



등록특허 10-2829003



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월02일  
(11) 등록번호 10-2829003  
(24) 등록일자 2025년06월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H10K 59/38* (2023.01) *H10K 50/11* (2023.01)  
*H10K 50/19* (2023.01) *H10K 59/32* (2023.01)  
*H10K 59/35* (2023.01) *H10K 59/80* (2023.01)
- (52) CPC특허분류  
*H10K 59/38* (2023.02)  
*H10K 50/11* (2023.02)
- (21) 출원번호 10-2024-7006885(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년05월19일  
심사청구일자 2024년03월28일
- (85) 번역문제출일자 2024년02월28일
- (65) 공개번호 10-2024-0033152
- (43) 공개일자 2024년03월12일
- (62) 원출원 특허 10-2023-7011820  
원출원일자(국제) 2015년05월19일  
심사청구일자 2023년04월06일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2015/053664
- (87) 국제공개번호 WO 2015/181678  
국제공개일자 2015년12월03일

- (30) 우선권주장  
JP-P-2014-112796 2014년05월30일 일본(JP)  
JP-P-2014-112849 2014년05월30일 일본(JP)

- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020040111629 A  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 10 항

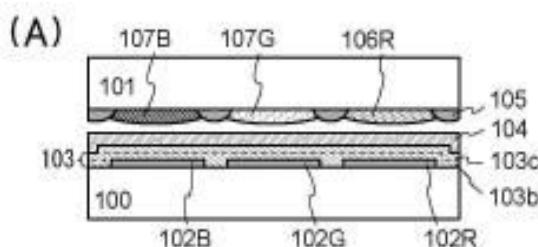
심사관 : 조성수

- (54) 발명의 명칭 발광 장치, 표시 장치, 및 전자 기기

### (57) 요 약

각각 전력을 적게 소비하는 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치를 제공한다. 발광 장치는 EL층을 공유하는 제1 발광 소자, 제2 발광 소자, 및 제3 발광 소자를 포함한다. EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 황색 또는 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제2 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터층 또는 제2 색 변환층에 들어가고, 제3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제1 색 변환층에 들어간다.

### 대 표 도



(52) CPC특허분류

*H10K 50/19* (2023.02)  
*H10K 59/32* (2023.02)  
*H10K 59/35* (2023.02)  
*H10K 59/8051* (2023.02)  
*H10K 59/8052* (2023.02)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020030057634 A  
US20120187394 A1  
WO2014073300 A1  
JP2014011208 A

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광 장치에 있어서,

제 1 발광 소자;

제 2 발광 소자;

제 3 발광 소자;

제 1 컬러 필터;

제 1 색 변환층; 및

제 2 색 변환층을 포함하고,

상기 제 1 발광 소자, 상기 제 2 발광 소자, 및 상기 제 3 발광 소자 각각은,

청색의 광을 방출하는 재료를 포함하는 제 1 발광층;

녹색의 광을 방출하는 재료를 포함하는 제 2 발광층; 및

상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 층을 포함하고,

상기 층은 사이아노기 및 플루오로기 중 적어도 하나를 포함하는 물질을 함유하고,

상기 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층에 들어가지 않고, 상기 제 1 컬러 필터에 들어가고,

상기 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 상기 제 1 색 변환층에 들어가고,

상기 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 상기 제 2 색 변환층에 들어가고,

상기 제 1 컬러 필터는 청색의 광을 투과시키고,

상기 제 1 색 변환층은 녹색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유하며,

상기 제 2 색 변환층은 적색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유하는, 발광 장치.

#### 청구항 2

발광 장치에 있어서,

제 1 발광 소자;

제 2 발광 소자;

제 3 발광 소자;

제 1 컬러 필터;

제 1 색 변환층; 및

제 2 색 변환층을 포함하고,

상기 제 1 발광 소자, 상기 제 2 발광 소자, 및 상기 제 3 발광 소자 각각은,

청색의 광을 방출하는 재료를 포함하는 제 1 발광층;

녹색의 광을 방출하는 재료를 포함하는 제 2 발광층; 및

상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 층을 포함하고,

상기 층은 사이아노기 및 플루오로기 중 적어도 하나를 포함하는 물질을 함유하고,  
상기 제 1 발광 소자와 상기 제 1 컬러 필터는 서로 중첩되고,  
상기 제 1 발광 소자는 색 변환층과 중첩되지 않고,  
상기 제 2 발광 소자와 상기 제 1 색 변환층은 서로 중첩되고,  
상기 제 3 발광 소자와 상기 제 2 색 변환층은 서로 중첩되고,  
상기 제 1 컬러 필터는 청색의 광을 투과시키고,  
상기 제 1 색 변환층은 녹색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유하며,  
상기 제 2 색 변환층은 적색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유하는, 발광 장치.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 제 1 발광층의 상기 재료는 형광 재료인, 발광 장치.

### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 제 2 발광층의 상기 재료는 인광 재료인, 발광 장치.

### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 제 1 색 변환층과 상기 제 2 색 변환층의 각각은 양자점을 사용하는 색 변환층인, 발광 장치.

### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 제 1 컬러 필터는 오버코트층과 서로 중첩되는, 발광 장치.

### 청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 층은 전하 발생층인, 발광 장치.

### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 제 2 발광층은 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 함유하며,  
상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물을 들뜬 복합체를 형성하는, 발광 장치.

## 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼은 상기 녹색의 광을 방출하는 재료의 가장 장파장측의 흡수대와 중첩되는, 발광 장치.

## 청구항 10

전자 기기로서,

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 장치; 및

센서, 조작 버튼, 스피커, 및 마이크로폰 중 적어도 하나를 포함하는, 전자 기기.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명의 일 형태는 발광 장치, 표시 장치, 표시 모듈, 조명 모듈, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다. 다만, 본 발명의 일 형태는 상술한 기술 분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 기술 분야는, 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 구체적으로, 본 명세서에 개시된 본 발명의 일 형태의 기술 분야의 예에는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 저장 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제작 방법이 포함된다.

### 배경 기술

[0002]

박형, 경량, 입력 신호에 대한 고속 응답, 및 저소비전력 등의 가능성 때문에, 유기 화합물을 발광 물질로서 사용한 발광 소자(유기 EL 소자)를 사용한 장치가 차세대의 조명 장치 또는 표시 장치로서 개발 및 상품화되고 있다.

[0003]

유기 EL 소자에서는, 발광층이 개재(介在)된 전극들 사이에 대한 전압 인가에 의하여, 전극들로부터 주입된 전자 및 정공이 재결합되고, 이에 기인하여 발광 물질(유기 화합물)이 들뜬 상태(excited state, 여기 상태)가 되고, 들뜬 상태에서 기저 상태로 되돌아감에 수반하여 발광이 일어난다. 발광 물질로부터 방출되는 광의 스펙트럼은 발광 물질에 의존하기 때문에, 상이한 종류의 유기 화합물을 발광 물질로서 사용함으로써 다양한 색을 나타내는 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0004]

디스플레이 등, 화상을 표시하는 것이 요구되는 표시 장치에는, 풀 컬러 화상을 재현하는 데 적어도 3색의 광, 즉 적색의 광, 녹색의 광, 및 청색의 광이 필요하다. 더 높은 색 재현성과 질이 더 높은 표시 화상을 위해서는, 마이크로캐비티 구조 또는 컬러 필터를 사용하여 발광의 색 순도를 높인다.

[0005]

또한, 소비전력을 저감하기 위하여, 사용할 발광 재료의 분자 구조를 바꾸거나, 발광 소자의 재료 또는 재료의 조성, 및 발광 소자의 구조를 조정하는 등의 다양한 대책이 취해지고 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0006]

(특허문헌 0001) 일본 공개 특허 출원 제2009-129586호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007]

본 발명의 일 형태의 과제는 신규 발광 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 소비전력이

낮은 발광 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 소비전력이 각각 낮은 전자 기기 및 표시 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 일 형태에서 상술한 과제 중 적어도 하나를 해결하기만 하면 된다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 형태에서, 유기 화합물을 발광 재료로서 사용한 발광 장치에서, 색 변환층을 사용하여 원하는 발광색을 얻음으로써 과제를 해결할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 형태는 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자는 EL층을 공유한다. EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0011] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광이 청색의 광을 투과시키는 컬러 필터를 통하여 발광 장치로부터 추출되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0012] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광이 녹색의 광을 투과시키는 컬러 필터를 통하여 발광 장치로부터 추출되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0013] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광이 녹색의 광을 방출하는 제 2 색 변환층에 들어가는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0014] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자가 텐덤 발광 소자인, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0015] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자에서 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층과 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 서로 인접해 있는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0016] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층 및 제 2 색 변환층 중 적어도 하나의 PL 양자 수율이 40%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0017] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층 및 제 2 색 변환층 중 적어도 하나의 PL 양자 수율이 53.3%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0018] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층 및 제 2 색 변환층 중 적어도 하나의 PL 양자 수율이 66%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0019] 본 발명의 다른 일 형태는, 다음 특징을 가지는, 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자는 제 1 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자는 제 2 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 1 구조를 가지는 EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 2 구조를 가지는 EL층은 상기 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0020] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 애노드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0021] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 캐소드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0022] 본 발명의 다른 일 형태는, 다음 특징을 가지는, 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자는 제 3 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자는 제 4 구조를 가지는 EL층을 포

함한다. 제 4 구조를 가지는 EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 3 구조를 가지는 EL층은 상기 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0023] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 애노드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0024] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 캐소드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0025] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 50%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0026] 본 발명의 다른 일 형태는, 녹색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 더 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체(exciplex)를 형성하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0027] 본 발명의 다른 일 형태는, 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼이 녹색 인광을 방출하는 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대와 중첩되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0028] 본 발명의 다른 일 형태는, 다음 특징을 가지는, 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자는 EL층을 공유한다. EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 포함한다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 2 색 변환층에 들어가고, 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0029] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광이 청색의 광을 투과시키는 컬러 필터를 통하여 발광 장치로부터 추출되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0030] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 2 발광 소자가 청색의 광을 증폭시키는 마이크로캐비티 구조를 포함하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0031] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자가 탠덤 발광 소자인, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0032] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자에서 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층과 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 서로 인접해 있는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0033] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 40%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0034] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 50%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0035] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 53.3%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0036] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 66%보다 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0037] 본 발명의 다른 일 형태는, 다음 특징을 가지는, 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자는 제 5 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 3 발광 소자는 제 6 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 5 구조를 가지는 EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 황색 인광을 방출하는

발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 6 구조를 가지는 EL층은 상기 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 2 색 변환층에 들어가고, 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0038] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 애노드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0039] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 캐소드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0040] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 4 발광 소자를 더 포함하고, 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광이 황색의 광을 투과시키는 컬러 필터를 통하여 발광 장치로부터 추출되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0041] 본 발명의 다른 일 형태는, 다음 특징을 가지는, 유기 화합물을 사용한 발광 소자를 가지는 발광 장치이다. 발광 장치는 적어도 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 포함한다. 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자는 제 7 구조를 가지는 EL층을 포함하고, 제 3 발광 소자는 제 8 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 8 구조를 가지는 EL층은 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층, 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 7 구조를 가지는 EL층은 상기 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층을 포함한다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 2 색 변환층에 들어가고, 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 1 색 변환층에 들어간다.

[0042] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 애노드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0043] 본 발명의 다른 일 형태는, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층보다 캐소드에 더 가깝고, 청색 형광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층 및 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0044] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 4 구조를 가지는 EL층을 포함하는 제 4 발광 소자를 더 포함하고, 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광이 황색의 광을 투과시키는 컬러 필터를 통하여 발광 장치로부터 추출되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0045] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층의 PL 양자 수율이 50% 이상인, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0046] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 2 색 변환층이 녹색의 광을 방출하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0047] 본 발명의 다른 일 형태는, 황색 인광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 층이 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 더 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물은 둘다 복합체를 형성하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0048] 본 발명의 다른 일 형태는, 둘다 복합체의 발광 스펙트럼이 황색 인광을 방출하는 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대와 중첩되는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0049] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층이 적색의 광을 방출하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0050] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 4 발광 소자를 더 포함하고, 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 제 3 색 변환층에 들어가고, 제 3 색 변환층이 황색의 광을 방출하는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치이다.

[0051] 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 색 변환층이 양자점(quantum dot)을 포함하는, 상술한 구조를 가지는

발광 장치이다.

[0052] 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구조를 가지는 발광 장치와, 센서, 조작 버튼, 스피커, 및 마이크로폰 중 적어도 하나를 포함하는 전자 기기이다.

### 발명의 효과

[0053] 본 발명의 일 형태에 따르면, 신규 발광 장치를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면, 소비전력이 낮은 발광 장치를 제공할 수 있다. 본 발명의 다른 일 형태에 따르면, 소비전력이 각각 낮은 표시 장치 및 전자 기기를 제공할 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 형태에서 상술한 과제 중 적어도 하나의 효과를 달성하기만 하면 된다.

### 도면의 간단한 설명

[0055] 첨부 도면에 있어서:

도 1의 (A)~(D)는 발광 장치의 개념도;

도 2의 (A)~(D)는 발광 장치의 개념도;

도 3의 (A)~(D)는 발광 장치의 개념도;

도 4의 (A)~(D)는 발광 장치의 개념도;

도 5의 (A)~(C)는 발광 소자의 개념도;

도 6의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도;

도 7의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도;

도 8은 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도;

도 9의 (A) 및 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 개념도;

도 10의 (A), (B1), (B2), (C), 및 (D)는 전자 기기를 도시한 것;

도 11은 차량용 표시 장치 및 조명 장치를 도시한 것; 및

도 12의 (A)~(C)는 전자 기기를 도시한 것.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 본 발명의 실시형태들에 대하여, 도면을 참조하여 이하에서 자세히 설명한다. 다만, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 다양한 변경 및 수정이 가능하다는 것은 통상의 기술자에 의하여 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명은 이하의 실시형태의 내용에 한정하여 해석되지 말아야 한다. 본 발명의 실시형태를 도시하기 위한 도면을 도 1의 (A)~(D), 도 2의 (A)~(D), 도 3의 (A)~(D), 및 도 4의 (A)~(D)에 나타내었다.

[0057] <청색 형광 및 녹색 인광을 이용한 텐덤 소자로부터의 변환>

[0058] 도 1의 (A)는 청색 형광 및 녹색 인광을 이용한 텐덤 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 발광 장치는 기판(100) 위에 제공된 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 제 1~제 3 발광 소자들은 EL층(103) 및 제 2 전극(104)을 공유하고, 각각 상이한 제 1 전극을 가진다. 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자는, 각각 제 1 전극(102B), 제 1 전극(102G), 및 제 1 전극(102R)을 포함한다. 밀봉(sealing) 기판(101)에 블랙 매트릭스(105), 컬러 필터(107B), 컬러 필터(107G), 및 색 변환층(106R)이 제공되어 있다. 컬러 필터(107B)는 청색의 광을 투과시키고, 컬러 필터(107G)는 녹색의 광을 투과시킨다. 색 변환층(106R)은 적색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유한다.

[0059] 도 1의 (A)에서 EL층(103)은 텐덤 구조를 가지고, 도 5의 (A)에 그 대표적인 예를 나타내었다. 텐덤 구조란, 전하 발생층인 중간층(109)을 개재하여 제 1 발광 유닛(103b)과 제 2 발광 유닛(103c)이 적층되는 구조를 말한다. 제 1 전극(102)이 애노드이고 제 2 전극(104)이 케소드라면, 각 발광 유닛은 대표적으로, 제 1 전극(102)(여기서는 애노드) 층으로부터 정공 주입층(114), 정공 수송층(115), 발광층(116), 전자 수송층(117),

및 전자 주입층(118) 등이 이 순서대로 적층되는 구조를 가진다. 이와 같은 구조에서 발광 재료는 발광층(116)에 함유된다. 제 1 전극(102)이 캐소드이고 제 2 전극(104)이 애노드인 경우, 상술한 EL층에서의 적층 순서를 거꾸로 한다. 또한, EL층(103)은 제 1~제 3 발광 소자들에 의하여 공유된다.

[0060] 제 1 발광 유닛(103b) 및 제 2 발광 유닛(103c) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하고, 다른 쪽은 녹색 인광을 방출한다. 청색 형광과 녹색 인광이 합성된 광이 EL층(103)으로부터 얻어진다. 각 발광 유닛에 포함되는 발광층은, 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 발광층은 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 둘다 복합체를 형성하고 둘다 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 둘다 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0061] 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터(107B)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터(107G)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106R)에 들어가고, 이 들어가는 광에 의하여 색 변환층(106R)이 들여서 적색의 광을 방출한다.

[0062] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소(본 명세서에서, 추출 효율에 영향을 미치는 컬러 필터, 색 변환층, 및 기판 등의 구성 요소를 가지는 발광 소자를 화소라고 함)의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤(exciton) 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0063] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 텐덤 소자를 사용한 발광 장치로 적색, 녹색, 및 청색을 효율적으로 얻기 위해서는 일반적으로, 각 발광 파장을 가지는 발광 재료를 사용하는 것이 효과적이다. 실용성과 효율성의 관점에서, 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료가 흔히 사용된다. 도 5의 (A)와 동일한 2개의 발광 유닛을 가지는 더블 텐덤 구조를 채용한다. 발광 유닛들 중 하나의 발광층은 청색 형광 재료를 사용한 형광층이고, 다른 발광 유닛의 발광층은 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용한 인광층이다.

[0064] 이러한 구조를 가지는 발광 소자에서, 형광층의 내부 양자 효율 및 인광층의 내부 양자 효율은 각각 25% 및 100%로 추정된다. 그러면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_{CF}\%$ 이다(또한,  $X_{CF}$ 는 컬러 필터를 사용한 경우의 광 추출 효율이고,  $X_{CF}$ 는 사용한 컬러 필터의 투과율의 최대값에  $X_A$ 를 곱한 것으로 가정하고,  $X_A$ 는 컬러 필터의 투과율 또는 색 변환층의 PL 양자 효율을 뺀 광 추출 효율이며 발광 장치의 모든 화소에서 공통적인 것으로 가정함). 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $50 \times X_{CF}\%$ 이다(이는 엑시톤이 녹색과 적색으로 나누어지기 때문이고, 단순화를 위하여 엑시톤은 반반으로 나누어지는 것으로 가정함).

[0065] 다음에, 도 1의 (A)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치에 대해서는, 청색 화소의 외부 양자 효율이  $25 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CF}\%$ (인광층은 녹색의 단층이고; 컬러 필터를 제공하지 않는 경우에는  $100 \times X_A\%$ )이고, 적색 화소의 외부 양자 효율은  $125 \times X_{CC}\%$ 이다(또한,  $X_{CC}$ 는 색 변환층을 사용한 경우의 광 추출 효율이고,  $X_{CC}$ 는 사용한 색 변환층의 PL 양자 수율에  $X_A$ 를 곱한 것으로 가정하고; 내부 양자 효율 100%의 녹색 인광과 내부 양자 효율 25%의 청색 형광을 색 변환하기 때문에  $125 \times X_{CC}\%$ 가 얻어진다).

[0066] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CF}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소가 외부 양자 효율을 2배로 할 것으로 기대됨을 의미한다. 또한, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $125 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이 종래의 구조의 2.5배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 40% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다. 또한, 녹색의 광을 투과시키는 컬러 필터(107G)를 색 변환층(106G)으로 대체하여도 좋다. 그 경우, 녹색 화소의 외부 양자 효율은 적색 화소와 같이  $125 \times X_{CC}\%$ 이고, 색 변환층의 PL 양자 수율  $X_{CC}$ 가 컬러 필터의 투과율  $X_{CF}$ 의 40% 이상이기만 하면, 종래의 녹색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 녹색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수

있다.

[0067] 도 2의 (A)에 나타낸 바와 같이, 도 1의 (A)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 1 발광 유닛(103b) 및 제 2 발광 유닛(103c)을 포함하는 EL층을 포함한다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106Y)에 들어가고, 색 변환층(106Y)은 황색의 광을 방출한다. 내부 양자 효율 25%의 청색 형광과 내부 양자 효율 100%의 녹색 인광의 색 변환에 의하여 황색의 광을 얻기 때문에, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $125 \times X_{CC}\%$ 이다.

[0068] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0069] <청색 형광 및 녹색 인광을 이용한 싱글 소자로부터의 변환>

[0070] 도 1의 (B)는 청색 형광 및 녹색 인광을 이용한 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 실시형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 색 변환층(106R), 컬러 필터(107G), 및 컬러 필터(107B)도 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.

[0071] 도 1의 (B)에서, EL층(103d)은 도 5의 (B)에 그 대표적인 예를 나타낸, 하나의 발광 유닛에서 2개의 발광층(제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2))이 서로 인접해 있는 싱글 구조를 가진다. 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2)은 서로 접촉하도록 형성하여도 좋고, 또는 두께 20nm 이하의 분리층을 그 사이에 제공하여도 좋다. 분리층의 두께는 1nm 이상 10nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, EL층(103d)은 제 1~제 3 발광 소자들에 의하여 공유된다.

[0072] 이 구조에서, 도 5의 (B)에서의 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하고, 다른 쪽은 녹색 인광을 방출한다. 청색 형광과 녹색 인광이 합성된 광이 EL층(103d)으로부터 얻어진다. 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2)은 각각 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 둘 둘 복합체를 형성하고 둘 둘 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 둘 둘 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0073] 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 청색 컬러 필터(107B)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 녹색 컬러 필터(107G)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106R)에 들어가고, 이 들어가는 광에 의하여 색 변환층(106R)이 들여서 적색의 광을 방출한다.

[0074] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0075] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 하나의 발광 유닛에서 2개의 발광층이 서로 인접해 있는 싱글 구조의 EL층을 가지는 발광 소자를 사용한 발광 장치로, 색 변환층을 사용하지 않고 적색, 녹색, 및 청색을 얻기 위해서는, 색들에 대응하는 과장에 강도를 가지는 광을 방출하는 발광 재료들이 필요하다. 실용성과 효율성의 관점에서 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료를 사용한다면, 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2) 중 한쪽에 청색 형광 재료를 사용하는 것이 바람직하고, 다른 쪽에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 발광 소자에서의 형광층의 내부 양자 효율이 25%이고, 발광 소자에서의 인광층의 내부 양자 효율이 100%이고, 엑시톤이 청색, 녹색, 및 적색으로 균등하게 나누어지는 것으로 가정하면; 청색 화소의 외부 양자 효율은  $8.3 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $33.3 \times X_{CF}\%$ 이다.

[0076] 다음에, 도 1의 (B)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치를 생각한다. 상술한 것과 비슷한 가정에 더하여, 엑시톤이 청색과 녹색으로 균등하게 나누어지는 것으로 가정하기 때문에, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $12.5 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율은  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 적색 화소의 외부 양자 효율은  $62.5 \times X_{CC}\%$ 이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 사용하면 종래의 소자보다 효율이 훨씬 높은 발광 소자가 제공된

다. 또한, 녹색의 광을 투과시키는 컬러 필터(107G)를 색 변환층(106G)으로 대체할 수 있다. 그 경우, 녹색 화소의 외부 양자 효율은 적색 화소와 같이  $62.5 \times X_{CC\%}$ 이다.

[0077] 여기서, 종래의 구조를 가지는 각 화소와 본 실시형태의 구조를 가지는 각 화소의 외부 양자 효율을 비교한다. 본 실시형태의 구조를 가지는 청색 화소의 외부 양자 효율이  $12.5 \times X_{CF\%}$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $8.3 \times X_{CF\%}$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 청색 화소의 외부 양자 효율이 종래의 구조의 약 1.5배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $50 \times X_{CF\%}$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $33 \times X_{CF\%}$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율도 종래의 구조의 약 1.5배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $62.5 \times X_{CC\%}$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $33 \times X_{CF\%}$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 약 1.88배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 53.3% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다.

[0078] 도 2의 (B)에 나타낸 바와 같이, 도 1의 (B)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에, 2개의 발광층(제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2))이 서로 인접해 있는 싱글 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106Y)에 들어가고, 색 변환층(106Y)은 황색의 광을 방출한다. 청색 형광과 녹색 인광의 색 변환에 의하여 황색의 광을 얻기 때문에, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $62.5 \times X_{CC\%}$ 이다.

[0079] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0080] <청색 형광의 싱글 소자 및 녹색 인광의 싱글 소자로부터의 변환(마스크를 사용한 한 번의 선택적 퇴적 단계) 1>

[0081] 도 1의 (C)는 청색 형광의 싱글 소자 및 녹색 인광의 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 및 색 변환층(106R)도 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.

[0082] 도 1의 (C)에 나타낸 발광 장치에서, 제 1 발광 소자는 제 1 구조를 가지는 EL층을 포함하고, 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자는 제 2 구조를 가지는 EL층을 포함한다.

[0083] 제 1 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103e), 제 2 EL층(103f), 제 3 EL층(103g), 및 제 4 EL층(103h)을 포함하는 적층이다. 제 2 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103e), 제 3 EL층(103g), 및 제 4 EL층(103h)을 포함하는 적층이다.

[0084] 제 1 전극이 애노드이고 제 2 전극이 캐소드인 경우, 제 1 EL층(103e)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103f)은 도 5의 (B)에서의 제 1 발광층(116d-1)에 상당하고, 제 3 EL층(103g)은 도 5의 (B)에서의 제 2 발광층(116d-2)에 상당하고, 제 4 EL층(103h)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당한다. 즉, 제 1 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (B)에서의 EL층(103d)과 비슷한 구조를 가지고, 제 2 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (C)에서의 EL층(103a)과 비슷한 구조를 가진다.

[0085] 제 1 구조를 가지는 EL층 및 제 2 구조를 가지는 EL층의 형성에는 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계를 필요로 한다. 즉, 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계에 의하여 형광층과 인광층이 적층된 싱글 구조를 가지는 통상의 발광 소자보다 훨씬 높은 발광 효율이 얻어진다.

[0086] 제 2 EL층(103f)은 청색 형광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유하고, 제 3 EL층(103g)은 녹색 인광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유한다. 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각, 각기의 발광 재료에 더하여 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하

고 들뜬 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0087] 이 구조를 가지는 발광 장치에서, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 제 1 발광 소자로부터는 청색 형광만을 얻을 수 있고, 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자로부터는 녹색 인광만을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 1 EL층(103e)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당하고, 제 4 EL층(103h)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.

[0088] 도 1의 (C)에서 제 2 EL층(103f)은 제 3 EL층(103g)을 형성하기 전에 형성되지만, 제 2 EL층(103f)을 형성하기 전에 제 3 EL층(103g)을 형성하여도 좋다. 그 경우, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.

[0089] 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106R)에 들어가면, 색 변환층(106R)으로부터 적색의 광을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광 및 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되어도 좋다. 컬러 필터가 없으면 광을 고효율로 얻을 수 있다. 컬러 필터를 통하여 방출되면, 높은 색 순도로 광을 얻을 수 있다.

[0090] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 액시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0091] 먼저, 상술한 것과는 다른, 색 변환층이 없는 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 발광 장치에서의 발광 소자의 구조는, 도 1의 (C)에 나타낸 발광 장치에서의 발광 소자의 구조와 비슷하다. 발광 장치로 적색, 녹색, 및 청색을 효율적으로 얻기 위해서는 일반적으로, 색들에 대응하는 파장에 강도를 가지는 광을 방출하는 발광 재료들이 필요하다. 실용성과 효율성의 관점에서 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료를 사용하는 경우, 제 2 EL층(103f)에 청색 형광 재료를 사용하고, 제 3 EL층(103g)에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용한다. 적색의 광과 녹색의 광이 합성된 광이 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자로부터 얻어진다. 그러므로, 제 2 발광 소자로부터의 광이 녹색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 녹색 발광을 얻을 수 있고, 제 3 발광 소자로부터의 광이 적색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 적색 발광을 얻을 수 있다.

[0092] 이러한 구조를 가지는 발광 소자에서, 형광층의 내부 양자 효율 및 인광층의 내부 양자 효율은 각각 25% 및 100%로 추정된다. 그러면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $50 \times X_{CF}\%$ 이다.

[0093] 다음에, 도 1의 (C)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치에 대해서는, 청색 화소의 외부 양자 효율이  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $100 \times X_{CF}\%$ )이고, 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 사용하면 발광 효율이 매우 높은 발광 장치를 제공할 수 있다.

[0094] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_A\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이 종래의 구조의 2배 이상이 될 것으로 기대됨을 의미한다. 또한, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 2배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다.

- [0095] 도 2의 (C)에 나타낸 바와 같이, 도 1의 (C)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 2 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106Y)에 들어가고, 색 변환층(106Y)은 황색의 광을 방출한다. 녹색 인광의 색 변환에 의하여 황색의 광을 얻기 때문에, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $100 \times X_{CC\%}$ 이다.
- [0096] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.
- [0097] <청색 형광의 싱글 소자 및 녹색 인광의 싱글 소자로부터의 변환(마스크를 사용한 한 번의 선택적 퇴적 단계) 2>
- [0098] 도 1의 (D)는 청색 형광의 싱글 소자 및 녹색 인광의 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 및 색 변환층(106R)도 도 1의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.
- [0099] 도 1의 (D)에 나타낸 발광 장치에서, 제 1 발광 소자는 제 3 구조를 가지는 EL층을 포함하고, 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자는 제 4 구조를 가지는 EL층을 포함한다.
- [0100] 제 3 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103i), 제 2 EL층(103j), 및 제 4 EL층(103m)을 포함하는 적층이다. 제 4 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103i), 제 2 EL층(103j), 제 3 EL층(103k), 및 제 4 EL층(103m)을 포함하는 적층이다.
- [0101] 제 1 전극이 애노드이고 제 2 전극이 캐소드인 경우, 제 1 EL층(103i)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103j)은 도 5의 (B)에서의 제 1 발광층(116d-1)에 상당하고, 제 3 EL층(103k)은 도 5의 (B)에서의 제 2 발광층(116d-2)에 상당하고, 제 4 EL층(103m)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당한다. 즉, 제 4 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (B)에서의 EL층(103d)과 비슷한 구조를 가지고, 제 3 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (C)에서의 EL층(103a)과 비슷한 구조를 가진다.
- [0102] 제 3 구조를 가지는 EL층 및 제 4 구조를 가지는 EL층의 형성에는 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계를 필요로 한다. 즉, 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계에 의하여 형광층과 인광층이 적층된 싱글 구조를 가지는 통상의 발광 소자보다 훨씬 높은 발광 효율이 얻어진다.
- [0103] 제 2 EL층(103j)은 청색 형광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유하고, 제 3 EL층(103k)은 녹색 인광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유한다. 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하고 들뜬 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.
- [0104] 이 구조를 가지는 발광 장치에서, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 제 1 발광 소자로부터는 청색 형광만을 얻을 수 있고, 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자로부터는 녹색 인광만을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 1 EL층(103i)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당하고, 제 4 EL층(103m)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.
- [0105] 도 1의 (D)에서 제 2 EL층(103j)은 제 3 EL층(103k)을 형성하기 전에 형성되지만, 제 2 EL층(103j)을 형성하기 전에 제 3 EL층(103k)을 형성하여도 좋다. 그 경우, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.
- [0106] 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106R)에 들어가면, 색 변환층(106R)으로부터 적색의 광을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광 및 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터

를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되어도 좋다. 컬러 필터가 없으면 광을 고효율로 얻을 수 있다. 컬러 필터를 통하여 방출되면, 높은 색 순도로 광을 얻을 수 있다.

[0107] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0108] 먼저, 상술한 것과는 다른, 색 변환층이 없는 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 발광 장치에서의 발광 소자의 구조는, 도 1의 (D)에 나타낸 발광 장치에서의 발광 소자의 구조와 비슷하다. 발광 장치로 적색, 녹색, 및 청색을 효율적으로 얻기 위해서는 일반적으로, 색들에 대응하는 파장에 강도를 가지는 광을 방출하는 발광 재료들이 필요하다. 실용성과 효율성의 관점에서 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료를 사용하는 경우, 제 2 EL층(103j)에 청색 형광 재료를 사용하고, 제 3 EL층(103k)에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 적색의 광과 녹색의 광이 합성된 광이 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자로부터 얻어진다. 그러므로, 제 2 발광 소자로부터의 광이 녹색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 녹색 발광을 얻을 수 있고, 제 3 발광 소자로부터의 광이 적색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 적색 발광을 얻을 수 있다.

[0109] 이러한 구조를 가지는 발광 소자에서, 형광층의 내부 양자 효율 및 인광층의 내부 양자 효율은 각각 25% 및 100%로 추정된다. 그러면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각 50%이다.

[0110] 다음에, 도 1의 (D)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치에 대해서는, 청색 화소의 외부 양자 효율이  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않을 때; 컬러 필터를 사용할 때는  $100 \times X_{CF}\%$ )이고, 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 사용하면 발광 효율이 매우 높은 발광 장치를 제공할 수 있다.

[0111] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_A\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 녹색 화소의 외부 양자 효율이 종래의 구조의 2배 이상이 될 것으로 기대됨을 의미한다. 또한, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 2배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다.

[0112] 도 2의 (D)에 나타낸 바와 같이, 도 1의 (D)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 4 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106Y)에 들어가고, 색 변환층(106Y)은 황색의 광을 방출한다. 녹색 인광의 색 변환에 의하여 황색의 광을 얻기 때문에, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $100 \times X_{CC}\%$ 이다.

[0113] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0114] <청색 형광 및 황색 인광의 텐덤 소자로부터의 변환>

[0115] 도 3의 (A)는 청색 형광 및 황색 인광의 텐덤 소자를 사용한 본 발명의 일 실시형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 발광 장치는 기판(100) 위에 제공된 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 제 1~제 3 발광 소자들은 EL층(103) 및 제 2 전극(104)을 공유하고, 각각 상이한 제 1 전극을 가진다. 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자는, 각각 제 1 전극(102B), 제 1 전극(102G), 및 제 1 전극(102R)을 가진다. 밀봉 기판(101)에 블랙 매트릭스(105), 컬러 필터(107B), 색 변환층(106G), 및 색 변환층(106R)이 제공되어 있다. 컬러 필터(107B)는 청색의 광을 투과시킨다. 색 변환층(106G)은 녹색의 광

을 방출하는 색 변환 물질을 함유하고, 색 변환층(106R)은 적색의 광을 방출하는 색 변환 물질을 함유한다.

[0116] 도 3의 (A)에서 EL층(103)은 텐덤 구조를 가지고, 도 5의 (A)에 그 대표적인 예를 나타내었다. 텐덤 구조란, 전하 발생층인 중간층(109)을 개재하여 제 1 발광 유닛(103b)과 제 2 발광 유닛(103c)이 적층되는 구조를 말한다. 제 1 전극(102)이 애노드이고 제 2 전극(104)이 캐소드라면, 각 발광 유닛은 대표적으로, 제 1 전극(102)(여기서는 애노드) 측으로부터 정공 주입층(114), 정공 수송층(115), 발광층(116), 전자 수송층(117), 및 전자 주입층(118) 등이 이 순서대로 적층되는 구조를 가진다. 이와 같은 구조에서 발광 재료는 발광층(116)에 함유된다. 제 1 전극(102)이 캐소드이고 제 2 전극(104)이 애노드인 경우, 상술한 EL층에서의 적층 순서를 거꾸로 한다. 또한, EL층(103)은 제 1~제 3 발광 소자들에 의하여 공유된다.

[0117] 제 1 발광 유닛(103b) 및 제 2 발광 유닛(103c) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하고, 다른 쪽은 황색 인광을 방출한다. 청색 형광과 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103)으로부터 얻어진다. 각 발광 유닛에 포함되는 발광층은, 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 발광층은 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 둘 둔 복합체를 형성하고 둘 둔 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 둘 둔 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0118] 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터(107B)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106G)에 들어가고, 이 들어가는 광에 의하여 색 변환층(106G)이 둘 떠서 녹색의 광을 방출한다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106R)에 들어가고, 색 변환층(106R)이 적색의 광을 방출한다.

[0119] 또한, 이 발광 장치에서는, 청색 형광과 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103)으로부터 방출되지만, 색 변환층(106G)은 황색의 광을 흡수할 수 없다. 그러므로, 공진 구조 또는 컬러 필터를 사용하여, 색 변환층(106G)에 들어가는 황색의 광을 제거하는 것이 바람직하다. 공진 구조를 형성하는 경우, 청색의 광이 증폭되도록 형성한다. 도 3의 (A)에 나타낸 바와 같이, 제 1 전극 위에 투명 도전막(즉, 투명 도전막(102Bt), 투명 도전막(102Gt), 및 투명 도전막(102Rt))을 원하는 두께로 형성함으로써 공진 구조를 제공할 수 있다. 또한, 제 1 발광 소자 및 제 3 발광 소자에는 흡수될 수 없는 광을 제거하는 목적으로 공진 구조를 형성할 필요는 없다. 다른 목적으로 공진 구조를 형성하는 경우, 제 1 발광 소자에서 청색의 광이 증폭되도록 투명 도전막(102Bt)을 형성하여도 좋고, 제 3 발광 소자에서 황색의 광이 증폭되도록 투명 도전막(102Rt)을 형성하여도 좋다.

[0120] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0121] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 색 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 텐덤 소자를 사용한 발광 장치로 적색, 녹색, 및 청색의 광을 효율적으로 얻기 위해서는 일반적으로, 각 발광 파장을 가지는 발광 재료를 사용하는 것이 효과적이다. 실용성과 효율성의 관점에서, 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료가 흔히 사용된다. 도 5의 (A)와 동일한 더블 텐덤 구조를 채용한다. 발광 유닛들 중 하나의 발광층은 청색 형광 재료를 사용한 형광층이고, 다른 한 발광 유닛의 발광층은 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용한 인광층이다.

[0122] 이러한 구조를 가지는 발광 소자에서, 형광층의 내부 양자 효율 및 인광층의 내부 양자 효율은 각각 25% 및 100%로 추정된다. 그러면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $50 \times X_{CF}\%$ 이다(이는 인광층에서 엑시톤이 적색 인광 재료와 녹색 인광 재료로 나누어지기 때문이다. 단순화를 위하여 엑시톤은 반반으로 나누어지는 것으로 가정함).

[0123] 다음에, 상술한 구조(도 3의 (A)에 나타낸 구조)를 가지는 발광 장치를 생각한다. 청색 화소의 외부 양자 효율, 녹색 화소의 외부 양자 효율, 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $25 \times X_{CF}\%$ ,  $25 \times X_{CC}\%$ , 및  $125 \times X_{CC}\%$ (공진 구조를 형성하지 않는 경우; 공진 구조를 형성하는 경우에는 청색의 광이 약해지기 때문에  $100 \times X_{CC}\%$ )이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 사용하면 적색 발광의 효율을 크게 높일 수 있다.

[0124] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $125 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조

를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 2.5배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 40% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있다.

[0125] 도 4의 (A)에 나타낸 바와 같이, 도 3의 (A)에 나타낸 구조에 황색 화소로서 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 1 발광 유닛(103b) 및 제 2 발광 유닛(103c)을 포함하는 EL층을 포함한다. 황색 발광에 대응하는 공진 구조를 제공하여도 좋고, 이 경우 투명 도전막(102Yt)을 형성하여도 좋다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터(107Y)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되기 때문에, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $100 \times X_{CF}\%$ 이다. 컬러 필터(107Y)를 황색의 색 변환층(106Y)으로 대체하여도 좋고, 이 경우 황색 화소의 외부 양자 효율은  $125 \times X_{CC}\%$ 이다.

[0126] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0127] 또한, 도 4의 (A)에 나타낸 구조를 채용하는 경우, 적색, 청색, 및 황색의 광만으로 백색의 광을 표현할 수 있으므로, 녹색의 광의 효율이 소비전력에 거의 영향을 미치지 않는다. 따라서, 황색 화소의 효율이 100%인 것을 고려하면, 적색 화소에 제공되는 제 1 색 변환층인 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 40%보다 높기만 하면, 종래의 발광 장치보다 효율이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다. 공진 구조를 형성하는 경우, 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 50%보다 높기만 하면, 발광 장치는 종래의 발광 장치보다 높은 효율을 가질 수 있다.

[0128] <청색 형광 및 황색 인광의 싱글 소자로부터의 변환>

[0129] 도 3의 (B)는 청색 형광 및 황색 인광을 이용한 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 색 변환층(106R), 색 변환층(106G), 및 컬러 필터(107B)도 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.

[0130] 도 3의 (B)에서 EL층(103d)은, 도 5의 (B)에 그 대표적인 예를 나타낸 싱글 구조를 가진다. 제 1 발광 층(116d-1) 및 제 2 발광 층(116d-2)은 서로 접촉하도록 형성하여도 좋고, 또는 두께 20nm 이하의 분리층을 그 사이에 제공하여도 좋다. 분리층의 두께는 1nm 이상 10nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, EL층(103d)은 제 1~제 3 발광 소자들에 의하여 공유된다.

[0131] 이 구조에서, 도 5의 (B)에서의 제 1 발광 층(116d-1) 및 제 2 발광 층(116d-2) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하고, 다른 쪽은 황색 인광을 방출한다. 청색 형광과 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103d)으로부터 얻어진다. 제 1 발광 층(116d-1) 및 제 2 발광 층(116d-2)은 각각 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 1 발광 층(116d-1) 및 제 2 발광 층(116d-2)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 둘 둘 복합체를 형성하고 둘 둘 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 둘 둘 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0132] 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 청색 컬러 필터(107B)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출된다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106G)에 들어가고, 이 들어가는 광에 의하여 색 변환층(106G)이 들여서 녹색의 광을 방출한다. 마찬가지로, 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광은 색 변환층(106R)에 들어가고, 색 변환층(106R)이 적색의 광을 방출한다.

[0133] 또한, 이 발광 장치에서는, 도 3의 (A)와 같이 청색 형광과 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103)으로부터 방출되지만, 색 변환층(106G)은 황색의 광을 흡수할 수 없다. 그러므로, 공진 구조 또는 컬러 필터를 사용하여, 색 변환층(106G)에 들어가는 황색의 광을 제거하는 것이 바람직하다. 공진 구조를 형성하는 경우, 청색의 광이 증폭되도록 형성한다. 도 3의 (B)에 나타낸 바와 같이, 제 1 전극 위에 투명 도전막(투명 도전막(102Bt), 투명 도전막(102Gt), 및 투명 도전막(102Rt))을 원하는 두께로 형성함으로써 공진 구조를 제공할 수 있다. 또한, 제 1 발광 소자 및 제 3 발광 소자에는 흡수될 수 없는 광을 제거하는 목적으로 공진 구조를 형성할 필요는 없다. 다른 목적으로 공진 구조를 형성하는 경우, 제 1 발광 소자에서 청색의 광이 증폭되도록 투명 도전막(102Bt)을 형성하여도 좋고, 제 3 발광 소자에서 황색의 광이 증폭되도록 투명 도전막(102Rt)을 형성하여

도 좋다.

[0134] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0135] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 도 5의 (B)에 나타낸 바와 같이, 발광 소자는 하나의 발광 유닛에서 2개의 발광층이 서로 인접해 있는 싱글 구조의 EL층을 가진다. 색 변환층을 사용하지 않고, 이러한 구조를 가지는 발광 소자로 적색, 녹색, 및 청색을 얻기 위해서는 각 발광 광장을 가지는 발광 재료를 사용하는 것이 효과적이다. 실용성과 효율성의 관점에서, 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료가 흔히 사용된다. 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2) 중 한쪽이 형광층이고 다른 쪽이 인광층이면, 발광층들 중 하나에 청색 형광 재료가 함유되고, 다른 쪽 발광층에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료가 함유된다. 형광층의 내부 양자 효율이 25%이고, 인광층의 내부 양자 효율이 100%이고, 엑시톤이 청색, 녹색, 및 적색으로 균등하게(즉, 1:1:1) 나누어지는 것으로 가정하면; 청색 화소의 외부 양자 효율은  $8.3 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $33 \times X_{CF}\%$ 이다.

[0136] 다음에, 도 3의 (B)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치를 생각한다. 상술한 것과 비슷한 가정에 더하여, 엑시톤이 청색과 황색으로 반반(1:1)으로 나누어지고, 색 변환층의 PL 양자 수율이 100%인 것으로 가정한다; 따라서, 청색 화소의 외부 양자 효율, 녹색 화소의 외부 양자 효율, 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $12.5 \times X_{CF}\%$ ,  $12.5 \times X_{CC}\%$ , 및  $62.5 \times X_{CC}\%$ (공진 구조를 사용하지 않는 경우; 공진 구조를 사용하는 경우에는 청색의 광이 약해지기 때문에  $50 \times X_{CC}\%$ )이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 사용하면 적색 화소의 외부 양자 효율을 크게 높일 수 있다.

[0137] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 청색 화소의 외부 양자 효율이  $12.5 \times X_{CF}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $8.3 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 본 실시형태의 구조를 가지는 청색 화소의 외부 양자 효율이 종래의 구조의 약 1.5 배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 또한, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $62.5 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $33 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 약 1.88배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 적색 화소에서의 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 53.3% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있다.

[0138] 도 4의 (B)에 나타낸 바와 같이, 도 3의 (B)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 EL층(103d)을 포함한다. 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터(107Y)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되어, 황색 화소의 외부 양자 효율은  $50 \times X_{CF}\%$ 이다. 공진 구조를 형성하는 경우, 황색의 광이 증폭되도록 형성한다. 도 4의 (B)에 나타낸 바와 같이, 제 1 전극 위에 투명 도전막(102Yt)을 원하는 두께로 형성함으로써 공진 구조를 제공할 수 있다. 또한, 컬러 필터(107Y)를 황색의 색 변환층(106Y)으로 대체하여도 좋고, 이 경우 황색 화소의 외부 양자 효율은  $62.5 \times X_{CC}\%$ 이다.

[0139] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0140] 또한, 도 4의 (B)에 나타낸 구조를 채용하는 경우, 적색, 청색, 및 황색의 광만으로 백색의 광을 표현할 수 있으므로, 녹색의 광의 효율이 소비전력에 거의 영향을 미치지 않는다. 따라서, 황색 화소의 외부 양자 효율이  $50 \times X_{CF}\%$ 인 것을 고려하면, 적색 화소에 제공되는 제 1 색 변환층인 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 적색 컬러 필터의 투과율(%)의 53.3%보다 크기만 하면, 종래의 발광 장치보다 효율이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다. 공진 구조를 형성하는 경우, 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 적색 컬러 필터의 투과율(%)의 66%보다 크기만 하면, 발광 장치는 종래의 발광 장치보다 높은 효율을 가질 수 있다.

[0141] <청색 형광의 싱글 소자 및 황색 인광의 싱글 소자로부터의 변환(마스크를 사용한 한 번의 선택적 퇴적 단계)  
1>

- [0142] 도 3의 (C)는 청색 형광의 싱글 소자 및 황색 인광의 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 및 색 변환층(106G 및 106R)도 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.
- [0143] 도 3의 (C)에 나타낸 발광 장치에서, 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자는 제 5 구조를 가지는 EL층을 포함하고, 제 3 발광 소자는 제 6 구조를 가지는 EL층을 포함한다.
- [0144] 제 5 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103e), 제 2 EL층(103f), 제 3 EL층(103g), 및 제 4 EL층(103h)을 포함하는 적층이다. 제 6 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103e), 제 3 EL층(103g), 및 제 4 EL층(103h)을 포함하는 적층이다.
- [0145] 제 1 전극이 애노드이고 제 2 전극이 캐소드인 경우, 제 1 EL층(103e)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103f)은 도 5의 (B)에서의 제 1 발광층(116d-1)에 상당하고, 제 3 EL층(103g)은 도 5의 (B)에서의 제 2 발광층(116d-2)에 상당하고, 제 4 EL층(103h)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당한다. 즉, 제 5 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (B)에서의 EL층(103d)과 비슷한 구조를 가지고, 제 6 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (C)에서의 EL층(103a)과 비슷한 구조를 가진다.
- [0146] 제 2 EL층(103f)은 청색 형광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유하고, 제 3 EL층(103g)은 황색 인광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유한다. 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각, 각기의 발광 재료에 더하여 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하고 들뜬 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.
- [0147] 이 구조를 가지는 발광 장치에서, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자로부터는 청색 형광만을 얻을 수 있고, 제 3 발광 소자로부터는 황색 인광만을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 1 EL층(103e)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당하고, 제 4 EL층(103h)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각, 상술한 것과 비슷한 이유로 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.
- [0148] 도 3의 (C)에서 제 2 EL층(103f)은 제 3 EL층(103g)을 형성하기 전에 형성되지만, 제 2 EL층(103f)을 형성하기 전에 제 3 EL층(103g)을 형성하여도 좋다. 그 경우, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 2 EL층(103f) 및 제 3 EL층(103g)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.
- [0149] 제 1 발광 소자로부터 청색의 광을 얻을 수 있다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106G)에 들어가면, 색 변환층(106G)으로부터 녹색의 광을 얻을 수 있다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106R)에 들어가면, 색 변환층(106R)으로부터 적색의 광을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되어도 좋다. 컬러 필터가 없으면 광을 고효율로 얻을 수 있다. 컬러 필터를 통하여 방출되면, 높은 색 순도로 광을 얻을 수 있다.
- [0150] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 액시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.
- [0151] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 발광 장치에서의 제 1 및 제 3 발광 소자들의 구조는, 도 3의 (C)에 나타낸 발광 장치에서의 발광 소자의 구조와 비슷하다. 도 3의 (C)에서의 제 2 발광 소자는 제 5 구조를 가지는 EL층을 가지지만, 이 발광 장치에서의 제 2 발광 소자는 제 6 구조를 가지는 EL층을 가진다.

[0152] 이러한 구조를 가지는 발광 소자로 적색, 녹색, 및 청색을 효율적으로 얻기 위해서는, 일반적으로, 색들에 대응하는 과장에 강도를 가지는 광을 방출하는 발광 재료들을 사용하는 것이 효과적이다. 실용성과 효율성의 관점에서, 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료가 흔히 사용된다. 제 2 EL층(103f)에 청색 형광 재료를 사용하고, 제 3 EL층(103g)에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 적색의 광과 녹색의 광이 합성된 광이 제 2 발광 소자 및 제 3 발광 소자로부터 얻어진다. 제 2 화소에서, 광이 녹색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 녹색 발광을 얻을 수 있다. 제 3 화소에서, 광이 적색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 적색 발광을 얻을 수 있다.

[0153] 여기서, 제 3 EL층에서 액시톤이 적색 인광 재료와 녹색 인광 재료로 반반(1:1)으로 나누어지는 것으로 가정하면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않는 경우; 컬러 필터를 사용하는 경우에는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $50 \times X_{CF}\%$ (컬러 필터 사용)이다.

[0154] 다음에, 도 3의 (C)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치를 생각한다. 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않는 경우; 컬러 필터를 사용하는 경우에는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_{CC}\%$ 이고, 적색 화소의 외부 양자 효율은  $100 \times X_{CC}\%$ 이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 사용하면 종래의 발광 장치에서의 적색 화소의 외부 양자 효율보다 적색 화소의 외부 양자 효율이 높은 발광 장치를 제공할 수 있다.

[0155] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 2배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다.

[0156] 도 4의 (C)에 나타낸 바와 같이, 도 3의 (C)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 6 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 황색 화소의 외부 양자 효율은, 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광이 컬러 필터(107Y)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되는 경우에는  $100 \times X_{CF}\%$ 이고, 또는 컬러 필터를 제공하지 않는 경우에는  $100 \times X_A\%$ 이다.

[0157] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0158] 또한, 도 4의 (C)에 나타낸 구조를 채용하는 경우, 적색, 청색, 및 황색의 광만으로 백색의 광을 표현할 수 있으므로, 녹색의 광의 효율이 소비전력에 거의 영향을 미치지 않는다. 따라서, 녹색 화소의 효율이 저하되어도, 적색 화소에 제공되는 제 1 색 변환층인 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 적색 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 적색 발광은 종래의 발광 소자와 동등하고, 효율이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0159] 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계에 의하여, 본 실시형태의 구조를 가지는 발광 장치에 이를 효과를 줄 수 있다.

[0160] <청색 형광의 싱글 소자 및 황색 인광의 싱글 소자로부터의 변환(마스크를 사용한 한 번의 선택적 퇴적 단계)  
2>

[0161] 도 3의 (D)는 청색 형광의 싱글 소자 및 황색 인광의 싱글 소자를 사용한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 나타낸 것이다. 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 같이, 발광 장치는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 및 제 3 발광 소자를 적어도 포함한다. 기판(100), 밀봉 기판(101), 제 1 전극(102B, 102G, 및 102R), 제 2 전극(104), 블랙 매트릭스(105), 색 변환층(106G), 및 색 변환층(106R)도 도 3의 (A)에 나타낸 발광 장치와 비슷하기 때문에, 여기서는 설명을 생략한다.

[0162] 도 3의 (D)에 나타낸 발광 장치에서, 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자는 제 7 구조를 가지는 EL층을 포함하고, 제 3 발광 소자는 제 8 구조를 가지는 EL층을 포함한다.

[0163] 제 7 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103i), 제 2 EL층(103j), 및 제 4 EL층(103m)을 포함하는 적층이다. 제 8 구조를 가지는 EL층은 제 1 EL층(103i), 제 2 EL층(103j), 제 3 EL층(103k), 및 제 4 EL층(103m)

을 포함하는 적층이다.

[0164] 제 1 전극이 애노드이고 제 2 전극이 캐소드인 경우, 제 1 EL층(103i)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103j)은 도 5의 (B)에서의 제 1 발광층(116d-1)에 상당하고, 제 3 EL층(103k)은 도 5의 (B)에서의 제 2 발광층(116d-2)에 상당하고, 제 4 EL층(103m)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당한다. 즉, 제 7 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (C)에서의 EL층(103a)과 비슷한 구조를 가지고, 제 8 구조를 가지는 EL층은 도 5의 (B)에서의 EL층(103d)과 비슷한 구조를 가진다.

[0165] 제 2 EL층(103j)은 청색 형광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유하고, 제 3 EL층(103k)은 황색 인광을 방출하는 유기 화합물을 발광 재료로서 함유한다. 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 발광 재료에 더하여, 호스트 재료로서 제 1 유기 화합물을 함유한다. 또한, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 제 2 유기 화합물도 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하고 들뜬 복합체에서 발광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 또한, 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼과 발광 재료의 가장 장파장측의 흡수대가 서로 중첩되면, 효율이 양호한 에너지 이동이 가능해지므로 바람직하다.

[0166] 이 구조를 가지는 발광 장치에서, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 제 1 발광 소자 및 제 2 발광 소자로부터는 청색 형광만을 얻을 수 있고, 제 3 발광 소자로부터는 황색 인광만을 얻을 수 있다. 또한, 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 1 EL층(103i)은 도 5의 (B)에서의 전자 수송층(117) 및 전자 주입층(118)에 상당하고, 제 4 EL층(103m)은 도 5의 (B)에서의 정공 주입층(114) 및 정공 수송층(115)에 상당하고, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각, 상술한 것과 비슷한 이유로 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.

[0167] 도 3의 (D)에서 제 2 EL층(103j)은 제 3 EL층(103k)을 형성하기 전에 형성되지만, 제 2 EL층(103j)을 형성하기 전에 제 3 EL층(103k)을 형성하여도 좋다. 그 경우, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다. 제 1 전극이 캐소드이고 제 2 전극이 애노드인 경우, 제 2 EL층(103j) 및 제 3 EL층(103k)은 각각 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 층인 것이 바람직하다.

[0168] 제 1 발광 소자로부터 청색의 광을 얻을 수 있다. 제 2 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106G)에 들어가면, 색 변환층(106G)으로부터 녹색의 광을 얻을 수 있다. 제 3 발광 소자로부터 방출되는 광이 색 변환층(106R)에 들어가면, 색 변환층(106R)으로부터 적색의 광을 얻을 수 있다. 제 1 발광 소자로부터 방출되는 광은 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되어도 좋다. 컬러 필터가 없으면 광을 고효율로 얻을 수 있다. 컬러 필터를 통하여 방출되면, 높은 색 순도로 광을 얻을 수 있다.

[0169] 여기서, 상술한 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율, 및 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 생각한다. 또한, 발광 장치에 사용되는 발광 소자의 캐리어 밸런스 및 엑시톤 생성 확률 등을 비슷한 것으로 가정한다.

[0170] 먼저, 상술한 것과는 다른 구조를 가지는 발광 장치에서의 각 화소의 외부 양자 효율을 계산한다. 발광 장치에서의 제 1 및 제 3 발광 소자들의 구조는, 도 3의 (D)에 나타낸 발광 장치에서의 발광 소자의 구조와 비슷하다. 도 3의 (D)에서의 제 2 발광 소자는 제 7 구조를 가지는 EL층을 가지지만, 이 발광 장치에서의 제 2 발광 소자는 제 8 구조를 가지는 EL층을 가진다.

[0171] 이러한 구조를 가지는 발광 장치로 적색, 녹색, 및 청색을 효율적으로 얻기 위해서는 일반적으로, 각 발광 광장을 가지는 발광 재료들을 사용하는 것이 효과적이다. 실용성과 효율성의 관점에서, 청색 형광 재료, 적색 인광 재료, 및 녹색 인광 재료가 흔히 사용된다. 여기서의 발광 장치에서는, 제 2 EL층(103j)에 청색 형광 재료를 사용하고, 제 3 EL층(103k)에 적색 인광 재료 및 녹색 인광 재료를 사용한다.

[0172] 제 8 구조를 가지는 EL층에서의 제 3 EL층(103k)은 적색 및 녹색 인광 재료들을 함유하기 때문에, 적색의 광과 녹색의 광이 합성된 광이 제 2 및 제 3 발광 소자들로부터 얻어진다. 그러므로, 제 2 발광 소자로부터의 광이 녹색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 녹색 발광을 얻을 수 있고, 제 3 발광 소자로부터의 광이 적색 컬러 필터를 통하여 발광 장치 밖으로 추출됨으로써 적색 발광을 얻을 수 있다.

[0173] 이러한 구조를 가지는 발광 장치에서, 제 3 EL층(103k)에서 엑시톤이 적색 인광 재료와 녹색 인광 재료로 반반(1:1)으로 나누어지는 것으로 가정하면, 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지

않는 경우; 컬러 필터를 사용하는 경우에는  $25 \times X_{CF}\%$ 이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율 및 적색 화소의 외부 양자 효율은 각각  $50 \times X_{CF}\%$ 이다.

[0174] 다음에, 도 3의 (D)에 나타낸 구조를 가지는 발광 장치를 생각한다. 청색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_A\%$ (컬러 필터를 사용하지 않는 경우; 컬러 필터를 사용하는 경우에는  $25 \times X_{CF}\%$ )이고, 녹색 화소의 외부 양자 효율은  $25 \times X_{CC}\%$ 이고, 적색 화소의 외부 양자 효율은  $100 \times X_{CC}\%$ 이다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 사용하면 적색 화소의 외부 양자 효율이 양호한 발광 장치를 제공할 수 있다.

[0175] 여기서, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율이  $100 \times X_{CC}\%$ 인 한편, 종래의 구조에서는  $50 \times X_{CF}\%$ 이고, 이는 컬러 필터의 투과율 및 색 변환층의 PL 양자 수율이 동일한 경우, 본 실시형태의 구조를 가지는 적색 화소의 외부 양자 효율은 종래의 구조의 2배가 될 것으로 기대됨을 의미한다. 따라서, 색 변환층의 PL 양자 수율이 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 종래의 적색 화소보다 외부 양자 효율이 높은 적색 화소를 얻을 수 있고, 발광 장치의 소비전력을 저감할 수 있다.

[0176] 도 4의 (D)에 나타낸 바와 같이, 도 3의 (D)에 나타낸 구조에 황색 화소를 구성하는 제 4 발광 소자를 추가하여도 좋다. 제 4 발광 소자는 제 1 전극(102Y)과 제 2 전극(104) 사이에 제 8 구조를 가지는 EL층을 포함한다. 황색 화소의 외부 양자 효율은, 제 4 발광 소자로부터 방출되는 광이 컬러 필터(107Y)를 통하여 발광 장치 밖으로 추출되는 경우에는  $100 \times X_{CF}\%$ 이고, 또는 컬러 필터를 제공하지 않는 경우에는  $100 \times X_A\%$ 이다.

[0177] 이러한 구조를 가지는 발광 장치는 4색, 즉 적색, 녹색, 청색, 및 황색으로 화상을 표현할 수 있고, 색 재현성이 우수하다. 또한, 황색의 광은 시감도가 높기 때문에 소비전력을 저감할 수 있다.

[0178] 또한, 도 4의 (D)에 나타낸 구조를 채용하는 경우, 적색, 청색, 및 황색의 광만으로 백색의 광을 표현할 수 있으므로, 녹색의 광의 효율이 소비전력에 거의 영향을 미치지 않는다. 따라서, 녹색 화소의 효율이 저하되어도, 적색 화소에 제공되는 제 1 색 변환층인 색 변환층(106R)의 PL 양자 수율이 적색 컬러 필터의 투과율의 50% 이상이기만 하면, 청색 발광 및 적색 발광은 종래의 발광 소자와 동등하고, 효율이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0179] 마스크를 사용한 단 한 번의 선택적 퇴적 단계에 의하여, 본 실시형태의 구조를 가지는 발광 장치에 이들 효과를 줄 수 있다.

[0180] 상술한 발광 장치에 사용되는 각 색 변환층(106R, 106G, 및 106Y)에는, 원하는 파장의 광을 원하는 효율로 원하는 파장의 광으로 변환할 수 있기만 하면 어떤 색 변환층을 사용하여도 좋다. 대표적인 예에는 형광 안료를 사용한 색 변환층 및 양자점 사용한 색 변환층이 포함된다. 양자점을 사용한 색 변환층은 얇은 파장 범위의 광을 변환할 수 있기 때문에 쉽게 사용된다. 또한, 양자점을 사용한 색 변환층에 의하여 변환되는 광의 스펙트럼은 날카롭기 때문에, 색 순도가 높은 광을 얻을 수 있고, 색 재현성이 우수한 발광 장치를 제공할 수 있다.

[0181] <발광 소자>

[0182] 다음에, 본 발명의 일 형태인 발광 소자의 예에 대하여 도 5의 (A)~(C)를 참조하여 이하에서 자세히 설명한다.

[0183] 본 실시형태에서, 발광 소자는 한 쌍의 전극, 즉 제 1 전극(102) 및 제 2 전극(104), 그리고 제 1 전극(102)과 제 2 전극(104) 사이에 제공된 EL층(103)(또는 EL층(103d) 또는 EL층(103a))을 포함한다. 또한, 제 1 전극(102)은 애노드로서 기능하고 제 2 전극(104)은 캐소드로서 기능한다.

[0184] 제 1 전극(102)은 애노드로서 기능하기 때문에, 제 1 전극(102)은 일함수가 높은(구체적으로, 4.0eV 이상의 일함수) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 그 혼합물 등 중 어느 것을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 구체적인 예에는, 산화 인듐-산화 주석(ITO: 인듐 주석 산화물), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유하는 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 및 산화 텉스텐 및 산화 아연을 함유하는 산화 인듐(IWZO)이 포함된다. 이러한 도전성 금속 산화물막은 보통 스퍼터링법에 의하여 형성되지만, 졸-겔법 등의 응용에 의하여 형성되어도 좋다. 형성 방법의 예에서, 산화 인듐에 대하여 1wt%~20wt%의 산화 아연을 첨가하여 얻어진 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 인듐-산화 아연을 퇴적한다. 또한, 산화 인듐에 대하여 산화 텉스텐 및 산화 아연이 각각 0.5wt%~5wt% 및 0.1wt%~1wt% 첨가된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 텉스텐 및 산화 아연을 함유

하는 인듐 산화물(IWZO)의 막을 형성할 수 있다. 또는, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 타이타늄) 등을 사용할 수 있다. 그래핀을 사용할 수도 있다. 또한, 나중에 설명하는 복합 재료를 EL층(103)에서의 제 1 전극(102)과 접촉하는 층에 사용하면, 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있다.

[0185] EL층(103)(또는 EL층(103d) 또는 EL층(103a))은 적층 구조를 가지고, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층, 캐리어 차단층, 및 중간층 등의 조합이 그 안에 적절히 포함될 수 있다. 본 실시형태에서, 제 1 전극(102) 위에 정공 주입층(114), 정공 수송층(115), 발광층(116), 전자 수송층(117), 및 전자 주입층(118)이 이 순서대로 적층된 EL층(103)(또는 EL층(103d) 또는 EL층(103a))의 기본적인 구조에 대하여 설명한다. 층들을 형성하는 재료의 구체적인 예를 이하에서 제시한다.

[0186] 정공 주입층(114)은 정공 주입성이 높은 물질을 함유하는 층이다. 정공 주입성이 높은 물질로서는 예를 들어, 산화 몰리브데넘, 산화 바나듐, 산화 루테늄, 산화 텅스텐, 또는 산화 망가니즈 등을 사용할 수 있다. 또는, 프탈로사이아닌(약칭: H<sub>2</sub>Pc) 또는 구리 프탈로사이아닌(약칭: CuPC) 등의 프탈로사이아닌계 화합물, 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB) 또는 N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD) 등의 방향족 아민 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌설폰산)(약칭: PEDOT/PSS) 등의 고분자 화합물 등을 사용하여 정공 주입층(114)을 형성할 수 있다.

[0187] 또는, 정공 수송성을 가지는 물질이 억셉터성을 가지는 물질을 함유하는 복합 재료를 정공 주입층(114)에 사용할 수 있다. 또한, 이러한 억셉터성을 가지는 물질을 함유하는 정공 수송성을 가지는 물질을 사용함으로써, 전극의 형성에 사용하는 재료를 그 일함수에 상관없이 선택할 수 있게 된다. 바꿔 말하면, 일함수가 높은 재료 외에, 일함수가 낮은 재료도 제 1 전극(102)에 사용할 수 있다. 억셉터성을 가지는 물질로서, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이페테인(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ) 및 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 4족~8족에 속하는 금속의 산화물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 전자 수용성이 높기 때문에, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 및 산화 레늄을 사용하는 것이 바람직하다. 특히, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮으며, 취급하기 쉬우므로 바람직하다.

[0188] 복합 재료에 사용하는 정공 수송성을 가지는 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 텐드리머, 또는 폴리머) 등 다양한 유기 화합물 중 어느 것을 사용할 수 있다. 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 정공 이동도가 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/(V·s) 이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 복합 재료에서 정공 수송성을 가지는 물질로서 사용할 수 있는 유기 화합물을 이하에서 구체적으로 제시한다.

[0189] 방향족 아민 화합물로서 예를 들어, N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌다이아민(약칭: DTDPDA); 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB); N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD); 및 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등이 있다.

[0190] 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체는 구체적으로, 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 또는 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등이다.

[0191] 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체의 다른 예에는 4,4'-다이(N-카바졸일)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸일)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 및 1,4-비스[4-(N-카바졸일)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠이 포함된다.

[0192] 복합 재료에 각각 사용할 수 있는 방향족 탄화수소들의 예에는 2-*tert*-뷰틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-뷰틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-다이페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스

[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 및 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌 등이 포함된다. 이 외에 펜타센 또는 코로넨 등을 사용할 수도 있다. 여기에 제시된 이들 방향족 탄화수소로서, 14개~42개의 탄소 원자를 가지고 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 방향족 탄화수소를 사용하는 것이 바람직하다.

[0193] 복합 재료에 각각 사용될 수 있는 방향족 탄화수소가 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 가지는 방향족 탄화수소로서, 다음과 같은 것을 들 수 있고, 예를 들어 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi); 및 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등이다.

[0194] 또한, 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[*N*-(4-{*N'*-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]-*N'*-페닐아미노}페닐)-*N*-페닐아미노]페타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 또는 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤자린](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0195] 정공 주입층을 제공함으로써, 높은 정공 주입성을 달성하여 발광 소자를 저전압으로 구동시킬 수 있다.

[0196] 정공 수송층(115)은 정공 수송성을 가지는 물질을 함유하는 층이다. 정공 수송성을 가지는 물질의 예는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4"-트리스(*N,N*-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4"-트리스[*N*-(3-메틸페닐)-*N*-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오レン-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 및 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP) 등의 방향족 아민 화합물 등이다. 여기서 기재한 물질은 정공 수송성이 높고 주로 정공 이동도가  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 것들이다. 상술한 복합 재료에서 정공 수송성을 가지는 물질의 예로서 제시된 유기 화합물은 정공 수송층(115)에도 사용할 수 있다. 또한, 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK) 및 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 정공 수송성을 가지는 물질을 함유하는 층은 단층에 한정되지 않으며, 상술한 물질 중 어느 것을 포함하는 2 이상의 층의 적층이어도 좋다.

[0197] 전자 수송층(117)은 전자 수송성을 가지는 물질을 함유하는 층이다. 위에서 호스트 재료로서 설명한 전자 수송성 또는 안트라센 골격을 가지는 재료를 사용할 수 있다.

[0198] 전자 수송층과 발광층 사이에, 전자 캐리어의 수송을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 이것은 상술한 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 소량 첨가함으로써 형성하는 층이고, 이 층은 전자 캐리어의 이동을 억제함으로써 캐리어 밸런스를 조절할 수 있다. 이러한 구조는, 전자가 발광층을 통과할 때에 발생되는 문제(소자 수명의 저하 등)를 방지하는 데 매우 효과적이다.

[0199] 또한, 전자 수송층(117)과 제 2 전극(104) 사이에, 제 2 전극(104)과 접촉되도록 전자 주입층(118)을 제공하여도 좋다. 전자 주입층(118)에는, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 또는 플루오린화 칼슘(CaF<sub>2</sub>) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 그 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송성을 가지는 물질을 사용하여 형성되며 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 그 화합물을 함유하는 층을 사용할 수 있다. 또한, 전자 주입층(118)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물의 예에는, 산화 칼슘-산화 알루미늄에 고농도로 전자가 첨가된 물질이 포함된다. 또한 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속이 혼합된 전자 수송성을 가지는 물질로 형성된 층을 전자 주입층(118)으로서 사용하면, 제 2 전극(104)으로부터 전자가 효율적으로 주입될 수 있으므로 바람직하다.

[0200] 제 2 전극(104)에는, 일함수가 낮은(구체적으로는 일함수가 3.8eV 이하인) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 그 혼합물 중 어느 것 등을 사용할 수 있다. 이러한 캐소드 재료의 구체적인 예에는, 알칼리 금속(예를 들어, 리튬(Li) 및 세슘(Cs)), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 및 스트론튬(Sr) 등의 원소 주기율표에서 1족 및 2족에 속하는 원소, 그 합금(예를 들어, MgAg 및 AlLi), 및 유로퓸(Eu) 및 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 그 합금 등이 있다. 그러나, 제 2 전극(104)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 제공하는 경우, 제 2 전극(104)에, Al, Ag, ITO, 또는 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유하는 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전 재료 중 어느 것을 일함수에 상관없이 사용할 수 있다. 이를 도전 재료는, 스퍼터링법, 잉크젯법, 또는 스판 코팅법 등에 의하여 퇴적할 수 있다.

[0201] EL층(103)(또는 EL층(103d) 또는 EL층(103a))의 형성에는, 건식법인지 습식법인지에 상관없이 다양한 방법 중 어느 것을 채용할 수 있다. 예를 들어, 전공 증착법, 잉크젯법, 또는 스판 코팅법을 채용하여도 좋다. 또한, 각 전극 또는 각 층에 상이한 퇴적 방법을 채용할 수 있다.

- [0202] 전극은, 콜-겔법을 사용한 습식법으로 형성하여도 좋고, 또는 금속 재료의 페이스트를 사용한 습식법으로 형성하여도 좋다. 또는, 전극을 스퍼터링법 또는 진공 증착법 등의 건식법으로 형성하여도 좋다.
- [0203] 발광 소자로부터의 발광은, 제 1 전극(102) 및 제 2 전극(104) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 밖으로 추출된다. 따라서, 제 1 전극(102) 및 제 2 전극(104) 중 한쪽 또는 양쪽 모두는 투광성 전극으로서 형성된다.
- [0204] <텐덤 소자>
- [0205] 다음에, 복수의 발광 유닛이 적층된 구조를 가지는 발광 소자(이하, 이 발광 소자의 종류를 텐덤 발광 소자라고도 함)의 실시형태에 대하여, 도 5의 (A)를 참조하여 설명한다. 이 발광 소자는 한 쌍의 전극(제 1 전극(102) 및 제 2 전극(104)) 사이의 복수의 발광 유닛을 포함한다. 하나의 발광 유닛은 도 5의 (C)에 나타낸 EL층(103a)과 동일한 구조를 가진다. 바꿔 말하면, 도 5의 (C)에 나타낸 발광 소자는 하나의 발광 유닛을 포함하는 한편, 도 5의 (A)에 나타낸 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 포함한다.
- [0206] 도 5의 (A)에서, 제 1 발광 유닛(103b), 전하 발생층에 상당하는 중간층(109), 및 제 2 발광 유닛(103c)의 적층을 포함하는 EL층(103)이, 제 1 전극(102)과 제 2 전극(104) 사이에 형성되어 있다. 제 1 발광 유닛(103b) 및 제 2 발광 유닛(103c) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하는 유닛이고, 다른 쪽은 녹색 또는 황색 인광을 방출하는 유닛이다. 청색 형광과 녹색 또는 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103)으로부터 얻어진다.
- [0207] 텐덤 소자는, EL층(103a)에 각각 대응하는 발광 유닛들이 중간층(109)을 개재하여 직렬로 접속된 구조를 가진다. 따라서, 형광층과 인광층을 서로 분리할 수 있고, 하나의 발광 소자로부터 형광과 인광의 양쪽을 쉽게 얻을 수 있다.
- [0208] 중간층(109)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함한다. 이 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료로서는 정공 주입층(114)에 사용될 수 있는 복합 재료를 사용할 수 있다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성이 우월하기 때문에, 저전압 구동 또는 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한, 발광 유닛에서 애노드 측의 표면이 중간층과 접촉되는 경우, 중간층이 발광 유닛의 정공 주입층으로도 기능할 수 있으므로, 발광 유닛에 정공 주입층을 형성할 필요는 없다.
- [0209] 또한, 상술한 복합 재료를 함유하는 층과 다른 재료를 함유하는 층을 적층함으로써 중간층(109)을 형성하여도 좋다. 예를 들어, 상술한 복합 재료를 함유하는 층과, 전자 공여성을 가지는 화합물 중에서 선택되는 화합물 및 전자 수송성이 높은 화합물을 함유하는 층을 적층하여도 좋다. 또는, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과 투명 도전막을 적층하여도 좋다.
- [0210] 중간층(109)과, 중간층의 애노드 측에 있는 발광 유닛 사이에 전자 주입 버퍼(buffer)층이 제공되어도 좋다. 전자 주입 버퍼층은 매우 얇은 알칼리 금속의 막과, 전자 수송성을 가지는 물질을 함유하는 전자 릴레이(relay)층의 적층이다. 알칼리 금속의 매우 얇은 막은 전자 주입층(118)에 상당하며 전자 주입 장벽을 낮게 하는 기능을 가진다. 전자 릴레이층은 알칼리 금속의 막과 중간층의 상호 작용을 방지하며 전자를 원활하게 이동시키는 기능을 가진다. 전자 릴레이층에 함유되는 전자 수송성을 가지는 물질의 LUMO 준위는, 중간층(109)에서의 억셉터성을 가지는 물질의 LUMO 준위와, 애노드 측의 발광 유닛에서의 전자 주입 버퍼층과 접촉되는 층에 함유되는 물질의 LUMO 준위 사이가 되도록 설정된다. 에너지 준위의 구체적인 값으로서, 전자 릴레이층에 함유되는 전자 수송성을 가지는 물질의 LUMO 준위는 바람직하게는 -5.0eV 이상, 더 바람직하게는 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하이다. 또한, 전자 릴레이층에 함유되는 전자 수송성을 가지는 물질로서, 금속-산소 결합과 방향족 리간드를 가지는 금속 착체 또는 프탈로사이아닌계 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 그 경우, 전자 주입 버퍼층의 알칼리 금속의 막이 애노드 측의 발광 유닛에서의 전자 주입층으로서 기능하기 때문에, 발광 유닛 위에는 전자 주입층을 형성할 필요는 없다.
- [0211] 어쨌든 제 1 발광 유닛(103b)과 제 2 발광 유닛(103c) 사이에 개재되는 중간층(109)은, 제 1 전극(102)과 제 2 전극(104)에 전압을 인가하였을 때에, 발광 유닛들 중 한쪽에 전자를 주입하고 다른 쪽 발광 유닛에 정공을 주입하기만 하면 된다.
- [0212] <형광/인광 싱글 소자>
- [0213] 다음에, 형광층과 인광층의 양쪽을 포함하는 하나의 발광 유닛을 가지는 형광/인광 싱글 소자에 대하여 도 5의 (B)를 참조하여 설명한다. 도 5의 (B)에 나타낸 발광 소자는 EL층(103d)에서 2개의 발광층(제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2))이 서로 인접해 있는 구조를 가진다.

- [0214] 제 1 발광층(116d-1) 및 제 2 발광층(116d-2) 중 한쪽은 청색 형광을 방출하고, 다른 쪽은 녹색 또는 황색 인광을 방출한다. 청색 형광과 녹색 또는 황색 인광이 합성된 광이 EL층(103d)으로부터 얻어진다.
- [0215] 인광층인, 제 1 발광층(116d-1) 또는 제 2 발광층(116d-2)은 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 인광 재료를 함유하고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물은 둘다 복합체를 형성하고 둘다 복합체에서 인광 재료로의 에너지 이동이 일어나는 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 형광층과 인광층이 서로 인접해 있어도 인광이 소광되지 않고, 형광과 인광을 동시에 효율적으로 얻을 수 있다.
- [0216] 형광층과 인광층이 동일한 EL층에 포함되어 광을 방출하면, 인광층의 삼중향 둘다 에너지는 일반적으로, 형광층의 대부분을 차지하는 호스트 재료로 이동한다. 이는 발광 효율의 현저한 저하를 일으킨다. 그 이유는 다음과 같다: 호스트 재료로서는 삼중향 준위가 낮은 안트라센으로 대표되는 축합 방향족 고리(특히, 축합 방향족 탄화수소 고리) 골격을 가지는 물질이 일반적으로 사용되기 때문에, 인광층에서 발생되는 삼중향 둘다 에너지는 형광층의 호스트 재료로 이동하고, 이 결과 비발광성 감쇠로 이어진다. 현재, 형광층에 축합 방향족 고리 골격을 가지는 물질을 사용하지 않고 원하는 발광 파장 및 양호한 소자 특성 또는 신뢰성을 얻기는 어렵기 때문에, 형광층과 인광층이 동일한 EL층에 포함되는 구조는, 양호한 특성을 가지는 발광 소자를 얻는 것을 어렵게 한다.
- [0217] 삼중향 둘다 상태는 완화 시간이 길기 때문에 엑시톤의 확산 거리가 길고, 인광층에서 발생되는 엑시톤들 중 많은 엑시톤은 확산에 의하여 형광층으로 이동하고, 엑시톤의 비발광성 감쇠가 일어난다. 이는 인광층의 발광 효율을 더 저하시킨다.
- [0218] 본 실시형태의 발광 소자에서는, 인광층에서 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 둘다 복합체를 형성하고, 삼중향 둘다 에너지가 둘다 복합체에서 인광 물질로 이동함으로써 발광을 얻을 수 있다. 이 구조는 상술한 문제를 해결할 수 있다.
- [0219] 둘다 복합체는 2종류의 물질로부터 형성되는 둘다 상태이다. 둘다 복합체를 형성한 2종류의 물질은, 광을 방출함으로써 기저 상태로 되돌아가서 원래의 2종류의 물질로서 작용한다. 바꿔 말하면, 둘다 복합체 자체는 기저 상태를 가지지 않고, 둘다 복합체들간의 에너지 이동 또는 다른 물질에서 둘다 복합체로의 에너지 이동이 원칙적으로 일어나기 어렵다.
- [0220] 인광층에서 대부분의 엑시톤은 둘다 복합체로서 존재한다. 또한, 둘다 복합체의 단일향 둘다 에너지는 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물보다 작다. 둘다 복합체의 삼중향 둘다 에너지가 제 1 유기 화합물 또는 제 2 유기 화합물보다 작아지도록 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 선택하면, 둘다 복합체에서 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물로의 에너지 이동이 거의 일어나지 않는다. 또한, 상술한 바와 같이 둘다 복합체간에서의 에너지 이동이 거의 일어나지 않기 때문에, 둘다 복합체의 거의 모든 둘다 에너지가 인광 물질로 이동하고 발광으로 변환된다. 따라서, 인광층에서 엑시톤의 확산이 거의 일어나지 않는다. 그 결과, 하나의 EL 층으로부터 형광과 인광의 양쪽을 얻을 수 있다.
- [0221] 여기서, 형광층과 인광층을 서로 접촉되도록 형성하는 경우, 계면에 있어서 둘다 복합체에서 형광층의 호스트 재료로의 에너지 이동(특히, 삼중향 에너지 이동)이 일어날 수 있다. 그러나, 상술한 바와 같이 인광층에서 엑시톤의 확산이 거의 일어나지 않기 때문에, 둘다 복합체에서 형광층의 호스트 재료로의 에너지 이동은 매우 제한된 영역(즉, 형광층과 인광층의 계면)에서 일어나고, 둘다 에너지의 큰 소실이 일어나지 않는다. 그러므로, 형광층과 인광층이 서로 접촉되어 있을 필요는 없고, 이들이 서로 접촉되어 있어도 형광과 인광의 양쪽을 높은 효율로 얻을 수 있다. 또한, 형광층과 인광층 사이에 두께 20nm 이하의 분리층을 제공하여도 좋다. 분리층을 제공하면 형광층과 인광층의 계면에서의 에너지 이동을 억제할 수 있고, 이에 의하여 높은 효율로 발광을 얻을 수 있다. 분리층의 두께는 1nm 이상 10nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, 분리층이 인광층에도 포함되는 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 포함하면, 둘다 에너지의 이동을 억제하는 효과가 높아지므로 바람직하다.
- [0222] 발광층(116), 제 1 발광층(116d-1), 및 제 2 발광층(116d-2)에 포함되는 재료에 대하여 이하에서 설명한다.
- [0223] 형광 물질의 예에는,  $N,N'$ -비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]- $N,N'$ -다이페닐스틸벤-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPPA),  $N,9$ -다이페닐- $N$ -[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA),

4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPBA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-뷰틸)페릴렌(약칭: TBP), *N,N'*-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐페렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), 및 *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn) 등의 청색 발광(발광 파장: 400nm~480nm)을 나타내는 물질이 포함된다. 1,6FLPAPrn 및 1,6mMemFLPAPrn 등의 페렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고, 발광 효율이 높고, 신뢰성이 높으므로 특히 바람직하다.

[0224] 인광 물질로서 사용할 수 있는 재료의 예는 다음과 같다.

[0225] 주로 녹색 인광을 방출하는 화합물의 예에는, 트리스(4-메틸-6-페닐페리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*mpmm*)<sub>3</sub>), 트리스(4-*t*-뷰틸-6-페닐페리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*tBuppm*)<sub>3</sub>), (아세틸아세토네이토)비스(6-메틸-4-페닐페리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*mpmm*)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이토)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐페리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*tBuppm*)<sub>2</sub>(acac)), 및 (아세틸아세토네이토)비스[6-(2-노보닐)-4-페닐페리미디네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(*nbppm*)<sub>2</sub>(acac)) 등의 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐페리디네이토-*N,C*<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: Ir(*ppy*)<sub>3</sub>), 및 비스(2-페닐페리디네이토-*N,C*<sup>2'</sup>)이리듐(II)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(*ppy*)<sub>2</sub>(acac)) 등의 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이토)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 또한, 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는, 신뢰성 및 발광 효율이 특징적으로 높기 때문에, 특히 바람직하다.

[0226] 주로 황색 인광을 방출하는 화합물의 예에는, (아세틸아세토네이토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐페리미디네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(*mpm ppm*)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이토)비스{4,6-다이메틸-2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-페리미딘일-κΛ3]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(*dmppm-dmp*)<sub>2</sub>(acac)), 및 (아세틸아세토네이토)비스(4,6-다이페닐페리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*dppm*)<sub>2</sub>(acac)) 등의 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐페라지네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*mppr-Me*)<sub>2</sub>(acac)) 및 (아세틸아세토네이토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐페라지네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(*mppr-iPr*)<sub>2</sub>(acac)) 등의 페라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐퀴놀리네이토-*N,C*<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: Ir(*pq*)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐퀴놀리네이토-*N,C*<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(*pq*)<sub>2</sub>(acac)), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(*bzq*)<sub>2</sub>(acac)), 및 비스{2-[4'-(페플루오로페닐)페닐]페리디네이토-*N,C*<sup>2'</sup>}이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(*p-PF-ph*)<sub>2</sub>(acac)) 등의 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체; 및 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토-*N,C*<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(*bt*)<sub>2</sub>(acac))가 포함된다. 또한, 페리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는, 신뢰성 및 발광 효율이 특징적으로 높기 때문에, 특히 바람직하다.

[0227] 호스트 재료로서는, 전자 수송성을 가지는 재료 또는 정공 수송성을 가지는 재료 등 다양한 캐리어 수송 재료를 사용할 수 있다. 인광층의 호스트 재료는, 2종류의 물질, 즉 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합은 둘다 복합체를 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 한쪽이 전자 수송성을 가지고 다른 쪽이 정공 수송성을 가지면, 이러한 구조는 둘다 복합체를 형성할 때에 유리하므로 바람직하다.

[0228] 또한, 파장이 형광 물질 또는 인광 물질의 가장 낮은 에너지 측의 흡수대의 파장과 중첩되는 발광을 나타내는 둘다 복합체를 형성하도록 이들 재료의 조합을 선택하면, 에너지가 원활하게 이동하고 발광을 효율적으로 얻을 수 있다. 이러한 조합은 구동 전압을 저하시킬 수 있으므로 바람직하다.

[0229] 전자 수송성을 가지는 재료의 예에는, 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이토)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸일)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 또는 비스[2-(2-벤조싸이아졸일)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체; 2-(4-바이페닐일)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다

아아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-부틸페닐)-1,2,4-트라이아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(*p*-*tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CO11), 2,2',2'''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 또는 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 가지는 헤테로고리 화합물; 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPBPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]페리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 또는 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]페리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 다이아진 골격을 가지는 헤테로고리 화합물; 및 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]페리딘(약칭: 35DCzPPy) 또는 1,3,5-트라이[3-(3-페리딜)-페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 페리딘 골격을 가지는 헤테로고리 화합물이 있다. 상술한 재료 중에서, 다이아진 골격을 가지는 헤테로고리 화합물 및 페리딘 골격을 가지는 헤테로고리 화합물은 신뢰성이 높으므로 바람직하다. 구체적으로는, 다이아진(페리미딘 또는 페라진) 골격을 가지는 헤테로고리 화합물은 전자 수송성이 높고 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0230]

정공 수송성을 가지는 재료의 예에는, 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4'''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 9,9-다이페틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), 또는 *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF) 등의 방향족 아민 골격을 가지는 화합물; 1,3-비스(*N*-카바졸일)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(*N*-카바졸일)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 또는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP) 등의 카바졸 골격을 가지는 화합물; 4,4',4'''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 또는 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 가지는 화합물; 및 4,4',4'''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II) 또는 4-[3-(3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-페닐]다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBi-II) 등의 퓨란 골격을 가지는 화합물이 포함된다. 상술한 재료 중에서, 방향족 아민 골격을 가지는 화합물 및 카바졸 골격을 가지는 화합물은, 이들 화합물은 신뢰성이 높고, 정공 수송성이 높고, 구동 전압의 저감에 기여하므로 바람직하다. 정공 수송 재료는, 상술한 정공 수송 재료에서 뿐만 아니라 다양한 물질 중에서 선택될 수 있다.

[0231]

또한, 호스트 재료는 복수 종류의 물질의 혼합이어도 좋고, 혼합 호스트 재료를 사용하는 경우에는, 전자 수송성을 가지는 재료를 정공 수송성을 가지는 재료와 혼합하는 것이 바람직하다. 전자 수송성을 가지는 재료를 정공 수송성을 가지는 재료와 혼합함으로써, 발광층(116), 제 1 발광층(116d-1), 및 제 2 발광층(116d-2)의 수송성을 쉽게 조절할 수 있고 재결합 영역을 쉽게 제어할 수 있다. 정공 수송성을 가지는 재료의 함유량과 전자 수송성을 가지는 재료의 함유량의 비는 1:9~9:1로 하여도 좋다.

[0232]

형광층의 호스트 재료로서는, 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[*c,g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 및 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)바이페닐-4'-일}안트라센(약칭: FLPPA) 등의 안트라센 골격을 가지는 재료가 특히 바람직하다. 안트라센 골격을 가지는 물질을 호스트 재료로서 사용하면, 발광 효율이 높고 내구성이 높은 발광층을 얻을 수 있다. 특히, CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA, 및 PCzPA는 특성이 우수하므로 바람직한 선택이다.

[0233]

상술한 구조를 가지는 발광층(116), 제 1 발광층(116d-1), 및 제 2 발광층(116d-2)은 진공 증착법에 의한 공증착(co-evaporation), 또는 혼합 용액을 사용한 잉크젯법, 스펀 코팅법, 또는 딥 코팅법 등에 의하여 형성할 수 있다.

[0234]

<미소광 공진기(마이크로캐비티) 구조>

[0235]

마이크로캐비티 구조를 가지는 발광 소자는, 한 쌍의 전극으로서 반사 전극과 반투과 · 반반사 전극을

사용하여 형성된다. 반사 전극 및 반투과·반반사 전극은 제 1 전극 및 제 2 전극에 상당한다. 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에 적어도 EL층이 제공되고, EL층은 적어도 발광 영역으로서 기능하는 발광층을 포함한다.

[0236] 또한, 이러한 구조는 청색 형광 및 황색 인광을 사용한 발광 장치로 녹색 발광을 얻을 때에 특히 효과적으로 사용될 수 있다.

[0237] 본 발명의 일 형태인 청색 형광 및 황색 인광을 사용한 발광 장치로 녹색 발광을 얻기 위해서는, 색 변환층을 이용하여 청색 형광을 녹색의 광으로 변환할 필요가 있다. 그 때, 황색의 광이 혼합되면 녹색의 광의 색 순도가 저하될 수 있다. 컬러 필터를 사용하여 황색 발광을 컷하여도 좋지만, 공진 구조를 사용하여 청색 발광을 증폭시키고 황색 발광을 약하게 하면 에너지 소실이 비교적 작아지므로 바람직하다.

[0238] EL층에 포함되는 발광층으로부터 모든 방향으로 방출되는 광은, 반사 전극 및 반투과·반반사 전극에 의하여 반사되어 공진한다. 또한, 반사 전극은 반사성을 가지는 도전 재료를 사용하여 형성되고, 가시광의 반사율이 40%~100%, 바람직하게는 70%~100%이고, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막이 사용된다. 또한, 반투과·반반사 전극은 반사성 및 투광성을 가지는 도전 재료를 사용하여 형성되고, 가시광의 반사율이 20%~80%, 바람직하게는 40%~70%이고, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막이 사용된다.

[0239] 발광 소자에 있어서, 투명 도전막, 복합 재료, 및 캐리어 수송 재료 등의 두께를 바꿈으로써 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이의 광로의 길이를 변경할 수 있다. 그러므로, 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에서 공진하는 파장의 광을 강하게 할 수 있고, 그 사이에서 공진하지 않는 파장의 광을 약하게 할 수 있다.

[0240] 또한, 반사 전극에 의하여 반사되어 되돌아온 광(제 1 반사광)은, 발광층에서 반투과·반반사 전극에 직접 들어가는 광(제 1 입사광)과 많이 간섭한다. 이러한 이유로, 반사 전극과 발광층 사이의 광로의 길이를  $(2n-1)\lambda/4$  ( $n$ 은 1 이상의 자연수,  $\lambda$ 는 증폭될 광의 파장)로 조절하는 것이 바람직하다. 광로의 길이를 조절함으로써, 제 1 반사광과 제 1 입사광의 위상을 서로 일치시키고 발광층에서 방출되는 광을 더 증폭시킬 수 있다.

[0241] 또한 상술한 구조에서, EL층은 발광층들로 형성하여도 좋고, 또는 단일의 발광층이어도 좋다. 상술한 텐덤 발광 소자를 EL층과 조합하여도 좋다; 예를 들어 발광 소자는, 복수의 EL층이 제공되고, EL층들 사이에 전하 발생층이 제공되고, 각 EL층이 발광층들 또는 단일의 발광층으로 형성되는 구조를 가져도 좋다.

[0242] 마이크로캐비티 구조에 의하여, 정면 방향으로의 특정 파장의 발광 강도를 높일 수 있고, 이에 의하여 소비전력을 저감할 수 있다. 특히, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁고 예리한 스펙트럼을 가지는 1,6-비스(다이페닐아미노)페렌 유도체를 발광 중심 물질로서 사용한 발광 소자는, 마이크로캐비티 구조가 큰 발광 증폭 효과를 가져오기 때문에, 우수한 발광 효율을 가질 수 있다.

[0243] <발광 장치>

[0244] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치에 대하여 도 6의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다. 또한, 도 6의 (A)는 발광 장치의 상면도이고, 도 6의 (B)는 도 6의 (A)에서의 선 A-B 및 C-D를 따라 취한 단면도이다. 이 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하는, 점선으로 도시된 구동 회로부(소스선 구동 회로)(601), 화소부(602), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 부호 604는 밀봉 기판; 605는 실런트를 나타내고, 실런트(605)로 둘러싸인 부분은 공간(607)이다.

[0245] 부호 608은, 소스선 구동 회로(601) 및 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하며 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC(flexible printed circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 및 리셋 신호 등의 신호를 받기 위한 배선을 나타낸다. 여기서는 FPC만을 나타내었지만, FPC에 프린트 배선판(PWB)이 제공되어도 좋다. 본 명세서에서 발광 장치는, 발광 장치 본체뿐만 아니라, FPC 또는 PWB가 부착된 발광 장치도 포함한다.

[0246] 다음에, 도 6의 (B)를 참조하여 단면 구조에 대하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있고; 도 6의 (B)는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601), 및 화소부(602)에서의 화소들 중 하나를 나타내고 있다.

[0247] 소스선 구동 회로(601)로서, n채널 FET(623)와 p채널 FET(624)를 조합한 CMOS 회로를 형성한다. 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등의 다양한 종류의 회로로 형성하여도 좋다. 본 실시형태에서

는, 기판 위에 구동 회로가 형성되는 드라이버 일체형에 대하여 설명하지만, 이는 반드시 요구되는 것은 아니고, 구동 회로를 기판 위가 아니라 기판 외부에 형성할 수 있다.

[0248] 화소부(602)는 스위칭 FET(611), 전류 제어 FET(612), 및 전류 제어 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 본 발명의 일 형태는 이 구조에 한정되지 않는다. 화소부(602)는 3개 이상의 FET와 커패시터를 조합하여 포함하여도 좋다.

[0249] FET에 사용하는 반도체의 종류 및 결정성은 특별히 한정되지 않고, 비정질 반도체를 사용하여도 좋고, 또는 결정성 반도체를 사용하여도 좋다. FET에 사용하는 반도체의 예에는, 13족 반도체(예를 들어, 갈륨), 14족 반도체(예를 들어, 실리콘), 화합물 반도체, 산화물 반도체, 및 유기 반도체 재료가 포함된다. 산화물 반도체가 특히 바람직하다. 산화물 반도체의 예에는, In-Ga 산화물 및 In-*M*-Zn 산화물(*M*은 Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, 또는 Nd)이 포함된다. 또한, 에너지 갭이 2eV 이상, 바람직하게는 2.5eV 이상, 더 바람직하게는 3eV 이상인 산화물 반도체를 트랜지스터에 사용하면, 트랜지스터의 오프 상태 전류를 저감할 수 있으므로 바람직하다.

[0250] 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연체(614)가 형성된다. 본 실시형태에서, 절연체(614)는 포지티브 감광성 아크릴 수지막을 사용하여 형성될 수 있다.

[0251] 양호한 피복성을 얻기 위하여, 절연체(614)는 그 상단 또는 하단에 곡률을 가지는 곡면을 가지도록 형성된다. 예를 들어, 절연체(614)의 재료에 포지티브 감광성 아크릴을 사용하는 경우, 절연체(614)의 상단부만이 곡률 반경(0.2  $\mu$ m~3  $\mu$ m)을 가지는 곡면을 가지는 것이 바람직하다. 절연체(614)로서, 네거티브 감광성 수지 또는 포지티브 감광성 수지의 어느 한쪽을 사용할 수 있다.

[0252] 제 1 전극(613) 위에 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 형성된다. 제 1 전극(613), EL층(616), 및 제 2 전극(617)은 각각 도 5의 (A)~(C)를 참조하여 설명한 제 1 전극(102), EL층(103)(또는 EL층(103d) 또는 EL층(103a)), 및 제 2 전극(104)에 상당한다.

[0253] 실런트(605)로 밀봉 기판(604)을 소자 기판(610)에 접합함으로써, 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 및 실런트(605)로 둘러싸이는 공간(607)에 발광 소자(618)를 제공한다. 공간(607)은 충전재로 채워지고, 공간(607)이 실런트(605)로 채워지거나 또는 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등)로 채워지는 경우가 있다. 밀봉 기판에 오목부를 제공하고, 오목부에 건조제(625)를 제공하면, 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있으므로 바람직하다.

[0254] 실런트(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 필름을 사용하는 것이 바람직하다. 이 재료는 수분 및 산소를 가능한 한 적게 투과시키는 것이 바람직하다. 소자 기판(610) 및 밀봉 기판(604)으로서는 유리 기판, 석영 기판, 또는 FRP(fiber reinforced plastic), 폴리(플루오린화 바이닐), 폴리에스터, 또는 아크릴로 형성된 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.

[0255] 또한, 본 명세서 등에 있어서 예를 들어, 트랜지스터 또는 발광 소자는 다양한 기판 중 어느 것을 사용하여 형성될 수 있다. 기판의 종류는 특정한 종류에 한정되지 않는다. 기판으로서는 예를 들어, 반도체 기판(예를 들어, 단결정 기판 또는 실리콘 기판), SOI 기판, 유리 기판, 석영 기판, 플라스틱 기판, 금속 기판, 스테인리스 강 기판, 스테인리스 강 포일을 포함하는 기판, 텅스텐 기판, 텅스텐 포일을 포함하는 기판, 플렉시블 기판, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 또는 베이스(base) 재료 필름 등을 사용할 수 있다. 유리 기판의 예로서는, 바륨 봉규산염 유리 기판, 알루미노 봉규산염 유리 기판, 또는 소다 석회 유리 기판 등을 들 수 있다. 플렉시블 기판, 접합 필름, 및 베이스 필름 등의 예에는, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 및 폴리에터설폰(PES)으로 대표되는 플라스틱의 기판이 있다. 다른 예에는 아크릴 등의 합성 수지의 기판이 있다. 다른 예에는 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화바이닐, 및 폴리염화바이닐 등이 있다. 다른 예에는 폴리아마이드, 폴리아미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 및 종이 등이 있다. 구체적으로는, 반도체 기판, 단결정 기판, 또는 SOI 기판 등을 사용함으로써, 특성, 크기, 또는 형상 등의 편차가 적고 전류 능력이 높고, 크기가 작은 트랜지스터를 제작할 수 있다. 이러한 트랜지스터를 사용한 회로는, 회로의 저소비전력화 또는 회로의 고집적화를 실현한다.

[0256] 또는, 플렉시블 기판에 트랜지스터 및 발광 소자가 직접 제공되도록, 기판으로서 플렉시블 기판을 사용하여도 좋다. 또는, 기판과 트랜지스터 사이, 그리고 기판과 발광 소자 사이에 분리층을 제공하여도 좋다. 분리층은, 분리층 위에 형성된 반도체 장치의 일부 또는 전체를 기판으로부터 분리하고, 다른 기판으로 전치(轉置)할 때에 사용될 수 있다. 이러한 경우, 트랜지스터는 내열성이 낮은 기판 또는 플렉시블 기판에도 전치될 수 있다. 상술한 분리층에는 예를 들어, 텅스텐막과 산화 실리콘막인 무기막을 포함하는 적층, 또는 기

판 위에 형성된 폴리이미드 등의 유기 수지막을 사용할 수 있다.

[0257] 바꿔 말하면, 기판을 사용하여 트랜지스터 및 발광 소자를 형성한 후, 트랜지스터 및 발광 소자를 다른 기판으로 전치하여도 좋다. 트랜지스터 또는 발광 소자를 전치하는 기판의 예에는, 트랜지스터를 형성할 수 있는 상술한 기판에 더하여, 종이 기판, 셀로판 기판, 아라미드 필름 기판, 폴리이미드 필름 기판, 석재 기판, 목재 기판, 천 기판(천연 섬유(예를 들어, 견(絹), 면(綿), 또는 마(麻)), 합성 섬유(예를 들어, 나일론, 폴리우레탄, 또는 폴리에스터), 재생 섬유(예를 들어, 아세테이트, 큐프라, 레이온, 또는 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기판, 및 고무 기판이 포함된다. 이러한 기판을 사용하면, 특성이 우수한 트랜지스터 또는 소비전력이 낮은 트랜지스터를 형성할 수 있고, 내구성이 높은 장치, 높은 내열성을 제공할 수 있고, 또는 무게 또는 두께의 감소를 실현할 수 있다.

[0258] 도 7의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치의 예를 나타낸 것이다. 도 7의 (A)에는 기판(1001), 베이스 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007, 및 1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024Y, 1024R, 1024G, 및 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기판(1031), 및 실런트(1032) 등을 나타내었다. 청색 형광과 녹색 또는 황색 인광이 합성된 광을 방출하는 구조를 EL층으로서 가정하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다.

[0259] 도 7의 (A)에서, 적색의 색 변환층(1034R), 녹색의 색 변환층(1034G), 청색의 컬러 필터층(1034B), 및 황색의 색 변환층(청색 형광과 녹색 인광을 사용하는 경우) 또는 황색의 컬러 필터층(청색 형광과 황색 인광을 사용하는 경우)(1034Y)이 투명한 베이스 재료(1033)에 제공되어 있다. 또한, 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)을 제공하여도 좋다. 컬러 필터층, 색 변환층, 및 흑색층이 제공된 투명한 베이스 재료(1033)는, 위치를 맞추고 기판(1001)에 고정된다. 또한, 컬러 필터층, 색 변환층, 및 흑색층은 오버코트층(1036)으로 덮여 있어도 좋다.

[0260] 도 7의 (B)는 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 컬러 필터층 및 색 변환층이 형성되는 예를 나타낸 것이다. 이 구조와 같이, 컬러 필터층 및 색 변환층은 기판(1001)과 밀봉 기판(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0261] 상술한 발광 장치는, FET가 형성되는 기판(1001) 측으로부터 광이 추출되는 구조(배면 발광(bottom emission) 구조)를 가지는 발광 장치이지만, 밀봉 기판(1031) 측으로부터 광이 추출되는 구조(전면 발광(top emission) 구조)를 가지는 발광 장치이어도 좋다. 도 8은 전면 발광 구조를 가지는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 광을 투과시키지 않는 기판을 기판(1001)으로서 사용할 수 있다. FET와 발광 소자의 애노드를 접속하는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은, 배면 발광 구조를 가지는 발광 장치와 비슷한 식으로 행해진다. 그리고, 전극(1022)을 덮도록 제 3 층간 절연막(1037)을 형성한다. 이 절연막은 평탄화를 위하여 기능하여도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막과 비슷한 재료를 사용하여 형성될 수 있고, 또는 다른 공지의 재료 중 어느 것을 사용하여 형성될 수 있다.

[0262] 여기서는 발광 소자의 제 1 전극들(1024Y, 1024R, 1024G, 및 1024B)이 각각 애노드로서 기능하지만, 캐소드로서 기능하여도 좋다. 또한, 도 8에 나타낸 바와 같이 전면 발광 구조를 가지는 발광 장치의 경우, 제 1 전극은 반사 전극인 것이 바람직하다. EL층(1028)은, 도 5의 (A), (B), 및 (C) 각각의 EL층(103), EL층(103d), 및 EL층(103a)의 구조와 비슷한 구조를 가지도록 형성되고, 백색의 발광을 얻을 수 있는 소자 구조를 채용한다.

[0263] 도 8에 나타낸 바와 같은 전면 발광 구조에 대해서는, 색 변환층 및 컬러 필터층이 제공된 밀봉 기판(1031)에 의한 밀봉이 가능하다. 화소들 사이에 위치하도록, 밀봉 기판(1031)에 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)을 제공하여도 좋다. 컬러 필터층, 색 변환층, 및 흑색층(블랙 매트릭스)은 오버코트층(1036)으로 덮여 있어도 좋다. 또한 밀봉 기판(1031)으로서 투광성 기판을 사용한다.

[0264] 여기서는 적색, 녹색, 청색, 및 황색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 행하는 예를 나타내었지만, 특별한 제한은 없고, 적색, 녹색, 및 청색의 3색 또는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4색을 사용한 풀 컬러 표시를 행하여도 좋다.

[0265] 도 9의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태인 패시브 매트릭스 발광 장치를 도시한 것이다. 도 9의 (A)는 발광 장치를 나타낸 사시도이고, 도 9의 (B)는 선 X-Y를 따라 취한 도 9의 (A)의 단면도이다. 도 9의 (A) 및 (B)에 있어서, 기판(951) 위에서 전극(952)과 전극(956) 사이에 EL층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 또한, 절연층(953) 위에 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의

측벽은, 기판 표면을 향하여 한쪽 측벽과 다른 쪽 측벽 사이의 거리가 좁아지도록 경사져 있다. 바꿔 말하면, 격벽층(954)의 단축에서의 단면은, 아랫면(절연층(953)의 면 방향과 동일한 방향에 있으며 절연층(953)과 접촉되는 면)이 웃변(절연층(953)의 면 방향과 동일한 방향에 있으며 절연층(953)과 접촉되지 않는 면)보다 짧은 사다리꼴 형상이다. 이와 같이 격벽층(954)을 제공함으로써, 정전기 등으로 인하여 발광 소자가 불량을 가지게 되는 것을 방지할 수 있다.

[0266] 매트릭스로 배치된 많은 미소한 발광 소자를, 화소부에 형성된 FET로 각각 제어할 수 있기 때문에, 상술한 발광 장치는 화상을 표시하기 위한 표시 장치로서 바람직하게 사용될 수 있다.

[0267] <전자 기기>

[0268] 본 발명의 일 형태인 전자 기기의 예에 대하여 설명한다. 전자 기기의 예에는, 텔레비전 장치(텔레비전 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터 등의 모니터, 디지털 카메라 또는 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 액자, 휴대 전화(휴대 전화기 또는 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 및 파친코기 등의 대형 게임기 등이 있다. 이를 전자 기기의 구체적인 예를 이하에서 제시한다.

[0269] 도 10의 (A)는 텔레비전 수상기의 예를 나타낸 것이다. 텔레비전 장치에서, 하우징(7101)에 표시부(7103)가 제공되어 있다. 또한, 여기서는 하우징(7101)이 스탠드(7105)에 의하여 지지되어 있다. 표시부(7103)에 화상을 표시할 수 있고, 표시부(7103)에는 발광 소자가 매트릭스로 배치되어 있다.

[0270] 텔레비전 장치는 하우징(7101)의 조작 스위치 또는 별개의 리모컨(7110)으로 조작될 수 있다. 리모컨(7110)의 조작 키(7109)를 이용하여, 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다. 또한 리모컨(7110)에, 리모컨(7110)으로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공되어도 좋다.

[0271] 또한, 텔레비전 수상기에는 수신기 및 모뎀 등이 제공된다. 수신기를 사용하여 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선 통신 네트워크에 텔레비전 수상기를 접속하면, 단방향(송신자로부터 수신자로) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 간 또는 수신자들끼리)의 정보 통신을 행할 수 있다.

[0272] 도 10의 (B1)은 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 및 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 나타낸 것이다. 또한, 이 컴퓨터는, 매트릭스로 배치된 발광 소자를 표시부(7203)에 사용하여 제작된다. 도 10의 (B1)에 나타낸 컴퓨터는 도 10의 (B2)에 나타낸 구조를 가져도 좋다. 도 10의 (B2)에 나타낸 컴퓨터에는, 키보드(7204) 및 포인팅 디바이스(7206) 대신에 제 2 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제 2 표시부(7210)는 터치 스크린이고, 제 2 표시부(7210) 상의 입력용 표시를 손가락 또는 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 행할 수 있다. 제 2 표시부(7210)는 입력용 표시 외의 화상을 표시할 수도 있다. 표시부(7203)도 터치 스크린이어도 좋다. 2개의 화면을 헌지로 연결함으로써, 문제를 방지할 수 있다; 예를 들어 컴퓨터를 수납 또는 운반하는 동안에 화면이 깨지거나 파괴되는 것을 방지할 수 있다.

[0273] 도 10의 (C) 및 (D)는 휴대 정보 단말의 예를 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말에는, 하우징(7401)에 제공된 표시부(7402), 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 및 마이크로폰(7406) 등이 제공되어 있다. 또한, 휴대 정보 단말은 매트릭스로 배치된 발광 소자를 포함하는 표시부(7402)를 가진다.

[0274] 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 도 10의 (C) 및 (D)에 나타낸 휴대 정보 단말에 정보를 입력할 수 있다. 이 경우, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 등의 조작은, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 행할 수 있다.

[0275] 표시부(7402)에는 주로 3가지 화면 모드가 있다. 제 1 모드는 주로 화상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제 2 모드는 주로 문자 등의 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 두 가지 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.

[0276] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 경우, 표시부(7402)에 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드를 선택하여, 화면에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이 경우, 표시부(7402)의 화면의 거의 전체에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.

[0277] 자이로스코프 또는 가속도 센서 등 기울기를 검지하는 센서를 포함하는 검출 장치를 휴대 정보 단말 내부에 제공하면, 휴대 정보 단말의 방향(가로 모드 또는 세로 모드로 하기 위하여 휴대 정보 단말이 수평으로 놓여 있는지 수직으로 놓여 있는지)을 판단함으로써, 표시부(7402)의 화면 표시를 자동적으로 변화시킬 수 있다.

- [0278] 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 또는 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)으로 조작함으로써 변화된다. 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 화면 모드를 전환할 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시되는 화상의 신호가 동영상 데이터의 신호라면 화면 모드가 표시 모드로 전환된다. 신호가 텍스트 데이터의 신호라면 화면 모드가 입력 모드로 전환된다.
- [0279] 또한, 입력 모드에서 표시부(7402)의 광 센서로 검출되는 신호를 검출하고, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 행해지지 않는 경우에는, 화면 모드가 입력 모드에서 표시 모드로 변화되도록 제어하여도 좋다.
- [0280] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치하여 장문 또는 지문 등의 화상을 찍음으로써, 개인 인증을 행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 방출하는 백 라이트 또는 센싱 광원을 제공함으로써, 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥 등의 화상을 찍을 수도 있다.
- [0281] 또한, 상술한 전자 기기에서, 본 명세서에 기재된 구조 중 어느 것을 적절히 조합할 수 있다.
- [0282] 표시부는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 포함하는 것이 바람직하다. 발광 소자는 발광 효율이 높은 발광 소자가 될 수 있기 때문에, 소비전력이 낮은 전자 기기를 얻을 수 있다. 또한, 발광 소자는 쉽게 높은 내열성을 가질 수 있다.
- [0283] 본 발명의 일 형태에 따른 자동차를 도 11에 나타내었다. 자동차에서, 앞유리 및 대시보드에 발광 소자가 사용된다. 표시 영역(5000~5005)은 발광 소자를 사용하여 제공되어 있다. 발광 소자는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 것이 바람직하고, 낮은 소비전력을 가질 수 있다. 이는 표시 영역(5000~5005)의 소비전력도 억제하며, 자동차에 사용하기 적합하다.
- [0284] 표시 영역(5000 및 5001)은 발광 소자를 포함하는 자동차의 앞유리에 제공된다. 이를 발광 소자에서 제 1 전극 및 제 2 전극을 투광성을 가지는 전극으로 형성하면, 반대편이 비쳐 보이는 소위 시스루 표시 장치를 얻을 수 있다. 이러한 시스루 발광 장치는, 시계를 방해하지 않고 자동차의 앞유리에도 제공될 수 있다. 또한, 예를 들어 발광 소자를 구동시키기 위한 트랜지스터를 제공하는 경우, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등, 투광성을 가지는 트랜지스터를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0285] 표시 영역(5002)은 발광 소자를 사용하여 필터 부분에 제공된다. 표시 영역(5002)은, 차체에 제공된 활상 유닛에 의하여 찍는 화상을 보여줌으로써, 필터 부분으로 가려지는 시계를 보완할 수 있다. 마찬가지로, 대시보드에 제공된 표시 영역(5003)은, 차체의 외측에 제공된 활상 유닛에 의하여 찍는 화상을 보여줌으로써 차체로 가려지는 시계를 보완할 수 있고, 이는 사각 영역을 없애고 안전성의 향상으로 이어진다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보완하도록 화상을 보여줌으로써, 운전자는 쉽게 그리고 편하게 안전을 확인할 수 있다.
- [0286] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 내비게이션 정보, 속도계, 태코미터, 주행 거리, 연료 미터, 기어 시프트 인디케이터, 및 에어컨디셔너의 설정 등, 다양한 종류의 정보를 제공할 수 있다. 표시의 내용 또는 레이아웃은 사용자에 의하여 적절히 변경될 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000~5003)에 의해서도 표시될 수 있다. 표시 영역(5000~5005)은 조명 장치로서 사용될 수도 있다.
- [0287] 도 12의 (A)~(C)는 접을 수 있는 휴대 정보 단말(9310)을 나타낸 것이다. 도 12의 (A)는 펼친 휴대 정보 단말(9310)을 나타낸 것이다. 도 12의 (B)는 펼치거나 접하고 있는 휴대 정보 단말(9310)을 나타낸 것이다. 도 12의 (C)는 접은 휴대 정보 단말(9310)을 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말(9310)은 접었을 때 휴대가 매우 쉽다. 휴대 정보 단말(9310)을 펼치면, 이음매가 없는 큰 표시 영역이 일람성(一覽性)이 높다.
- [0288] 표시 패널(9311)은 헌지(9313)로 연결된 3개의 하우징(9315)에 의하여 지지되어 있다. 헌지(9313)를 이용하여 2개의 하우징(9315) 사이의 접속부에서 휴대 정보 단말(9310)을 접음으로써, 휴대 정보 단말(9310)을 펼친 상태에서 접은 상태로 가역적으로 변형할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치는 표시 패널(9311)에 사용될 수 있다. 표시 영역(9312)은, 접은 휴대 정보 단말(9310)의 측면에 위치하는 표시 영역이다. 표시 영역(9312)에는 정보 아이콘, 사용 빈도가 높은 애플리케이션, 및 프로그램의 바로가기 등을 표시할 수 있고, 정보의 확인 및 애플리케이션의 기동을 원활하게 행할 수 있다.
- [0289] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 적용함으로써 전자 기기를 얻을 수 있다. 또한, 발광 장치는 본 실시형태에 기재된 전자 기기에 한정되지 않고 다양한 분야의 전자 기기에 사용될 수 있다.

다.

[0290] 또한, 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 구조 중 어느 것과 적절히 조합될 수 있다.

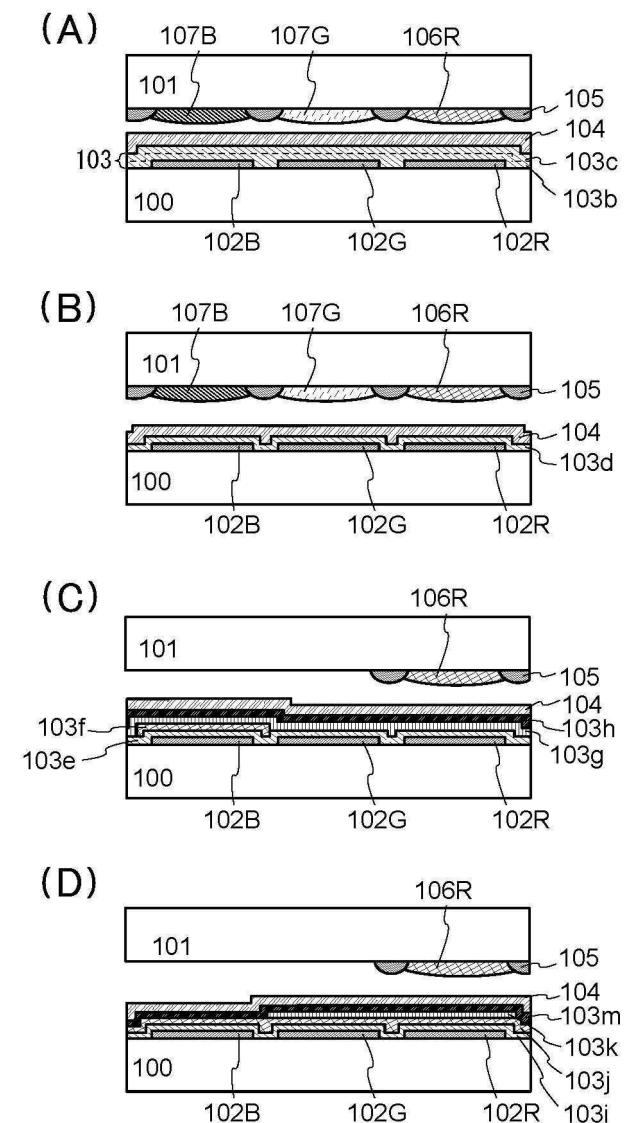
### 부호의 설명

[0291] 100: 기판, 101: 밀봉 기판, 102: 제 1 전극, 102R: 제 1 전극, 102G: 제 1 전극, 102B: 제 1 전극, 102Y: 제 1 전극, 102Rt: 투명 도전막, 102Gt: 투명 도전막, 102Bt: 투명 도전막, 102Yt: 투명 도전막, 103: EL층, 103a: EL층, 103b: 제 1 발광 유닛, 103c: 제 2 발광 유닛, 103d: EL층, 103e: 제 1 EL층, 103f: 제 2 EL층, 103g: 제 3 EL층, 103h: 제 4 EL층, 103i: 제 1 EL층, 103j: 제 2 EL층, 103k: 제 3 EL층, 103m: 제 4 EL층, 104: 제 2 전극, 105: 블랙 매트릭스, 106R: 색 변환층, 106G: 색 변환층, 106Y: 색 변환층, 107G: 컬러 필터, 107B: 컬러 필터, 107Y: 컬러 필터, 109: 중간층, 114: 정공 주입층, 115: 정공 수송층, 116: 발광층, 116d-1: 제 1 발광층, 116d-2: 제 2 발광층, 117: 전자 수송층, 118: 전자 주입층, 601: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 604: 밀봉 기판, 605: 실런트, 607: 공간, 608: 배선, 609: FPC(flexible printed circuit), 610: 소자 기판, 611: 스위칭 FET, 612: 전류 제어 FET, 613: 제 1 전극, 614: 절연체, 616: EL층, 617: 제 2 전극, 618: 발광 소자, 623: n채널 FET, 624: p채널 FET, 625: 건조제, 915: 기판, 952: 전극, 953: 절연층, 954: 격벽층, 955: EL층, 956: 전극, 1001: 기판, 1002: 베이스 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 제 1 층간 절연막, 1021: 제 2 층간 절연막, 1022: 전극, 1024Y: 발광 소자의 제 1 전극, 1024R: 발광 소자의 제 1 전극, 1024G: 발광 소자의 제 1 전극, 1024B: 발광 소자의 제 1 전극, 1025: 격벽, 1028: EL층, 1029: 발광 소자의 제 2 전극, 1031: 밀봉 기판, 1032: 실런트, 1033: 투명한 베이스 재료, 1034R: 적색의 색 변환층, 1034G: 녹색의 색 변환층, 1034B: 청색의 컬러 필터층, 1034Y: 황색의 색 변환층, 1035: 흑색층(블랙 매트릭스), 1037: 제 3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 5000: 표시 영역, 5001: 표시 영역, 5002: 표시 영역, 5003: 표시 영역, 5004: 표시 영역, 5005: 표시 영역, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모컨, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7210: 제 2 표시부, 7301: 하우징, 7302: 하우징, 7303: 연결부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커부, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 조작 키, 7310: 접속 단자, 7311: 센서, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 9310: 휴대 정보 단말, 9311: 표시 패널, 9312: 표시 영역, 9313: 힌지, 9315: 하우징

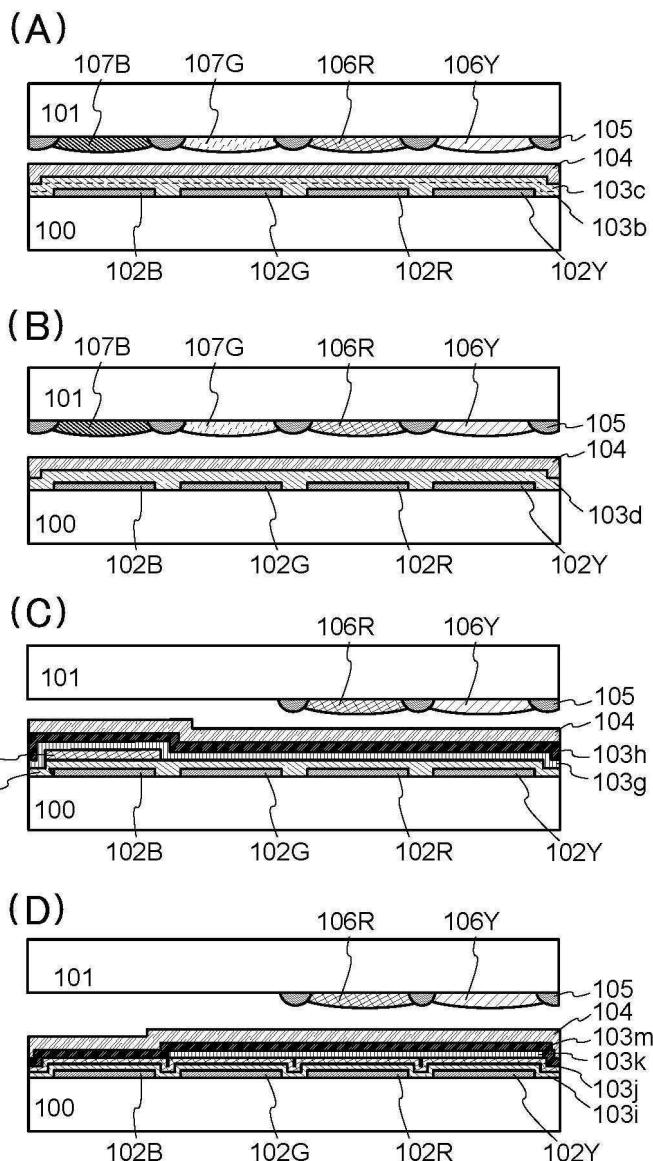
본 출원은 2014년 5월 30일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2014-112796의 일본 특허 출원 및 2014년 5월 30일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2014-112849의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

## 도면

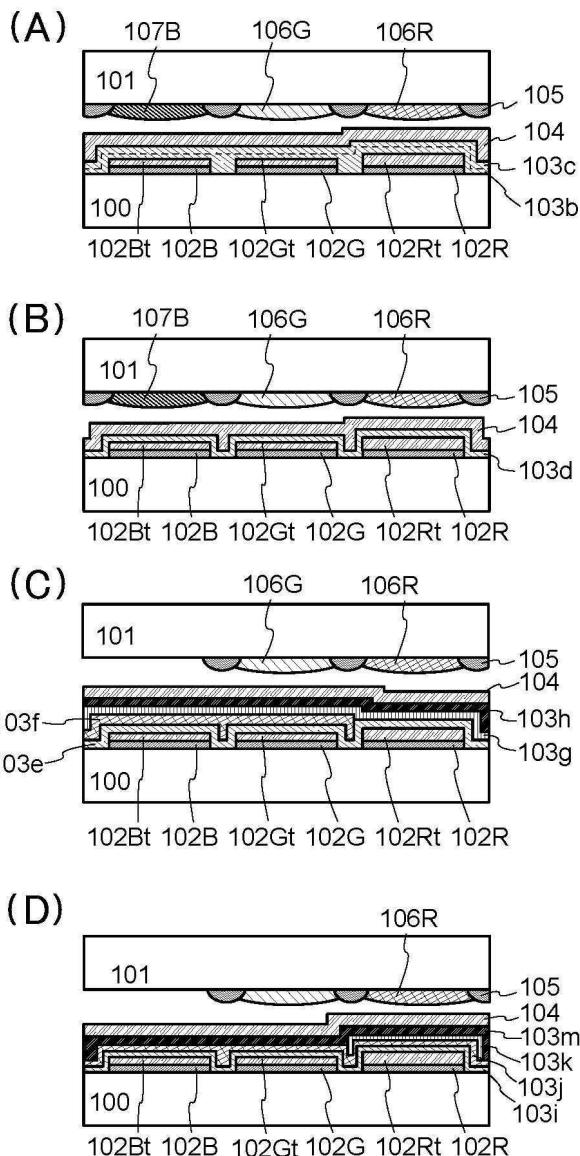
## 도면1



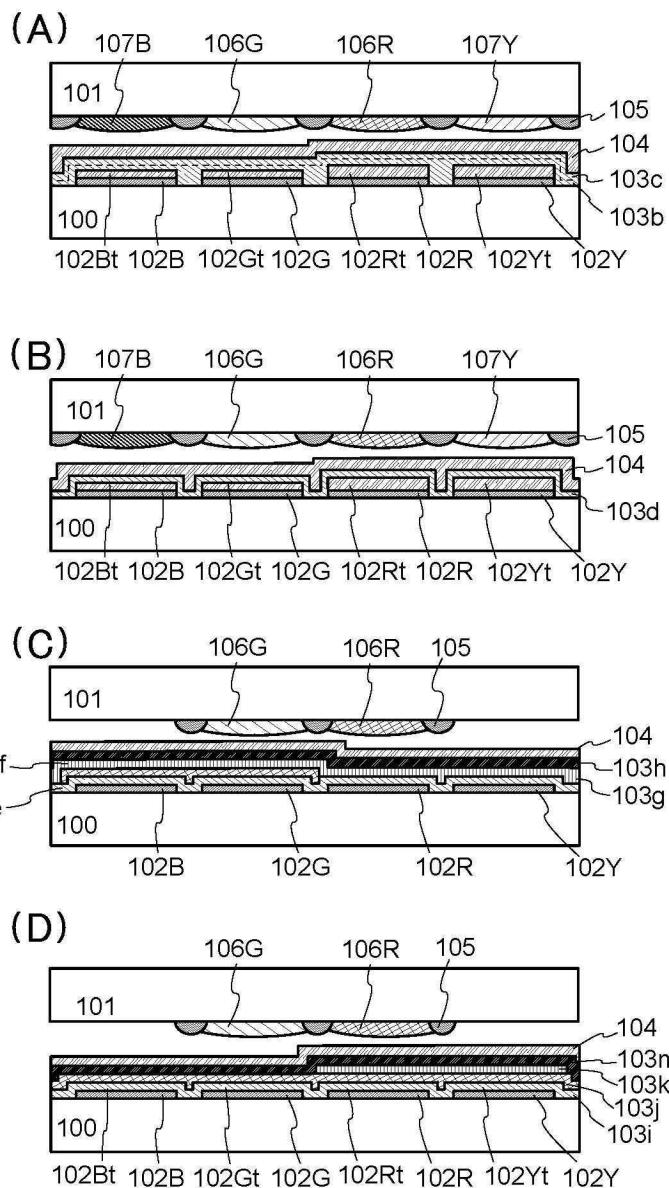
## 도면2



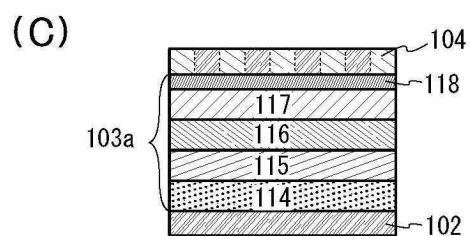
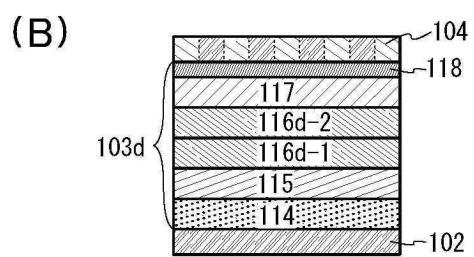
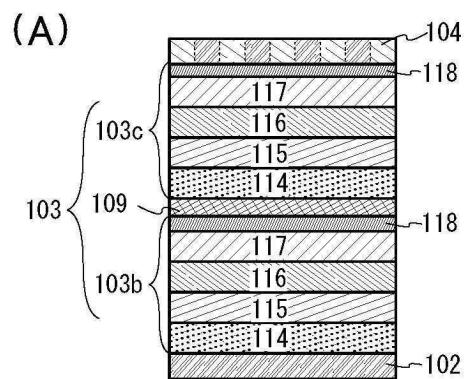
## 도면3



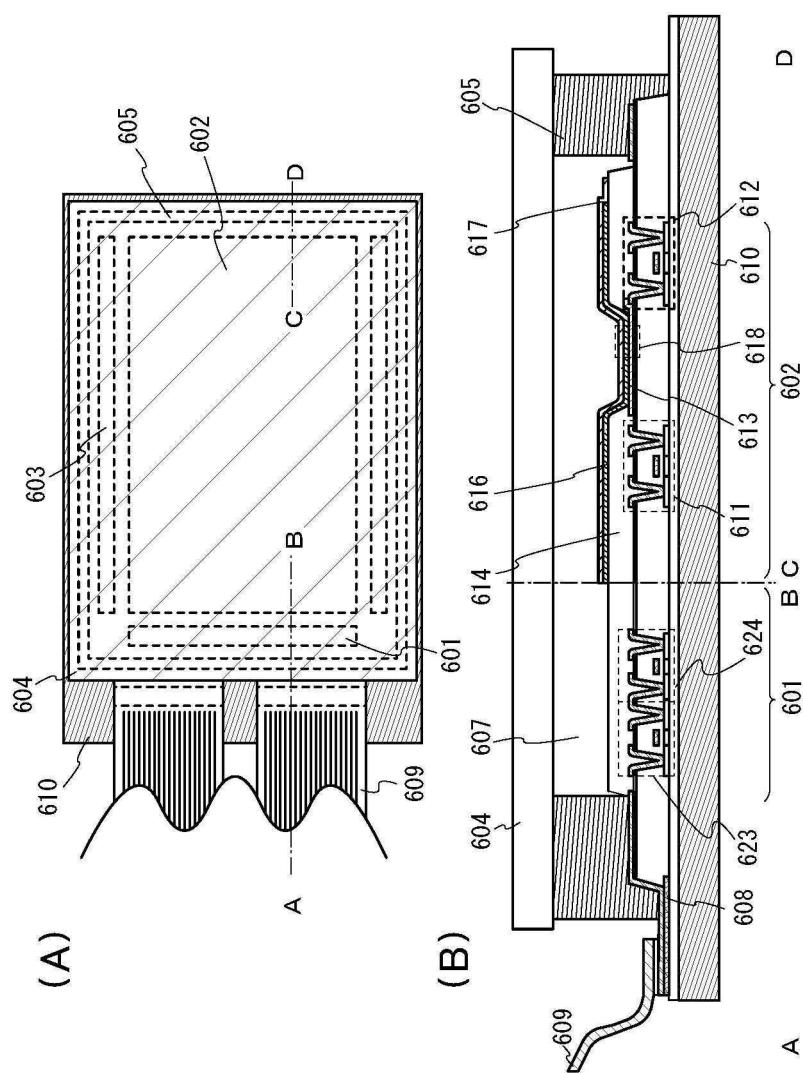
## 도면4



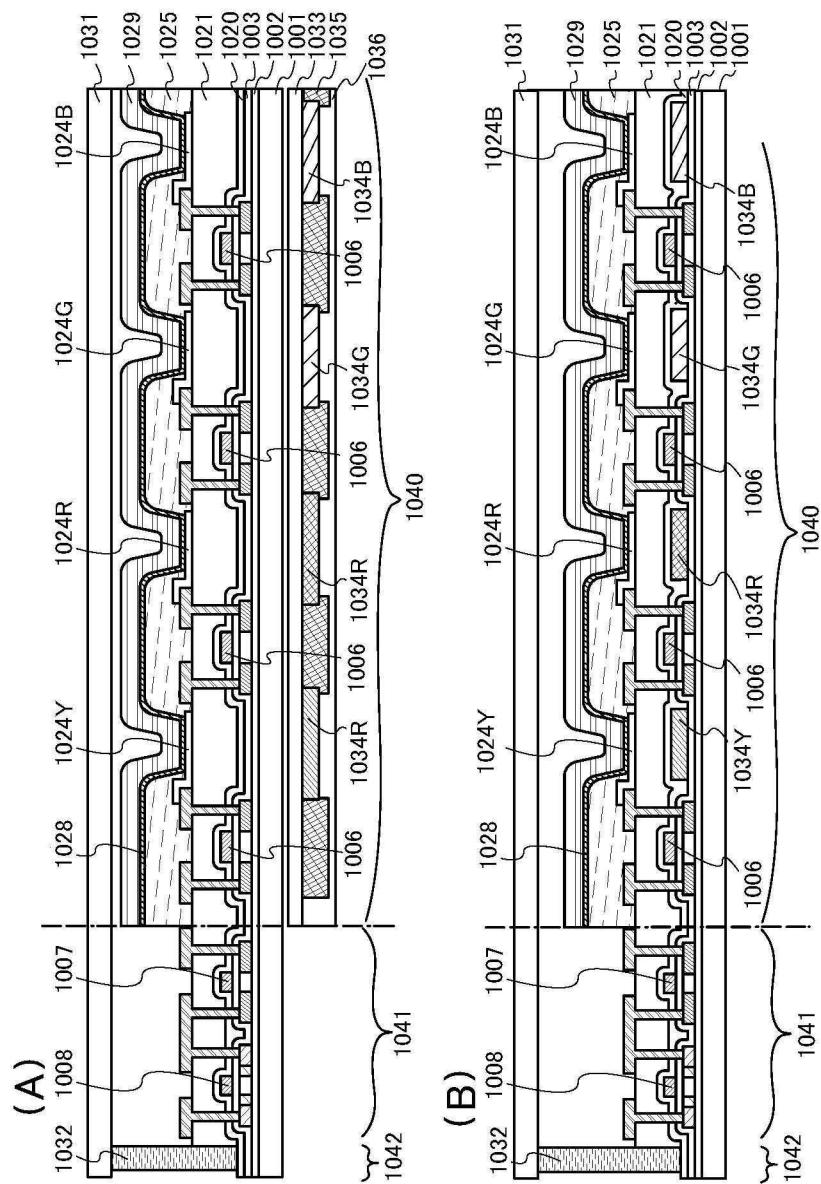
## 도면5



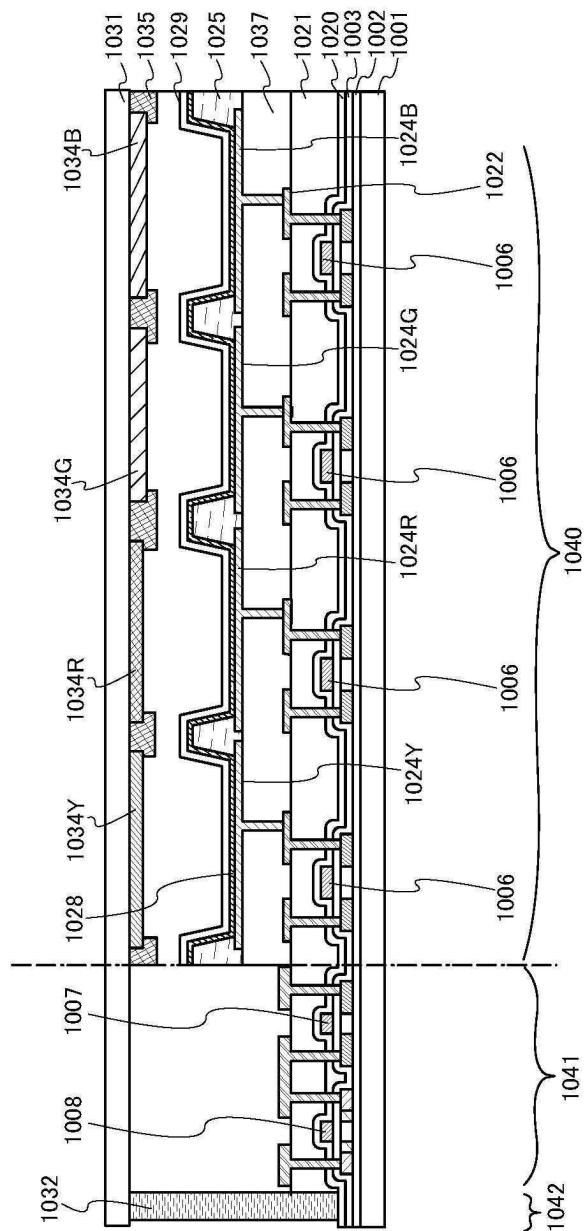
도면6



도면7

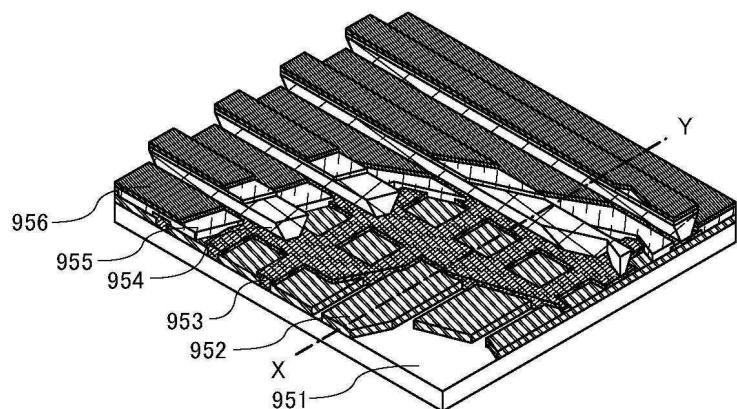


## 도면8

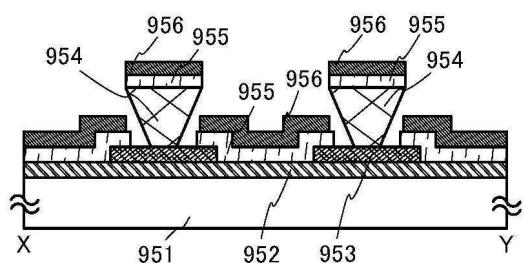


도면9

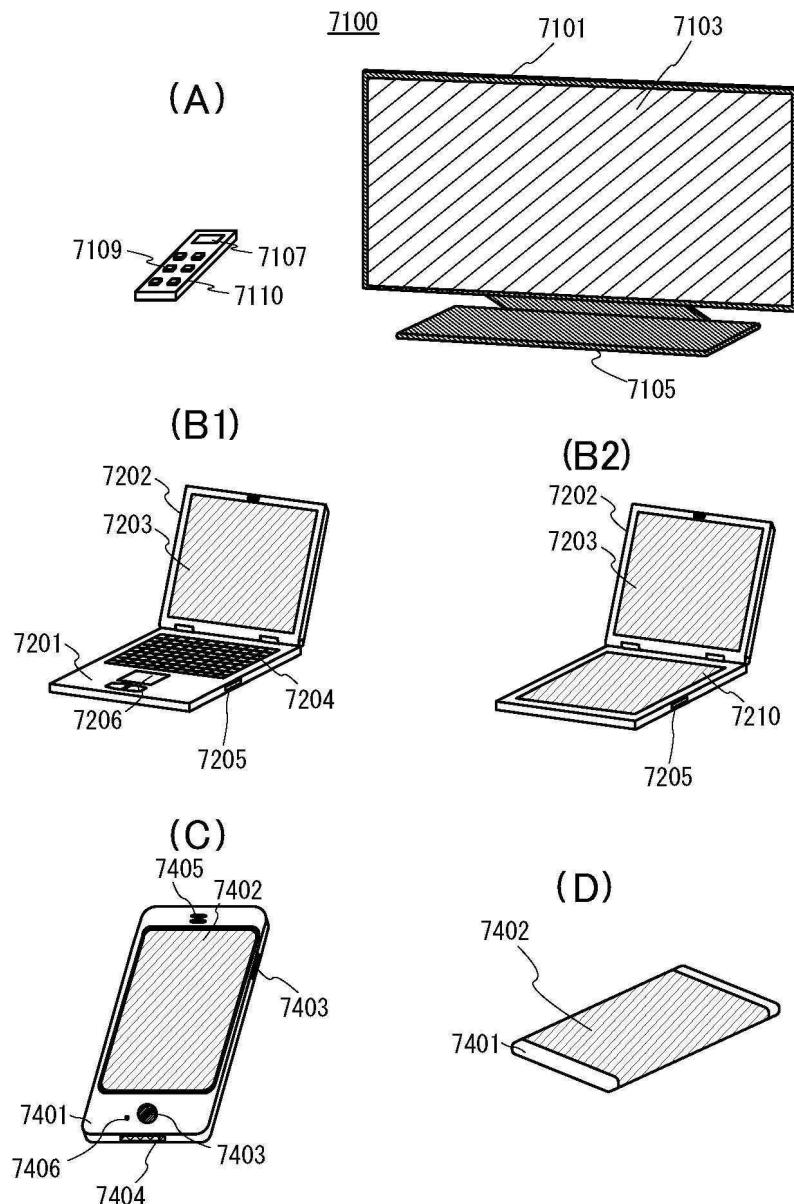
(A)



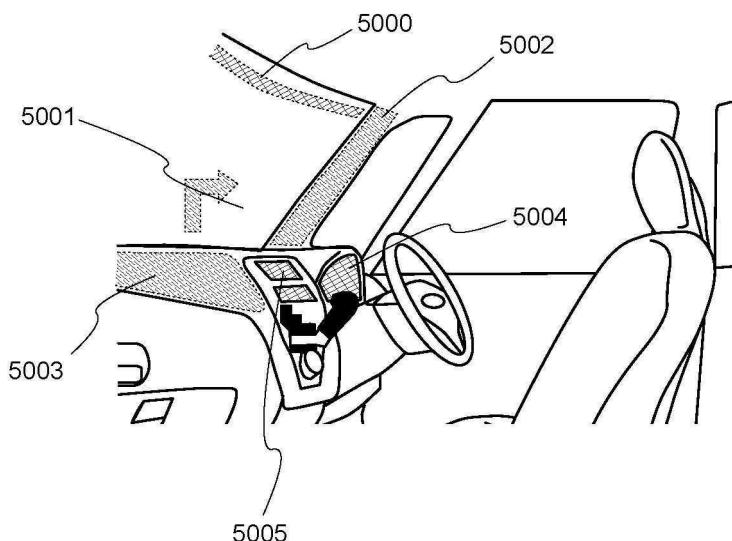
(B)



도면10

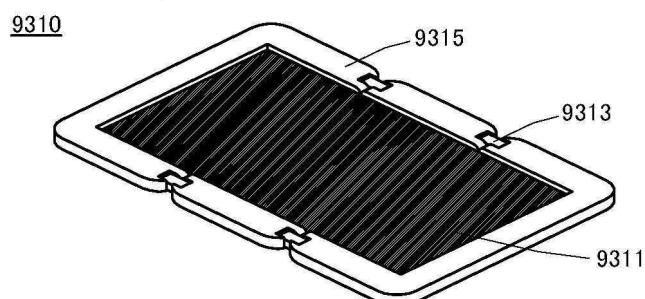


도면11

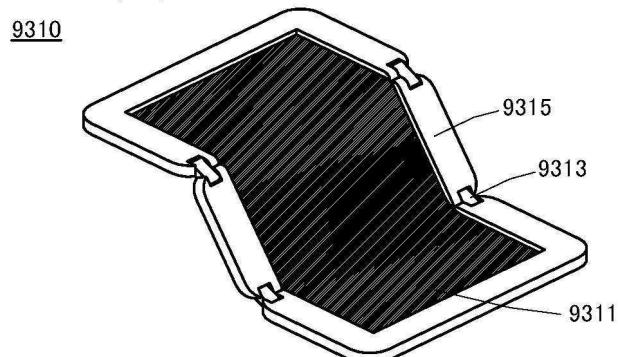


도면12

(A)



(B)



(C)

