. 정공 주입성이 높은 물질로서는, 몰리브덴산화물이나 바나듐산화물, 루테튬산화물, 텅스텐산화물, 망간산화물 등을 사용할 수 있다. 이 외에, 저분자의 유기 화합물로서는, 프탈로시아닌(약칭:H<sub>2</sub>P c), 구리(II) 프탈로시아닌(약칭:C u P c), 바나딜 프탈로시아닌(약칭:V O P c) 등의 프탈로시아닌계 화합물, 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭:T D A T A), 4,4',4"-트리스 [N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭:M T D A T A), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:D P A B), 4,4'-비스[N-(4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:D N T P D), 1,3,5-트리스 [N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭:D P A 3 B), 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭:P C z P C A 1), 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭:P C z P C A 2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭:P C z P C N 1) 등의 방향족 아민 화합물 등을 들 수 있다.

[0050] 또한 정공주입층(211)으로서, 정공수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 복합재료를 사용할 수 있다. 이 때 정공수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 것을 사용함으로써, 전극의 일함수에 상관없이 전극을 형성하는 재료를 선택할 수 있다. 즉, 제1 전극(202)으로서 일함수가 큰 재료뿐만 아니라, 일함수가 작은 재료를 사용할 수 있다. 이들 복합재료는, 정공수송성이 높은 물질과 엑셉터 물질을 공중착함으로써 형성할 수 있다.

[0051] 이 때 본 명세서에 있어서, 복합이란, 단순히 2개의 재료가 혼합되어 있는 상태뿐만 아니라, 복수의 재료를 혼합함으로써 재료 간에서의 전하의 교환이 이루어질 수 있는 상태가 되는 것을 말한다.

[0052] 복합재료에 사용하는 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 여러 가지 화합물을 사용할 수 있다. 이 때 복합재료에 사용하는 유기 화합물로서는 정공수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는,  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 단, 전자보다도 정공의 수송성이 높은 물질이면, 이것들 이외의 것을 사용해

도 된다. 이하에서는, 복합재료에 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.

- [0053] 복합재료에 사용할 수 있는 유기 화합물로서는, 예를 들면 MTDATA, TDATA, DPAB, DNTPD, DPA3B, PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭:TPD) 등의 방향족 아민 화합물이나, 4,4'-디(N-카르바졸일)비페닐(약칭:CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸일)페닐]벤젠(약칭:TCBP), 9-[4-(N-카르바졸일)]페닐-10-페닐 안트라센(약칭:CzPA), 1,4-비스[4-(N-카르바졸일)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등의 카르바졸 유도체나, 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:t-BuDNA), 2-tert-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭:DPPE), 2-tert-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭:t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:DNA), 9,10-디페닐 안트라센(약칭:DPAnth), 2-tert-부틸 안트라센(약칭:t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭:DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-tert-부틸-안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-비안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-비안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌, 펜타센, 코로넨, 4,4'-비스(2,2-디페닐 비닐)비페닐(약칭:DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭:DPVPA) 등의 방향족 탄화수소 화합물을 들 수 있다.
- [0054] 또한 역셉터성 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭:F4-TCNQ), 클로라닐 등의 유기 화합물이나, 전이금속 산화물을 들 수 있다. 또한 원소주기율표에 있어서의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오브, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도 특히, 산화몰리브덴은 대기중에서도 안정하며, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0055] 또한 정공주입층(211)으로서, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등)을 사용할 수 있다. 예를 들면, 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭:PVK), 폴리(4-비닐 트리페닐아민)(약칭:PVTPA), 폴리[N-(4-(N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노)페닐)메타크릴아미드](약칭:PTPDMA)폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭:Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 들 수 있다. 또한 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌 술폰산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스티렌 술폰산)(PANI/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0056] 또한 전술한 PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물과, 전술한 역셉터성 물질을 사용해서 복합재료를 형성하고, 정공주입층(211)으로 사용해도 된다.
- [0057] 정공의 이동을 제어하는 층(212)은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물을 포함하고, 제1 유기 화합물은, 제2 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있다. 정공의 이동을 제어하는 층은, 발광층(214)보다도 양극으로서 기능하는 제1 전극(202)측에 설치하는 것이 바람직하다. 즉, 발광층(214)과 제1 전극(202)의 사이에 설치하는 것이 바람직하다.
- [0058] 제1 유기 화합물은, 전자수송성보다도 정공수송성이 높다, 소위 정공수송성의 유기 화합물이다. 구체적으로는, 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들면 MTDATA, TDATA, DPAB, DNTPD, DPA3B, PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭:TPD) 등을 들 수 있다. 또한 PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0059] 제2 유기 화합물은, 정공이 주입되지 않고, 또한, 쌍극자모멘트가 큰 유기 화합물이다. 정공이 주입되지 않은 물질로서는, 정공 블록 재료를 들 수 있다. 정공 블록 재료는, 일반적으로, 이온화퍼텐셜이 큰 물질이다. 특히, 이온화퍼텐셜이 5.8eV 이상이면, 정공이 주입되지 않아 바람직하다. 특히, 바람직하게 6.0eV 이상이면 더욱 바람직하다. 또한 제1 유기 화합물에 비해, 이온화퍼텐셜의 차가 0.5eV 이상일 경우에도 제1 유기 화합물에서 제2 유기 화합물로 정공이 주입되지 않으므로 바람직하다. 또한 제2 유기 화합물의 쌍극자모멘트는, 2.0debye 이상인 것이 바람직하다. 특히, 쌍극자모멘트가 2.0debye보다도 더 큰 유기 화합물은 캐리어의 이동을 제어하는 층에 적합하게 사용할 수 있다.
- [0060] 제2 유기 화합물로서는, 구체적으로는, 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭:OXD-7), 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭:PBD) 등의 옥사디아졸 유도체, 3-(4-비



페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1, 2, 4-트리아졸(약칭: T A Z O1), 3,5-비스(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-1, 2, 4-트리아졸(약칭: t-B u T A Z) 등의 트리아졸 유도체, 바소페난트롤린(약칭: B P h e n), 바소큐프로인(약칭: B C P) 등의 페난트롤린 유도체 등을 사용할 수 있다.

- [0061] 본 실시의 형태에 나타내는 정공의 이동을 제어하는 층의 개념도를 도 4에 나타낸다. 도 4에 있어서, 정공수송성의 유기 화합물인 제1 유기 화합물(221)은, 정공수송성이기 때문에, 정공이 주입되기 쉽고, 정공이 근방의 제1 유기 화합물로 이동하기 쉽다.
- [0062] 한편, 제2 유기 화합물(222)은, 제1 유기 화합물의 이온화퍼텐셜의 차가 0.5eV 이상이기 때문에, 정공이 주입되지 않는다. 따라서, 정공은 제2 유기 화합물에는 주입되지 않고, 제1 유기 화합물 사이만을 호핑(hopping)에 의해 이동해 간다.
- [0063] 또한 제2 유기 화합물(222)은, 쌍극자모멘트가 큰 물질이다. 구체적으로는, 2.0debye 이상인 것이 바람직하다. 쌍극자모멘트가 큰 제2 유기 화합물이 포함되어 있는 것에 의해, 제1 유기 화합물의 사이를 이동하고 있는 정공은, 이동 속도가 느려진다. 즉, 쌍극자모멘트가 큰 제2 유기 화합물이 제1 유기 화합물의 근방에 위치함으로써, 정공의 이동을 저지하는 효과를 가진다고 생각된다.
- [0064] 따라서, 층 전체로서는, 제2 유기 화합물이 포함되는 것에 의해, 제1 유기 화합물(221)만으로 이루어지는 층보다도 정공 이동속도가 느려진다. 즉, 제2 유기 화합물을 첨가함으로써, 캐리어의 이동을 제어하는 것이 가능해진다. 또한 제2 유기 화합물의 농도를 제어함으로써, 캐리어의 이동 속도를 제어하는 것이 가능해진다.
- [0065] 특히, 제2 유기 화합물의 쌍극자모멘트가 클수록, 정공의 이동 속도를 느리게 하는 효과가 크다. 따라서, 쌍극자모멘트가 큰 물질을 제2 유기 화합물로 사용할 경우에는, 정공의 이동을 제어하는 층에 포함되는 제2 유기 화합물의 양이 소량이어도 효과를 얻을 수 있다.
- [0066] 정공의 이동을 제어하는 층을 설치하지 않는 종래의 소자구조의 경우, 제1 전극으로부터 주입된 정공은, 정공주입층 및 정공수송층을 지나, 발광층에 주입된다. 발광층에 주입된 정공은, 발광층이 정공수송성인 경우, 즉, 발광층에 포함되는 가장 많은 재료가 정공수송성인 경우에는, 발광층 내를 이동하여, 전자수송층까지 도달할 가능성이 있다. 정공이 전자수송층까지 도달하면, 전자수송층에 포함되는 재료를 열화시켜버려, 발광소자의 열화로 이어진다.
- [0067] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 정공의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 정공이 발광층 내를 꿰뚫고 나가서 전자수송층까지 도달하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 정공이 전자수송층까지 도달해서 전자수송층을 열화시키는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 발광소자의 열화를 억제하고, 장수명화할 수 있다.
- [0068] 또한 정공의 이동을 제어하는 층을 설치하지 않는 종래의 소자구조의 경우, 제1 전극으로부터 주입된 많은 정공은, 그대로 발광층에 주입된다. 발광층이 전자수송성인 경우, 즉, 발광층에 포함되는 가장 많은 재료가 전자수송성인 경우에는, 발광 영역은 발광층과 정공수송층과의 계면 부근이 된다. 한편, 발광층과 정공수송층과의 계면 부근에는, 과잉의 정공에 의해 양이온이 생성되고 있을 가능성이 있다. 양이온은 소광제로서 작용하기 때문에, 발광 영역의 주변에 생성되던 양이온의 영향에 의해 발광 효율이 저하해버린다.
- [0069] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 정공의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 과잉의 정공에 의해, 발광층이나 발광층 주변에 생기던 양이온의 생성을 억제할 수 있어, 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다. 따라서, 발광 효율이 높은 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0070] 상기한 바와 같이, 정공의 이동을 제어함으로써, 캐리어 밸런스가 향상되고, 그 결과, 정공과 전자의 재결합 확률이 향상되고, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다. 또한 본 실시의 형태에서 나타낸 바와 같이, 정공의 이동을 제어하는 층을, 발광층과 양극으로서 기능하는 제1 전극의 사이에 설치하는 구성은, 정공 과다의 발광소자에 적용하면 특히 효과적이다. 정공 과다의 발광소자에 있어서, 정공의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 과잉의 정공의 이동을 억제하고, 전자와 밸런스를 이루도록 제어하는 것이 가능해지기 때문이다.
- [0071] 본 실시의 형태에 나타낸 바와 같이, 정공의 이동을 제어하는 층을, 발광층과 양극으로서 기능하는 제1 전극의 사이에 설치하는 구성은, 정공 과다의 발광소자에 적용하면 특히 효과적이다. 유기 화합물을 사용한 발광소자는, 정공 과다의 발광소자인 경우가 많기 때문에, 본 발명은, 많은 유기 화합물을 사용한 발광소자에 적합하게 사용할 수 있다.
- [0072] 이 때 정공의 이동을 제어하는 층에 있어서의 제2 유기 화합물의 농도는, 1중량% 이상 20중량% 이하인 것이 바람직하다. 1중량% 이상 20중량% 이하인 것에 의해, 발광소자의 수명을 길게 유지할 수 있다. 특히, 1중량%

이상 10중량% 이하인 것이 바람직하다.

- [0073] 또한 정공의 이동을 제어하는 층의 막 두께는, 1nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다. 지나치게 두꺼운 막 두께이면, 정공의 이동 속도를 지나치게 저하시켜, 구동전압이 높아지게 된다. 또한 지나치게 얇은 막 두께이면, 정공의 이동을 제어하는 기능을 실현하지 않게 되어버린다. 따라서, 1nm 이상 20nm 이하의 막 두께인 것이 바람직하다.
- [0074] 정공수송층(213)은, 정공수송성이 높은 물질을 포함한 층이다. 정공수송성이 높은 물질로서는, 저분자 유기 화합물로서는, NPB, TPD, 4,4'-비스[N-(9,9-디메틸플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:DFLDPBi), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:BSPB) 등의 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다. 여기에 서술한 물질은, 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 단, 전자보다도 정공의 수송성이 높은 물질이면, 이것들 이외의 것을 사용해도 된다. 또한, 정공수송성이 높은 물질을 포함한 층은, 단층의 것뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층이 2층 이상 적층된 것으로 해도 된다.
- [0075] 또한 정공수송층(213)으로서, PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0076] 발광층(214)은, 발광성이 높은 물질을 포함한 층이며, 여러 가지 재료를 사용할 수 있다. 예를 들면 발광성이 높은 물질로서는, 형광을 발광하는 형광성 화합물이나 인광을 발광하는 인광성 화합물을 사용할 수 있다.
- [0077] 발광층에 사용할 수 있는 인광성 화합물로서는, 예를 들면 청색계의 발광 재료로서, 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭:Fir6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피코리나토(약칭:Firpic), 비스[2-(3',5'비스트리플루오로메틸페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피코리나토(약칭:Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(acac)) 등을 들 수 있다. 또한 녹색계의 발광 재료로서, 트리스(2-페닐피리디나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭:Ir(ppy)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐피리디나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), 비스(1, 2-디페닐-1H-벤즈이미다졸라토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(pbi)<sub>2</sub>(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)) 등을 들 수 있다. 또한 황색계의 발광 재료로서, 비스(2, 4-디페닐-1,3-옥사졸라토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)), 비스[2-(4'-피플루오로페닐페닐)피리디나토]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2-페닐벤조티아졸라토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)) 등을 들 수 있다. 또한 등색계의 발광 재료로서, 트리스(2-페닐퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭:Ir(pq)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)) 등을 들 수 있다. 또한 적색계의 발광 재료로서, 비스[2-(2'-벤조[4,5-a]티에닐)피리디나토-N,C<sup>3'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오르페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(약칭:Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-2H,23H-포르피린 백금(II)(약칭:PtOEP) 등의 유기금속착체를 들 수 있다. 또한 트리스(아세틸아세토네이트)(모노 페난트롤린)테르듐(III)(약칭:Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노 페난트롤린)유로퓸(III)(약칭:Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭:Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속착물은, 희토류 금속 이온으로부터의 발광(다른 다중도 간의 전자전이)이기 때문에, 인광성 화합물로서 사용할 수 있다.
- [0078] 발광층에 사용할 수 있는 형광성 화합물로서는, 예를 들면 청색계의 발광 재료로서, N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭:YGAS), 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭:YGAPA) 등을 들 수 있다. 또한 녹색계의 발광 재료로서, N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디

페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭:2P C A P A), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭:2P C A B P h A), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭:2D P A P A), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭:2D P A B P h A), 9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-N-[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭:2Y G A B P h A), N,N,9-트리페닐 안트라센-9-아민(약칭:D P h A P h A) 등을 들 수 있다. 또한 황색계의 발광 재료로서, 루브렌, 5,12-비스(1,1'-비페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약칭:B P T) 등을 들 수 있다. 또한 적색계의 발광 재료로서, N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약칭:p-m P h T D), 7,13-디페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1, 2-a]플루오란텐-3,10-디아민(약칭:p-m P h A F D) 등을 들 수 있다.

[0079] 이 때 발광층으로서, 전술한 발광성이 높은 물질(제6 유기 화합물)을 다른 물질(제5 유기 화합물)에 분산시킨 구성으로 해도 된다. 발광성 물질을 분산시키기 위한 물질로서는, 각종의 것을 사용할 수 있고, 발광성 물질보다도 최저 공해도 준위(LUMO 준위)가 높고, 최고 피점유해도 준위(HOMO 준위)가 낮은 물질을 사용하는 것이 바람직하다.

[0080] 발광성 물질을 분산시키기 위한 물질로서는, 구체적으로는, 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:A l q), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:A l m q<sub>3</sub>), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리나토)베틸륨(II)(약칭:B e B q<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리노라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭:B A l q), 비스(8-퀴놀리노라토)아연(II)(약칭:Z n q), 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀라토]아납(II)(약칭:Z n P B O), 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭:Z n B T Z) 등의 금속착체, 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3, 4-옥사디아졸(약칭:P B D), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3, 4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭:O X D-7), 3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2, 4-트리아졸(약칭:T A Z), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤조이미다졸)(약칭:T P B I), 바소페난토몰린(약칭:B P h e n), 바소큐프로인(약칭:B C P) 등의 복소환 화합물이나, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭:C z P A), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭:D P C z P A), 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭:D P P A), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:D N A), 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:t-B u D N A), 9,9'-비안트릴(약칭:B A N T), 9,9'-(스틸벤-3,3'-디일)디페난트렌(약칭:D P N S), 9,9'-(스틸벤-4,4'-디일)디페난트렌(약칭:D P N S<sub>2</sub>), 3,3',3''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리피렌(약칭:T P B<sub>3</sub>), 9,10-디페닐안트라센(약칭:D P A n t h), 6,12-디메톡시-5,11-디페닐크리센 등의 축합 방향족 화합물, N,N-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭:C z A<sub>1</sub>P A), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭:D P h P A), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭:P C A P A), N,9-디페닐-N-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카르바졸-3-아민(약칭:P C A P B A), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭:2P C A P A), NPB, TPD, DFLDPBi, BSPB 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다.

[0081] 또한 발광성 물질을 분산시키기 위한 물질은 복수 중 사용할 수 있다. 예를 들면 결정화를 억제하기 위해서 루브렌 등의 결정화를 억제하는 물질을 더 첨가해도 좋다. 또한 발광성 물질에의 에너지이동을 보다 효율적으로 행하기 위해 NPB, 혹은 A l q 등을 더 첨가해도 좋다.

[0082] 발광성이 높은 물질을 다른 물질에 분산시킨 구성으로 함으로써, 발광층(214)의 결정화를 억제할 수 있다. 또한 발광성이 높은 물질의 농도가 높은 것에 의한 농도 소광을 억제할 수 있다.

[0083] 또한 발광층(214)으로서 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 청색계의 발광 재료로서, 폴리(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)(약칭:P F O), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,5-디메톡시벤젠-1,4-디일)](약칭:P F-DMOP), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-[N,N'-디-(p-부틸페닐)-1,4-디아미노벤젠](약칭:T A B-P F H) 등을 들 수 있다. 또한 녹색계의 발광 재료로서, 폴리(p-페닐렌비닐렌)(약칭:P P V), 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-alt-co-(벤조[2,1,3]티아졸-4,7-디일)](약칭:P F B T), 폴리[(9,9-디옥틸-2,7-디비닐렌플루오렌)-alt-co-(2-메톡시-5-(2-에틸헥시록시)-1,4-페닐렌)] 등을 들 수 있다. 또한 등색~적색계의 발광 재료로서, 폴리[2-메톡시-5-(2'-에틸헥소시)-1,4-페닐렌비닐렌](약칭:M E H-P P V), 폴리(3-부틸티오펜-2,5-디일)(약칭:R 4-P A T), 폴리[(9,9-디헥실-2,7-비스(1-시아노비닐렌)플루오렌비닐렌)-alt-co-[2,5-비스(N,N'-디페닐아미노)-1,4-페닐렌]], 폴리[[2-메톡시-5-(2-에틸헥시록시)-1,4-비스(1-시아노비닐렌페닐렌)]-alt-co-[2,5-비스(N,N'-

디페닐아미노)-1,4-페닐렌]}(약칭:CN-PPV-DPD) 등을 들 수 있다.

- [0084] 전자의 이동을 제어하는 층(215)은, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물을 포함하고 있고, 제3 유기 화합물은, 제4 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있다. 즉, 제4 유기 화합물은, 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있다. 또한 전자의 이동을 제어하는 층은, 발광층(214)보다도 음극으로서 기능하는 제2 전극(204)측에 설치하는 것이 바람직하다. 즉, 발광층(214)과 제2 전극(204)의 사이에 설치하는 것이 바람직하다.
- [0085] 본 실시의 형태에 나타내는 전자의 이동을 제어하는 층(215)은, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물을 포함하고, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 캐리어 수송의 극성은 다르다.
- [0086] 전자의 이동을 제어하는 층을, 발광층과 음극으로서 기능하는 제2 전극의 사이에 설치할 경우, 제3 유기 화합물은, 전자수송성의 유기 화합물이며, 제4 유기 화합물은 정공수송성의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 즉, 제3 유기 화합물은, 정공수송성보다도 전자수송성이 높은 물질이며, 제4 유기 화합물은, 전자수송성보다도 정공수송성이 높은 물질인 것이 바람직하다. 또한 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)와, 제4 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)의 차는 0.3eV보다도 작은 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.2eV 이하이다. 즉, 열역학적으로는, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 사이에서 캐리어인 전자의 이동이 용이한 것이 바람직하다.
- [0087] 본 실시의 형태에 나타내는 전자의 이동을 제어하는 층의 개념도를 도 5에 나타낸다. 도 5에 있어서, 제3 유기 화합물(241)은, 전자수송성이기 때문에, 전자가 주입되기 쉽고, 전자가 근방의 제3 유기 화합물로 이동하기 쉽다. 즉, 제3 유기 화합물에 전자가 주입되는 속도, 및, 제3 유기 화합물로부터 전자가 방출되는 속도(V)가 크다.
- [0088] 한편, 정공수송성의 유기 화합물인 제4 유기 화합물(242)은, 제3 유기 화합물의 LUMO 준위와 가까운 LUMO 준위를 가지기 때문에, 열역학적으로는 전자가 주입될 수 있다. 그러나, 전자수송성의 유기 화합물인 제3 유기 화합물(241)로부터 정공수송성의 유기 화합물인 제4 유기 화합물(242)에 전자가 주입되는 속도(V1), 또는, 제4 유기 화합물(242)로부터 제3 유기 화합물(241)에 전자가 주입되는 속도(V2)는, 제3 유기 화합물(241)로부터 제3 유기 화합물(241)에 전자가 주입되는 속도(V)보다도 작다.
- [0089] 따라서, 층 전체로서는, 제4 유기 화합물이 포함되는 것에 의해, 제3 유기 화합물(241)만으로 이루어지는 층보다도 전자수송 속도가 작아진다. 즉, 제4 유기 화합물을 첨가함으로써, 캐리어의 이동을 제어하는 것이 가능해진다. 또한 제4 유기 화합물의 농도를 제어함으로써, 캐리어의 이동 속도를 제어하는 것이 가능해진다.
- [0090] 본 실시의 형태에 있어서, 상기한 바와 같이, 제3 유기 화합물은, 전자수송성의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:Almq), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(II)(약칭:BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리노라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭:BAAlq), 비스(8-퀴놀리노라토)아연(II)(약칭:Znq), 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭:ZnPBO), 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭:ZnBTZ) 등의 금속착체를 사용할 수 있다. 또한, 금속착체 이외에도, 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭:PD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭:OXD-7), 3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭:TAZO1), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤조이미다졸)(약칭:TPBI), 바소페난트롤린(약칭:BPhe n), 바소큐프로인(약칭:BCP) 등의 복소환 화합물도 사용할 수 있다. 또한 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭:CzPA), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭:DP CzPA), 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭:DP PA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:DNA), 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭:t-BuDNA), 9,9'-비안트릴(약칭:BA NT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-디일)디페난트렌(약칭:DP NS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-디일)디페난트렌(약칭:DP NS2), 3,3',3''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리피렌(약칭:TPB3) 등의 축합 방향족 화합물을 사용할 수 있다. 또한 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약칭:PF-Py), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)](약칭:PF-BPy) 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0091] 또한 제4 유기 화합물로서는, 정공수송성의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 9,10-디페닐안트라센(약칭:DP Anth), 6,12-디메톡시-5,11-디페닐크리센과 같은 축합 방향족 탄화수소나, N,N-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭:CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭:DP hPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭:PCAPA), N,9-디페닐-N-{4-



[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭:PCAPBA), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭:2PCAPA), NPB, TPD, DFLDPBi, BSPB 등의 방향족 아민 화합물, 쿠마린 7, 쿠마린 30 등의 아미노기를 갖는 화합물을 사용할 수 있다. 또한 PVK, PVTFA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0092] 이러한 조합에 의해, 제3 유기 화합물에서 제4 유기 화합물로, 혹은 제4 유기 화합물에서 제3 유기 화합물로 전자 이동이 억제되어, 캐리어의 이동을 제어하는 층의 전자 이동속도를 억제할 수 있다. 또한 캐리어의 이동을 제어하는 층은 제3 유기 화합물에 제4 유기 화합물을 분산해서 구성되어 있기 때문에, 경시적으로 결정화나 응집이 생기기 어렵다. 따라서, 전술한 전자 이동의 억제 효과도 경시 변화되기 어려워지고, 그 결과 캐리어 밸런스도 경시 변화되기 어려워진다. 이것이, 발광소자의 수명의 향상, 즉, 신뢰성의 향상으로 이어진다.

[0093] 이 때 전술한 조합 중에서도, 제3 유기 화합물로서 금속착체를, 제4 유기 화합물로서 방향족 아민 화합물을 조합하는 것이 바람직하다. 금속착체는 전자수송성이 높고 쌍극자모멘트가 크며, 한편, 방향족 아민 화합물은 정공수송성이 높고 비교적 쌍극자모멘트가 작다. 이렇게, 쌍극자모멘트가 크게 다른 물질을 조합함으로써 전술한 전자 이동의 억제 효과는 보다 현저해진다. 구체적으로는, 제3 유기 화합물의 쌍극자모멘트의 크기를 P1, 제4 유기 화합물의 쌍극자모멘트의 크기를 P2라고 하면,  $P1/P2 \geq 3$  또는  $P1/P2 \leq 0.33$ 이 되는 조합이 바람직하다.

[0094] 예를 들면 금속착체인 Alq의 쌍극자모멘트의 크기는 9.40debye이며, 방향족 아민 화합물인 2PCAPA의 쌍극자모멘트의 크기는 1.15debye다. 따라서, 본 실시의 형태 1과 같이, 제3 유기 화합물로서 금속착체와 같은 전자수송성의 유기 화합물을, 제4 유기 화합물로서 방향족 아민 화합물과 같은 정공수송성의 유기 화합물을 사용하는 경우에는,  $P1/P2 \geq 3$ 인 것이 바람직하다.

[0095] 또한 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 포함되는 제4 유기 화합물의 발광색과, 발광층(214)에 포함되는 발광성이 높은 물질의 발광색은, 동일 계열색인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 제4 유기 화합물의 발광스펙트럼의 최대의 피크의 파장과 발광성이 높은 물질의 발광스펙트럼의 최대의 피크의 파장의 차는, 30nm 이내인 것이 바람직하다. 30nm 이내인 것에 의해, 제4 유기 화합물의 발광색과 발광성이 높은 물질의 발광색은, 동일 계열색이 된다. 따라서, 전압 등의 변화에 의해, 제4 유기 화합물이 발광했을 경우에도, 발광색의 변화를 억제할 수 있다. 다만, 반드시 제4 유기 화합물이 발광할 필요는 없다.

[0096] 또한 전자의 이동을 제어하는 층(215)의 막 두께는, 5nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다. 막 두께가 지나치게 두꺼우면, 캐리어의 이동 속도가 과도하게 저하해버려, 구동전압이 높아져 버리고, 전자의 이동을 제어하는 층(215)의 발광 강도가 증대할 가능성이 있다. 또한 막 두께가 지나치게 얇으면, 캐리어의 이동을 제어하는 기능을 실현하지 않게 되어버린다. 따라서, 5nm 이상 20nm 이하의 막 두께인 것이 바람직하다.

[0097] 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하지 않는 종래의 소자구성의 경우, 제2 전극으로부터 주입된 전자는, 전자주입층 및 전자수송층을 지나서, 발광층에 주입된다. 발광층에 주입된 전자는, 발광층이 전자수송성인 경우, 즉, 발광층에 포함되는 가장 많은 재료가 전자수송성인 경우에는, 발광층 내를 이동하여, 정공수송층까지 도달할 가능성이 있다. 전자가 정공수송층까지 도달해버리면, 정공수송층에 포함되는 재료를 열화시켜버려, 발광소자의 열화로 이어진다.

[0098] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 전자의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 전자가 발광층 내를 꿰뚫고 나가서 정공수송층까지 도달하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 전자가 정공수송층까지 도달해서 정공수송층을 열화시키는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 발광소자의 열화를 억제하고, 장수명화할 수 있다.

[0099] 전자수송층(216)은, 전자수송성이 높은 물질을 포함한 층이다. 예를 들면 저분자의 유기 화합물로서, 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭:Almq<sub>3</sub>), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(II)(약칭:BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리노라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭:BAAlq), 비스(8-퀴놀리노라토)아연(II)(약칭:Znq), 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭:ZnPBO), 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭:ZnBTZ) 등의 금속착체를 사용할 수 있다. 또한, 금속착체 이외에도, 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭:PB<sub>D</sub>), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭:OXD-7), 3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭:TAZ01), 2,2'-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤조이미다졸)(약칭:TPBI), 바소페난트롤린(약칭:BPhen), 바소큐프로인(약칭:BCP) 등의 복소환 화합물도 사용할 수 있다. 여기에 서술한 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 이 때 정공보다도 전자의 수송성이 높은 물질이면, 상기 이외의 물질을 전자수송층으로 사용해도 상

관없다. 또한 전자수송층은, 단층의 것뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층이 2층 이상 적층된 것으로 해도 된다.

[0100] 또한 전자수송층(216)으로서, 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들면, 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약칭: P F-P y), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)](약칭: P F-B P y) 등을 사용할 수 있다.

[0101] 또한 전자주입층(217)은, 전자주입성이 높은 물질을 포함한 층이다. 전자주입성이 높은 물질로서는, 불화리튬(L i F), 불화세슘(C s F), 불화칼슘(C a F<sub>2</sub>) 등과 같은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속 또는 그것들의 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들면 전자수송성을 갖는 물질로 이루어지는 층 내에 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속 또는 그것들의 화합물을 함유시킨 것, 예를 들면 A l q 내에 마그네슘(M g)을 함유시킨 것 등을 사용할 수 있다. 이 때 전자주입층으로서, 전자수송성을 갖는 물질로 이루어지는 층 내에 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유시킨 것을 사용함으로써, 제2 전극(204)으로부터의 전자주입이 효율적으로 이루어지기 때문에 보다 바람직하다.

[0102] 제2 전극(204)을 형성하는 물질로서는, 일함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하인 것이 바람직하다) 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 이러한 음극재료의 구체적인 예로서는, 원소주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 즉 리튬(L i)이나 세슘(C s) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(M g), 칼슘(C a), 스트론튬(S r) 등의 알칼리 토금속, 및 이것들을 포함한 합금(M g A g, A l L i), 유로퓸(E u), 이테르븀(Y b) 등의 희토류 금속 및 이것들을 포함한 합금 등을 들 수 있다. 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 이것들을 포함한 합금의 막은, 진공증착법을 사용해서 형성할 수 있다. 또한 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 포함한 합금은 스퍼터링법에 의해 형성하는 것도 가능하다. 또한 은 페이스트 등을 잉크젯법에 의해 성막하는 것도 가능하다.

[0103] 또한 제2 전극(204)과 전자수송층(216)의 사이에, 전자주입을 촉진하는 기능을 갖는 층인 전자주입층(217)을 설치함으로써, 일함수의 대소에 상관없이, A l, A g, I T O, 규소 혹은 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석 등 여러 가지 도전성 재료를 제2 전극(204)으로 사용할 수 있다. 이들 도전성 재료는, 스퍼터링법이나 잉크젯법, 스핀 코팅법 등을 사용해서 성막하는 것이 가능하다.

[0104] 또한 E L층의 형성 방법으로서, 건식법, 습식법을 막론하고, 여러 가지 방법을 사용할 수 있다. 예를 들면 진공증착법, 잉크젯법 또는 스핀 코팅법 등 사용해도 상관없다. 또 각 전극 또는 각 층마다 다른 성막 방법을 사용해서 형성해도 상관없다.

[0105] 예를 들면 전술한 재료 중, 고분자 화합물을 사용해서 습식법으로 E L층을 형성해도 좋다. 또는, 저분자의 유기 화합물을 사용해서 습식법으로 형성할 수도 있다. 또한 저분자의 유기 화합물을 사용해서 진공증착법 등의 건식법을 사용해서 E L층을 형성해도 좋다.

[0106] 또한 전극에 대해서도, 졸-겔법을 사용해서 습식법으로 형성해도 좋고, 금속재료의 페이스트를 사용해서 습식법으로 형성해도 좋다. 또한 스퍼터링법이나 진공증착법 등의 건식법을 사용해서 형성해도 좋다.

[0107] 예를 들면, 본 발명의 발광소자를 표시장치에 적용하고, 발광층을 선택적으로 형성할 경우에는, 발광층은 습식법에 의해 형성하는 것이 바람직하다. 발광층을 잉크젯법을 사용해서 형성함으로써, 대형기관이어도 발광층의 선택적 형성이 용이해진다.

[0108] 이상과 같은 구성을 갖는 본 발명의 발광소자는, 제1 전극(202)과 제2 전극(204)의 사이에 발생한 전위차에 의해 전류가 흐르고, E L층(203)에서 정공과 전자가 재결합하여, 발광하는 것이다.

[0109] 발광은, 제1 전극(202) 또는 제2 전극(204)의 어느 한쪽 또는 양쪽을 통해서 외부에 추출된다. 따라서, 제1 전극(202) 또는 제2 전극(204)의 어느 한쪽 또는 양쪽은, 투광성을 갖는 전극이다. 제1 전극(202)만이 투광성을 갖는 전극일 경우, 도 3a에 나타난 바와 같이, 발광은 제1 전극(202)을 통해서 기관층에서 추출된다. 또한 제2 전극(204)만이 투광성을 갖는 전극일 경우, 도 3b에 나타난 바와 같이, 발광은 제2 전극(204)을 통해서 기관과 반대측에서 추출된다. 제1 전극(202) 및 제2 전극(204)이 모두 투광성을 갖는 전극일 경우, 도 3c에 나타난 바와 같이, 발광은 제1 전극(202) 및 제2 전극(204)을 통해, 기관층 및 기관과 반대측의 양쪽에서 추출된다.

[0110] 이 때 제1 전극(202)과 제2 전극(204)의 사이에 설치되는 층의 구성은, 상기의 것에는 한정되지 않는다. 발광 영역과 금속이 근접함으로써 생기는 소광을 방지하도록, 제1 전극(202) 및 제2 전극(204)에서 떨어진 부위에 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역을 설치한 구성이며, 캐리어의 이동을 제어하는 층을 갖는 구성이면, 상기 이

외의 것이라도 좋다.

- [0111] 요컨대, 층의 적층구조에 관해서는 특별히 한정되지 않고, 전자수송성이 높은 물질 또는 정공수송성이 높은 물질, 전자주입성이 높은 물질, 정공 주입성이 높은 물질, 바이폴라성(전자 및 정공의 수송성이 높은 물질)의 물질 등으로 이루어지는 층과, 본 실시의 형태에서 나타내는 캐리어의 이동을 제어하는 층 및 발광층을 적절히 조합하여 구성하면 된다.
- [0112] 이 때 정공의 이동을 제어하는 층은, 정공의 이동을 제어하는 것이기 때문에, 발광층과 양극으로서 기능하는 전극의 사이에 설치하는 것이 바람직하다.
- [0113] 도 1a이나 도 1c에 나타난 바와 같이, 발광층(214)과 정공의 이동을 제어하는 층(212)의 사이에 층이 형성되어 있을 경우, 즉, 발광층(214)과 정공의 이동을 제어하는 층(212)이 접하지 않는 구성의 경우, 발광층(214)과 정공의 이동을 제어하는 층의 사이에서 쓸모없는 상호작용이 일어나기 어렵기 때문에, 발광소자의 열화를 억제할 수 있다는 점에서 바람직하다.
- [0114] 단, 도 1b이나 도 1d에 나타난 바와 같이, 발광층(214)과, 정공의 이동을 제어하는 층(212)이 접하는 구성으로 해도 된다.
- [0115] 또한 전자의 이동을 제어하는 층은, 전자의 이동을 제어하는 것이기 때문에, 발광층과 음극으로서 기능하는 전극의 사이에 설치하는 것이 바람직하다. 또한 도 1a이나 도 1b에 나타난 바와 같이, 전자의 이동을 제어하는 층은 발광층에 접하도록 설치하는 것이 보다 바람직하다. 전자의 이동을 제어하는 층을 발광층에 접하도록 설치함으로써, 발광층에의 전자주입을 직접 제어할 수 있기 때문에, 발광층 내에 있어서의 캐리어 밸런스의 시간에 따른 변화를 보다 억제할 수 있고, 소자 수명 향상에 있어서 보다 큰 효과를 얻을 수 있다. 또한 프로세스적으로도 간편해진다.
- [0116] 또한 전자의 이동을 제어하는 층은 발광층에 접하도록 설치하는 것이 바람직하고, 그 경우에는, 전자의 이동을 제어하는 층에 포함되는 제3 유기 화합물과, 발광층에 많이 포함되어 있는 유기 화합물은, 다른 종류의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 특히, 발광층의 구성이, 발광성이 높은 물질을 분산시키는 물질(제5 유기 화합물)과, 발광성이 높은 물질(제6 유기 화합물)을 포함한 경우, 제5 유기 화합물과, 제3 유기 화합물은, 다른 종류의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 이러한 구성에 의해, 전자의 이동을 제어하는 층에서 발광층으로의 전자의 이동이, 제3 유기 화합물과 제5 유기 화합물의 사이에 있어서도 억제되어, 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하는 효과가 보다 높아진다.
- [0117] 단, 도 1c나 도 1d에 나타난 바와 같이, 발광층(214)과 전자의 이동을 제어하는 층(215)의 사이에 층이 형성되어 있어도 된다.
- [0118] 또한 도 2에 나타난 바와 같이, 기판(201) 위에, 음극으로서 기능하는 제2 전극(204), E L 층(203), 양극으로서 기능하는 제1 전극(202)이 순서대로 적층된 구성으로 해도 된다. 도 2a에 나타내는 발광소자는, 도 1a에 나타난 E L 층을 반대의 순으로 적층한 구성이며, 도 2b에 나타내는 발광소자는, 도 1b에 나타난 E L 층을 반대의 순으로 적층한 구성이며, 도 2c에 나타내는 발광소자는, 도 1c에 나타난 E L 층을 반대의 순으로 적층한 구성이며, 도 2d에 나타내는 발광소자는, 도 1d에 나타난 E L 층을 반대의 순으로 적층한 구성이다.
- [0119] 이 때 본 실시의 형태에 있어서는, 유리, 플라스틱 등으로 이루어진 기판 위에 발광소자를 제조하고 있다. 일 기판 위에 이러한 발광소자를 복수 제조함으로써 패시브 매트릭스형 발광장치를 제조할 수 있다. 또한 유리, 플라스틱 등으로 이루어진 기판 위에, 예를 들면 박막 트랜지스터(TFT)를 형성하고, TFT와 전기적으로 접속된 전극 위에 발광소자를 제조해도 좋다. 이에 따라 TFT에 의해 발광소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형 발광장치를 제조할 수 있다. 이 때 TFT의 구조는, 특별히 한정되지 않는다. 스테거형의 TFT로 해도 좋고, 역 스테거형의 TFT로 해도 좋다. 또한 TFT기판에 형성되는 구동용 회로에 대해서도, N형 및 P형의 TFT로 이루어진 것으로 해도 되고, 혹은 N형의 TFT 또는 P형의 TFT의 어느 하나만으로 이루어진 것으로 해도 된다. 또한 TFT에 사용되는 반도체막의 결정성에 대해서도 특별히 한정되지 않는다. 비정질 반도체막을 사용해도 되고, 결정성 반도체막을 사용해도 된다. 또한 단결정 반도체막을 사용해도 된다. 단결정 반도체막은, 스마트 커트법 등을 사용해서 제조할 수 있다.
- [0120] 이상에서 서술한 바와 같이, 본 실시의 형태에서 나타내는 발광소자는, 정공의 이동을 제어하는 층(212) 및 전자의 이동을 제어하는 층(215)을 모두 갖고 있는 점이 특징이다.
- [0121] 예를 들면 만약 정공의 이동을 제어하는 층(212) 및 전자의 이동을 제어하는 층(215)을 설치하지 않는 종래의

발광소자이면, 제1 전극(202)으로부터 주입된 정공은, 정공주입층(211), 정공수송층(213)을 지나서, 이동이 느려지지 않은 상태로 발광층(214)에 주입되기 때문에, 그 일부는 전자수송층(216)의 계면 부근까지 도달한다. 그리고, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해버리면, 전자수송층(216)을 열화시킬 우려가 있다. 또한 그 열화에 의해, 경시적으로 전자수송층(216)에까지 도달해버리는 정공의 양이 늘어나면, 경시적으로 발광층(214)에 있어서의 재결합 확률이 저하되기 때문에, 소자 수명의 저하(휘도의 경시 열화)로 이어진다. 마찬가지로, 제2 전극(204)으로부터 주입된 전자는, 전자주입층(217) 및 전자수송층(216)을 통해서, 이동이 느려지지 않은 상태로 발광층(214)에 주입되기 때문에, 그 일부는 정공수송층(213)과 발광층(214)의 계면 부근까지 도달한다. 그리고, 전자가 정공수송층(213)에까지 도달해버리면, 정공수송층(213)을 열화시킬 우려가 있다. 또한 그 열화에 의해, 경시적으로 정공수송층(213)에까지 도달해버리는 전자의 양이 늘어나면, 경시적으로 발광층 내에서의 재결합 확률이 저하되기 때문에, 소자 수명의 저하(휘도의 경시 열화)로 이어진다.

[0122] 한편, 본 발명의 발광소자에 있어서는, 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치함으로써, 제1 전극(202)으로부터 주입된 정공은, 정공주입층(211)을 지나, 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 주입된다. 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 주입된 정공은, 그 이동이 느려지고, 정공수송층(213)에의 정공 주입이 제어된다. 그 때문에 발광층(214)에의 정공 주입도 제어된다. 그 결과, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해버려, 전자수송층(216)을 열화시킬 가능성이 낮아진다. 이 때 본 발명에 있어서는, 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 있어서, 단순히 정공 이동도가 느린 물질을 적용하는 것이 아니고, 정공수송성을 갖는 유기 화합물에 정공수송성을 낮추는 유기 화합물을 첨가하고 있다는 점이 중요하다. 이러한 구성으로 함으로써, 단순히 발광층에의 정공 주입을 제어할 뿐만 아니라, 그 제어된 정공 주입량이 경시적으로 변화되는 것을 억제할 수 있다.

[0123] 또한 본 발명의 발광소자에 있어서는, 전자의 이동을 제어하는 층(215)도 설치하고 있다. 이에 따라 제2 전극(204)으로부터 주입된 전자는, 전자주입층(217), 전자수송층(216)을 지나, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 주입된다. 여기에서, 전자의 이동을 제어하는 층(215)은, 전자수송성을 갖는 제3 유기 화합물에, 정공수송성을 갖는 제4 유기 화합물이 첨가한 구성이 되어 있다. 따라서, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 주입된 전자는, 그 이동이 느려지고, 발광층(214)에의 전자주입이 제어된다. 그 결과, 전자가 정공수송층(213)에까지 도달해버려, 정공수송층(213)을 열화시킬 가능성이 낮아진다. 또 정공에 대해서도, 전자의 이동을 제어하는 층(215)이 전자수송성을 갖는 제3 유기 화합물을 갖고 있기 때문에, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해서 전자수송층(216)을 열화시킬 가능성은 한층 더 낮다. 또한, 본 발명에 있어서는, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 있어서, 단순히 전자 이동도가 느린 물질을 적용하는 것이 아니고, 전자수송성을 갖는 유기 화합물에 정공수송성을 갖는 유기 화합물을 첨가하고 있다는 점이 중요하다. 이러한 구성으로 함으로써, 단순히 발광층(214)에의 전자 주입을 제어할 뿐만 아니라, 그 제어된 전자주입량이 경시적으로 변화되는 것을 억제할 수 있다.

[0124] 이상으로부터, 본 발명의 발광소자는, 정공, 전자의 두 캐리어의 발광층에의 주입량을 제어함으로써, 경시적으로 캐리어 밸런스가 악화되어 재결합 확률이 저하되어 가는 현상을 방지할 수 있기 때문에, 소자 수명의 향상(휘도의 경시 열화의 억제)으로 이어진다.

[0125] 또한, 정공의 이동을 제어하는 층(212)의 효과로서, 발광 효율의 향상을 들 수 있다. 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치하지 않은 종래의 소자구조의 경우, 제1 전극(202)으로부터 주입된 많은 정공은, 그대로 발광층(214)에 주입된다. 발광층(214)이 전자수송성인 경우, 즉, 발광층(214)에 포함되는 가장 많은 재료가 전자수송성인 경우에는, 발광 영역은 발광층(214)과 정공수송층(213)과의 계면 부근이 된다. 한편, 발광층(214)과 정공수송층(213)과의 계면 부근에는, 과잉의 정공에 의해 양이온이 생성되고 있을 가능성이 있다. 양이온은 소광제로서 작용하기 때문에, 발광 영역의 주변에 생성되던 양이온의 영향에 의해 발광 효율이 저하해버린다.

[0126] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치함으로써, 과잉의 정공에 의해, 발광층(214)이나 발광층(214) 주변에 생기던 양이온의 생성을 억제할 수 있고, 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다. 따라서, 발광 효율이 높은 발광소자를 얻을 수 있다.

[0127] 이상에서 서술한 바와 같이, 본 실시의 형태에서 나타내는 발광소자는, 캐리어의 이동을 제어하는 층을 갖고 있다. 캐리어의 이동을 제어하는 층은, 2종류 이상의 물질을 포함하기 때문에, 물질의 조합이나 혼합비, 막 두께 등을 제어함으로써, 캐리어 밸런스를 정밀하게 제어하는 것이 가능하다.

[0128] 또한 물질의 조합이나 혼합비, 막 두께 등의 제어로 캐리어 밸런스를 제어하는 것이 가능하므로, 종래보다 용이하게 캐리어 밸런스의 제어가 가능해진다. 즉, 사용하는 물질 자체의 물성을 변화시키지 않아도, 혼합비나 막 두께 등에 의해, 캐리어의 이동을 제어할 수 있다.



- [0129] 또한 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되는 2종류 이상의 물질 중, 적게 포함되어 있는 유기 화합물을 사용해서 캐리어의 이동을 제어하고 있다. 즉, 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되어 있는 성분 중 적은 성분으로 캐리어의 이동을 제어하는 것이 가능하므로, 시간에 따른 변화에 강하여, 발광소자의 장수명화를 실현할 수 있다. 즉, 단일 물질에 의해 캐리어 밸런스를 제어할 경우에 비해, 캐리어 밸런스의 변화가 일어나기 어렵다. 예를 들면 단일 물질에 의해 형성된 층으로 캐리어의 이동을 제어할 경우에는, 부분적으로 몰포로지가 변화되는 것이나, 부분적으로 결정화가 발생하는 것 등이 생기면, 층 전체의 밸런스가 변화되어버린다. 그 때문에 시간에 따른 변화에 약하다. 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 바와 같이, 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되어 있는 성분 중 적은 성분에서 캐리어의 이동을 제어함으로써, 몰포로지의 변화나 결정화, 응집 등의 영향이 작아지고, 시간에 따른 변화가 일어나기 어렵다. 따라서, 경시적인 캐리어 밸런스의 저하, 또한 경시적인 발광 효율의 저하가 발생하기 어려운 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0130] 또한 본 실시의 형태와 같이, 발광층과 양극으로서 기능하는 제1 전극의 사이에, 정공의 이동을 제어하는 층을 설치하고, 발광층과 음극으로서 기능하는 제2 전극의 사이에, 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하는 구성으로 함으로써, 발광층의 양측에 있어서, 전극에서 떨어진 부위에서 캐리어의 재결합이 이루어지게 되어, 바람직하다.
- [0131] 또한 발광층의 양측에 있어서, 캐리어의 이동을 제어함으로써, 더 한층 몰포로지의 변화나 결정화, 응집 등의 영향이 작아지고, 경시 열화가 일어나기 어렵고, 경시적인 발광 효율의 저하가 발생하기 어려운 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0132] 또한 발광층의 양측에 있어서, 캐리어의 이동을 제어함으로써, 발광층의 캐리어 수송성에 의존하지 않고, 장수명의 발광소자를 실현할 수 있다. 따라서, 발광층을 구성하는 재료의 선택 사항 및 설계의 자유도가 넓어진다.
- [0133] 이 때 본 실시의 형태는, 다른 실시의 형태와 적절히 조합하는 것이 가능하다.
- [0134] (실시의 형태 2)
- [0135] 본 실시의 형태에서는, 전자의 수송을 제어하는 층으로서, 실시의 형태 1에 나타낸 구성과는 다른 구성의 층을 사용했을 경우에 관하여 설명한다. 이 때 그 외의 구성은, 실시의 형태 1에 나타낸 구성을 사용할 수 있다.
- [0136] 본 실시의 형태에 나타내는 전자의 이동을 제어하는 층(215)은, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물을 포함하고 있고, 제3 유기 화합물은, 제4 유기 화합물보다도 많이 포함되어 있다. 즉, 제4 유기 화합물은, 제3 유기 화합물 내에 분산되어 있다. 또한 전자의 이동을 제어하는 층은, 발광층(214)보다도 음극으로서 기능하는 제2 전극(204)측에 설치하는 것이 바람직하다. 즉, 발광층(214)과 제2 전극(204)의 사이에 설치하는 것이 바람직하다.
- [0137] 전자의 이동을 제어하는 층을, 발광층과 음극으로서 기능하는 제2 전극의 사이에 설치할 경우, 제3 유기 화합물은, 전자수송성을 갖는 유기 화합물인 것이 바람직하다. 즉, 제3 유기 화합물은, 정공수송성보다도 전자수송성이 높은 물질인 것이 바람직하다.
- [0138] 그것에 반해, 제4 유기 화합물은, 전자를 트랩하는 기능을 갖는 유기 화합물인 것이 바람직하다. 즉, 제4 유기 화합물은, 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)보다 0.3eV 이상 낮은 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)를 갖는 유기 화합물인 것이 바람직하다.
- [0139] 제4 유기 화합물이 포함되는 것에 의해, 층 전체로서는, 제3 유기 화합물만으로 이루어지는 층보다도 전자의 이동 속도가 느려진다. 즉, 제4 유기 화합물을 첨가함으로써, 캐리어의 이동을 제어하는 것이 가능해진다. 또한 제4 유기 화합물의 농도를 제어함으로써, 캐리어의 이동 속도를 제어하는 것이 가능해진다. 구체적으로는, 제4 유기 화합물의 농도는, 0.1중량%~5중량%, 또는, 0.1mol%~5mol%인 것이 바람직하다.
- [0140] 도 6은, 도 1a에 나타낸 본 발명의 발광소자의 밴드도의 일례다. 도 6에 있어서, 제1 전극(202)으로부터 주입된 정공은, 정공주입층(211), 정공의 이동을 제어하는 층(212), 정공수송층(213)을 지나, 발광층(214)에 주입된다. 한편, 제2 전극(204)으로부터 주입된 전자는, 전자주입층(217), 전자수송층(216)을 지나, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 주입된다. 전자의 이동을 제어하는 층에 주입된 전자는, 전자 트랩성을 갖는 제4 유기 화합물에 의해, 전자의 이동이 느려진다. 느려진 전자는, 발광층(214)에 주입되고, 정공과 재결합하여, 발광한다.
- [0141] 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하지 않는 종래의 소자구성의 경우, 제2 전극으로부터 주입된 전자는, 전자주입층 및 전자수송층을 지나, 발광층에 주입된다. 발광층에 주입된 전자는, 발광층이 전자수송성인 경우, 즉, 발광층에 포함되는 가장 많은 재료가 전자수송성인 경우에는, 발광층 내를 이동하여, 정공수송층까지 도달해버릴 가능성이 있다. 전자가 정공수송층까지 도달해버리면, 정공수송층에 포함되는 재료를 열화시켜버려, 발광소자의

열화로 이어진다.

- [0142] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 전자의 이동을 제어하는 층을 설치함으로써, 전자가 발광층 내를 꿰뚫고 나가서 정공수송층까지 도달하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 전자가 정공수송층까지 도달해서 정공수송층을 열화시키는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 발광소자의 열화를 억제하여, 장수명화할 수 있다.
- [0143] 본 실시의 형태에 있어서, 발광층의 발광색과 제4 유기 화합물의 발광색이 동일 계열색의 발광색인 것이 바람직하다. 예를 들면 발광층에 포함되는 유기 화합물이 YGA2S나 YGAPA와 같은 청색계의 발광을 나타내는 유기 화합물일 경우, 제4 유기 화합물은 아크리돈, 쿠마린 102, 쿠마린 6H, 쿠마린 480D, 쿠마린 30 등의 청색~청록색의 발광을 나타내는 물질인 것이 바람직하다. 이것에 의해, 제4 유기 화합물이 의도와 달리 발광했을 경우에도 발광소자의 색순도를 유지할 수 있다.
- [0144] 또한 발광층에 포함되는 유기 화합물이 2PCAPA, 2PCABPhA, 2DPAPA, 2DPABPhA, 2YGA BPhA, DP hAP hA와 같은 녹색계의 발광색을 나타내는 유기 화합물일 경우, 제4 유기 화합물은 N,N'-디메틸퀴나크리돈(약칭:DMQd), N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭:DPQd), 9,18-디히드로벤조[h]벤조[7,8]퀴노[2,3-b]아크리돈-7,16-디온(약칭:DMNQd-1), 9,18-디히드로-9,18-디메틸벤조[h]벤조[7,8]퀴노[2,3-b]아크리돈-7,16-디온(약칭:DMNQd-2), 쿠마린 30, 쿠마린 6, 쿠마린 545T, 쿠마린 153 등의 청록색~황록색의 발광을 나타내는 물질인 것이 바람직하다.
- [0145] 또한 발광층에 포함되는 유기 화합물이 루브렌, BPT와 같은 황색계의 발광을 나타내는 유기 화합물일 경우, 제4 유기 화합물은 DMQd, (2-{2-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-이리덴)프로판디니트릴(약칭:DCMCz) 등의 황록색~황등색의 발광을 나타내는 물질인 것이 바람직하다.
- [0146] 또한 발광층에 포함되는 유기 화합물이 p-mPhTD, p-mPhAFD와 같은 적색계의 발광을 나타내는 유기 화합물일 경우, 제4 유기 화합물은 (2-{2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-이리덴)프로판디니트릴(약칭:DCM1), {2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라히드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-이리덴}프로판디니트릴(약칭:DCM2), {2-(1,1-디메틸에틸)-6-[2-(2,3,6,7-테트라히드로-1,1,7,7-테트라메틸-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-이리덴}프로판디니트릴(약칭:DCJTb), 나일레드 등의 등색~적색의 발광을 나타내는 물질인 것이 바람직하다.
- [0147] 또한 발광층에 포함되는 발광 재료가 인광성 화합물일 경우, 제4 유기 화합물도 인광성 화합물인 것이 바람직하다. 예를 들면 발광 재료가 전술한  $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$ 일 경우,  $\text{Ir}(\text{btp})_2(\text{acac})$ 은 적색 발광을 나타내기 때문에, 제4 유기 화합물로서 적색의 인광성 화합물인 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오르페닐)퀴녹살리나토]이리듐(III)(약칭:  $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$ ) 등을 사용하면 좋다. 이 때 전술한 화합물은, 발광소자에 사용되는 화합물 중에서도 LUMO 준위가 낮은 화합물이며, 후술하는 제3 유기 화합물에 첨가함으로써 양호한 전자 트랩성을 나타낸다.
- [0148] 이 때 제4 유기 화합물로서는, 상기 열거한 물질 중에서도, DMQd, DPQd, DMNQd-1, DMNQd2와 같은 퀴나크리돈 유도체가 화학적으로 안정적이기 때문에 바람직하다. 즉, 퀴나크리돈 유도체를 적용함으로써, 특히 발광소자를 장수명화할 수 있다. 또한 퀴나크리돈 유도체는 녹색계의 발광을 나타내기 때문에, 본 실시의 형태에서 나타내는 발광소자의 소자구조는, 녹색계의 발광소자에 대하여 특히 효과적이다. 녹색은, 풀컬러 디스플레이를 제조할 때에는 가장 휘도가 필요한 색이기 때문에, 열화가 다른 색에 비해 커져 버리는 경우가 있지만, 본 발명을 적용함으로써 그것을 개선할 수 있다.
- [0149] 또한 제4 유기 화합물로서는, 쿠마린 102, 쿠마린 6H, 쿠마린 480D, 쿠마린 30, 쿠마린 6, 쿠마린 545T, 쿠마린 153 등의 쿠마린 유도체인 것이 바람직하다. 쿠마린 유도체는, 전자 트랩성이 약하기 때문에, 제3 유기 화합물에 첨가하는 농도가 비교적 높아도 좋다. 즉, 농도의 조절이 쉽고, 원하는 성질을 갖는 캐리어의 이동을 제어하는 층을 얻을 수 있다. 또한 쿠마린 유도체는 발광 효율이 높기 때문에, 제4 유기 화합물이 발광했을 경우, 발광소자 전체의 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다.
- [0150] 또한 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 포함되는 제3 유기 화합물은, 전자수송성을 갖는 유기 화합물이다. 즉, 정공수송성보다도 전자수송성이 높은 물질이다. 구체적으로는, Alq, Almq<sub>3</sub>, BeBq<sub>2</sub>, BAlq, Znq, BAlq, ZnPBO, ZnBTZ 등의 금속착체, PBD, OXD-7, TAZ, TPBI, BPhen, BCP 등의 복소환 화합물, CzPA, DP CzPA, DPPA, DNA, t-BuDNA, BANT, DPNS, DPNS2, TPB3 등의 축합 방향족 화합물을 사용할 수 있다.

- [0151] 또한 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약칭: P F-P y), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)](약칭: P F-B P y) 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 그 중에서도 전자에 대하여 안정한 금속착체인 것이 바람직하다.
- [0152] 또한 전술한 것처럼, 제4 유기 화합물의 LUMO 준위는, 제1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 0.3eV 이상 낮은 것이 바람직하다. 따라서, 사용하는 제4 유기 화합물의 종류에 따라, 그러한 조건을 만족시키도록 적절히 제3 유기 화합물을 선택하면 된다. 예를 들면 제4 유기 화합물로서 D P Q d 나 쿠마린 6을 사용할 경우, 제3 유기 화합물로서 A l q 를 사용함으로써 상기의 조건을 만족시키게 된다.
- [0153] 또한 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 포함되는 제4 유기 화합물의 발광색과, 발광층(214)에 포함되는 발광성이 높은 물질의 발광색은, 동일 계열색의 발광색인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 제4 유기 화합물의 발광스펙트럼의 피크치와 발광성이 높은 물질의 발광스펙트럼의 피크치의 차는, 30nm 이내인 것이 바람직하다. 30nm 이내인 것에 의해, 제4 유기 화합물의 발광색과 발광성이 높은 물질의 발광색은, 동일 계열색의 발광색이 된다. 따라서, 전압 등의 변화에 의해, 제4 유기 화합물이 발광했을 경우에도, 발광색의 변화를 억제할 수 있다.
- [0154] 다만, 반드시 제4 유기 화합물이 발광할 필요는 없다. 예를 들면 발광성이 높은 물질이 발광 효율이 높은 경우에는, 실질적으로 발광성이 높은 물질의 발광만이 얻어지도록, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 있어서의 제4 유기 화합물의 농도를 조절하는(제4 유기 화합물의 발광이 억제되도록, 그 농도를 약간 낮게 하는) 것이 바람직하다. 이 경우, 발광성이 높은 물질의 발광색과 제4 유기 화합물의 발광색은 동일 계열의 발광색이기(즉, 같은 정도의 에너지갭을 가지기) 때문에, 발광성이 높은 물질에서 제4 유기 화합물로의 에너지 이동은 발생하기 어렵고, 높은 발광 효율이 얻어진다.
- [0155] 또한 전자의 이동을 제어하는 층(215)의 막 두께는, 5nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다. 지나치게 두꺼운 막 두께이면, 캐리어의 이동 속도를 지나치게 저하시켜버려, 구동전압이 높아지게 된다. 또한 지나치게 얇은 막 두께이면, 캐리어의 이동을 제어하는 기능을 실현하지 않게 되어버린다. 따라서, 5nm 이상 20nm 이하의 막 두께인 것이 바람직하다.
- [0156] 또한 본 실시의 형태에서 나타낸 전자의 이동을 제어하는 층은, 실시의 형태 1에 나타낸 전자의 이동을 제어하는 층과 마찬가지로, 발광층에 접하도록 설치하는 것이 보다 바람직하다. 전자의 이동을 제어하는 층을 발광층에 접하도록 설치함으로써, 발광층에의 전자주입을 직접 제어할 수 있기 때문에, 발광층 내에 있어서의 캐리어 밸런스의 시간에 따른 변화를 보다 억제할 수 있고, 소자 수명 향상에 있어서 보다 큰 효과를 얻을 수 있다. 또한 프로세스적으로도 간편해진다.
- [0157] 이 때 전자의 이동을 제어하는 층은 발광층에 접하도록 설치하는 것이 바람직하고, 그 경우에는, 전자의 이동을 제어하는 층에 포함되는 제3 유기 화합물과, 발광층에 많이 포함되어 있는 유기 화합물은, 다른 종류의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 특히, 발광층의 구성이, 발광성이 높은 물질을 분산시키는 물질(제5 유기 화합물)과, 발광성이 높은 물질(제6 유기 화합물)을 포함한 경우, 제5 유기 화합물과, 제3 유기 화합물은, 다른 종류의 유기 화합물인 것이 바람직하다. 이러한 구성에 의해, 전자의 이동을 제어하는 층에서 발광층으로의 전자의 이동이, 제3 유기 화합물과 제5 유기 화합물의 사이에서도 억제되어, 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하는 효과가 보다 높아진다.
- [0158] 이상에 서술한 바와 같이, 본 실시의 형태에서 나타내는 발광소자는, 정공의 이동을 제어하는 층(212) 및 전자의 이동을 제어하는 층(215)을 모두 갖고 있는 점이 특징이다.
- [0159] 예를 들면 만약 정공의 이동을 제어하는 층(212) 및 전자의 이동을 제어하는 층(215)을 설치하지 않는 종래의 발광소자이면, 제1 전극(202)으로부터 주입된 정공은, 정공주입층(211), 정공수송층(213)을 지나, 이동이 느려지지 않은 상태로 발광층(214)에 주입되기 때문에, 그 일부는 전자수송층(216)의 계면 부근까지 도달한다. 그리고, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해버리면, 전자수송층(216)을 열화시킬 우려가 있다. 또한 그 열화에 의해, 경시적으로 전자수송층(216)에까지 도달해버리는 정공의 양이 늘어나면, 경시적으로 발광층(214)에 있어서의 재결합 확률이 저하되기 때문에, 소자 수명의 저하(휘도의 경시 열화)로 이어진다. 마찬가지로, 제2 전극(204)으로부터 주입된 전자는, 전자주입층(217) 및 전자수송층(216)을 지나, 이동이 느려지지 않은 상태로 발광층(214)에 주입되기 때문에, 그 일부는 정공수송층(213)과 발광층(214)의 계면 부근까지 도달한다. 그리고, 전자가 정공수송층(213)에까지 도달해버리면, 정공수송층(213)을 열화시킬 우려가 있다. 또한 그 열화에 의해, 경시적으로 정공수송층(213)에까지 도달해버리는 전자의 양이 늘어나면, 경시적으로 발광층 내에서의 재결합 확률이 저하되기 때문에, 소자 수명의 저하(휘도의 경시 열화)로 이어진다.

- [0160] 한편, 본 발명의 발광소자에 있어서는, 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치함으로써, 제1 전극(202)으로부터 주입된 정공은, 정공주입층(211)을 지나, 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 주입된다. 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 주입된 정공은, 그 이동이 느려져, 정공수송층(213)에의 정공 주입이 제어된다. 그 때문에 발광층(214)에의 정공 주입도 제어된다. 그 결과, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해버려, 전자수송층(216)을 열화시킬 가능성이 낮아진다. 또한, 본 발명에 있어서는, 정공의 이동을 제어하는 층(212)에 있어서, 단순히 정공 이동도가 느린 물질을 적용하는 것이 아니고, 정공수송성을 갖는 유기 화합물에 정공수송성을 낮추는 유기 화합물을 첨가하고 있는 점이 중요하다. 이러한 구성으로 함으로써, 단순히 발광층에의 정공 주입을 제어할 뿐만 아니라, 그 제어된 정공 주입량이 경시적으로 변화되는 것을 억제할 수 있다.
- [0161] 또한 본 발명의 발광소자에 있어서는, 전자의 이동을 제어하는 층(215)도 설치하고 있다. 이에 따라 제2 전극(204)으로부터 주입된 전자는, 전자주입층(217), 전자수송층(216)을 지나, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 주입된다. 여기에서, 전자의 이동을 제어하는 층(215)은, 전자수송성을 갖는 제3 유기 화합물에, 전자를 트랩하는 기능을 갖는 제4 유기 화합물이 첨가된 구성으로 되어 있다. 따라서, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 주입된 전자는, 그 이동이 느려져, 발광층(214)에의 전자주입이 제어된다. 그 결과, 전자가 정공수송층(213)에까지 도달해버려, 정공수송층(213)을 열화시킬 가능성이 낮아진다. 또 정공에 대해서도, 전자의 이동을 제어하는 층(215)이 전자수송성을 갖는 제3 유기 화합물을 갖고 있기 때문에, 정공이 전자수송층(216)에까지 도달해서 전자수송층(216)을 열화시킬 가능성은 한층 더 낮다. 이 때 본 발명에 있어서는, 전자의 이동을 제어하는 층(215)에 있어서, 단순히 전자 이동도가 느린 물질을 적용하는 것이 아니고, 전자수송성을 갖는 유기 화합물에 전자 트랩성을 갖는 유기 화합물을 첨가한다는 점이 중요하다. 이러한 구성으로 함으로써, 단순히 발광층(214)에의 전자주입을 제어할 뿐만 아니라, 그 제어된 전자주입량이 경시적으로 변화되는 것을 억제할 수 있다.
- [0162] 이상으로부터, 본 발명의 발광소자는, 정공, 전자의 두 캐리어의 발광층에의 주입량을 제어함으로써, 경시적으로 캐리어 밸런스가 악화되어 재결합 확률이 저하되어 가는 현상을 방지할 수 있기 때문에, 소자 수명의 향상(회도의 경시 열화의 억제)으로 이어진다.
- [0163] 또한, 정공의 이동을 제어하는 층(212)의 효과로서, 발광 효율의 향상을 들 수 있다. 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치하지 않는 종래의 소자구조의 경우, 제1 전극(202)으로부터 주입된 많은 정공은, 그대로 발광층(214)에 주입된다. 발광층(214)이 전자수송성인 경우, 즉, 발광층(214)에 포함되는 가장 많은 재료가 전자수송성인 경우에는, 발광 영역은 발광층(214)과 정공수송층(213)과의 계면 부근이 된다. 한편, 발광층(214)과 정공수송층(213)과의 계면 부근에는, 과잉의 정공에 의해 양이온이 생성되고 있을 가능성이 있다. 양이온은 소광제로서 작용하기 때문에, 발광 영역의 주변에 생성되던 양이온의 영향에 의해 발광 효율이 저하해버린다.
- [0164] 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 정공의 이동을 제어하는 층(212)을 설치함으로써, 과잉의 정공에 의해, 발광층(214)이나 발광층(214) 주변에 생기던 양이온의 생성을 억제할 수 있고, 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다. 따라서, 발광 효율이 높은 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0165] 이상에 서술한 바와 같이, 본 실시의 형태에서 나타내는 발광소자는, 캐리어의 이동을 제어하는 층을 갖고 있다. 캐리어의 이동을 제어하는 층은, 2종류 이상의 물질을 포함하기 때문에, 물질의 조합이나 혼합비, 막 두께 등을 제어함으로써, 캐리어 밸런스를 정밀하게 제어하는 것이 가능하다.
- [0166] 또한 물질의 조합이나 혼합비, 막 두께 등의 제어로 캐리어 밸런스를 제어하는 것이 가능하므로, 종래보다 용이하게 캐리어 밸런스의 제어가 가능해진다. 즉, 사용하는 물질 자체의 물성을 변화시키지 않아도, 혼합비나 막 두께 등에 의해, 캐리어의 이동을 제어할 수 있다.
- [0167] 또한 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되는 2종류 이상의 물질 중, 적게 포함되어 있는 유기 화합물을 사용해서 캐리어의 이동을 제어하고 있다. 즉, 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되어 있는 성분 중 적은 성분으로 캐리어의 이동을 제어하는 것이 가능하므로, 경시 변화에 강하고, 발광소자의 장수명화를 실현할 수 있다. 즉, 단일 물질에 의해 캐리어 밸런스를 제어할 경우에 비해, 캐리어 밸런스의 변화가 일어나기 어렵다. 예를 들면 단일 물질에 의해 형성된 층으로 캐리어의 이동을 제어할 경우에는, 부분적으로 몰포로지가 변화되는 것이나, 부분적으로 결정화가 발생하는 것 등이 생기면, 층 전체의 밸런스가 변화되어버린다. 그 때문에 경시 변화에 약하다. 그러나, 본 실시의 형태에서 나타낸 바와 같이, 캐리어의 이동을 제어하는 층에 포함되어 있는 성분 중 적은 성분으로 캐리어의 이동을 제어함으로써, 몰포로지의 변화나 결정화, 응집 등의 영향이 작아지고, 경시 변화가 일어나기 어렵다. 따라서, 경시적인 발광 효율의 저하가 발생하기 어려운 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.



- [0168] 또한 본 실시의 형태와 같이, 발광층과 양극으로서 기능하는 제1 전극의 사이에, 정공의 이동을 제어하는 층을 설치하고, 발광층과 음극으로서 기능하는 제2 전극의 사이에, 전자의 이동을 제어하는 층을 설치하는 구성으로 함으로써, 발광층의 양측에 있어서, 전극에서 떨어진 부위에서 캐리어의 재결합이 이루어지게 되어, 바람직하다.
- [0169] 또한 발광층의 양측에서, 캐리어의 이동을 제어함으로써, 더욱 물포로지의 변화나 결정화, 응집 등의 영향이 작아지고, 경시 열화가 일어나기 어렵고, 경시적인 발광 효율의 저하가 발생하기 어려운 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0170] 또한 발광층의 양측에서, 캐리어의 이동을 제어함으로써, 발광층의 캐리어 수송성에 의존하지 않고, 장수명의 발광소자를 실현할 수 있다. 따라서, 발광층을 구성하는 재료의 선택사항 및 설계의 자유도가 넓어진다.
- [0171] 이 때 본 실시의 형태는, 다른 실시의 형태와 적절히 조합하는 것이 가능하다.
- [0172] (실시의 형태 3)
- [0173] 본 실시의 형태는, 본 발명에 따른 복수의 발광 유닛을 적층 한 구성의 발광소자(이하, 적층형 소자라고 한다)의 형태에 대해서, 도 7을 참조해서 설명한다. 이 발광소자는, 제1 전극과 제2 전극의 사이에, 복수의 발광 유닛을 갖는 적층형 발광소자다. 각 발광 유닛의 구성으로서는, 실시의 형태 1 및 실시의 형태 2에 나타난 구성과 같은 구성을 사용할 수 있다. 즉, 실시의 형태 2에 나타난 발광소자는, 1개의 발광 유닛을 갖는 발광소자다. 본 실시의 형태에서는, 복수의 발광 유닛을 갖는 발광소자에 관하여 설명한다.
- [0174] 도 7에 있어서, 제1 전극(501)과 제2 전극(502)의 사이에는, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512)이 적층되어 있다. 제1 전극(501)과 제2 전극(502)은 실시의 형태 1과 같은 것을 적용할 수 있다. 또한 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512)은 같은 구성이어도 되고 다른 구성이어도 되고, 그 구성은 실시의 형태 1 또는 실시의 형태 2과 같은 것을 적용할 수 있다.
- [0175] 전하발생층(513)에는, 유기 화합물에 엑셉터성 물질을 함유시킨 복합재료가 포함되어 있다. 이 유기 화합물과 엑셉터성 물질을 함유하는 복합재료는, 실시의 형태 1에 나타난 복합재료이며, 엑셉터 물질로서, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭:F<sub>4</sub>-TCNQ)이나, 산화바나듐이나 산화몰리브덴이나 산화텅스텐 등의 금속산화물을 포함한다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물, 올리고머, 덴드리머, 폴리머 등, 여러 가지 화합물을 사용할 수 있다. 이 때 유기 화합물로서는, 정공 이동도가  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 것을 적용하는 것이 바람직하다. 단, 전자보다도 정공의 수송성이 높은 물질이면, 이것들 이외의 것을 사용해도 된다. 유기 화합물과 금속산화물의 복합체는, 캐리어 주입성, 캐리어 수송성이 뛰어나기 때문에, 저전압구동, 저전류구동을 실현할 수 있다.
- [0176] 이 때 전하발생층(513)은, 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합재료와 다른 재료를 조합해서 형성해도 좋다. 예를 들면, 유기 화합물과 금속산화물의 복합재료를 포함한 층과, 전자공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자수송성이 높은 화합물을 포함한 층을 조합해서 형성해도 좋다. 또한 유기 화합물과 금속산화물의 복합재료를 포함한 층과, 투명도전막을 조합해서 형성해도 좋다. 또한 전하발생층으로서, 실시의 형태 1에 나타난 전극재료를 사용할 수도 있다. 이 때 빛 추출 효율의 관점에서, 전하발생층은 투광성이 높은 층으로 하는 것이 바람직하다.
- [0177] 어떻게 간에, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512)에 끼워지는 전하발생층(513)은, 제1 전극(501)과 제2 전극(502)에 전압을 인가했을 때에, 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 쪽의 발광 유닛에 정공을 주입하는 것이면 된다. 예를 들면 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다도 높아지도록 전압을 인가했을 경우, 전하발생층(513)은, 제1 발광 유닛(511)에 전자를 주입하고, 제2 발광 유닛(512)에 정공을 주입하는 것이면 어떠한 구성으로 해도 상관없다.
- [0178] 본 실시의 형태에서는, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광소자에 관하여 설명했지만, 마찬가지로, 3개 이상의 발광 유닛을 적층 한 발광소자에 대해서도, 마찬가지로 적용하는 것이 가능하다. 본 실시의 형태에 관련되는 발광소자와 같이, 한 쌍의 전극 간에 복수의 발광 유닛을 전하발생층으로 분할해서 배치함으로써, 전류밀도를 낮게 유지한 상태에서, 고휘도영역에서의 장수명 소자를 실현할 수 있다. 또한 조명을 응용으로 한 경우에는, 전극재료의 저항에 의한 전압 강하를 작게 할 수 있으므로, 대면적에서의 균일 발광이 가능해진다. 또한 저전압구동이 가능하기 때문에 소비 전력이 낮은 발광장치를 실현할 수 있다.

- [0179] 또한 각각의 발광 유닛의 발광색을 다른 것으로 함으로써 발광소자 전체로서, 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들면 2개의 발광 유닛을 갖는 발광소자에 있어서, 제1 발광 유닛의 발광색과 제2 발광 유닛의 발광색을 보색의 관계가 되도록 함으로써, 발광소자 전체로서 백색 발광하는 발광소자를 얻는 것도 가능하다. 이 때 보색이란, 혼합하면 무채색이 되는 색 사이의 관계를 말한다. 즉, 보색의 관계에 있는 색을 발광하는 물질로부터 얻어진 빛을 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한 3개의 발광 유닛을 갖는 발광소자의 경우도 마찬가지이며, 예를 들면 제1 발광 유닛의 발광색이 적색이고, 제2 발광 유닛의 발광색이 녹색이고, 제3 발광 유닛의 발광색이 청색일 경우, 발광소자 전체로서는, 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0180] 한편, 본 실시의 형태는, 다른 실시의 형태와 적절히 조합하는 것이 가능하다.
- [0181] (실시의 형태 4)
- [0182] 본 실시의 형태에서는, 본 발명의 발광소자를 갖는 발광장치에 관하여 설명한다.
- [0183] 본 실시의 형태에서는, 화소부에 본 발명의 발광소자를 갖는 발광장치에 대해서 도 8을 사용하여 설명한다. 이 때 도 8a는, 발광장치를 나타내는 평면도, 도 8b는 도 8a를 A-A' 및 B-B'로 절단한 단면도다. 이 발광장치는, 발광소자의 발광을 제어하는 것으로서, 점선으로 표시된 구동회로부(소스측 구동회로)(601), 화소부(602), 구동회로부(게이트측 구동회로)(603)를 포함하고 있다. 또한 604은 밀봉기관, 605은 셀재이며, 셀재(605)로 둘러싸인 내측은, 공간(607)으로 되어 있다.
- [0184] 또한 인회 배선(608)은 소스측 구동회로(601) 및 게이트측 구동회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이며, 외부입력 단자가 되는 F P C (플렉시블 프린트 서킷)(609)로부터 비디오신호, 클록 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 받는다. 또한, 여기에서는 F P C 밖에 도시하지 않았지만, 이 F P C에는 프린트 배선 기관(PWB)이 장착되어도 된다. 본 명세서에 있어서의 발광장치에는, 발광장치 본체뿐만 아니라, 거기에 F P C 혹은 PWB가 부착된 상태도 포함하는 것으로 한다.
- [0185] 다음에 단면구조에 대해서 도 8b를 사용하여 설명한다. 소자기관(610) 위에는 구동회로부 및 화소부가 형성되어 있는데, 여기에서는, 구동회로부인 소스측 구동회로(601)와, 화소부(602) 중의 하나의 화소를 나타낸다.
- [0186] 이 때, 소스측 구동회로(601)에는 N채널형 T F T (623)와 P채널형 T F T (624)를 조합한 C M O S 회로가 형성된다. 또한 구동회로는, 각종 C M O S 회로, P M O S 회로 혹은 N M O S 회로로 형성해도 좋다. 또한 본 실시의 형태에서는, 기관 위에 구동회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내지만, 반드시 그럴 필요는 없고, 구동회로를 기관 위가 아닌 외부에 형성할 수도 있다.
- [0187] 또한 화소부(602)는 스위칭용 T F T (611)와, 전류제어용 T F T (612)와 그 드레인에 전기적으로 접속된 제1 전극(613)을 포함한 복수의 화소로 형성된다. 이 때 제1 전극(613)의 단부를 덮어서 절연물(614)이 형성되어 있다. 여기에서는, 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용함으로써 형성한다.
- [0188] 또한 피복성을 양호하게 하기 위해서, 절연물(614)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면이 형성되도록 한다. 예를 들면 절연물(614)의 재료로서 포지티브형의 감광성 아크릴을 사용했을 경우, 절연물(614)의 상단부에만 곡률반경( $0.2\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ )을 갖는 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 또한 절연물(614)로서, 빛의 조사에 의해 에칭제에 불용해성이 되는 네거티브형, 또는 빛의 조사에 의해 에칭제에 용해성이 되는 포지티브형을 모두 사용할 수 있다.
- [0189] 제1 전극(613) 위에는, E L 층(616), 및 제2 전극(617)이 각각 형성되어 있다. 여기에서, 제1 전극(613)에 사용하는 재료로서는, 여러 가지 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물을 사용할 수 있다. 제1 전극을 양극으로 사용할 경우에는, 그 중에서도, 일함수가 큰(일함수  $4.0\text{eV}$  이상) 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들면 규소를 함유한 산화인듐-산화주석막, 산화인듐-산화아연막, 질화 티타늄 막, 크롬 막, 텅스텐 막, Z n 막, P t 막 등의 단층 막 외에도, 질화 티타늄과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과의 적층, 질화 티타늄 막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화 티타늄 막과의 3층 구조 등의 적층막을 사용할 수 있다. 이 때 적층 구조로 하면, 배선으로서의 저항도 낮고, 양호한 오믹 콘택이 얻어져, 한층 더 양극으로서 기능시킬 수 있다.
- [0190] 또한 E L 층(616)은, 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 스핀 코트법 등의 여러 가지 방법에 의해 형성된다. E L 층(616)은, 실시의 형태 1~실시의 형태 2에 나타난 캐리어의 이동을 제어하는 층을 가지고 있다. 또한 E L 층(616)을 구성하는 재료로서는, 저분자 화합물, 또는 고분자 화합물, 올리고머, 덴드리머 중의 것을 사용해도 된다. 또한 E L 층에 사용하는 재료로서는, 유기 화합물뿐만 아니라, 무기 화합물을 사용해도 된다.

- [0191] 또한 제2 전극(617)에 사용하는 재료로서는, 여러 가지 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물을 사용할 수 있다. 제2 전극을 음극으로 사용할 경우에는, 그 중에서도, 일함수가 작은(일함수 3.8eV 이하) 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이것들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들면 원소주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 즉 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토금속, 및 이것들을 포함한 합금(MgAg, AlLi) 등을 들 수 있다. 이 때 EL층(616)에서 발생한 빛을 제2 전극(617)을 투과시킬 경우에는, 제2 전극(617)으로서, 막 두께를 얇게 한 금속박막과, 투명도전막(산화인듐-산화주석(ITO), 규소 혹은 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연(IZO), 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO) 등)과의 적층막을 사용하는 것도 가능하다.
- [0192] 또한 쉘재(605)로 밀봉기관(604)을 소자기관(610)과 부착하는 것에 의해, 소자기관(610), 밀봉기관(604), 및 쉘재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광소자(618)가 구비된 구조로 되어 있다. 이 때 공간(607)에는, 충전체가 충전되어 있어, 불활성 기체(질소나 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에도, 쉘재(605)가 충전되는 경우도 있다.
- [0193] 이 때 쉘재(605)에는 에폭시계 수지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한 밀봉기관(604)에 사용하는 재료로서 유리 기관이나 석영 기관 외에도, FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐 플로라이드), 폴리에스테르 또는 아크릴 등으로 이루어진 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.
- [0194] 이상과 같이 해서, 본 발명의 발광소자를 갖는 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0195] 본 발명의 발광장치는, 실시의 형태 1~실시의 형태 3에 나타난 발광소자를 가진다. 이에 따라 발광 효율이 높은 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0196] 또한 발광 효율이 높은 발광소자를 갖고 있기 때문에, 저소비 전력의 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0197] 또한 열화가 적고, 수명이 긴 발광소자를 갖고 있기 때문에, 수명이 긴 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0198] 이상과 같이, 본 실시의 형태에서는, 트랜지스터에 의해 발광소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형 발광장치에 관하여 설명했지만, 패시브 매트릭스형 발광장치로 해도 된다. 도 9a에는 본 발명을 적용해서 제조한 패시브 매트릭스형 발광장치의 사시도를 나타낸다. 이때 도 9a는, 발광장치를 나타내는 사시도, 도 9b는 도 9a를 X-Y로 절단한 단면도다. 도 9에 있어서, 기관(951) 위에는, 전극(952)과 전극(956)의 사이에 EL층(955)이 설치된다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 그리고, 절연층(953) 위에는 분리벽층(954)이 설치된다. 분리벽층(954)의 측벽은, 기관 면에 가까워짐에 따라, 일방벽과 타방벽과의 간격이 좁아져 가는 경사를 가진다. 즉, 분리벽층(954)의 짧은 변 방향의 단면은, 사다리꼴 형상이며, 아랫변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(953)에 접하는 변)이 윗변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(953)에 접하지 않는 변)보다도 짧다. 이렇게, 분리벽층(954)을 설치함으로써, 음극을 패터닝할 수 있다. 또한 패시브 매트릭스형 발광장치에 있어서도, 발광 효율이 높은 본 발명의 발광소자를 포함함으로써, 발광 효율이 높은 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0199] 본 발명의 발광장치는, 실시의 형태 1~실시의 형태 2에 나타난 발광소자를 가진다. 이에 따라 발광 효율이 높은 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0200] 또한 발광 효율이 높은 발광소자를 갖고 있기 때문에, 저소비 전력의 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0201] 또한 열화가 적고, 수명이 긴 발광소자를 갖고 있기 때문에, 수명이 긴 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0202] 한편, 본 실시의 형태는, 다른 실시의 형태와 적절히 조합하는 것이 가능하다.
- [0203] (실시의 형태 5)
- [0204] 본 실시의 형태에서는, 실시의 형태 4에 나타내는 발광장치를 그 일부에 포함한 본 발명의 전자기기에 관하여 설명한다. 본 발명의 전자기기는, 실시의 형태 1~실시의 형태 3에 나타난 발광소자를 가지고, 발광 효율이 높고, 저소비 전력의 표시부를 가진다. 또한 수명이 긴 표시부를 가진다.
- [0205] 본 발명의 발광장치를 사용해서 제조된 전자기기로서, 비디오 카메라, 디지털 카메라, 고글형 디스플레이, 네비게이션 시스템, 음향재생장치(카 오디오, 오디오 컴포넌트시스템 등), 컴퓨터, 게임 기기, 휴대 정보단말(모바일 컴퓨터, 휴대전화, 휴대형 게임기 또는 전자서적 등), 기록 매체를 구비한 화상재생장치(구체적으로는 DVD(Digital Versatile Disc) 등의 기록 매체를 재생하고, 그 화상을 표시할 수 있는 표시장치를 구비한 장치)

등을 들 수 있다. 이들 전자기기의 구체적인 예를 도 10에 나타낸다.

- [0206] 도 10a는 본 실시의 형태에 관련되는 텔레비전 장치이며, 케이싱(9101), 지지대(9102), 표시부(9103), 스피커부(9104), 비디오 입력 단자(9105) 등을 포함한다. 본 텔레비전 장치에 있어서, 표시부(9103)는, 실시의 형태 1~2에 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 모양으로 배열해서 구성되어 있다. 상기 발광소자는, 발광 효율이 높고, 소비 전력이 낮은 특징이 있다. 또한 장수명인 특징이 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9103)도 마찬가지로 특징이 있기 때문에, 본 텔레비전 장치는 화질의 열화가 적고, 저소비 전력화를 꾀하고 있다. 이러한 특징에 의해, 텔레비전 장치에 있어서, 열화 보상 기능이나 전원회로를 대폭 삭감, 혹은 축소할 수 있기 때문에, 케이싱(9101)이나 지지대(9102)의 소형 경량화를 꾀하는 것이 가능하다. 본 실시의 형태에 관련되는 텔레비전 장치는, 저소비 전력, 고화질 및 소형 경량화를 꾀하고 있기 때문에, 그것에 의해 주거환경에 적합한 제품을 제공할 수 있다.
- [0207] 도 10b는 본 실시의 형태에 관련되는 컴퓨터이며, 본체(9201), 케이싱(9202), 표시부(9203), 키보드(9204), 외부접속 포트(9205), 포인팅 디바이스(9206) 등을 포함한다. 본 컴퓨터에 있어서, 표시부(9203)는, 실시의 형태 1~2에 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 모양으로 배열해서 구성되어 있다. 상기 발광소자는, 발광 효율이 높고, 소비 전력이 낮은 특징이 있다. 또한 장수명인 특징이 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9203)도 마찬가지로 특징이 있기 때문에, 이 컴퓨터는 화질의 열화가 적고, 저소비 전력화를 꾀하고 있다. 이러한 특징에 의해, 컴퓨터에 있어서, 열화 보상 기능이나 전원회로를 대폭 삭감, 혹은 축소할 수 있기 때문에, 본체(9201)이나 케이싱(9202)의 소형 경량화를 꾀하는 것이 가능하다. 본 실시의 형태에 관련되는 컴퓨터는, 저소비 전력, 고화질 및 소형 경량화를 꾀하고 있기 때문에, 환경에 적합한 제품을 제공할 수 있다. 또한 운반도 가능해지고, 운반시 외부로부터의 충격에도 강한 표시부를 갖는 컴퓨터를 제공할 수 있다.
- [0208] 도 10c는 본 실시의 형태에 관련되는 휴대전화이며, 본체(9401), 케이싱(9402), 표시부(9403), 음성입력부(9404), 음성출력부(9405), 조작 키(9406), 외부접속 포트(9407), 안테나(9408) 등을 포함한다. 본 휴대전화에 있어서, 표시부(9403)는, 실시의 형태 1~2에 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 모양으로 배열해서 구성되어 있다. 상기 발광소자는, 발광 효율이 높고, 소비 전력이 낮은 특징이 있다. 또한 장수명인 특징이 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9403)도 마찬가지로 특징이 있기 때문에, 이 휴대전화는 화질의 열화가 적고, 저소비 전력화를 꾀하고 있다. 이러한 특징에 의해, 휴대전화에 있어서, 열화 보상 기능이나 전원회로를 대폭 삭감, 혹은 축소할 수 있기 때문에, 본체(9401)나 케이싱(9402)의 소형 경량화를 꾀하는 것이 가능하다. 본 실시의 형태에 관련되는 휴대전화는, 저소비 전력, 고화질 및 소형 경량화를 꾀하고 있기 때문에, 휴대에 적합한 제품을 제공할 수 있다. 또한 휴대시의 충격에도 강한 표시부를 갖는 제품을 제공할 수 있다.
- [0209] 도 10d는 카메라이며, 본체(9501), 표시부(9502), 케이싱(9503), 외부접속 포트(9504), 리모트 컨트롤 수신부(9505), 수상부(9506), 배터리(9507), 음성입력부(9508), 조작 키(9509), 접안부(9510) 등을 포함한다. 본 카메라에 있어서, 표시부(9502)는, 실시의 형태 1~2에 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 모양으로 배열해서 구성되어 있다. 상기 발광소자는, 발광 효율이 높고, 소비 전력이 낮은 특징이 있다. 또한 장수명인 특징이 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9502)도 마찬가지로 특징이 있기 때문에, 이 카메라는 화질의 열화가 적고, 저소비 전력화를 꾀하고 있다. 이러한 특징에 의해, 카메라에 있어서, 열화 보상 기능이나 전원회로를 대폭 삭감, 혹은 축소할 수 있기 때문에, 본체(9501)의 소형 경량화를 꾀하는 것이 가능하다. 본 실시의 형태에 관련되는 카메라는, 저소비 전력, 고화질 및 소형 경량화를 꾀하고 있기 때문에, 휴대에 적합한 제품을 제공할 수 있다. 또한 휴대시의 충격에도 강한 표시부를 갖는 제품을 제공할 수 있다.
- [0210] 도 11은 음향재생장치, 구체적인 예로서 카 오디오이며, 본체(701), 표시부(702), 조작 스위치(703, 704)를 포함한다. 표시부(702)는 실시의 형태 3의 발광장치(패시브 매트릭스형 또는 액티브 매트릭스형)로 실현할 수 있다. 또한 이 표시부(702)는 세그먼트 방식의 발광장치로 형성해도 좋다. 어쨌든 간에, 본 발명에 따른 발광소자를 사용함으로써, 차량용 전원(12~42V)을 사용하여, 저소비 전력화를 꾀하면서, 수명이 길고 밝은 표시부를 구성할 수 있다. 또한 본 실시의 형태에서는 차재용 오디오를 나타내지만, 휴대형이나 가정용의 오디오 장치에 사용해도 된다.
- [0211] 도 12는 그 일례로서 디지털 플레이어를 나타낸다. 도 12에 나타내는 디지털 플레이어는, 본체(710), 표시부(711), 메모리부(712), 조작부(713), 이어폰(714) 등을 포함하고 있다. 이 때 이어폰(714) 대신에 헤드폰이나 무선식 이어폰을 사용할 수 있다. 표시부(711)는, 실시의 형태 3의 발광장치(패시브 매트릭스형 또는 액티브 매트릭스형)로 실현할 수 있다. 또한 이 표시부(702)는 세그먼트 방식의 발광장치로 형성해도 좋다. 어쨌든 간에, 본 발명에 따른 발광소자를 사용함으로써, 이차전지(니켈-수소전지 등)를 사용해도 표시가 가능하고, 저소비 전



력화를 피하면서, 수명이 길고 밝은 표시부를 구성할 수 있다. 메모리부(712)는, 하드 디스크나 불휘발성 메모리를 사용하고 있다. 예를 들면 기록 용량이 20~200기가바이트(GB)인 NAND형 불휘발성 메모리를 사용하고, 조작부(713)를 조작함으로써, 영상이나 음성(음악)을 기록, 재생할 수 있다. 이 때 표시부(702) 및 표시부(711)는 흑색의 배경으로 백색의 문자를 표시함으로써 소비 전력을 억제할 수 있다. 이것은 휴대형 오디오 장치에 있어서 특히 효과적이다.

[0212] 이상과 같이, 본 발명을 적용해서 제조한 발광장치의 적용 범위는 극히 넓고, 이 발광장치를 모든 분야의 전자 기기에 적용하는 것이 가능하다. 본 발명을 적용함으로써, 저소비 전력이며, 신뢰성이 높은 표시부를 갖는 전자 기기를 제조하는 것이 가능해 진다.

[0213] 또한 본 발명을 적용한 발광장치는, 발광 효율이 높은 발광소자를 가지고 있어, 조명 장치로 사용할 수도 있다. 본 발명을 적용한 발광소자를 조명 장치로 사용하는 일 형태를, 도 13을 사용하여 설명한다.

[0214] 도 13은, 본 발명의 발광장치를 백라이트로 사용한 액정표시장치의 일례다. 도 13에 나타난 액정표시장치는, 케이싱(901), 액정층(902), 백라이트(903), 케이싱(904)을 가지고, 액정층(902)은, 드라이버 IC 905와 접속되어 있다. 또한 백라이트(903)에는 본 발명의 발광장치가 사용되고, 단자(906)에 의해, 전류가 공급된다.

[0215] 본 발명의 발광장치를 액정표시장치의 백라이트로 사용함으로써, 발광 효율이 높은 백라이트를 얻을 수 있다. 또한 수명이 긴 백라이트를 얻을 수 있다. 또한 본 발명의 발광장치는, 면발광의 조명 장치이며 대면적화도 가능하기 때문에, 백라이트의 대면적화가 가능해서, 액정표시장치의 대면적화도 가능하게 된다. 또한, 본 발명의 발광장치는 초박형이고 저소비 전력이기 때문에, 표시장치의 초박형화, 저소비 전력화도 가능해 진다.

[0216] 도 14는 본 발명을 적용한 발광장치를, 조명 장치인 전기 스탠드로 사용한 예다. 도 14에 나타내는 전기 스탠드는, 케이싱(2001)과, 광원(2002)을 가지고, 광원(2002)으로서, 본 발명의 발광장치가 이용되고 있다. 본 발명의 발광장치는 장수명이기 때문에, 전기 스탠드도 장수명이다.

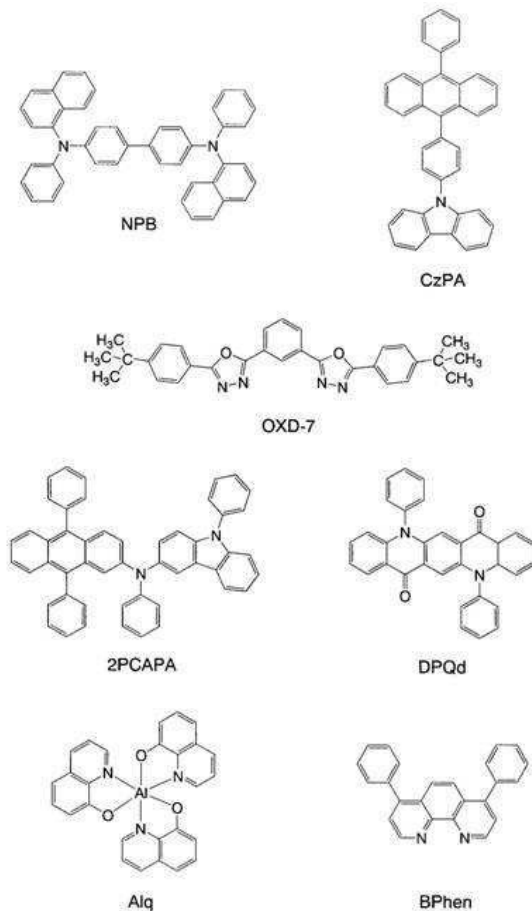
[0217] 도 15는 본 발명을 적용한 발광장치를, 실내의 조명 장치(3001)로 사용한 예다. 본 발명의 발광장치는 대면적화도 가능하기 때문에, 대면적의 조명 장치로서 사용할 수 있다. 또한 본 발명의 발광장치는, 장수명이기 때문에, 장수명의 조명 장치로서 사용하는 것이 가능해 진다. 이렇게, 본 발명을 적용한 발광장치를, 실내의 조명 장치(3001)로 사용한 방에, 도 10a에 설명한 바와 같은, 본 발명에 따른 텔레비전 장치(3002)를 설치해서 공영방송이나 영화를 감상할 수 있다. 이러한 경우, 두 장치는 장수명이므로, 조명 장치나 텔레비전 장치의 구매 교체 횟수를 절감할 수 있어, 환경에의 부하를 저감할 수 있다.

[0218] 한편, 본 실시의 형태는, 다른 실시의 형태와 적절히 조합하는 것이 가능하다.

[0219] [실시예 1]

[0220] 본 실시예에서는, 본 발명의 발광소자에 대해서 구체적으로 도 16을 사용하여 설명한다. 실시예 1에 사용하는 유기 화합물의 구조식을 이하에 나타낸다.

[0221] [화 1]



[0222]

[0223] (발광소자 1의 제조)

[0224] 우선, 유리 기판(1201) 위에, 산화규소를 포함한 산화인듐-산화주석을 스퍼터링법으로 성막하여, 제1 전극(1202)을 형성했다. 이 때 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극면적은 2mm×2mm로 했다.

[0225] 다음에 제1 전극(1202)이 형성된 면이 아래쪽이 되도록, 제1 전극(1202)이 형성된 기판을 진공증착장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극(1202) 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB)과 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써, 복합재료를 포함한 층(1211)을 형성했다. 그 막 두께는 30nm로 하고, NPB와 산화몰리브덴(VI)의 비율은, 중량비로 4:1(=NPB:산화몰리브덴)이 되도록 증착 레이트를 조절했다. 이 때 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.

[0226] 다음에 복합재료를 포함한 층(1211) 위에 NPB와 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7)을 공증착함으로써, 정공의 이동을 제어하는 층(1212)을 10nm의 막 두께로 형성했다. 여기에서, NPB와 OXD-7과의 중량비는, 1:0.05(=NPB:OXD-7)가 되도록 증착 레이트를 조정했다.

[0227] 다음에 저항가열을 사용한 증착법에 의해, 정공의 이동을 제어하는 층(1212) 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB)을 20nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공수송층(1213)을 형성했다.

[0228] 다음에 정공수송층(1213) 위에, 발광층(1214)을 형성했다. 9-[4-(10-페닐-9H-안트라닐)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA)과 N-(9,10-디페닐-2-안트라닐)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA)을 공증착함으로써, 발광층(1214)을 30nm의 막 두께로 형성했다. 여기에서, CzPA와 2PCAPA의 중량비는, 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)가 되도록 증착 레이트를 조절했다.

[0229] 또한, 발광층(1214) 위에, 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭: Alq)과 N-(9,10-디페닐-2-안트라닐)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA)을 공증착함으로써, 전자의 이동을 제어하는 층(1215)을 10nm의 막 두께로 형성했다. 여기에서, Alq와 2PCAPA의 중량비는, 1:0.1(=Alq:2PCAPA)이 되도록 증

작 레이트를 조절했다.

- [0230] 그 후 저항가열에 의한 증착법을 사용하여, 전자의 이동을 제어하는 층(1215) 위에 바소페난트롤린(약칭: B P h e n)을 30nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자수송층(1216)을 형성했다.
- [0231] 전자수송층(1216) 위에, 불화리튬(L i F)을 1nm의 막 두께가 되도록 성막함으로써, 전자주입층(1217)을 형성했다.
- [0232] 마지막으로, 저항가열에 의한 증착법을 사용하여, 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 성막함으로써, 제2 전극(1204)을 형성하고, 발광소자 1을 제조했다.
- [0233] 이상에 의해 얻어진 본 발명의 발광소자 1을, 질소분위기의 글로브 박스 내에서, 발광소자가 대기에 노출하지 않도록 봉지하는 작업을 행한 후, 이들 발광소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행했다. 이 때 측정은 실온(25도로 유지된 분위기)에서 행했다.
- [0234] (발광소자 2의 제조)
- [0235] 발광소자 2는, 전자의 이동을 제어하는 층(1215)인 A l q와 2 P C A P A의 공증착막을, A l q와 N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭: D P Q d)의 공증착막으로 한 것 이외에는, 발광소자 1과 마찬가지로 제조했다. 여기에서, A l q와 D P Q d의 중량비는, 1:0.005(=A l q:D P Q d)가 되도록 증착 레이트를 조절했다.
- [0236] 얻어진 본 발명의 발광소자 2를, 질소분위기의 글로브 박스 내에서, 발광소자가 대기에 노출하지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들 발광소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행했다. 이 때 측정은 실온(25도로 유지된 분위기)에서 행했다.
- [0237] (비교 발광소자 3의 제조)
- [0238] 다음에 비교를 위해, 전술한 발광소자 1, 2의 정공의 이동을 제어하는 층(1212) 및 전자의 이동을 제어하는 층(1215)을 설치하지 않는 구성의 비교 발광소자 3을 제조했다. 제조 방법을 이하에 나타낸다. 우선, 유리 기판 위에, 산화규소를 포함한 산화인듐-산화주석을 스퍼터링법으로 성막하여, 제1 전극을 형성했다. 이 때 그 막 두께는 110nm로 하고 전극면적은 2mm×2mm로 했다.
- [0239] 다음에 제1 전극이 형성된 면이 아래쪽이 되도록, 제1 전극이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: N P B)과 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써, 복합재료를 포함한 층을 형성했다. 그 막 두께는 50nm로 하고 N P B와 산화몰리브덴(V I)의 비율은, 중량비로 4:1(=N P B:산화몰리브덴)이 되도록 증착 레이트를 조절했다. 이 때 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.
- [0240] 다음에 저항가열을 사용한 증착법에 의해, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: N P B)을 10nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공수송층을 형성했다.
- [0241] 다음에 정공수송층 위에, 발광층을 형성했다. 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: C z P A)과 N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2 P C A P A)을 공증착함으로써, 발광층을 40nm의 막 두께로 형성했다. 여기에서, C z P A와 2 P C A P A의 중량비는, 1:0.05(=C z P A:2 P C A P A)가 되도록 증착 레이트를 조절했다.
- [0242] 그 후 저항가열에 의한 증착법을 사용하여, 발광층 위에 바소페난트롤린(약칭: B P h e n)을 30nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자수송층을 형성했다.
- [0243] 다음에 전자수송층 위에, 불화리튬(L i F)을 1nm의 막 두께가 되도록 성막함으로써, 전자주입층을 형성했다.
- [0244] 마지막으로, 저항가열에 의한 증착법을 사용하여, 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 성막함으로써, 제2 전극을 형성하고, 비교 발광소자 3을 제조했다.
- [0245] 이상에 의해 얻어진 비교 발광소자 3을, 질소분위기의 글로브 박스 내에서, 발광소자가 대기에 노출하지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 비교 발광소자 3의 동작 특성에 대해서 측정을 행했다. 이 때 측정은 실온(25도로 유지된 분위기)에서 행했다.
- [0246] 발광소자 1, 발광소자 2 및 비교 발광소자 3의 전류밀도-휘도 특성을 도 17에 나타낸다. 또한 전압-휘도 특성을 도 18에 나타낸다. 또한 휘도-전류효율 특성을 도 19에 나타낸다. 또한 1mA의 전류를 흘려보냈을 때의 발광스펙

트럼을 도 20에 나타낸다. 또한 발광소자 1, 발광소자 2 및 비교 발광소자 3에 관한 것으로서, 초기 휘도를  $5000\text{cd/m}^2$ 로 해서, 정전류구동에 의한 연속 점등 시험을 행한 결과를 도 21에 나타낸다(세로축은,  $5000\text{cd/m}^2$ 을 100%라고 했을 때의 상대휘도다).

[0247] 발광소자 1은, 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 C I E 색도좌표가 ( $x=0.28$ ,  $y=0.60$ )이며, 2 P C A P A에 유래하는 녹색의 발광을 나타냈다. 또한 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 전류효율은  $16.2\text{cd/A}$ 이었다. 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 구동전압은  $5.1\text{V}$ 이었다.

[0248] 또한, 발광소자 1에 관한 것으로서, 초기 휘도를  $5000\text{cd/m}^2$ 로 해서, 정전류구동에 의한 연속 점등 시험을 행한 결과, 100시간 후에도 초기 휘도의 87%의 휘도를 유지하고 있어, 장수명 발광소자인 것을 알았다.

[0249] 발광소자 2는, 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 C I E 색도좌표가 ( $x=0.28$ ,  $y=0.61$ )이며, 2 P C A P A에 유래하는 녹색의 발광을 나타냈다. 또한 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 전류효율은  $13\text{cd/A}$ 이었다. 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 구동전압은  $6.8\text{V}$ 이었다.

[0250] 또한, 발광소자 2에 관한 것으로서, 초기 휘도를  $5000\text{cd/m}^2$ 로 해서, 정전류구동에 의한 연속 점등 시험을 행한 결과, 100시간 후에도 초기 휘도의 92%의 휘도를 유지하고 있어, 장수명 발광소자인 것을 알았다.

[0251] 비교 발광소자 3은, 휘도  $5000\text{cd/m}^2$ 일 때의 C I E 색도좌표는 ( $x=0.30$ ,  $y=0.62$ ), 전류효율이  $16.5\text{cd/A}$ 이며, 발광소자 1 및 발광소자 2와 마찬가지로 2 P C A P A에 유래하는 녹색의 발광을 나타냈다. 비교 발광소자 3의 전류효율을 발광소자 1, 발광소자 2의 전류효율과 비교하면, 발광소자 1과 동등한 전류효율인 것을 알았다. 또한 초기 휘도를  $5000\text{cd/m}^2$ 로 한 연속 점등 시험을 행한 결과, 도 21에 나타내는 바와 같이, 100시간 후에는 초기 휘도의 76%에까지 휘도가 저하되어 있어, 발광소자 1 및 발광소자 2보다도 짧은 수명을 나타냈다.

[0252] 이상에서, 발광소자 1 및 발광소자 2는 비교 발광소자 3에 비해 장수명인 것을 알았다. 따라서, 본 발명을 적용함으로써, 장수명 발광소자가 얻어진다는 것을 알았다.

[0253] [실시예 2]

[0254] 본 실시예에서는, 실시예 1에서 제조한 발광소자 1 및 발광소자 2에 있어서의 홀의 이동을 제어하는 층에 사용한, 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭:OXD-7)과, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭:NPB)의 산화 반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(CV) 측정에 의해 조사했다. 또한 그 측정으로부터, OXD-7, NPB의 HOMO준위를 구했다. 이 때 측정에는, 전기화학 애널라이저(BAS(주) 제조, 형식번호:ALS모델 600A 또는 600C)를 사용했다.

[0255] CV측정에 있어서의 용액은, 용매로서 탈수 디메틸포름아미드(DMF)((주)알드리치 제조, 99.8%, 카탈로그 번호:22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-n-부틸암모늄( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ )((주)토코 화성 제조, 카탈로그 번호:T0836)을  $100\text{mmol/L}$ 의 농도가 되도록 용해시키고, 또 측정 대상을  $1\text{mmol/L}$ 의 농도가 되도록 용해시켜서 조제했다. 또한 작용 전극으로서는 백금전극(BAS(주) 제조, PTE 백금전극)을, 보조 전극으로서는 백금전극(BAS(주) 제조, VC-3용 Pt 카운터 전극( $5\text{cm}$ ))을, 참조 전극으로서는  $\text{Ag/Ag}^+$  전극(BAS(주) 제조, RE5 비수용매계 참조 전극)을 각각 사용했다. 이 때 측정은 실온( $20\sim 25^\circ\text{C}$ )에서 행했다.

[0256] (참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지의 산출)

[0257] 우선, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극( $\text{Ag/Ag}^+$  전극)의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지(eV)를 산출했다. 즉,  $\text{Ag/Ag}^+$  전극의 페르미 준위를 산출했다. 메탄올 중에 있어서의 페로센의 산화환원전위는, 표준수소전극에 대하여  $+0.610$  [V vs. SHE]인 것이 알려져 있다(참고 문헌; Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol.124, No.1, 83-96, 2002). 한편, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극을 사용하여, 메탄올 중에 있어서의 페로센의 산화환원전위를 구한 결과,  $+0.20$  [V vs.  $\text{Ag/Ag}^+$ ]이었다. 따라서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 포텐셜에너지는, 표준수소전극에 대하여  $0.41\text{eV}$  낮게 되어 있다는 것을 알았다.

[0258] 여기에서, 표준수소전극의 진공 준위로부터의 포텐셜에너지는  $-4.44\text{eV}$ 인 것이 알려져 있다(참고 문헌;오니시 토시히로·코야마 타마미, 고분자EL 재료(공립 출판), p.64-67). 이상으로부터, 본 실시예 2에 사용하는 참조 전



극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는,  $-4.44-0.41=-4.85[\text{eV}]$ 라고 산출할 수 있었다.

[0259] (측정에 1; N P B)

[0260] 본 측정에 1에서는, N P B의 산화 반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 했다. 측정 결과를 도 22에 나타낸다. 또한, 산화 반응 특성의 측정은, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를  $-0.20\text{V}$ 에서  $+0.80\text{V}$ 까지 주사한 후,  $+0.80\text{V}$ 에서  $-0.20\text{V}$ 까지 주사하는 것에 의해 행했다.

[0261] 도 22에 나타낸 바와 같이, 산화 피크 전위  $E_{pc}$ 는  $+0.39\text{V}$ , 산화 피크 전위  $E_{pa}$ 는  $+0.45\text{V}$ 라고 해석할 수 있다. 따라서, 반파전위( $E_{pc}$ 과  $E_{pa}$ 의 중간의 전위)는  $+0.42\text{V}$ 라고 산출할 수 있다. 이것은, N P B는  $+0.42[\text{V vs. Ag}/\text{Ag}^+]$ 의 전기에너지에 의해 산화되는 것을 나타내고, 이 에너지는 H O M O 준위에 해당한다. 여기에서, 전술한 바와 같이, 본 실시예 2에 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는  $-4.85[\text{eV}]$ 이기 때문에, N P B의 H O M O 준위는  $-4.85-(+0.42)=-5.27[\text{eV}]$ 인 것을 알았다.

[0262] (측정에 2; O X D-7)

[0263] 본 측정에에서는, O X D-7의 산화 반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 했다. 측정 결과를 도 23에 나타낸다. 이 때 산화 반응 특성의 측정은, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를  $-0.47\text{V}$ 에서  $+1.60\text{V}$ 까지 주사한 후,  $+1.60\text{V}$ 에서  $-0.47\text{V}$ 까지 주사하는 것에 의해 행했다.

[0264] 도 23에 나타낸 바와 같이, 적어도  $1.0\text{V}$ 까지 주사해도, O X D-7의 산화를 나타내는 피크는 나타나지 않고 있다는 것을 알 수 있다. 또한  $1.0\text{V}$  이상에서는 많은 전류가 흐르고 있는 영향으로, 산화를 나타내는 피크가 있더라도, 그것은 관측할 수 없다. 즉, 이 데이터로부터는, O X D-7의 산화를 나타내는 피크는  $1.0[\text{V}]$  이상이라는 것을 알 수 있다. 또한 본 측정에에서 사용한 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는  $-4.85[\text{eV}]$ 인 것으로부터, C V 측정에 있어서의  $1.0[\text{V}]$ 의 산화 전위는, 이온화퍼텐셜에 환산하면  $-(-4.85-1.0)=5.85[\text{eV}]$ 이다. 따라서, O X D-7의 이온화퍼텐셜은 적어도  $5.8[\text{eV}]$  이상이라는 것을 알았다.

[0265] 따라서, 측정에 1에서 측정한 N P B와 O X D-7의 산화 피크 전위의 차는  $0.55[\text{V}]$  이상이다. 따라서, N P B의 산화 피크 전위와 O X D-7의 산화 피크 전위의 차는,  $0.5[\text{V}]$  이상이다. 따라서, N P B의 이온화퍼텐셜과 O X D-7의 이온화퍼텐셜의 차는, 적어도  $0.5[\text{eV}]$  이상인 것을 알 수 있다.

[0266] 또한 발광소자 1 및 발광소자 2로 사용한 O X D-7의 쌍극자모멘트를 계산했다. 우선, B3LYP/6-311(d,p) 레벨의 밀도범함수법(D F T)에 의해, O X D-7의 기저상태에 있어서의 구조 최적화를 행했다. 구조 최적화된 O X D-7의 쌍극자모멘트를 계산한 결과,  $3.78$ 디아비(debye)라고 산출되었다. D F T는 전자상관을 고려하지 않는 하트리-폭(H F)법에 비해 계산 정밀도가 좋고, 같은 레벨의 계산 정밀도인 섭동(M P)법보다도 계산 비용이 적기 때문에, 본 계산을 채용했다. 계산은, 하이퍼포먼스 컴퓨터(H P C)(S G I사 제조, A l t i x 3700 D X)를 사용해서 행했다.

[0267] 따라서, 발광소자 1 및 발광소자 2로 사용한 O X D-7은, 쌍극자모멘트가  $2.0\text{debye}$  이상이며, 이온화퍼텐셜은  $5.8\text{eV}$  이상이기 때문에, 캐리어의 이동을 제어하는 층에 적합하게 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 정공 수송성의 유기 화합물인 N P B와 O X D-7을 포함한 층은 정공의 이동을 제어하는 층으로서 기능한다는 것을 알 수 있다. 따라서, 본 발명의 발광소자의 홀의 이동을 제어하는 층에 있어서, O X D-7과 N P B를 사용한 실시예 1의 소자구조는, 본 발명에 적합한 구조다.

[0268] [실시예 3]

[0269] 본 실시예에서는, 실시예 1에서 제조한 발광소자 1 및 발광소자 2에 있어서의 전자의 이동을 제어하는 층에 사용한, 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄(III)(약칭: A l q)과, N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭: D P Q d), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2 P C A P A)의 환원반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 또한 그 측정으로부터, A l q, D P Q d, 2 P C A P A의 LUMO 준위를 구했다. 이 때 측정에는, 전기화학 애널리라이저(BAS(주) 제조, 형식번호: A L S 모델 600A 또는 600C)를 사용했다.

[0270] C V 측정에 있어서의 용액은, 용매로서 탈수 디메틸포름아미드(D M F)((주)알드리치 제조, 99.8%, 카탈로그 번호: 22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-n-부틸암모늄( $n\text{-B u}_4\text{N C l O}_4$ )((주) 도쿄 화학제, 카탈로그 번호: T0836)을  $100\text{mmol}/\text{L}$ 의 농도가 되도록 용해시키고, 또 측정 대상을  $1\text{mmol}/\text{L}$ 의 농도가 되도록 용해시켜서 조제했다. 또한 작용 전극으로서는 백금전극(BAS(주) 제조, P T E 백금전극)을, 보조 전극으로서는 백금전극(BAS(주) 제조, V C-3용 P t 카운터 전극( $5\text{cm}$ ))을, 참조 전극으로서는  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극(BAS(주) 제조, R E 5 비

수용매계 참조 전극)을 각각 사용했다. 이 때 측정은 실온(20~25도)에서 행했다.

[0271] (참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지의 산출)

[0272] 본 실시예에서는, 실시예 2와 같은 참조 전극을 사용했다. 따라서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는,  $-4.44-0.41=-4.85[\text{eV}]$ 이다.

[0273] (측정에 3: A l q)

[0274] 본 측정에 3에서는, A l q의 환원반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 했다. 측정 결과를 도 24에 나타낸다. 이 때 환원반응 특성의 측정은, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를  $-0.69\text{V}$ 에서  $-2.40\text{V}$ 까지 주사한 후,  $-2.40\text{V}$ 에서  $-0.69\text{V}$ 까지 주사하는 것에 의해 행했다.

[0275] 도 24에 나타낸 바와 같이, 환원 피크 전위 Epc는  $-2.20\text{V}$ , 산화 피크 전위 Epa는  $-2.12\text{V}$ 라고 해석할 수 있다. 따라서, 반파전위(Epc와 Epa의 중간의 전위)는  $-2.16\text{V}$ 라고 산출할 수 있다. 이것은, A l q는  $-2.16[\text{V vs. Ag}/\text{Ag}^+]$ 의 전기에너지에 의해 환원되는 것을 나타내고, 이 에너지는 LUMO 준위에 해당한다. 여기에서, 전술한 바와 같이, 본 실시예 3에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는,  $-4.85[\text{eV}]$ 이기 때문에, A l q의 LUMO 준위는,  $-4.85-(-2.16)=-2.69[\text{eV}]$ 인 것을 알았다.

[0276] (측정에 4: D P Q d)

[0277] 본 측정에 4에서는, D P Q d의 환원반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 했다. 측정 결과를 도 25에 나타낸다. 이 때 환원반응 특성의 측정은, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를  $-0.40\text{V}$ 에서  $-2.10\text{V}$ 까지 주사한 후,  $-2.10\text{V}$ 에서  $-0.40\text{V}$ 까지 주사하는 것에 의해 행했다. 또한 D P Q d는 용해성이 나쁘고,  $1\text{mmol}/\text{L}$ 의 농도가 되도록 용액을 조제하려고 해도 용해되지 않은 잔류물이 생겼기 때문에, 잔류물이 침전된 상태에서 상청액을 채취하여, 측정에 사용했다.

[0278] 도 25에 나타낸 바와 같이, 환원 피크 전위 Epc는  $-1.69\text{V}$ , 산화 피크 전위 Epa는  $-1.63\text{V}$ 라고 해석할 수 있다. 따라서, 반파전위(Epc와 Epa의 중간의 전위)는  $-1.66\text{V}$ 라고 산출할 수 있다. 이것은, D P Q d는  $-1.66[\text{V vs. Ag}/\text{Ag}^+]$ 의 전기에너지에 의해 환원된다는 것을 나타내고, 이 에너지는 LUMO 준위에 해당한다. 여기에서, 전술한 바와 같이, 본 실시예 3에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는  $-4.85[\text{eV}]$ 이기 때문에, D P Q d의 LUMO 준위는  $-4.85-(-1.66)=-3.19[\text{eV}]$ 인 것을 알았다.

[0279] 이 때 전술한 바와 같이 해서 구한 A l q와 D P Q d의 LUMO 준위를 비교하면, D P Q d의 LUMO 준위는 A l q보다  $0.50[\text{eV}]$ 나 낮다는 것을 알 수 있다. 이것은, D P Q d를 A l q 내에 첨가함으로써, D P Q d가 전자 트랩으로서 작용한다는 것을 의미한다. 따라서, 본 발명의 발광소자의 전자의 이동을 제어하는 층에 있어서, A l q와 D P Q d를 사용한 실시예 1의 소자구조는, 본 발명에 적합한 구조다.

[0280] (측정에 5: 2 P C A P A)

[0281] 본 측정에 5에서는, 2 P C A P A의 환원반응 특성에 대해서, 사이클릭 볼탐메트리(C V) 측정에 의해 조사했다. 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 했다. 측정 결과를 도 26에 나타낸다. 이 때 환원반응 특성의 측정은, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를  $-0.41\text{V}$ 에서  $-2.50\text{V}$ 까지 주사한 후,  $-2.50\text{V}$ 에서  $-0.41\text{V}$ 까지 주사하는 것에 의해 행했다.

[0282] 도 26에 나타낸 바와 같이, 환원 피크 전위 Epc는  $-2.21\text{V}$ , 산화 피크 전위 Epa는  $-2.14\text{V}$ 라고 해석할 수 있다. 따라서, 반파전위(Epc와 Epa의 중간의 전위)는  $-2.18\text{V}$ 라고 산출할 수 있다. 이것은, A l q는  $-2.18[\text{V vs. Ag}/\text{Ag}^+]$ 의 전기에너지에 의해 환원된다는 것을 나타내고, 이 에너지는 LUMO 준위에 해당한다. 여기에서, 전술한 바와 같이, 본 실시예 3에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜에너지는,  $-4.85[\text{eV}]$ 이기 때문에, 2 P C A P A의 LUMO 준위는,  $-4.85-(-2.18)=-2.67[\text{eV}]$ 인 것을 알았다.

[0283] 또한 전술한 바와 같이 해서 구한 A l q와 2 P C A P A의 LUMO 준위를 비교하면, 2 P C A P A의 LUMO 준위는 A l q와  $0.02[\text{eV}]$ 밖에 차이 나지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 A l q는 전자수송성이 높은 물질이며, 2 P C A P A는 아민 골격을 갖고 있기 때문에 홀 수송성을 가진다고 생각된다. 따라서, 본 발명의 발광소자의 전자의 이동을 제어하는 층에 있어서, A l q와 2 P C A P A를 사용한 실시예 1의 소자구조는, 본 발명에 적합한 구조다.

## 도면의 간단한 설명

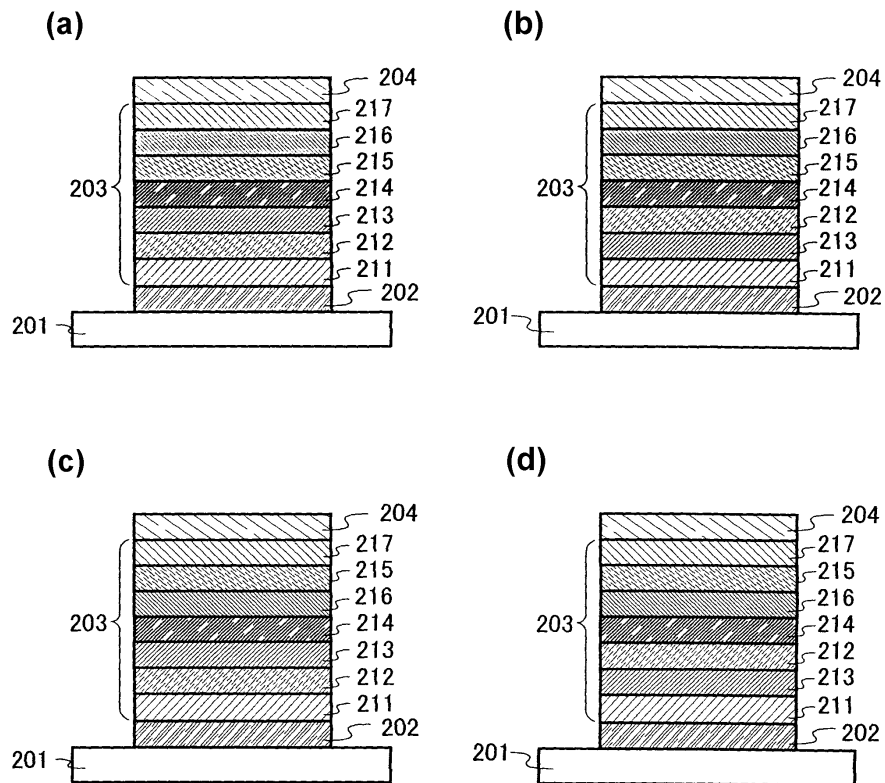
[0284]	도 1은 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0285]	도 2는 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0286]	도 3은 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0287]	도 4는 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0288]	도 5는 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0289]	도 6은 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0290]	도 7은 본 발명의 발광소자를 설명하는 도.	
[0291]	도 8은 본 발명의 발광장치를 설명하는 도.	
[0292]	도 9는 본 발명의 발광장치를 설명하는 도.	
[0293]	도 10은 본 발명의 전자기기를 설명하는 도.	
[0294]	도 11은 본 발명의 전자기기를 설명하는 도.	
[0295]	도 12는 본 발명의 전자기기를 설명하는 도.	
[0296]	도 13은 본 발명의 전자기기를 설명하는 도.	
[0297]	도 14는 본 발명의 조명 장치를 설명하는 도.	
[0298]	도 15는 본 발명의 조명 장치를 설명하는 도.	
[0299]	도 16은 실시예의 발광소자를 설명하는 도.	
[0300]	도 17은 실시예 1에서 제조한 발광소자의 전류밀도-휘도 특성을 도시한 도면.	
[0301]	도 18은 실시예 1에서 제조한 발광소자의 전압-휘도 특성을 도시한 도면.	
[0302]	도 19는 실시예 1에서 제조한 발광소자의 휘도-전류효율 특성을 도시한 도면.	
[0303]	도 20은 실시예 1에서 제조한 발광소자의 발광스펙트럼을 도시한 도면.	
[0304]	도 21은 실시예 1에서 제조한 발광소자의 규격화 휘도 시간변화를 도시한 도면.	
[0305]	도 22는 O X D-7의 산화 반응 특성을 도시한 도면.	
[0306]	도 23은 N P B의 산화 반응 특성을 도시한 도면.	
[0307]	도 24는 A l q의 환원반응 특성을 도시한 도면.	
[0308]	도 25는 D P Q d의 환원반응 특성을 도시한 도면.	
[0309]	도 26은 2 P C A P A의 환원반응 특성을 도시한 도면.	
[0310]	[부호의 설명]	
[0311]	201 기관	202 제1 전극
[0312]	203 E L층	204 제2 전극
[0313]	211 정공주입층	212 정공의 이동을 제어하는 층
[0314]	213 정공수송층	214 발광층
[0315]	215 전자의 이동을 제어하는 층	216 전자수송층
[0316]	217 전자주입층	221 제1 유기 화합물
[0317]	222 제2 유기 화합물	241 제3 유기 화합물
[0318]	242 제4 유기 화합물	501 제1 전극
[0319]	502 제2 전극	511 제1 발광 유닛

[0320]	512 제2 발광 유닛	513 전하발생층
[0321]	601 소스측 구동회로	602 화소부
[0322]	603 게이트측 구동회로	604 밀봉기관
[0323]	605 셀재	607 공간
[0324]	608 배선	609 F P C (플렉시블 프린트 서킷)
[0325]	610 소자기관	611 스위칭용 T F T
[0326]	612 전류제어용 T F T	613 제1 전극
[0327]	614 절연물	616 E L 층
[0328]	617 제2 전극	618 발광소자
[0329]	623 N채널형 T F T	624 P채널형 T F T
[0330]	701 본체	702 표시부
[0331]	703 조작 스위치	704 표시부
[0332]	710 본체	711 표시부
[0333]	712 메모리부	713 조작부
[0334]	714 이어폰	901 케이싱
[0335]	902 액정층	903 백라이트
[0336]	904 케이싱	905 드라이버 I C
[0337]	906 단자	951 기관
[0338]	952 전극	953 절연층
[0339]	954 분리벽층	955 E L 층
[0340]	956 전극	1201 유리 기관
[0341]	1202 제1 전극	1204 제2 전극
[0342]	1211 복합재료를 포함한 층	1212 정공의 이동을 제어하는 층
[0343]	1213 정공수송층	1214 발광층
[0344]	1215 전자의 이동을 제어하는 층	1216 전자수송층
[0345]	1217 전자주입층	2001 케이싱
[0346]	2002 광원	3001 조명 장치
[0347]	3002 텔레비전장치	9101 케이싱
[0348]	9102 지지대	9103 표시부
[0349]	9104 스피커부	9105 비디오 입력 단자
[0350]	9201 본체	9202 케이싱
[0351]	9203 표시부	9204 키보드
[0352]	9205 외부접속 포트	9206 포인팅 디바이스
[0353]	9401 본체	9402 케이싱
[0354]	9403 표시부	9404 음성입력부
[0355]	9405 음성출력부	9406 조작 키

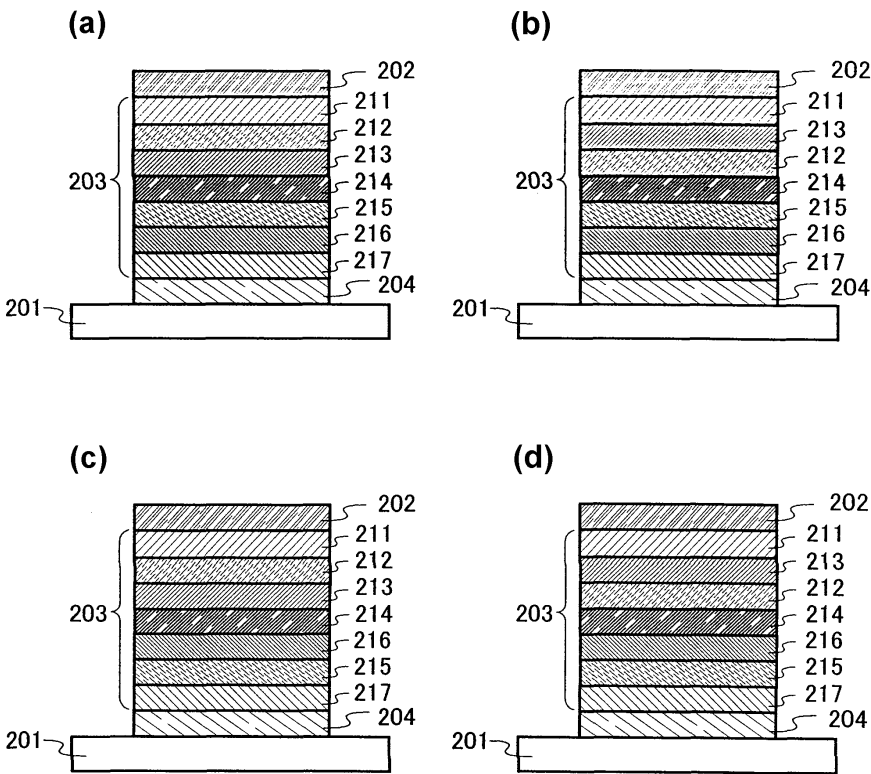
[0356]	9407 외부접속 포트	9408 안테나
[0357]	9501 본체	9502 표시부
[0358]	9503 케이스	9504 외부접속 포트
[0359]	9505 리모트 컨트롤 수신부	9506 수상부
[0360]	9507 배터리	9508 음성입력부
[0361]	9509 조작 키	9510 접안부

도면

도면1

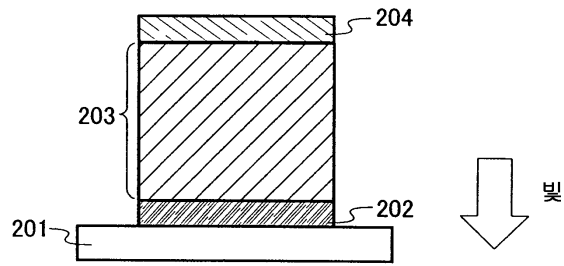


도면2

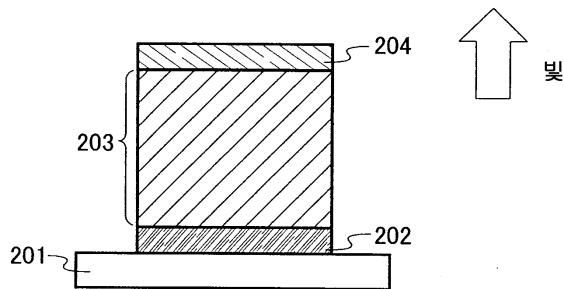


도면3

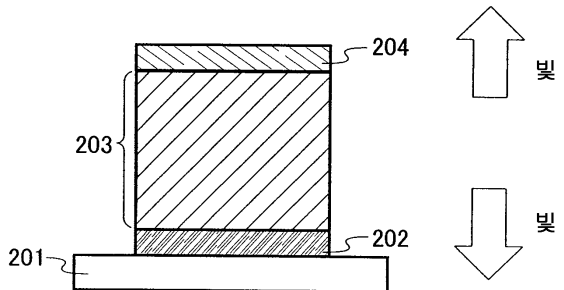
(a)



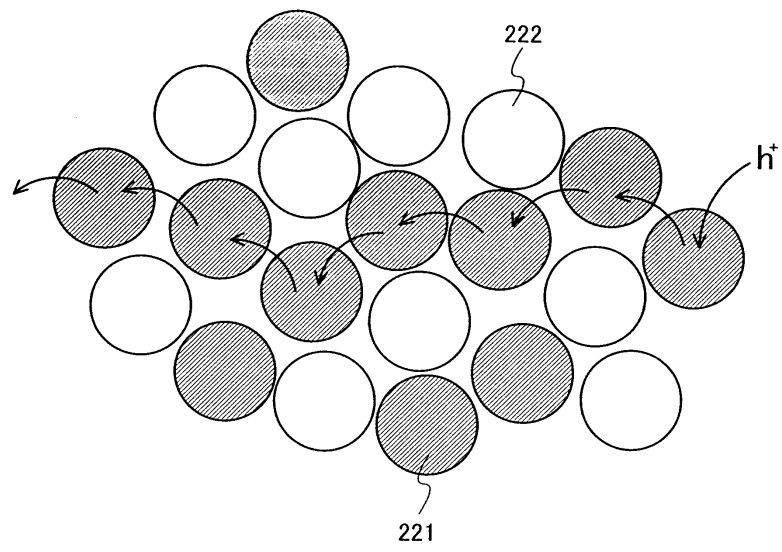
(b)



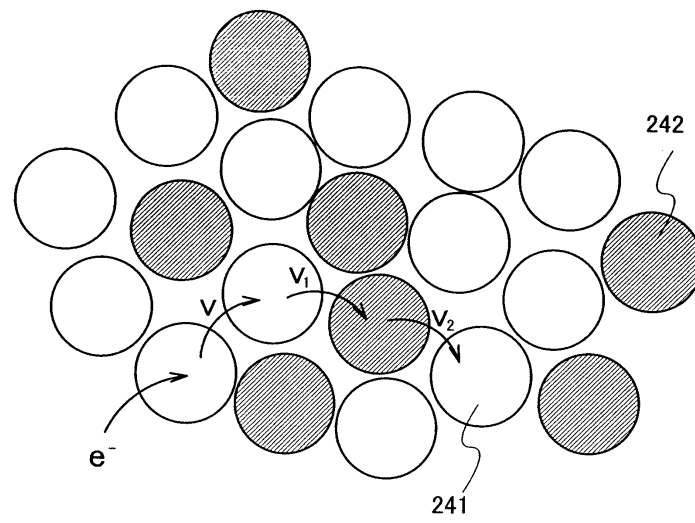
(c)



도면4

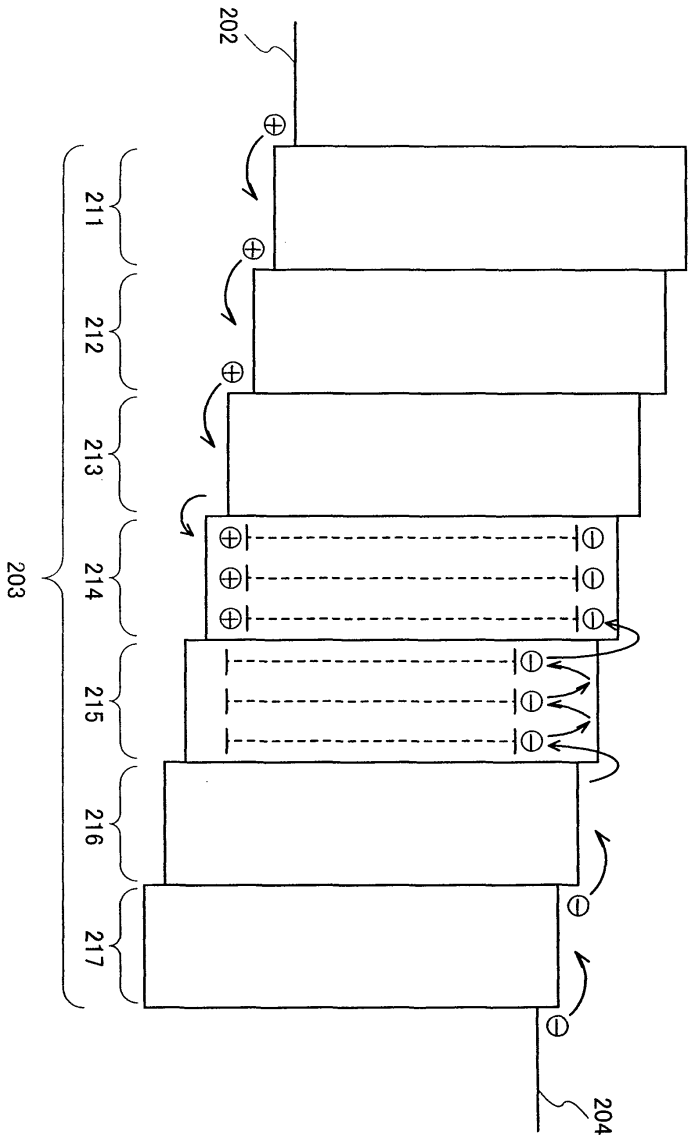


도면5

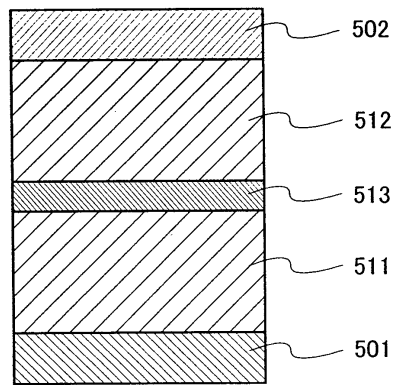




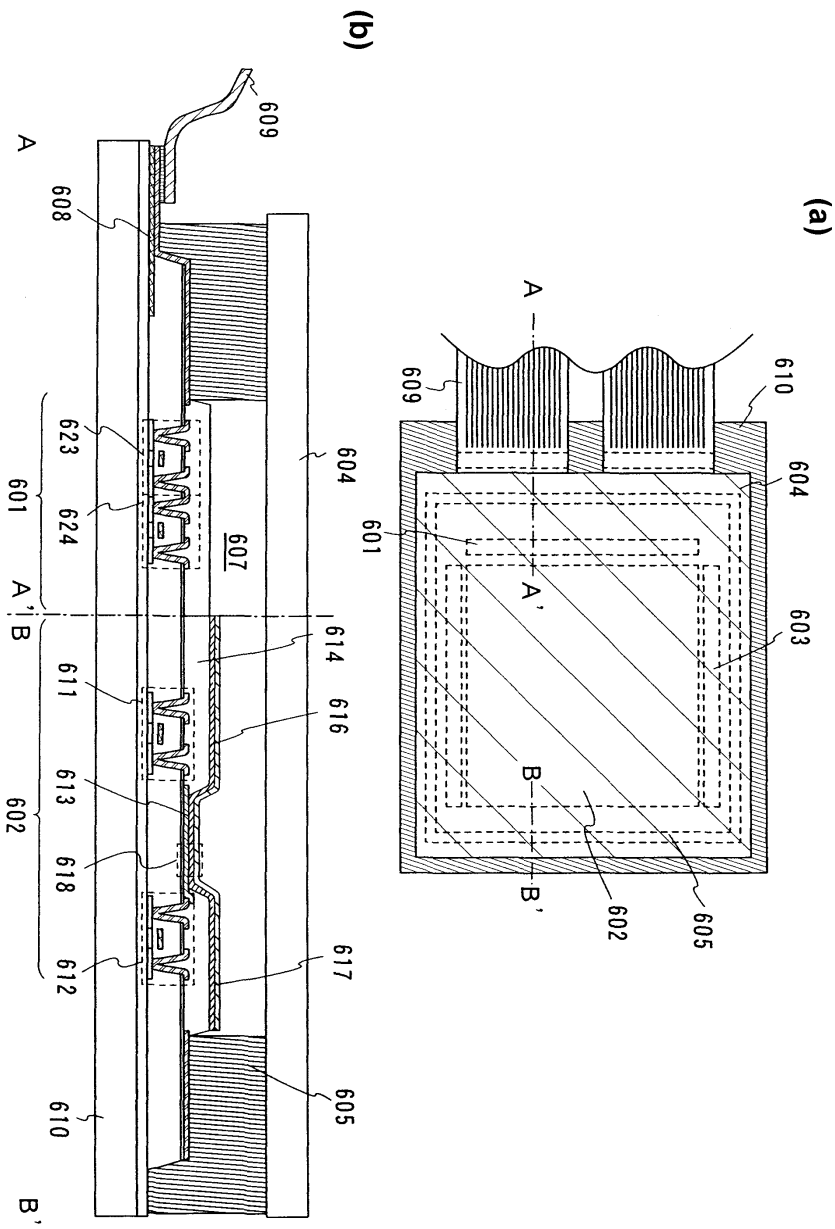
도면6



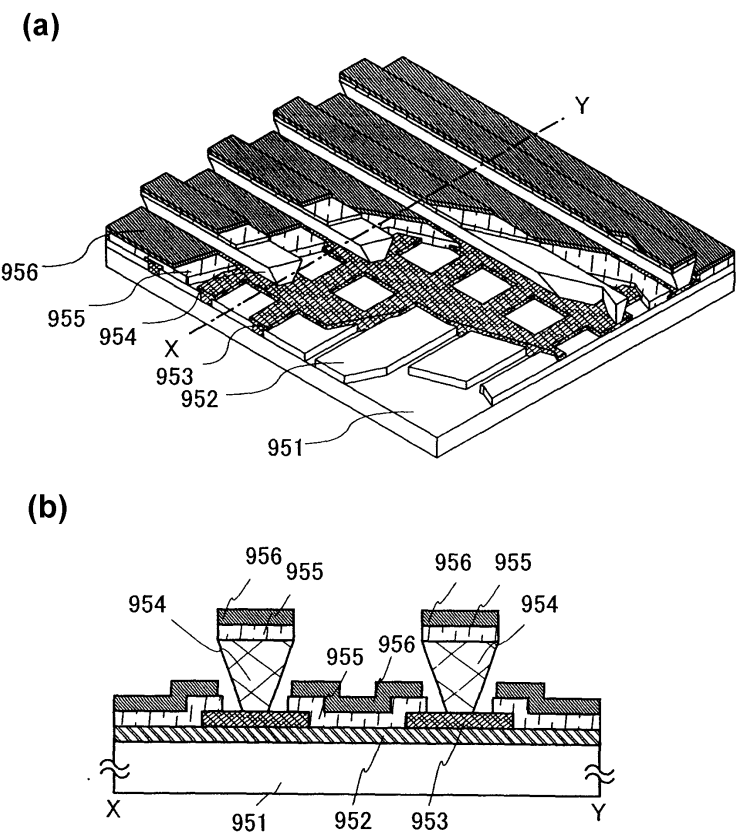
도면7



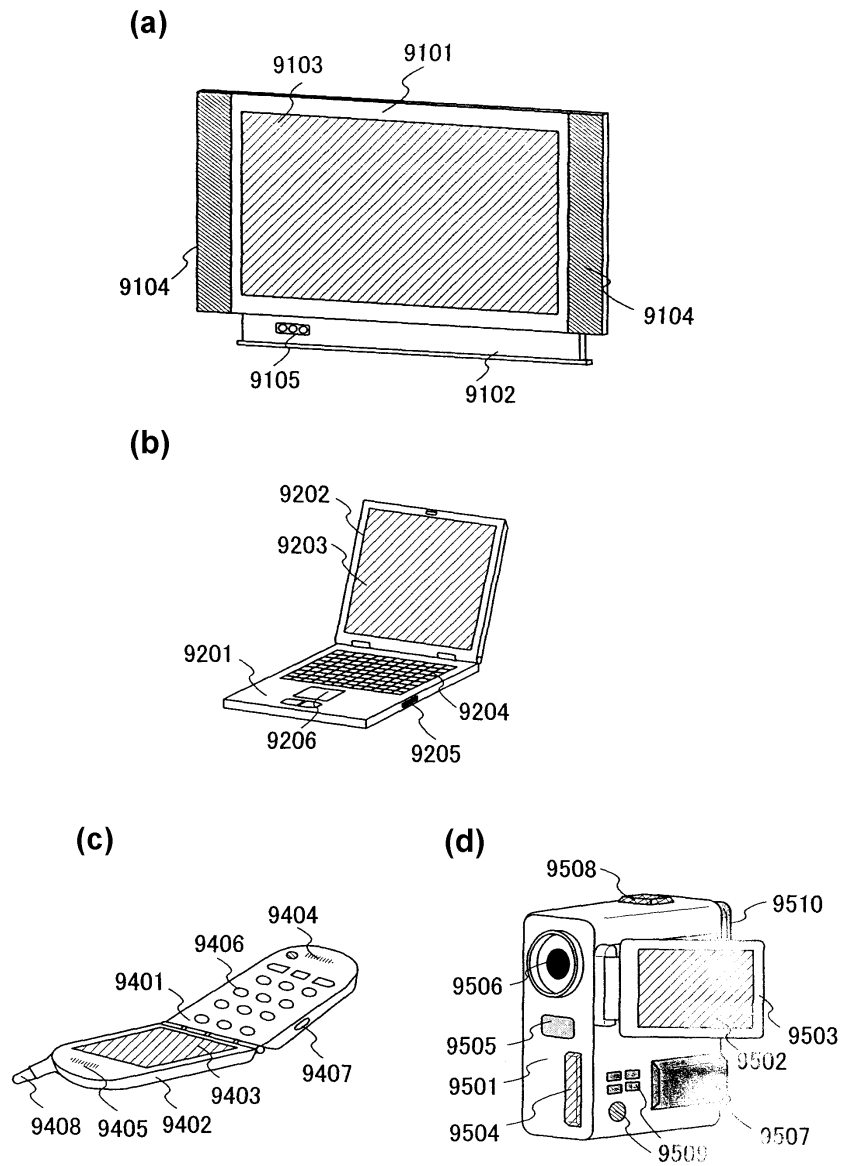
도면8



도면9

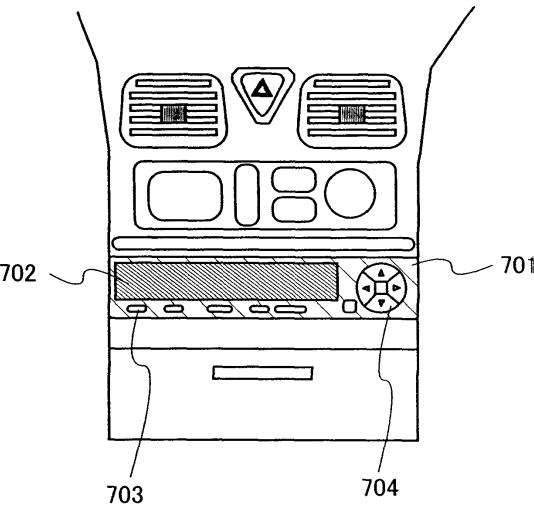


도면10

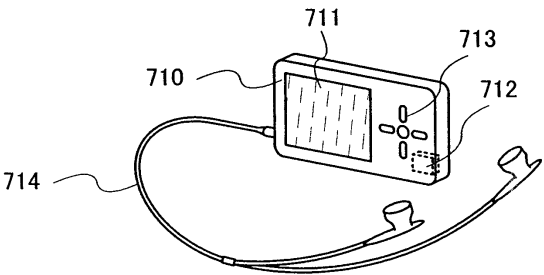




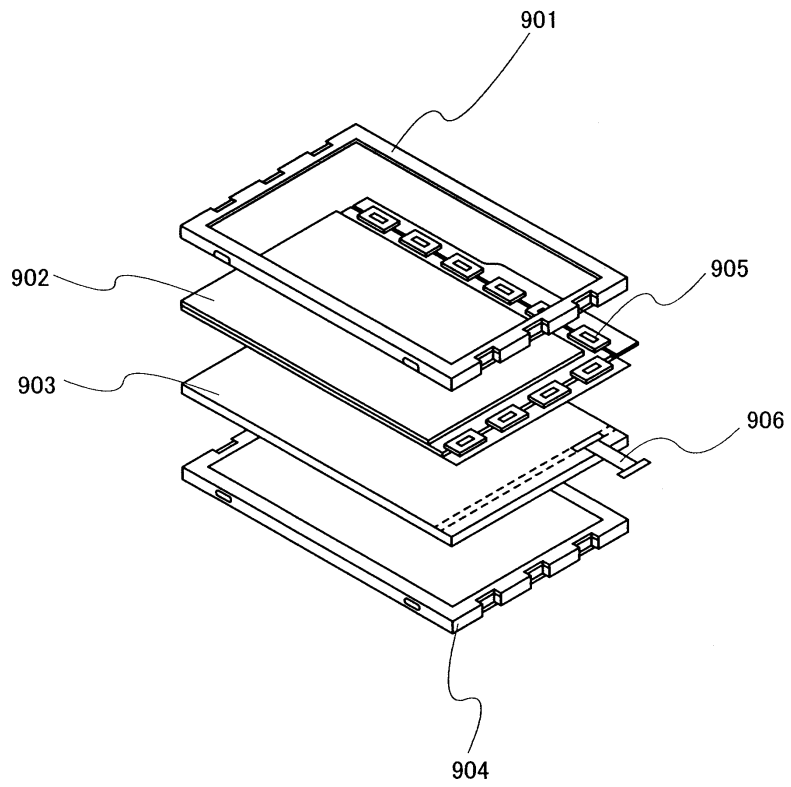
도면11



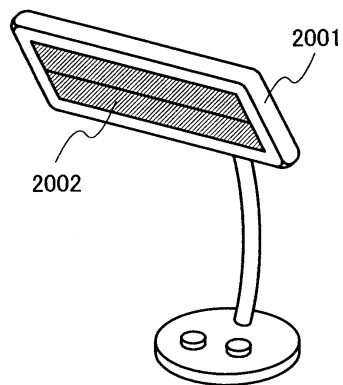
도면12



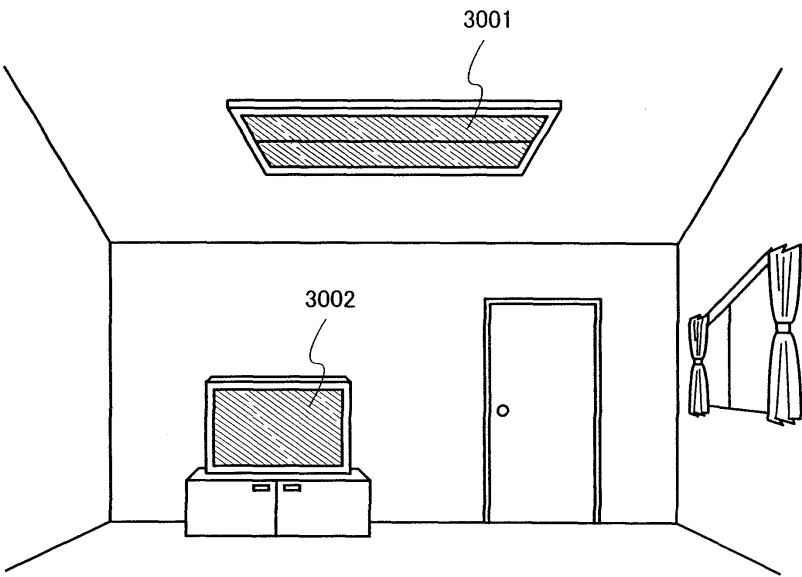
도면13



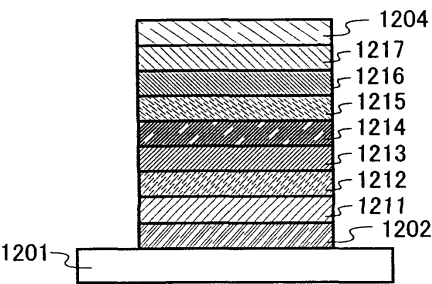
도면14



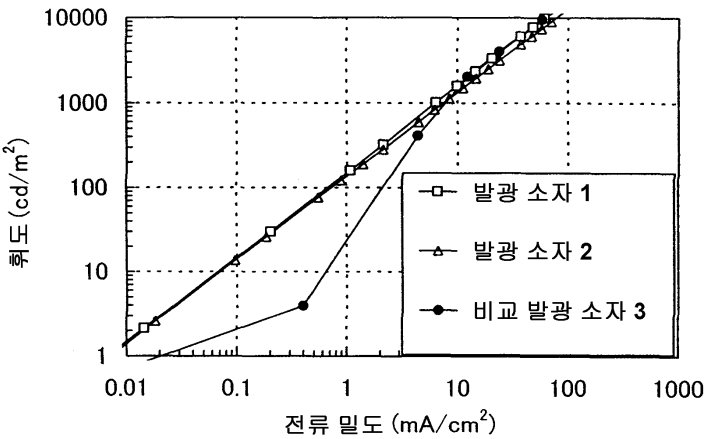
도면15



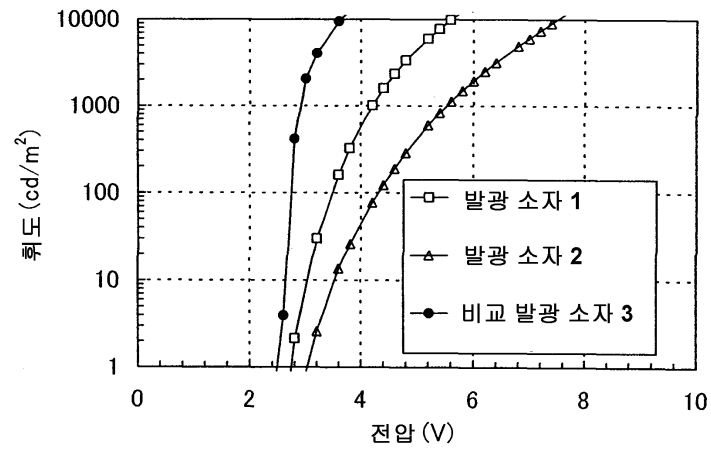
도면16



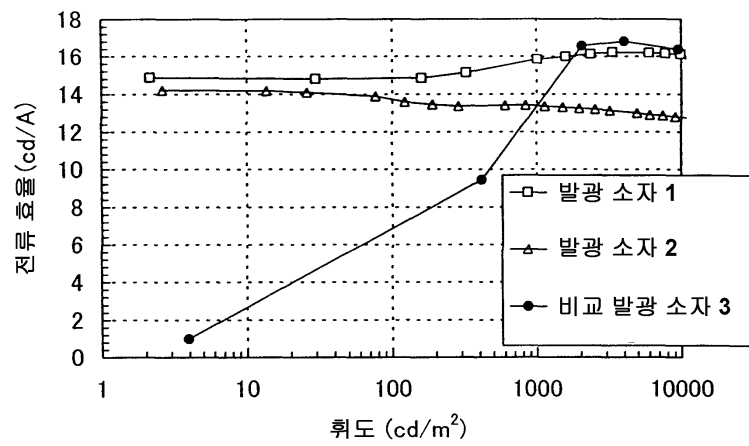
도면17



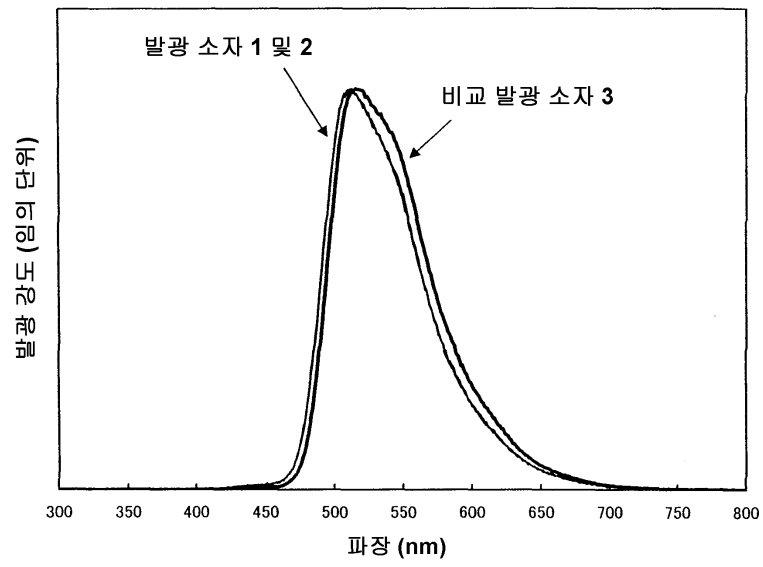
도면18



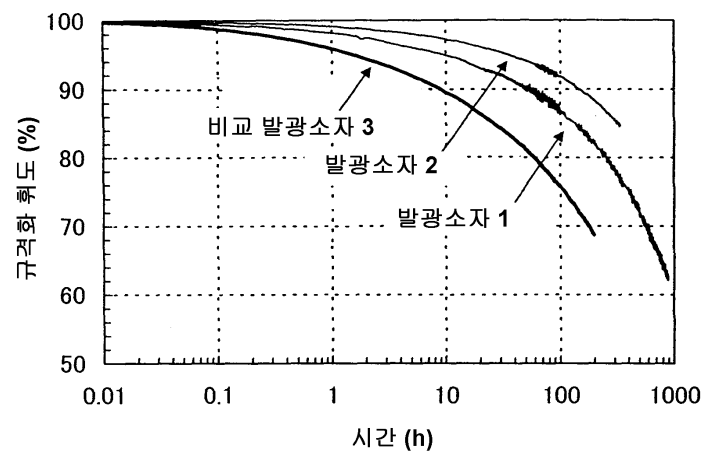
도면19



도면20

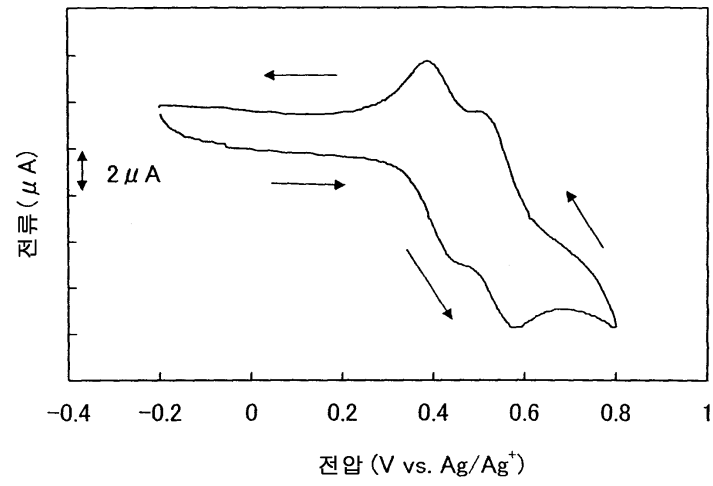


도면21

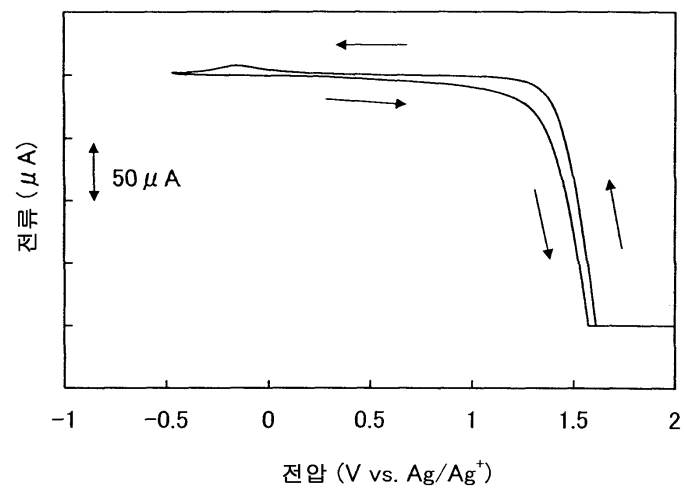




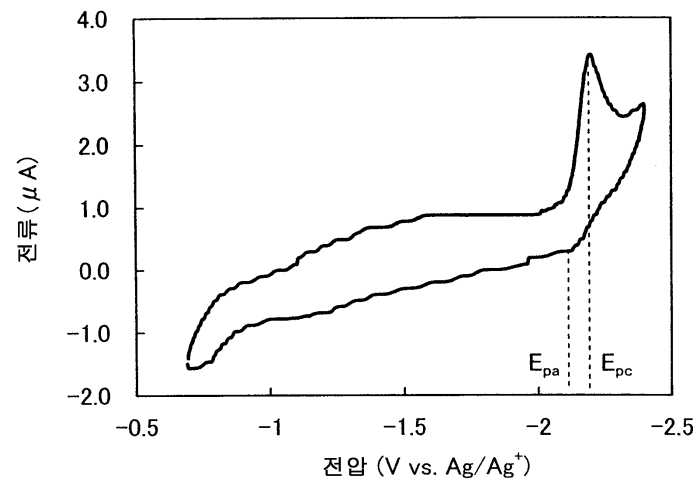
도면22



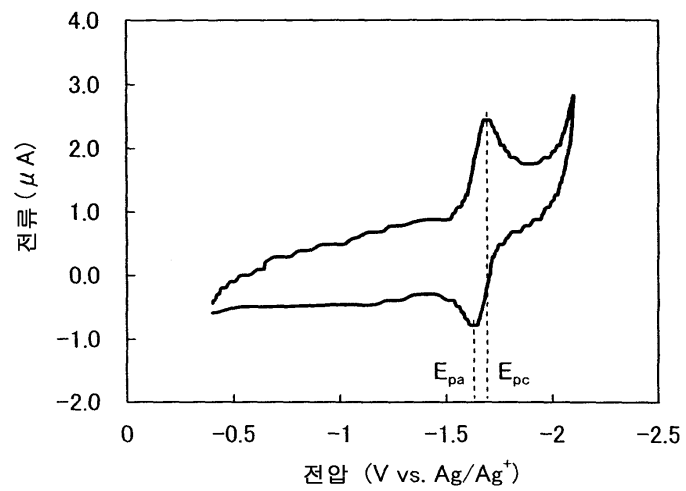
도면23



도면24



도면25



도면26

