



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월20일  
(11) 등록번호 10-1810589  
(24) 등록일자 2017년12월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/50 (2006.01) F21S 2/00 (2016.01)  
H05B 33/00 (2006.01) H05B 33/22 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0091904  
(22) 출원일자 2011년09월09일  
심사청구일자 2016년09월08일  
(65) 공개번호 10-2012-0028827  
(43) 공개일자 2012년03월23일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2010-206386 2010년09월15일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
W02010038005 A2  
JP2010040448 A\*  
JP2008098083 A  
JP2008066027 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
이케다 히사오  
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내  
우치다 유타카  
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내  
세오 사토시  
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내  
(74) 대리인  
황의만

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 정명주

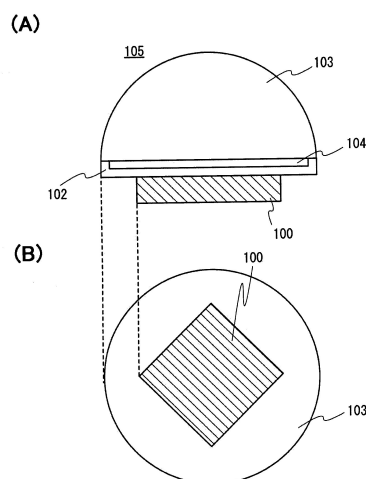
(54) 발명의 명칭 발광 장치 및 조명 장치

(57) 요약

본 발명은 고체 발광 소자와 대기 사이에 형성되고, 대기에 접하는 측의 표면에 요철 구조를 갖는 고굴절률 부재를 재이용할 수 있는 구성의 발광 장치를 제공한다.

굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 기판과, 기판의 한쪽 면에 굴절률이 1.6 이상인 발광 영역을 포함하는 고체 발광 소자와, 기판의 다른 쪽 면에 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 부재를 구비하고, 부재는 대기에 접하는 표면에 요철 구조를 갖고, 또 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 액체를 개재하여 기판과 접촉되는 발광 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광 장치로서,  
굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 기관;  
상기 기관의 한쪽 면 상의 굴절률이 1.6 이상인 발광 영역을 포함하는 고체 발광 소자;  
상기 기관의 다른 쪽 면 상의 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 부재; 및  
굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 층을 포함하고,  
상기 층은 상기 기관과 상기 부재 사이에 형성되고,  
상기 부재는 상기 기관으로부터 착탈될 수 있고,  
상기 부재는 대기에 접촉하는 표면 상의 요철 구조를 포함하고, 상기 층을 개재하여 상기 기관과 중첩되고,  
상기 층은 상기 발광 영역과 중첩되는, 발광 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
상기 고체 발광 소자는 상기 기관 위에 형성되며 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 제 1 전극과, 상기 제 1 전극과 중첩되는 제 2 전극 사이에 끼워진 상기 발광 영역을 포함하고,  
상기 발광 영역은 발광성 유기 화합물을 함유하는 발광층을 포함하는, 발광 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
상기 고체 발광 소자는 발광 다이오드인, 발광 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 따른 발광 장치를 발광부에 포함하는, 조명 장치.

#### 청구항 5

발광 장치로서,  
굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 기관;  
상기 기관의 한쪽 면 상의 굴절률이 1.6 이상인 발광 영역을 포함하는 고체 발광 소자;  
굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 층; 및  
상기 기관의 다른 쪽 면 상의 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 반구(半球) 형상의 부재를 포함하고,  
상기 층은 상기 기관과 상기 부재 사이에 형성되고,

상기 부재는 상기 기관으로부터 착탈될 수 있고,  
상기 부재는 상기 층을 개재하여 상기 기관과 중첩되고,  
상기 층은 상기 발광 영역과 중첩되는, 발광 장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
상기 고체 발광 소자는 상기 기관 위에 형성되며 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 제 1 전극과, 상기 제 1 전극과 중첩되는 제 2 전극 사이에 끼워진 상기 발광 영역을 포함하고,  
상기 발광 영역은 발광성 유기 화합물을 함유하는 발광층을 포함하는, 발광 장치.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,  
상기 고체 발광 소자는 발광 다이오드인, 발광 장치.

#### 청구항 8

제 5 항에 따른 발광 장치를 발광부에 포함하는, 조명 장치.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,  
상기 층은 1-브로모나프탈렌과 메틸렌요오드를 함유하는, 발광 장치.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,  
상기 층은 유동성을 갖는 액체인, 발광 장치.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,  
상기 층은 점촉액을 포함하는, 발광 장치.

#### 청구항 12

제 5 항에 있어서,  
상기 층은 1-브로모나프탈렌과 메틸렌요오드를 함유하는, 발광 장치.

#### 청구항 13

제 5 항에 있어서,  
상기 층은 유동성을 갖는 액체인, 발광 장치.

#### 청구항 14

제 5 항에 있어서,  
상기 층은 접촉액을 포함하는, 발광 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 고체 발광 소자를 사용한 발광 장치, 및 조명 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 대기보다 높은 굴절률을 갖는 매체 중에서 광을 발광하는 고체 발광 소자에 있어서, 굴절률이 높은 영역으로부터 낮은 영역으로 임계각을 초과하여 입사되는 광은 계면에서 전반사된다. 고체 발광 소자의 광을 효율적으로 추출하기 위한 각종 기술이 개발되어 있다.

[0003] 예를 들어, 굴절률이 높은 영역과 낮은 영역이 요철 구조를 갖는 계면에서 서로 접하는 구성으로 함으로써, 굴절률이 낮은 영역으로 임계각을 초과하여 입사되는 광이 전반사를 반복하는 것을 방지하는 기술이 알려져 있다.

[0004] 비특허문헌 1에서는 고체 발광 소자의 광 추출 효율을 향상시키는 수단으로서, 고굴절률 유리 기판과 고굴절률 렌즈를 조합한 구성을 채용하고 있다.

### 선행기술문헌

#### 비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) "White organic light-emitting diodes with fluorescent tube efficiency", Nature, 14 May 2009, Vol.459, p.234-239

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 고체 발광 소자의 광 추출 효율을 높이기 위해서는 고체 발광 소자와 대기 사이에 대기과 접하는 층의 표면에 요철 구조를 갖는 고굴절률 부재를 형성하는 구성이 바람직하다. 이러한 구성으로 하기 위해서는 요철 구조를 대기과 접하는 계면에 의도적으로 형성할 필요가 있어서 발광 장치의 제작 공정이 복잡해진다.

[0007] 또한, 발광 소자는 전기 에너지를 광 에너지로 변환시키는 기능을 하기 때문에, 사용으로 인하여 발광 효율이 저하되거나 열화되는 것을 피하기 어렵다. 한편, 상기 요철 구조는 주로 광 반사를 제어하는 기능을 하기 때문에, 발광 소자와 비교하여 열화되기 어렵다. 즉, 고체 발광 소자와 그 광 추출 효율을 높이는 요철 구조에서는 발광 장치를 구성하는 부품으로서의 수명(壽命)이 다르다고 할 수 있다.

[0008] 따라서, 상기 요철 구조와 발광 소자가 일체 불가분으로 형성되면, 발광 소자의 성능이 저하될 때, 또는 발광 소자가 열화 또는 고장 났을 때 상기 요철 구조는 발광 소자와 함께 폐기되어 버린다. 그래서, 상기 요철 구조를 형성하기 위해서 든 시간 및 에너지, 및 요철 구조를 구성하는 자원이 낭비되어 버린다는 문제가 있다.

- [0009] 본 발명은 이러한 기술적인 배경을 바탕으로 창출된 것이다. 따라서, 고체 발광 소자와 대기 사이에 형성되고, 대기에 접하는 측의 표면에 요철 구조를 갖는 고굴절률 부재를 재이용할 수 있는 구성의 발광 장치를 제공하는 것을 과제 중 하나로 한다.
- [0010] 또한, 상기 발광 장치를 적용한 조명 장치를 제공하는 것을 과제 중 하나로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명은 상기 목적 중 적어도 하나를 달성하기 위해서 고체 발광 소자와 대기에 접하여 형성하는 고굴절률 요철 구조의 접속 방법에 착안하였다. 그리고, 굴절률이 높은 액체에 의해 발광 소자와 요철 구조를 접속하는 방법을 고안하였다. 굴절률이 높은 액체를 사용함으로써, 서로 광학적으로 접속 및 물리적으로 분리 가능한 구조로 할 수 있다.
- [0012] 즉, 본 발명의 일 형태는 굴절률이 1.6 이상이며, 가시광에 대한 투광성(이하, 단순히 투광성이라고 기재함)을 갖는 기관과, 기관의 한쪽 면에 굴절률이 1.6 이상인 발광 영역을 포함하는 고체 발광 소자와, 기관의 다른 쪽 면에 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 부재를 구비하고, 부재는 대기에 접하는 표면에 요철 구조를 갖고, 또 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 액체를 개재하여 기관과 접속되는 발광 장치이다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일 형태는 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 기관과, 기관의 한쪽 면에 굴절률이 1.6 이상인 발광 영역을 포함하는 고체 발광 소자와, 기관의 다른 쪽 면에 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 반구(半球) 형상의 부재를 구비하고, 부재는 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 액체를 개재하여 기관과 접속되는 발광 장치이다.
- [0014] 상기 본 발명의 일 형태에 따르면, 굴절률이 높은 액체를 사용함으로써, 고굴절률 기관과 고굴절률 부재 사이에 굴절률이 낮은 층(예를 들어, 대기 등)이 생기지 않고 광학적으로 접속할 수 있기 때문에, 높은 광 추출 효율을 실현할 수 있다. 또한, 유동성을 갖는 액체를 사용함으로써, 부재를 기관으로부터 착탈할 수 있는 구성으로 할 수 있어서 부재를 재이용할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 형태는 고체 발광 소자가 기관 위에 형성된 굴절률이 1.6 이상이며 투광성을 갖는 제 1 전극과, 제 1 전극에 중첩되는 제 2 전극 사이에 끼워진 발광 영역을 포함하고, 상기 발광 영역은 발광성 유기 화합물을 함유한 발광층을 갖는 상기 발광 장치이다.
- [0016] 상기 본 발명의 일 형태에 따르면, 투광성을 갖는 제 1 전극을 통하여, 면 형상의 발광 영역으로부터 높은 효율로 발광을 추출할 수 있다. 또한, 유동성을 갖는 액체를 사용함으로써, 부재를 기관으로부터 착탈할 수 있는 구성으로 할 수 있어서 부재를 재이용할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 발광 장치를 발광부에 구비하는 조명 장치이다.

### 발명의 효과

- [0018] 본 발명의 일 형태에 따르면, 고체 발광 소자와 대기 사이에 형성되고, 대기에 접하는 측의 표면에 요철 구조를 갖는 고굴절률 부재를 재이용할 수 있는 구성의 발광 장치를 제공할 수 있다. 또는, 상기 발광 장치를 적용한 조명 장치를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1(A) 및 도 1(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 도시한 도면.  
 도 2(A) 및 도 2(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 도시한 도면.  
 도 3은 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 도시한 도면.  
 도 4(A) 내지 도 4(C)는 본 발명의 일 형태인 고체 발광 소자를 도시한 도면.  
 도 5는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 도시한 도면.

도 6(A) 및 도 6(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 도시한 도면.

도 7(A) 및 도 7(B)는 본 발명의 일 형태인 조명 장치를 도시한 도면.

도 8은 실시예 1에 제시하는 발광 장치의 전류 밀도-전력 효율 특성을 도시한 도면.

도 9는 실시예 1에 제시하는 발광 장치를 도시한 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 실시형태에 대해서 도면을 사용하여 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있는 것은 당업자라면 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것이 아니다. 또한, 이하에 설명하는 발명의 구성에 있어서, 동일 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 다른 도면에서도 공통적으로 사용하고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0021] (실시형태 1)

[0022] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치에 대해서 도 1(A) 내지 도 3, 도 5 내지 도 6(B)를 사용하여 설명하기로 한다.

[0023] <발광 장치의 기본 구성>

[0024] 도 1(A)는 발광 장치의 단면도의 일례이며, 도 1(B)는 발광 장치의 평면도의 일례이다.

[0025] 본 실시형태의 발광 장치는 고체 발광 소자(100)와, 고굴절률 기관(102)과, 고굴절률 액체층(104)과, 고굴절률 부재(103)를 갖는다. 고체 발광 소자(100)로부터 발광된 광은 고굴절률 부재(103)를 통하여 외부(105)(예를 들어, 대기 중)로 추출된다.

[0026] 본 실시형태의 발광 장치는 고굴절률 액체층(104)을 가짐으로써, 고굴절률 기관(102)과 고굴절률 부재(103) 사이에 굴절률이 낮은 층(예를 들어, 대기 등)이 생기지 않고 광학적으로 접촉할 수 있기 때문에, 높은 광 추출 효율을 실현할 수 있다. 또한, 유동성을 갖는 액체를 사용함으로써, 부재를 기관으로부터 착탈할 수 있는 구성으로 할 수 있어서 부재를 재이용할 수 있다.

[0027] 고굴절률 부재(103)는 착탈할 수 있는 방법으로 고굴절률 기관(102)과 고정된다.

[0028] 고굴절률 부재(103)를 통합함으로써, 고굴절률 매체로부터 저굴절률 매체에 임계각을 초과하여 입사되는 광이 전 반사되어 광 추출 효율이 저하되는 현상을 방지할 수 있기 때문에, 광 추출 효율을 향상시킬 수 있다.

[0029] 고체 발광 소자(100)로서는 LED(Light Emitting Diode), 유기 EL(Electroluminescence) 소자, 무기 EL 소자 등 굴절률이 1.6 이상인 재료를 사용할 수 있다. 고체 발광 소자(100)에 유기 EL을 사용한 예를 실시형태 2에서 상세하게 설명한다. 고체 발광 소자의 평면 형상은 특별히 한정되지 않고, 도 1(B)에 도시한 사각형과 같은 다각형뿐만 아니라 도 2(B)와 같은 원형이라도 좋다.

[0030] 고굴절률 기관(102)으로서의 가시광에 대한 투광성(이하, 단순히 투광성이라고 기재함)을 갖고 굴절률이 1.6 이상인 재료, 바람직하게는 굴절률이 1.7 이상 2.1 이하인 재료를 사용할 수 있다. 유리 중의 불순물 성분에 의해 굴절률이 제어된 고굴절률 유리 기관(예를 들어, 탄탄을 함유한 유리 기관 등)을 사용할 수 있다.

[0031] 고굴절률 액체층(104)으로서의 투광성을 갖고 굴절률이 1.6 이상인 액체, 바람직하게는 굴절률이 1.7 이상 2.1 이하인 액체를 사용할 수 있다. 굴절률이 1.6 이상인 액체로서는, 예를 들어, 굴절률이 1.75 내지 1.78인 유허과 메틸렌요오드를 함유한 접촉액(굴절액)이나 굴절률이 1.70인 1-브로모나프탈렌과 메틸렌요오드를 함유한 접촉액(굴절액) 등을 들 수 있다. 또한, 고굴절률 액체층(104)에 사용되는 액체는 유동성을 발현하는 온도가 -20℃ 이상 200℃ 이하의 범위에 포함되는 재료이면 좋다. 예를 들어, 실온에서 유동성을 갖지 않는 상태라도 가열에 의해 유동성을 발현하여 착탈할 수 있게 되면 좋다.

[0032] 고굴절률 부재(103)로서는 투광성을 갖고, 굴절률이 1.6 이상인 재료, 바람직하게는 굴절률이 1.7 이상 2.1 이하인 재료를 사용할 수 있다. 도 1(A)에 도시한 발광 장치는 반구 형상의 고굴절률 부재(103)를 구비하지만,

형상은 한정되지 않고 반구면보다 넓은 구면을 갖는 구(球) 형상의 부재(111)를 사용하여도 좋다(도 2(A) 참조). 반구면보다 넓은 구면을 가짐으로써, 광을 추출하는 부분의 면적이 증가되기 때문에, 광 추출 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 마이크로 렌즈 어레이 등을 사용함으로써, 복수의 요철 구조를 갖는 부재(112)를 형성하여도 좋다(도 3 참조).

[0033] 고굴절률 부재(103, 111, 112)에 사용할 수 있는 재료로서는, 유리나 수지 등을 들 수 있다. 고굴절률 수지로서는, 브롬을 함유한 수지, 유황을 함유한 수지 등을 들 수 있고, 예를 들어, 유황을 함유한 폴리이미드 수지, 에피솔라이드 수지, 티오우레탄 수지, 브롬화 방향족 수지 등을 사용할 수 있다.

[0034] 이들 재료는 에칭, 전자빔, 레이저빔, 또는 금형 등에 의해 반구 형상 등으로 성형할 수 있다.

[0035] 고굴절률 기관과 고굴절률 부재는 서로 고정할 수 있는 형상(예를 들어, 고굴절률 기관에 고굴절률 부재를 끼워 넣거나 덮을 수 있는 형상)으로 하면, 접착제 등을 사용하지 않고 고정할 수 있어서 착탈하기 쉽기 때문에 바람직하다. 고굴절률 기관과 고굴절률 부재를 고정함으로써, 고굴절률 액체층의 액체가 누설되거나 증발하는 것을 방지할 수 있다. 고굴절률 기관과 고굴절률 부재는 착탈할 수 있으면 공지된 실패, 접착제 등을 이용하여 고정시켜도 좋다.

[0036] <발광 장치의 제작 방법>

[0037] 도 5는 본 발명의 일 형태인 발광 장치의 단면도의 일례이다. 도 5에서는 고체 발광 소자로서, 유기 EL 소자를 사용하는 구성을 예로 들어 설명한다.

[0038] 우선, 고굴절률 기관(102) 위에 유기 EL 소자를 제작한다. 유기 EL 소자는 제 1 전극(401), EL층(403), 및 제 2 전극(405)으로 이루어진다. 유기 EL 소자의 자세한 제작 방법은 실시형태 2에서 설명하기로 한다.

[0039] 다음에, 고굴절률 기관(102)의 유기 EL 소자가 형성된 면과 반대쪽 면에 고굴절률 액체층(104)을 형성하고, 반구 형상으로 성형된 고굴절률 부재(103)로 밀봉한다.

[0040] 본 실시형태에서는, 고굴절률 기관(102)에 오목부를 형성하고, 상기 오목부에 고굴절률 액체를 부어 넣은 후, 고굴절률 부재(103)와 고굴절률 기관(102)을 접착제로 접착함으로써 고정하였다. 또한, 고굴절률 기관(102)에 오목부를 형성하는 대신에 고굴절률 부재(103)에 오목부를 형성하고, 상기 오목부에 고굴절률 액체를 부어 넣음으로써, 고굴절률 액체층(104)을 형성하여도 좋다.

[0041] 상술한 바와 같이, 본 실시형태의 발광 장치를 제작할 수 있다.

[0042] 또한, 본 실시형태에서는 고굴절률 기관(102)에 고체 발광 소자(여기서는 유기 EL 소자)를 먼저 제작하였지만, 고굴절률 액체층(104) 및 고굴절률 부재(103)를 고굴절률 기관(102)에 고정하고 나서 고체 발광 소자를 제작하여도 좋다. 이 때, 고굴절률 부재(103)에 사용하는 재료를 반구 형상 등의 요철 구조로 성형하는 공정은 고체 발광 소자를 제작하기 전 및 제작한 후 중 언제 실시하여도 상관없다.

[0043] <발광 장치의 다른 구성>

[0044] 본 발명의 일 형태인 발광 장치의 다른 구성에 대해서 도 6(A) 및 도 6(B)를 사용하여 설명한다.

[0045] 도 6(A)는 발광 장치의 단면도의 일례이며, 도 6(B)는 발광 장치의 평면도의 일례이다.

[0046] 도 6(A) 및 도 6(B)에 도시한 발광 장치는 복수의 고체 발광 소자(601)와, 상기 고체 발광 소자(601)의 각각과 겹치는 위치에 복수의 오목부를 갖는 고굴절률 기관(602)과, 상기 오목부에 고굴절률 액체층(604)과, 고체 발광 소자(601)와 겹치는 위치에 복수의 고굴절률 부재(603)를 갖는다. 즉, 상기 발광 장치는 고체 발광 소자(601)와 반구 형상의 고굴절률 부재(603)가 짝이 된 소자를 복수 갖는다.

[0047] 도 6(B)에 도시한 바와 같이, 상기 복수의 소자는 최밀 충전 구조로 배치된다. 도 6(B)에서는 소자가 7개 있는 경우를 도시하였지만, 이것에 한정되지 않고 소자를 복수 가지면 좋다. 또한, 고굴절률 부재(603)는 복수의 반구 형상의 부재가 일체가 되어, 하나의 부재(일체형 부재라고도 함)를 구성하여도 좋다. 일체형 부재에서는 반구 형상의 부분을 복수 가지게 된다.

[0048] 여기서, 최밀 충전 구조란 복수의 반구 형상의 부재가 인접한 부분(607)에 있어서, 가능한 한 틈이 없도록 형성



하는 것이며 설계상의 오차로 인해 틈이 약간 생긴 경우도 포함하는 것으로 한다.

[0049] 또한, 본 실시형태는 본 명세서에서 제시하는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.

[0050] (실시형태 2)

[0051] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치가 구비하는 고체 발광 소자에 대해서 도 4(A) 내지 도 4(C)를 사용하여 설명하기로 한다.

[0052] 본 실시형태에서는 유기 EL 소자를 예로 들어 설명한다.

[0053] 도 4(A)에 도시한 발광 소자는 제 1 전극(401)과, 제 1 전극(401) 위의 EL층(403)과, EL층(403) 위의 제 2 전극(405)을 갖는다.

[0054] EL층(403)은 적어도 발광성 유기 화합물을 함유한 발광층이 포함되면 좋다. 그 외에, 전자 수송성이 높은 물질을 함유한 층, 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층, 전자 주입성이 높은 물질을 함유한 층, 정공 주입성이 높은 물질을 함유한 층, 양극성(bipolar) 물질(전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질)을 함유한 층 등을 적절히 조합한 적층 구조를 구성할 수 있다. 예를 들어, 도 4(A)에 있어서, EL층(403)은 제 1 전극(401) 측으로부터 정공 주입층(701), 정공 수송층(702), 발광층(703), 전자 수송층(704), 및 전자 주입층(705)의 순서로 적층된다. 또한, 본 실시형태에 있어서, EL층(403)의 굴절률은 1.7 이상이다.

[0055] 도 4(A)에 도시한 발광 소자의 제작 방법에 대해서 설명하기로 한다.

[0056] 우선, 제 1 전극(401)을 형성한다. 제 1 전극(401)은 EL층(403)에서 발생한 광은 제 1 전극(401)을 통하여 추출되기 때문에, 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성한다.

[0057] 투광성을 갖는 재료로서는 산화인듐, 산화인듐산화주석합금(ITO라고도 함), 산화인듐산화아연합금(IZO라고도 함), 산화아연, 갈륨을 첨가한 산화아연 등을 사용할 수 있다.

[0058] 또한, 제 1 전극(401)으로서, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 티타늄 등의 금속 재료를 사용할 수 있다. 또는, 이들 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티타늄) 등을 사용하여도 좋다. 또한, 금속 재료(또는 그 질화물)를 사용하는 경우, 투광성을 가질 만큼 얇게 하면 좋다.

[0059] 다음에, 제 1 전극(401) 위에 EL층(403)을 형성한다. 도 4(A)에 있어서, EL층(403)은 정공 주입층(701), 정공 수송층(702), 발광층(703), 전자 수송층(704), 전자 주입층(705)을 갖는다.

[0060] 정공 주입층(701)은 정공 주입성이 높은 물질을 함유한 층이다. 정공 주입성이 높은 물질로서는, 예를 들어, 몰리브덴 산화물, 티타늄 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 루테튬 산화물, 크롬 산화물, 지르코늄 산화물, 하프늄 산화물, 탄탈 산화물, 은 산화물, 텅스텐 산화물, 망간 산화물 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 또한, 프탈로시아닌(약칭: H<sub>2</sub>Pc), 구리(II)프탈로시아닌(약칭: CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물을 사용할 수 있다.

[0061] 또한, 저분자 유기 화합물인 4,4',4''-트리스(*N,N*-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4''-트리스[*N*-(3-메틸페닐)-*N*-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[*N*-(4-디페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]비페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스(*N*-(4-[*N*'-(3-메틸페닐)-*N*'-페닐아미노]페닐)-*N*-페닐아미노)비페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[*N*-(4-디페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B), 3-[*N*-(9-페닐카르바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[*N*-(9-페닐카르바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[*N*-(1-나프틸)-*N*-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCN1) 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다.

[0062] 또한, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등)을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 폴리(*N*-비닐카르바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(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(스티렌설포산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스티렌설포산)(PAni/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다.

[0063] 특히, 정공 주입층(701)으로서, 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 억셉터성 물질(acceptor substance)을 함유시킨 복합 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 정공 수송성이 높은 물질에 억셉터성 물질을 함유시킨 복합 재료



를 사용함으로써, 제 1 전극(401)으로부터의 정공 주입성을 양호하게 하고, 발광 소자의 구동 전압을 저감할 수 있다. 이들 복합 재료는 정공 수송성이 높은 물질과 엑셉터성 물질을 공중착함으로써 형성할 수 있다. 상기 복합 재료를 사용하여 정공 주입층(701)을 형성함으로써, 제 1 전극(401)으로부터 EL층(403)에 정공을 용이하게 주입할 수 있게 된다.

[0064] 복합 재료에 사용되는 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등과 같은 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용하는 유기 화합물로서는 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는,  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면 이들 이외의 물질을 사용하여도 좋다. 이하에서는, 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.

[0065] 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물로서는, 예를 들어, TDATA, MTDATA, DPAB, DNTPD, DPA3B, PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는  $\alpha$ -NPD), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP) 등의 방향족 아민 화합물이나, 4,4'-디(*N*-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N*-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸(약칭: CzPA), 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸(약칭: PCzPA), 1,4-비스[4-(*N*-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등의 카르바졸 유도체를 사용할 수 있다.

[0066] 또한, 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: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-*tert*-부틸안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센 등의 방향족 탄화수소 화합물을 사용할 수 있다.

[0067] 또한, 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, 페틸렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페틸렌, 펜타센, 코로넨, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등의 방향족 탄화수소 화합물을 사용할 수 있다.

[0068] 또한, 전자 수용체로서는 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐 등의 유기 화합물이나, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 4족 내지 8족에 속한 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도, 특히 산화몰리브덴은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.

[0069] 또한, 상술한 PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물과, 상술한 전자 수용체를 사용하여 복합 재료를 형성하여 정공 주입층(701)에 사용하여도 좋다.

[0070] 정공 수송층(702)은 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층이다. 정공 수송성이 높은 물질로서는, 예를 들어, NPB, TPD, BPAFLP, 4,4'-비스[*N*-(9,9-디메틸플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]비페닐(약칭: DFDPBi), 4,4'-비스[*N*-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]비페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다. 여기에 든 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면 이들 이외의 물질을 사용하여도 좋다. 또한, 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층은 단층에 한정되지 않고, 상기 물질로 이루어진 층이 2층 이상 적층된 것으로 하여도 좋다.

[0071] 또한, 정공 수송층(702)에는 CBP, CzPA, PCzPA와 같은 카르바졸 유도체나 t-BuDNA, DNA, DPAnth와 같은 안트라센 유도체를 사용하여도 좋다.

[0072] 또한, 정공 수송층(702)에는 PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0073] 발광층(703)은 발광성 유기 화합물을 함유한 층이다. 발광성 유기 화합물로서는 예를 들어, 형광을 발광하는 형광성 화합물이나 인광을 발광하는 인광성 화합물을 사용할 수 있다.

[0074]

발광층(703)에 사용할 수 있는 형광성 화합물로서는, 예를 들어, 청색계 발광 재료로서, *N,N'*-비스[4-(9*H*-카르바졸-9-일)페닐]-*N,N'*-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S), 4-(9*H*-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-카르바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBAPA) 등을 들 수 있다. 또한, 녹색계 발광 재료로서, *N*-(9,10-디페닐-2-안트릴)-*N*,9-디페닐-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), *N*-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-*N*,9-디페닐-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), *N*-(9,10-디페닐-2-안트릴)-*N,N',N'*-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPA), *N*-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-*N,N',N'*-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPABPhA), *N*-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)]-*N*-[4-(9*H*-카르바졸-9-일)페닐]-*N*-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), *N,N*,9-트리페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA) 등을 들 수 있다. 또한, 황색계 발광 재료로서, 루브렌, 5,12-비스(1,1'-비페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약칭: BPT) 등을 들 수 있다. 또한, 적색계 발광 재료로서는, *N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-디페닐-*N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-*a*]플루오란텐-3,10-디아민(약칭: p-mPhAFD) 등을 들 수 있다.

[0075]

또한, 발광층(703)에 사용할 수 있는 인광성 화합물로서는, 예를 들어, 청색계 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)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디나토-*N,C*<sup>2'</sup>'}이리듐(III)피콜리네이트(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: FIr(acac)) 등을 들 수 있다. 또한, 녹색계 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-1*H*-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)), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리나토)이리듐(III)(약칭: Ir(bzq)<sub>3</sub>) 등을 들 수 있다. 또한, 황색계 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'-퍼플루오로페닐페닐)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)]), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)-5-메틸피라지나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Fdppr-Me)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스[2-(4-메톡시페닐)-3,5-디메틸피라지나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(dmmoppr)<sub>2</sub>(acac)]) 등을 들 수 있다. 또한, 주황색계 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)]), (아세틸아세토나토)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)]) 등을 들 수 있다. 또한, 적색계 발광 재료로서, 비스[2-(2'-벤조[4,5-*a*]티에닐)피리디나토-*N,C*<sup>3'</sup>']이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-*N,C*<sup>2'</sup>')이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리나토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), (디피바로일메타나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르핀백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 유기금속 착체를 들 수 있다. 또한, 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토금속 착체에서는 희토금속 이온으로부터(상기한 다중도 간의 전자 전이에 의해) 발광하기 때문에, 인광성 화합물로서 사용할 수 있다.

- [0076] 또한, 발광층(703)으로서는, 상술한 발광성 유기 화합물(게스트 재료)을 다른 물질(호스트 재료)에 분산시킨 구성으로 하여도 좋다. 호스트 재료로서는 다양한 물질을 사용할 수 있지만, 발광성 물질보다 최저 비점유 분자 궤도 준위(LUMO 준위)가 높고, 최고 점유 분자궤도 준위(HOMO 준위)가 낮은 물질을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0077] 호스트 재료로서는 구체적으로, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤조옥사졸일)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 비스[2-(2-벤조티아졸일)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체, 2-(4-비페닐일)-5-(4-*tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 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: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1*H*-벤조이미다졸)(약칭: TPBI), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등의 복소환 화합물이나, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸(약칭: CzPA), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸(약칭: DPCzPA), 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 2-*tert*-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,9'-비안트릴(약칭: BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-디일)디페난트렌(약칭: DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-디일)디페난트렌(약칭: DPNS2), 3,3',3''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리피렌(약칭: TPB3), 9,10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), 6,12-디메톡시-5,11-디페닐크리센 등의 축합 방향족 화합물, *N,N*-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: DPhPA), *N*,9-디페닐-*N*-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA), *N*,9-디페닐-*N*-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), *N*-(9,10-디페닐-2-안트릴)-*N*,9-디페닐-9*H*-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), NPB(또는 α-NPD), TPD, DFLDPBi, BSPB 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다.
- [0078] 또한, 호스트 재료는 복수 종류 사용할 수 있다. 예를 들어, 결정화를 억제하기 위해서 루브렌 등 결정화를 억제하는 물질을 더 첨가하여도 좋다. 또한, 게스트 재료에 에너지를 더 효율적으로 이동시키기 위해서 NPB 또는 Alq 등을 더 첨가하여도 좋다.
- [0079] 게스트 재료를 호스트 재료에 분산시킨 구성으로 함으로써 발광층(703)의 결정화를 억제할 수 있다. 또한, 게스트 재료가 고농도인 것에 기인한 농도 소광(消光)을 억제할 수 있다.
- [0080] 또한, 발광층(703)으로서 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 청색계 발광 재료로서, 폴리(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)(약칭: PF0), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-*co*-(2,5-디메톡시벤젠-1,4-디일)](약칭: PF-DMOP), 폴리{(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-*co*-[*N,N'*-디-(*p*-부틸페닐)-1,4-디아미노벤젠]}(약칭: TAB-PFH) 등을 들 수 있다. 또한, 녹색계 발광 재료로서, 폴리(*p*-페닐렌비닐렌)(약칭: PPV), 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-*alt-co*-(벤조[2,1,3]티아디아졸-4,7-디일)](약칭: PFBT), 폴리[(9,9-디옥틸-2,7-디비닐렌플루오렌)-*alt-co*-(2-메톡시-5-(2-에틸헥실옥시)-1,4-페닐렌)] 등을 들 수 있다. 또한, 주황색 내지 적색계 발광 재료로서, 폴리[2-메톡시-5-(2'-에틸헥실옥시)-1,4-페닐렌비닐렌](약칭: MEH-PPV), 폴리(3-부틸티오펜-2,5-디일)(약칭: R4-PAT), 폴리{[9,9-디헥실-2,7-비스(1-시아노비닐렌)플루오레닐렌]-*alt-co*-[2,5-비스(*N,N'*-디페닐아미노)-1,4-페닐렌]}, 폴리{[2-메톡시-5-(2-에틸헥실옥시)-1,4-비스(1-시아노비닐렌페닐렌)]-*alt-co*-[2,5-비스(*N,N'*-디페닐아미노)-1,4-페닐렌]}(약칭: CN-PPV-DPD) 등을 들 수 있다.
- [0081] 또한, 복수의 발광층을 형성하고, 각 발광층의 발광색을 다른 것으로 함으로써, 발광 소자 전체로서 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광층을 갖는 발광 소자에 있어서, 제 1 발광층의 발광색과 제 2 발광층의 발광색을 보색(補色) 관계가 되도록 함으로써, 발광 소자 전체로서 백색 발광하는 발광 소자를 얻을 수도 있다. 또한, '보색'이란 그들을 혼합하면 무채색이 되는 색들의 관계를 의미한다. 즉, 보색 관계에 있는 색을 발광하는 물질로부터 얻어진 광을 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다. 이것은 3개 이상의 발광층을 갖는 발광 소자의 경우도 마찬가지다.
- [0082] 전자 수송층(704)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유한 층이다. 전자 수송성이 높은 물질로서 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(약칭: BA1q) 등 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 들 수 있다. 또한, 이들 이외에, 비스[2-(2-하이드록시페닐)-벤조옥사졸라토]아연(약칭: Zn(BOX)<sub>2</sub>), 비스[2-(2-하이드록시페닐)-벤조티아졸라토]아연(약

칭:  $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ ) 등 옥사졸계 또는 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등을 사용할 수도 있다. 또한, 금속 착체 외에, 2-(4-비페닐일)-5-(4-*tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD)이나, 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: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등도 사용할 수 있다. 여기에 든 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 또한, 전자 수송층은 단층뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어진 층이 2층 이상 적층된 것으로 하여도 좋다.

[0083] 전자 주입층(705)은 전자 주입성이 높은 물질을 함유한 층이다. 전자 주입층(705)에는 리튬, 세슘, 칼슘, 불화 리튬, 불화세슘, 불화칼슘, 리튬 산화물 등 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 불화에르븀과 같은 희토금속 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 상술한 전자 수송층(704)을 구성하는 물질도 사용할 수 있다.

[0084] 또한, 상술한 정공 주입층(701), 정공 수송층(702), 발광층(703), 전자 수송층(704), 전자 주입층(705)은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법 등의 방법으로 형성할 수 있다.

[0085] EL층은 도 4(B)에 도시한 바와 같이, 제 1 전극(401)과 제 2 전극(405) 사이에 복수 적층되어도 좋다. 이 경우에는 적층된 제 1 EL층(800)과 제 2 EL층(801) 사이에는 전하 발생층(803)을 형성하는 것이 바람직하다. 전하 발생층(803)은 상술한 복합 재료로 형성할 수 있다. 또한, 전하 발생층(803)은 복합 재료로 이루어진 층과 다른 재료로 이루어진 층의 적층 구조라도 좋다. 이 경우, 다른 재료로 이루어진 층으로서, 전자 공여성 물질과 전자 수송성이 높은 물질을 함유한 층이나, 투명 도전막으로 이루어진 층 등을 사용할 수 있다. 이러한 구성을 갖는 발광 소자는, 에너지의 이동이나 소광 등의 문제가 일어나기 어렵고, 재료의 선택 범위가 넓어짐으로써 높은 발광 효율과 긴 수명의 양쪽 모두를 갖는 발광 소자로 하기 쉽다. 또한, 한쪽 EL층에서 인광 발광, 다른 쪽 EL층에서 형광 발광을 얻는 것도 용이하다. 이 구조는 상술한 EL층의 구조와 조합하여 사용할 수 있다.

[0086] 또한, 각 EL층의 발광색을 다른 것으로 함으로써 발광 소자 전체로서, 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 EL층을 갖는 발광 소자에 있어서, 제 1 EL층의 발광색과 제 2 EL층의 발광색을 보색의 관계가 되도록 함으로써 발광 소자 전체로서 백색 발광하는 발광 소자를 얻을 수도 있다. 또한, 3개 이상의 EL층을 갖는 발광 소자의 경우라도 마찬가지다.

[0087] EL층(403)은 도 4(C)에 도시한 바와 같이 제 1 전극(401)과 제 2 전극(405) 사이에 정공 주입층(701), 정공 수송층(702), 발광층(703), 전자 수송층(704), 전자 주입 버퍼층(buffer layer)(706), 전자 릴레이층(electron-relay layer)(707), 및 제 2 전극(405)과 접하는 복합 재료층(708)을 가져도 좋다.

[0088] 제 2 전극(405)과 접하는 복합 재료층(708)을 형성함으로써, 특히 스퍼터링법을 이용하여 제 2 전극(405)을 형성할 때, EL층(403)이 받는 데미지를 저감할 수 있기 때문에 바람직하다. 복합 재료층(708)은 상술한 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 억제성 물질(acceptor substance)을 함유시킨 복합 재료를 사용할 수 있다.

[0089] 또한, 전자 주입 버퍼층(706)을 형성함으로써, 복합 재료층(708)과 전자 수송층(704) 사이의 주입 장벽을 완화할 수 있기 때문에, 복합 재료층(708)에서 발생한 전자를 전자 수송층(704)에 용이하게 주입할 수 있다.

[0090] 전자 주입 버퍼층(706)에는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함) 등의 전자 주입성이 높은 물질을 사용할 수 있다.

[0091] 또한, 전자 주입 버퍼층(706)이 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 물질(donor substance)을 포함하여 형성되는 경우에는, 전자 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.001 이상 0.1 이하의 비율로 포함되도록 도너성 물질을 첨가하는 것이 바람직하다. 또한, 도너성 물질로서는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함)) 외에, 테트라티아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물도 사용할 수 있다. 또한, 전자 수송성이 높은 재료로서는, 이미 설명한 전자 수송층(704)의 재료와 같은 재료를 사용하여 형성할 수 있다.

[0092] 또한, 전자 주입 버퍼층(706)과 복합 재료층(708) 사이에 전자 릴레이층(707)을 형성하는 것이 바람직하다. 전자 릴레이층(707)은 반드시 형성할 필요는 없지만, 전자 수송성이 높은 전자 릴레이층(707)을 형성함으로써, 전



자 주입 버퍼층(706)에 전자를 신속하게 수송할 수 있게 된다.

- [0093] 복합 재료층(708)과 전자 주입 버퍼층(706) 사이에 전자 릴레이층(707)이 끼워진 구조는 복합 재료층(708)에 함유되는 엑셉터성 물질과, 전자 주입 버퍼층(706)에 함유되는 도너성 물질이 상호 작용을 받기 어렵고 서로 기능을 저해하기 어려운 구조이다. 따라서, 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.
- [0094] 전자 릴레이층(707)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유하고, 상기 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO 준위가 복합 재료층(708)에 함유되는 엑셉터성 물질의 LUMO 준위와 전자 수송층(704)에 함유되는 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO 준위 사이에 위치하도록 형성한다. 또한, 전자 릴레이층(707)이 도너성 물질을 함유하는 경우에는 상기 도너성 물질의 도너 준위도 복합 재료층(708)에 함유되는 엑셉터성 물질의 LUMO 준위와, 전자 수송층(704)에 함유되는 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO 준위 사이에 위치하도록 한다. 구체적인 에너지 준위의 값으로서는 전자 릴레이층(707)에 함유되는 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO 준위는 -5.0eV 이상, 바람직하게는 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하로 하면 좋다.
- [0095] 전자 릴레이층(707)에 함유되는 전자 수송성이 높은 물질로서는 프탈로시아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0096] 전자 릴레이층(707)에 함유되는 프탈로시아닌계 재료로서는, CuPc, SnPc(Phthalocyanine tin(II) complex), ZnPc(Phthalocyanine zinc complex), CoPc(Cobalt(II)phthalocyanine,  $\beta$ -form), FePc(Phthalocyanine Iron), 및 PhO-VOPc(Vanadyl 2,9,16,23-tetraphenoxy-29H,31H-phthalocyanine) 중 어느 것을 사용할 수 있다.
- [0097] 전자 릴레이층(707)에 포함되는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는 금속-산소의 이중 결합을 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다. 금속-산소의 이중 결합은 엑셉터성(전자를 수용하기 쉬운 성질)을 갖기 때문에, 전자의 이동(공여 및 수용)이 더 용이해진다. 또한, 금속-산소의 이중 결합을 갖는 금속 착체는 안정적인 것 같다. 따라서, 금속-산소의 이중 결합을 사용함으로써, 발광 소자를 저전압으로 더 안정적으로 구동할 수 있게 된다.
- [0098] 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는 프탈로시아닌계 재료가 바람직하다. 구체적으로는, VOPc(Vanadyl phthalocyanine), SnOPc(Phthalocyanine tin(IV) oxide complex), 및 TiOPc(Phthalocyanine titanium oxide complex) 중 어느 것은 분자 구조적으로 금속-산소의 이중 결합이 다른 분자에 대해 작용하기 쉽고 엑셉터성이 높기 때문에 바람직하다.
- [0099] 또한, 상술한 프탈로시아닌계 재료로서는 폐녹시기를 갖는 것이 바람직하다. 구체적으로는 PhO-VOPc 등 폐녹시기를 갖는 프탈로시아닌 유도체가 바람직하다. 폐녹시기를 갖는 프탈로시아닌 유도체는 용매에 용해 가능하다. 그러므로, 발광 소자를 형성하는 데 취급하기 쉽다는 이점을 갖는다. 또한, 용매에 용해 가능하기 때문에 성막(成膜)에 이용하는 장치의 유지보수가 용이해진다는 이점을 갖는다.
- [0100] 전자 릴레이층(707)은 도너성 물질을 더 함유하여도 좋다. 도너성 물질로서는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함)) 외에, 테트라티아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수 있다. 전자 릴레이층(707)에 상기 도너성 물질을 함유시킴으로써, 전자가 이동하기 쉬워져서 발광 소자를 더 낮은 전압으로 구동할 수 있게 된다.
- [0101] 전자 릴레이층(707)에 도너성 물질을 함유시키는 경우, 전자 수송성이 높은 물질로서는 상술한 재료 외, 복합 재료층(708)에 함유되는 엑셉터성 물질의 엑셉터 준위보다 높은 LUMO 준위를 갖는 물질을 사용할 수 있다. 구체적인 에너지 준위로서는 -5.0eV 이상, 바람직하게는 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하의 범위에서 LUMO 준위를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 물질로서는, 예를 들어, 페릴렌 유도체나 함질소 축합 방향족 화합물 등을 들 수 있다. 또한, 함질소 축합 방향족 화합물은 안정적이기 때문에, 전자 릴레이층(707)을 형성하는 데 사용되는 재료로서 바람직한 재료이다.
- [0102] 페릴렌 유도체의 구체적인 예로서는 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(약칭: PTCDA), 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭비스벤즈이미다졸(약칭: PTCBI), *N,N'*-디옥틸-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산디이미드(약칭: PTCDI-C8H), *N,N'*-디헥실-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산디이미드(약칭: Hex PTC) 등을 들 수 있다.
- [0103] 또한, 함질소 축합 방향족 화합물의 구체적인 예로서는, 피라지노[2,3-*f*][1,10]페난트롤린-2,3-디카르보니트릴

(약칭: PPDN), 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트리페닐렌(약칭: HAT(CN)<sub>6</sub>), 2,3-디페닐피리도[2,3-*b*]피라진(약칭: 2PYPR), 2,3-비스(4-플루오로페닐)피리도[2,3-*b*]피라진(약칭: F2PYPR) 등을 들 수 있다.

[0104] 그 외에도, 7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(약칭: TCNQ), 1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(약칭: NTCDA), 퍼플루오로펜타센, 구리 헥사테카플루오로프탈로시아닌(약칭: F<sub>16</sub>CuPc), *N,N'*-비스(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-펜타테카플루오로옥틸)-1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실산디이미드(약칭: NTCDI-C8F), 3',4'-디부틸-5,5"-비스(디시아노메틸렌)-5,5"-디하이드로-2,2':5',2"-테르티오펜(약칭: DCMT), 메타노폴러린(예를 들어, [6,6]-페닐C<sub>61</sub>부틸산메틸에스테르) 등을 사용할 수 있다.

[0105] 또한, 전자 릴레이층(707)에 도너성 물질을 함유시키는 경우, 전자 수송성이 높은 물질과 도너성 물질의 공증착 등의 방법으로 전자 릴레이층(707)을 형성하면 좋다.

[0106] 정공 주입층(701), 정공 수송층(702), 발광층(703), 및 전자 수송층(704)은 상술한 재료를 사용하여 각각 형성하면 좋다.

[0107] 다음에, EL층(403) 위에 제 2 전극(405)을 형성한다.

[0108] 제 2 전극(405)은 광 추출 방향과 반대측에 형성되고, 반사성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다. 반사성을 갖는 재료로서는, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리, 또는 팔라듐 등의 금속 재료를 사용할 수 있다. 그 외에, 알루미늄과 티타늄의 합금, 알루미늄과 니켈의 합금, 알루미늄과 네오디뮴의 합금 등의 알루미늄을 함유한 합금(알루미늄 합금)이나 은과 구리의 합금 등의 은을 함유한 합금을 사용할 수도 있다. 은과 구리의 합금은 내열성이 높기 때문에 바람직하다. 또한, 알루미늄 합금막에 접하는 금속막, 또는 금속 산화물막을 적층함으로써, 알루미늄 합금막의 산화를 억제할 수 있다. 상기 금속막, 금속 산화물막의 재료로서는 티타늄, 산화티타늄 등을 들 수 있다. 상술한 재료는 지각(地殼)에 존재하는 양이 많고 저렴하기 때문에, 발광 소자의 제작 비용을 저감할 수 있어서 바람직하다.

[0109] 상술한 바와 같이 하여 본 실시형태의 고체 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0110] 또한, 본 실시형태는 본 명세서에서 제시하는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.

[0111] (실시형태 3)

[0112] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 구비한 조명 장치의 일례에 대해서 도 7(A) 및 도 7(B)를 사용하여 설명하기로 한다.

[0113] 도 7(A)는 조명 장치(탁상 조명 장치)이며, 조명부(7501), 갓(傘)(7502), 가변 암(arm)(7503), 지주(7504), 밑받침(7505), 전원 스위치(7506)를 포함한다. 또한, 조명 장치는 본 발명의 일 형태에 의해 형성되는 발광 장치를 조명부(7501)에 사용하여 제작된다. 또한, 조명 장치에는 도 7(A)에 도시한 탁상 조명 장치 외, 천장 고정형 조명 장치 또는 벽걸이형 조명 장치 등도 포함된다.

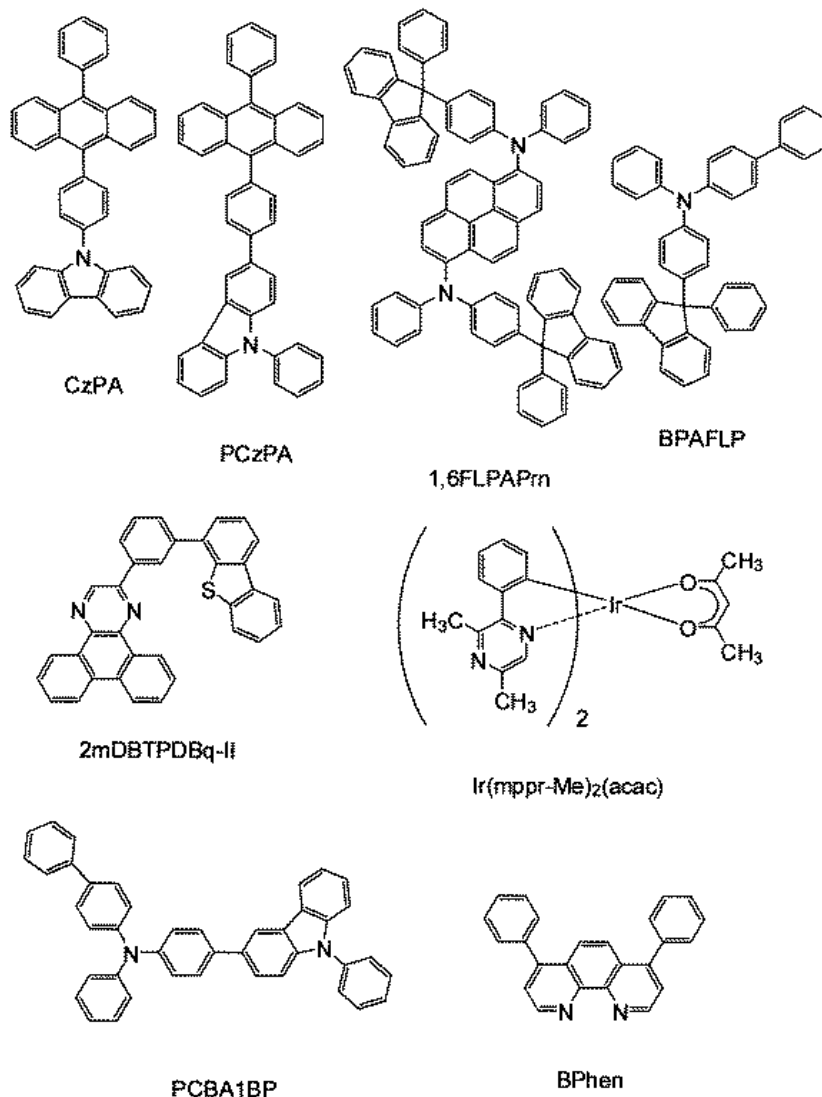
[0114] 또한, 본 발명의 일 형태를 적용하여 형성되는 발광 장치를 조명 장치(탁상 조명 장치)의 조명부(7501)에 사용함으로써, 전력 효율이 높고 먼 내에서 균일하게 발광하고 광 추출 효율이 높은 조명 장치(탁상 조명 장치)를 제공할 수 있다.

[0115] 도 7(B)는 본 발명의 일 형태를 적용하여 형성되는 발광 장치를 실내 조명 장치로서 사용한 예이다. 본 발명의 일 형태인 발광 장치는 대면적화에 유리하기 때문에, 천장 고정형 조명 장치(3001)에 도시한 바와 같이 대면적 조명 장치로서 사용할 수 있다. 그 외, 벽걸이형 조명 장치(3002)로서 사용할 수도 있다. 또한, 본 발명의 일 형태를 적용하여 형성되는 발광 장치를 사용함으로써, 전력 효율이 높고 먼 내에서 균일하게 발광하고, 광 추출 효율이 높은 조명 장치를 제공할 수 있다. 또한, 도 7(B)에 도시한 바와 같이, 실내 조명 장치를 구비한 방에서 도 7(A)에 도시한 탁상 조명 장치(3000)를 병용하여도 좋다.

[0116] (실시예 1)

[0117] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치에 대해서 도 9를 사용하여 설명하기로 한다. 본 실시예에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

화학식 1



[0118]

[0119]

이하에, 본 실시예의 발광 장치의 제작 방법을 제시한다.

[0120]

우선, 고굴절률 기판(1100)의 한쪽 면 위에 발광 소자를 제작하였다. 고굴절률 기판(1100)으로서는 굴절률이 1.806인 유리(OHARA Inc. 제작: S-LAH53)를 사용하였다.

[0121]

산화실리콘을 함유한 인듐주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성하였다. 또한, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다.

[0122]

상기 기판(1100) 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서는 기판 표면을 물로 세척한 후, UV 오존 처리를 370초 실시하였다.

[0123]

그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판(1100)을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 150℃로 1시간의 진공 소성(燒成)을 실시한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방치하여 냉각시켰다.

[0124]

다음에, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록 제 1 전극(1101)이 형성된 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 감압하였다. 그 후, 제 1 전극(1101) 위에 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: PCzPA)과 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써 제 1 정공 주입층(1111a)을 형성하였다. 그 막 두께는 100nm로 하고, PCzPA와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량비로 1:0.5(=PCzPA: 산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란 하나의 처리실 내에서 복수의 증착원



로부터 동시에 증착하는 증착법이다.

- [0125] 다음에, 제 1 정공 주입층(1111a) 위에 PCzPA를 30nm의 막 두께가 되도록 성막하여 제 1 정공 수송층(1112a)을 형성하였다.
- [0126] 또한, 제 1 정공 수송층(1112a) 위에 9-[4-(*N*-카르바졸릴)]페닐-10-페닐안트라센(약어: CzPA)과 *N,N'*-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-*N,N'*-디페닐피렌-1,6-디아민(약칭: 1,6FLPAPr<sub>n</sub>)을 공증착함으로써, 제 1 발광층(1113a)을 형성하였다. 그 막 두께는 30nm로 하고, CzPA와 1,6FLPAPr<sub>n</sub>의 비율은 중량비로 1: 0.05(=CzPA: 1,6FLPAPr<sub>n</sub>)가 되도록 조절하였다.
- [0127] 다음에, 제 1 발광층(1113a) 위에 CzPA를 막 두께 5nm, 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께 15nm가 되도록 형성하여 제 1 전자 수송층(1114a)을 형성하였다.
- [0128] 또한, 제 1 전자 수송층(1114a) 위에 Li를 0.1nm의 막 두께로 증착하여 제 1 전자 주입층(1115a)을 형성하였다.
- [0129] 그 후, 제 1 전자 주입층(1115a) 위에 구리 프탈로시아닌(약칭: CuPc)을 막 두께 2nm로 증착하여 제 1 중간층(1116a)을 형성하였다.
- [0130] 다음에, 제 1 중간층(1116a) 위에 PCzPA와 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써, 제 2 정공 주입층(1111b)을 형성하였다. 그 막 두께는 20nm로 하고 PCzPA와 산화 몰리브덴(VI)의 비율은 중량비로 1: 0.5(=PCzPA: 산화몰리브덴)가 되도록 조절하였다. 또한, 본 실시예의 제 2 정공 주입층(1111b)은 상술한 실시형태에서 설명한 전하 발생층으로서 기능한다.
- [0131] 다음에, 제 2 정공 주입층(1111b) 위에 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP)을 20nm의 막 두께가 되도록 성막하여 제 2 정공 수송층(1112b)을 형성하였다.
- [0132] 그리고, 제 2 정공 수송층(1112b) 위에 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II)과 4-페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카르바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBA1BP)과 (아세틸아세토나토)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III) (약칭: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac))를 공증착함으로써, 제 2 발광층(1113b)의 1층째를 형성하였다. 그 막 두께는 15nm로 하고, 2mDBTPDBq-II, PCBA1BP, 및 Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)의 비율은 중량비로 1: 0.33: 0.1(=2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac))가 되도록 조절하였다. 그리고, 1층째 위에 2mDBTPDBq-II와 Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)를 공증착함으로써, 2층째를 형성하였다. 그 막 두께는 15nm로 하고, 2mDBTPDBq-II 및 Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)의 비율은 중량비로 1: 0.06(=2mDBTPDBq-II: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac))이 되도록 조절하였다.
- [0133] 다음에, 제 2 발광층(1113b) 위에 2mDBTPDBq-II를 막 두께 25nm, BPhen을 막 두께 15nm가 되도록 성막하여 제 2 전자 수송층(1114b)을 형성하였다.
- [0134] 그리고, 제 2 전자 수송층(1114b) 위에 Li를 0.1nm의 막 두께로 증착하여 제 2 전자 주입층(1115b)을 형성하였다.
- [0135] 그 후, 제 2 전자 주입층(1115b) 위에 CuPc를 2nm의 막 두께로 증착하여 제 2 중간층(1116b)을 형성하였다.
- [0136] 다음에, 제 2 중간층(1116b) 위에 PCzPA와 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써, 제 3 정공 주입층(1111c)을 형성하였다. 그 막 두께는 140nm로 하고, PCzPA와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량비로 1: 0.5(=PCzPA: 산화몰리브덴)가 되도록 조절하였다. 또한, 본 실시예의 제 3 정공 주입층(1111c)은 상술한 실시형태에서 설명한 전하 발생층으로서 기능한다.
- [0137] 다음에, 제 3 정공 주입층(1111c) 위에 BPAFLP를 막 두께가 20nm가 되도록 성막하여, 제 3 정공 수송층(1112c)을 형성하였다.
- [0138] 그리고, 제 3 정공 수송층(1112c) 위에 제 3 발광층(1113c), 및 제 3 전자 수송층(1114c)을 순차적으로 형성하였다. 제 3 발광층(1113c) 및 제 3 전자 수송층(1114c)은 각각 제 2 발광층(1113b), 및 제 2 전자 수송층(1114b)과 같은 구성으로 형성하였다.
- [0139] 다음에, 제 3 전자 수송층(1114c) 위에 불화리튬(LiF)을 0.1nm의 막 두께로 증착하여 제 3 전자 주입층(1115c)을 형성하였다.
- [0140] 마지막으로, 제 3 전자 주입층(1115c) 위에 음극으로서 기능하는 제 2 전극(1103)으로2서, 알루미늄을 200nm의

막 두께가 되도록 증착함으로써, 본 실시예의 발광 소자를 제작하였다. 상기 발광 소자가 발광하는 광은 제 1 전극(1101)과 고굴절률 기판(1100)을 통하여 대기 중으로 추출할 수 있다.

또한, 상술한 증착 과정에 있어서, 증착은 모두 저항 가열법을 사용하였다.

상술한 바와 같이 하여 제작한 발광 소자의 소자 구조를 표 1에 나타낸다.

표 1

제 1 전극							
ITO 110 nm							
제 1 정공 주입층	제 1 정공 수송층	제 1 발광층		제 1 전자 수송층		제 1 전자 주입층	제 1 증간층
PCzPA : MoOx (=1 : 0.5) 100 nm	PCzP A 30 nm	CzPA : 1,6FLPAPm (=1 : 0.05) 30 nm		CzPA 5 nm	BPhen 15 nm	Li 0.1 nm	CuPc 2 nm
제 2 정공 주입층	제 2 정공 수송층	제 2 발광층		제 2 전자 수송층		제 2 전자 주입층	제 2 증간층
PCzPA : MoOx (=1 : 0.5) 20 nm	BPAF LP 20 nm	2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : Ir(mppr-Me) <sub>2</sub> (acac) (=1 : 0.33 : 0.1) 15 nm	2mDBTPDBq-II : Ir(mppr-Me) <sub>2</sub> (acac) (=1 : 0.06) 15 nm	2mDBTPDBq-II 25 nm	BPhen 15 nm	Li 0.1 nm	CuPc 2 nm
제 3 정공 주입층	제 3 정공 수송층	제 3 발광층		제 3 전자 수송층		제 3 전자 주입층	제 2 전극
PCzPA : MoOx (=1 : 0.5) 140 nm	BPAF LP 20 nm	2mDBTPDBq-II : PCBA1BP : Ir(mppr-Me) <sub>2</sub> (acac) (=1 : 0.33 : 0.1) 15 nm	2mDBTPDBq-II : Ir(mppr-Me) <sub>2</sub> (acac) (=1 : 0.06) 15 nm	2mDBTPDBq-II 25 nm	BPhen 15 nm	LiF 0.1 nm	Al 200 nm

질소 분위기의 글로브박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 한 후, 기판(1100)의 발광 소자가 형성되지 않는 측이며 발광 소자의 발광 영역과 겹치는 위치에 투광성을 갖는 고굴절률 부재(1200)를 형성하여 발광 장치를 구성하였다. 또한, 고굴절률 부재(1200)는 굴절률이 2.003인 유리(Edmund Optics Japan Co., Ltd. 제조: S-LAH79)로 이루어지고, 직경 1cm인 반구 형상을 갖는다. 또한, 반구의 단면은 유황과 메틸렌요오드를 포함한 굴절률이 1.78인 접착액(굴절액)(Shimadzu Corporation 제조)을 개재하여 고굴절률 기판(1100)에 접한다(도 9의 고굴절률 액체층(1201) 참조). 상술한 바와 같이 하여 얻어진 발광 장치의 전력 효율을 적분구(積分球)를 이용하여 측정하였다. 5.2mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도(전류는 0.2mA)를 상기 고체 발광 소자에 공급하면, 88.4 lm/W(루멘/와트)의 전력 효율로 발광하였다.

또한, 도 8에 도시한 상기 발광 장치의 전류 밀도-전력 효율 특성으로부터 상기 발광 장치는 0.93mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급함으로써, 101 lm/W의 전력 효율이 얻어지는 것이 확인되었다. 도 8에 있어서, 세로축은 전력 효율(lm/W)을 나타내고, 가로축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다.

또한, 상기 발광 장치의 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)-전력 효율(lm/W) 특성은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)-전류 효율(cd/A) 특성으로부터 다음 방법에 따라 산출하였다.

고체 발광 소자의 2mm×2mm 크기의 발광 영역이 발광하는 광을 반구 형상의 구조체를 통하지 않고 고굴절률 기판을 통하여 고굴절률 기판에 수직인 방향에서 관측하고, 구동 전압과 함께 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)-전류 효율(cd/A) 특성을 측정하였다.

여기서, 고체 발광 소자의 전류 밀도는 고체 발광 소자의 발광 강도에 큰 영향을 미치지만, 고체 발광 소자가 발광하는 광의 공간적인 분포에는 영향을 미치지 않는다고 가정하였다. 또한, 전류 효율(cd/A)을 구동 전압(V)으로 나눈 값을 정의하면, 전력 효율(lm/W)은 전류 효율(cd/A)을 구동 전압(V)으로 나눈 값에 비례하게 된다. 따라서, 전류 효율(cd/A)을 구동 전압(V)으로 나눈 값에 비례 상수(常數)를 곱하면, 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)-전력 효율(lm/W) 특성을 산출할 수 있다.

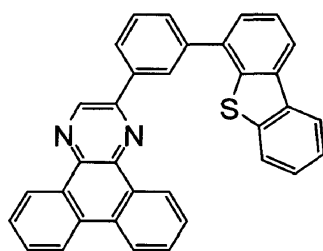
또한, 비례 상수는 다음 방법으로 산출할 수 있다. 제 1 단계에서 특정의 구동 전압 E<sub>1</sub>(V)으로 고체 발광 소자에 흐르는 전류 밀도와 휘도를 측정하여, 전류 효율 φ<sub>1</sub>(cd/A)을 산출하고, 전류 효율 φ<sub>1</sub>(cd/A)을 구동 전압 E<sub>1</sub>(V)으로 나눈 값 φ<sub>1</sub> / E<sub>1</sub>를 산출한다. 제 2 단계에서 동일한 고체 발광 소자의 발광 영역과 겹치는 위치에

반구 형상의 구조체에 완충액(緩衝液)을 개재하여 고굴절률 기판 위에 반구 형상의 구조체를 형성함으로써 발광 장치를 구성한다. 제 3 단계에서 상기 발광 장치에 구동 전압  $E_1(V)$ 을 인가하고, 적분구를 이용하여 전력 효율  $P_1(lm/W)$ 을 측정한다. 제 4 단계에서  $P_1$ 을 ( $\phi_1 / E_1$ )로 나누어 비례 정수  $C$ 를 산출한다. 본 실시예에서는 비례 정수는  $8.39(=88.4(lm/W) \div \{96.9(cd/A) \div 9.2(V)\})$ 이었다.

[0150] (참고예)

[0151] 상기 실시예에서 사용한 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II)의 합성 방법에 대해서 설명한다.

## 화학식 2

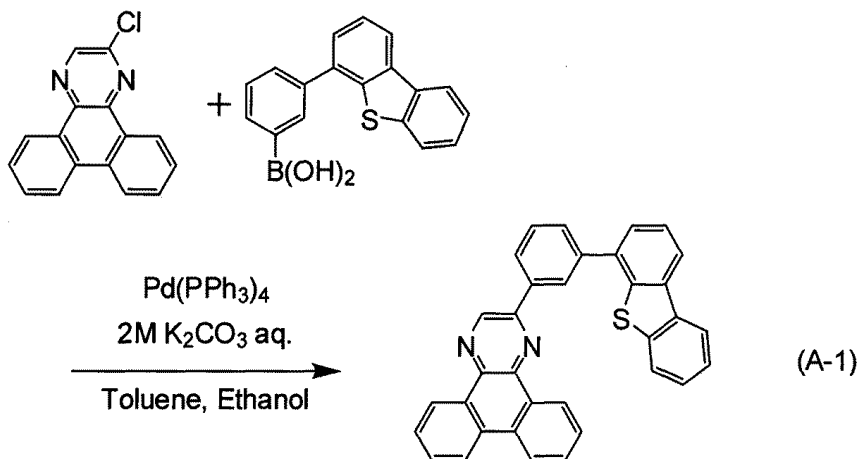


2mDBTPDBq-II

[0152]

[0153] 2mDBTPDBq-II의 합성 도식을 반응식 A-1로 나타낸다.

[0154] 반응식 A-1



[0155]

[0156] 2L 3구 플라스크에 2-클로로디벤조[*f,h*]퀴녹살린 5.3g(20mmol), 3-(디벤조티오펜-4-일)페닐보론산 6.1g(20mmol), 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) 460mg(0.4mmol), 톨루엔 300mL, 에탄올 20mL, 2M의 탄산 칼륨 수용액 20mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 교반함으로써 탈기시키고, 플라스크 내를 질소 치환 하였다. 이 혼합물을 질소 기류하에서 100℃에서 7.5시간 교반하였다. 실온까지 식힌 후, 얻어진 혼합물을 여과(濾過)하여 백색의 여과물을 얻었다. 얻어진 여과물을 물, 에탄올의 순서로 세척한 후 건조시켰다. 얻어진 고체를 약 600mL의 열 톨루엔에 용해시키고, 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 531-16855), 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 540-00135)를 통하여 흡인 여과 하여 무색 투명의 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 크로마토그래피는 열 톨루엔을 전개 용매로서 사용하여 행하였다. 여기서 얻어진 고체에 아세톤과 에탄올을 첨가하여 초음파를 조사한 후, 생긴 현탁물(懸濁物)을 여취(濾取)하여 건조시킨 결과, 목적물인 백색 분말을 수량

7.85g, 수율 80%로 얻었다.

[0157] 얻어진 백색 분말 4.0g를 트레인 서블리메이션법(train sublimation method)으로 승화(昇華) 정제하였다. 승화 정제는 압력 5.0Pa, 아르곤 유량 5mL/min의 조건으로 백색 분말을 300℃에서 가열하여 행하였다. 승화 정제 후, 목적물인 백색 분말을 수량 3.5g, 수율 88%로 얻었다.

[0158] 핵 자기 공명법(NMR)에 의해 이 화합물이 목적물인 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II)인 것을 확인하였다.

[0159] 얻어진 물질의  $^1\text{H}$  NMR 데이터를 이하에 제시한다.

[0160]  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 300MHz):  $\delta$  (ppm)=7.45-7.52(m, 2H), 7.59-7.65(m, 2H), 7.71-7.91(m, 7H), 8.20-8.25(m, 2H), 8.41(d, J=7.8Hz, 1H), 8.65(d, J=7.5Hz, 2H), 8.77-8.78(m, 1H), 9.23(dd, J=7.2Hz, 1.5Hz, 1H), 9.42(dd, J=7.8Hz, 1.5Hz, 1H), 9.48(s, 1H).

### 부호의 설명

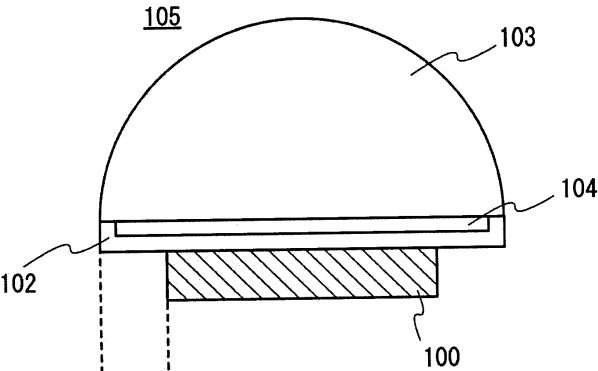
[0161] 100: 고체 발광 소자  
102: 고굴절률 기판  
103: 고굴절률 부재  
104: 고굴절률 액체층  
105: 외부  
111: 부재  
112: 부재  
401: 제 1 전극  
403: EL층  
405: 제 2 전극  
601: 고체 발광 소자  
602: 고굴절률 기판  
603: 고굴절률 부재  
604: 고굴절률 액체층  
607: 부분  
701: 정공 주입층  
702: 정공 수송층  
703: 발광층  
704: 전자 수송층  
705: 전자 주입층  
706: 전자 주입 버퍼층  
707: 전자 릴레이층  
708: 복합 재료층  
800: 제 1 EL층

801: 제 2 EL층  
 803: 전하 발생층  
 1100: 기판  
 1101: 제 1 전극  
 1103: 제 2 전극  
 1111a: 제 1 정공 주입층  
 1111b: 제 2 정공 주입층  
 1111c: 제 3 정공 주입층  
 1112a: 제 1 정공 수송층  
 1112b: 제 2 정공 수송층  
 1112c: 제 3 정공 수송층  
 1113a: 제 1 발광층  
 1113b: 제 2 발광층  
 1113c: 제 3 발광층  
 1114a: 제 1 전자 수송층  
 1114b: 제 2 전자 수송층  
 1114c: 제 3 전자 수송층  
 1115a: 제 1 전자 주입층  
 1115b: 제 2 전자 주입층  
 1115c: 제 3 전자 주입층  
 1116a: 제 1 중간층  
 1116b: 제 2 중간층  
 1200: 고굴절률 부재  
 1201: 고굴절률 액체층  
 3000: 탁상 조명 장치  
 3001: 천장 고정형 조명 장치  
 3002: 벽걸이형 조명 장치  
 7501: 조명부  
 7502: 갓  
 7503: 가변 압  
 7504: 지주  
 7505: 밀받침  
 7506: 전원 스위치

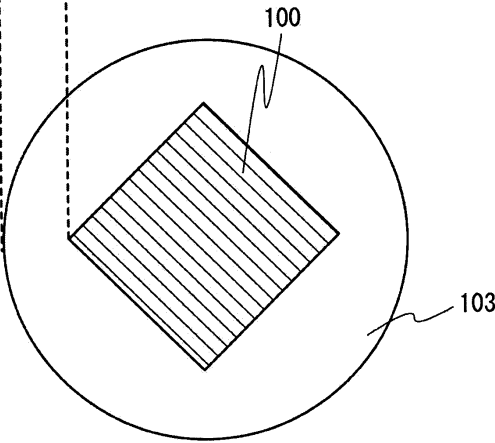
도면

도면1

(A)

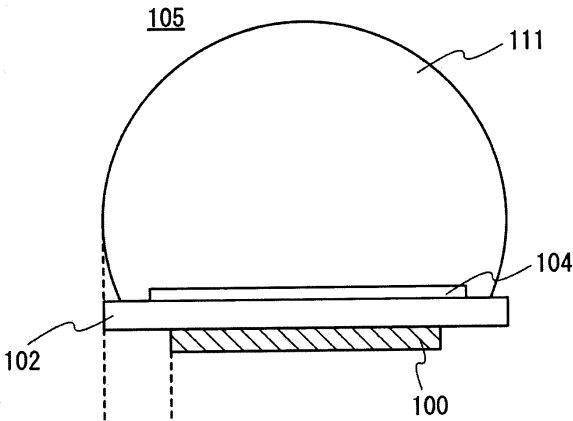


(B)

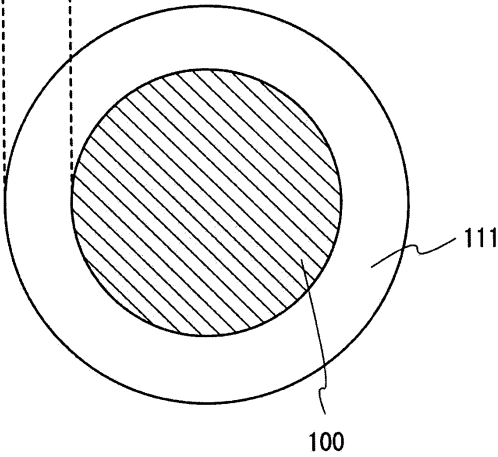


도면2

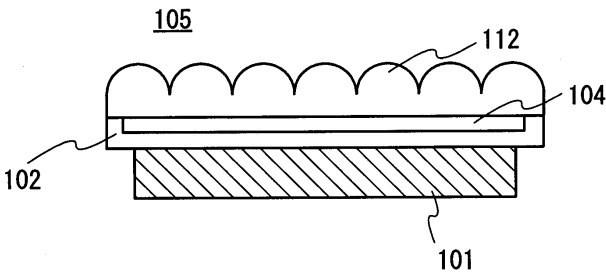
(A)



(B)

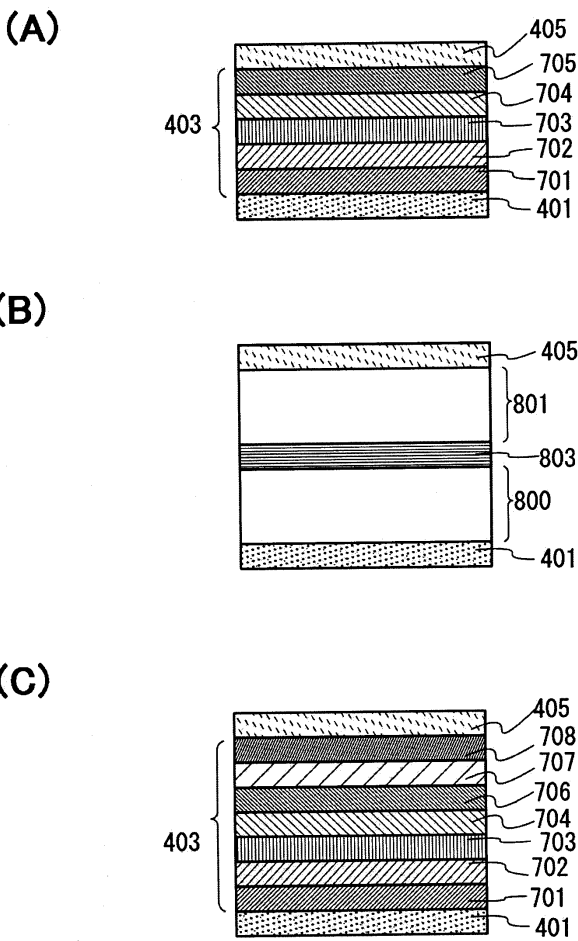


도면3

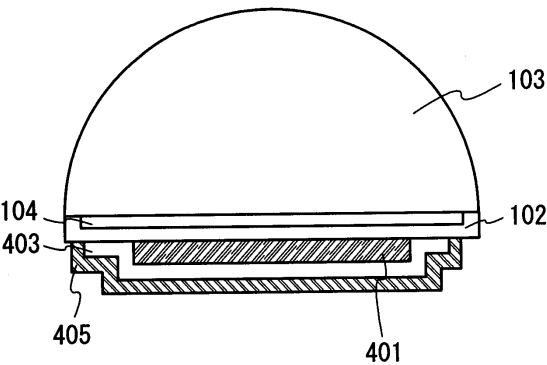




도면4

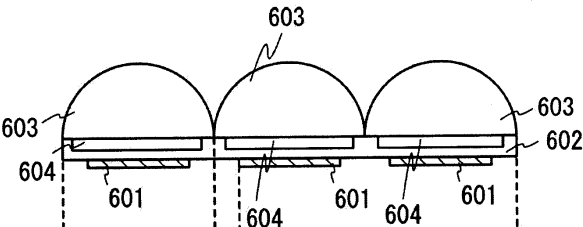


도면5

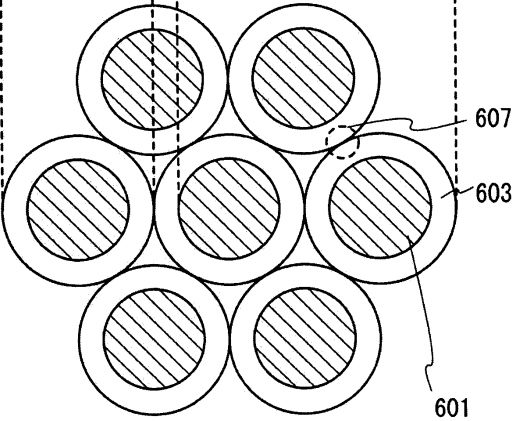


도면6

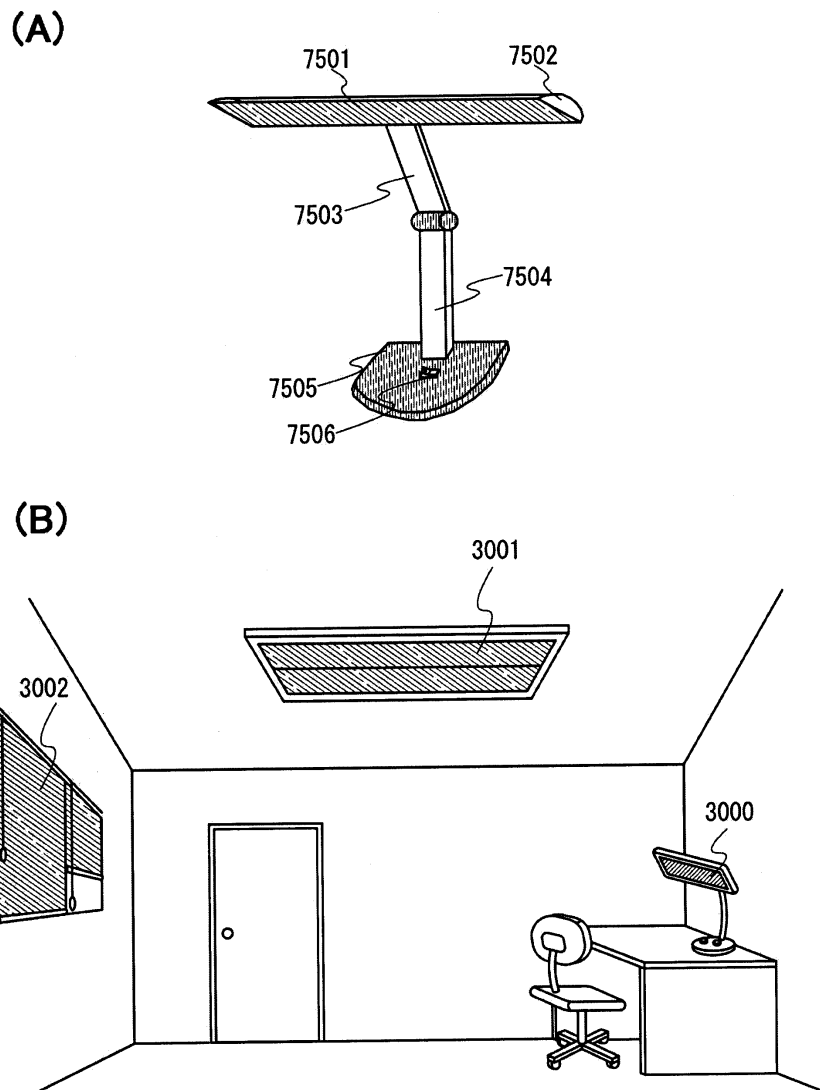
(A)



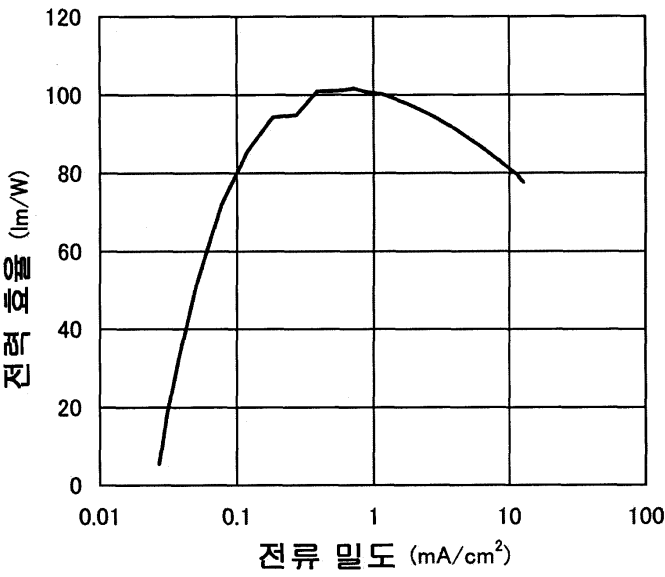
(B)



도면7



도면8



도면9

