



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년12월26일  
(11) 등록번호 10-2616411  
(24) 등록일자 2023년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10K 50/00 (2023.01) C07F 15/00 (2006.01)  
C09K 11/06 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H10K 50/11 (2023.02)  
C07F 15/0033 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-7001662  
(22) 출원일자(국제) 2016년07월13일  
심사청구일자 2021년06월23일  
(85) 번역문제출일자 2018년01월18일  
(65) 공개번호 10-2018-0033177  
(43) 공개일자 2018년04월02일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2016/054163  
(87) 국제공개번호 WO 2017/013534  
국제공개일자 2017년01월26일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-145443 2015년07월23일 일본(JP)  
(뒷면에 계속)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2012212879 A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
세오 사토시  
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부  
시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
다카하시 다츠요시  
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부  
시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 17 항

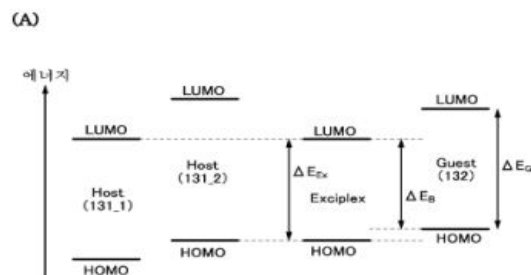
심사관 : 이석형

(54) 발명의 명칭 발광 소자, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

본 발명은 발광 효율이 높은 발광 소자이다. 발광 소자는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 게스트 재료를 포함한다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮다. 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다. 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 기능을 갖는다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물은 엑시플렉스를 형성한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*C09K 11/06* (2022.01)  
*H10K 50/121* (2023.02)  
*H10K 50/15* (2023.02)  
*H10K 50/16* (2023.02)  
*C09K 2211/1011* (2013.01)  
*C09K 2211/185* (2013.01)  
*H10K 2101/80* (2023.02)

(72) 발명자

**와타베 다케요시**

일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부  
 시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

**미츠모리 사토미**

일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부  
 시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

(56) 선행기술조사문헌

JP2014152151 A  
 JP2014096557 A  
 JP2014208621 A  
 JP2014045176 A

(30) 우선권주장

JP-P-2015-233299 2015년11월30일 일본(JP)  
 JP-P-2016-051351 2016년03월15일 일본(JP)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광 소자로서,

제 1 유기 화합물;

제 2 유기 화합물; 및

게스트 재료를 포함하고,

상기 제 1 유기 화합물의 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고,

상기 제 1 유기 화합물의 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고,

상기 게스트 재료의 HOMO 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고,

상기 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하고,

상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물은 엑시플렉스를 형성하는, 발광 소자.

#### 청구항 2

발광 소자로서,

제 1 유기 화합물;

제 2 유기 화합물; 및

게스트 재료를 포함하고,

상기 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고,

상기 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고,

상기 게스트 재료의 HOMO 준위는 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 상기 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고,

상기 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하고,

상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물은 엑시플렉스를 형성하고,

상기 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지 이상인, 발광 소자.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 상기 게스트 재료의 발광 에너지 이상인, 발광 소자.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 큰, 발광 소자.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 엑시플렉스의 발광 스펙트럼은 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 중첩되는 영역을 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 상기 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.3eV 이상 큰, 발광 소자.

#### 청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 엑시플렉스의 여기 에너지는 상기 게스트 재료로 이동하는, 발광 소자.

#### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 게스트 재료는 이리듐을 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 게스트 재료는 상기 이리듐에 배위하는 배위자를 포함하고,

상기 배위자는 사이아노기 및 함질소 5원 복소 고리 골격을 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 게스트 재료는 상기 이리듐에 배위하는 배위자를 포함하고,

상기 배위자는 사이아노기 및 트라이아졸 골격을 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 유기 화합물은 전자를 수송하고,

상기 제 2 유기 화합물은 정공을 수송하는, 발광 소자.

#### 청구항 12

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 유기 화합물은  $\pi$  전자 부족형 복소 방향족 고리 골격을 포함하고,

상기 제 2 유기 화합물은  $\pi$  전자 과잉형 복소 방향족 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 13

표시 장치로서,

- (i) 제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자와,
  - (ii) 컬러 필터 및 트랜지스터 중 적어도 하나
- 를 포함하는, 표시 장치.

#### 청구항 14

전자 기기로서,

- (i) 제 13 항에 따른 표시 장치와,
  - (ii) 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나
- 를 포함하는, 전자 기기.

#### 청구항 15

조명 장치로서,

- (i) 제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자와,
  - (ii) 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나
- 를 포함하는, 조명 장치.

#### 청구항 16

제 2 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 큰, 발광 소자.

#### 청구항 17

제 2 항에 있어서,

상기 엑시플렉스의 발광 스펙트럼은 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 중첩되는 영역을 포함하는, 발광 소자.

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

삭제

## 청구항 24

삭제

## 청구항 25

삭제

## 청구항 26

삭제

## 청구항 27

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 일 형태는 발광 소자, 또는 상기 발광 소자를 각각 포함하는 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 기술분야는 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. 구체적으로는, 본 명세서에 개시되는 본 발명의 일 형태의 기술분야의 예에는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제작 방법이 포함된다.

### 배경 기술

[0003] 근년, EL(electroluminescence)을 사용한 발광 소자에 대한 연구 개발이 널리 행해지고 있다. 이런 발광 소자의 기본적 구조에서는, 발광 재료를 포함하는 층(EL층)이 한 쌍의 전극 사이에 제공된다. 이 소자의 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 발광 재료로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0004] 상기 발광 소자는 자기 발광형이므로, 이 발광 소자가 사용된 표시 장치는 시인성(視認性)이 높고, 백라이트가 불필요하고, 소비전력이 낮은 등의 이점을 갖는다. 또한, 상기 표시 장치는 박형 경량으로 형성될 수 있고 응답 속도가 빠르다는 이점도 갖는다.

[0005] EL층이 유기 재료를 발광 재료로서 포함하며 한 쌍의 전극 사이에 제공되는 발광 소자(예를 들어, 유기 EL 소자)에서는, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써, 발광성을 갖는 EL층에 음극으로부터 전자가, 양극으로부터 정공이 주입되어 전류가 흐른다. 주입된 전자와 정공이 재결합함으로써, 발광성을 갖는 유기 재료가 여기 상태가 되어 발광이 얻어진다.

[0006] 또한, 유기 재료에 의하여 형성되는 여기 상태는 단일항 여기 상태( $S^*$ ) 또는 삼중항 여기 상태( $T^*$ )일 수 있다. 단일항 여기 상태로부터의 발광을 형광이라고 하고, 삼중항 여기 상태로부터의 발광을 인광이라고 한다. 발광 소자에서의  $S^*$  대  $T^*$ 의 생성비는 1:3이다. 바꿔 말하면, 인광을 방출하는 재료(인광 재료)를 포함하는 발광 소자는 형광을 방출하는 재료(형광 재료)를 포함하는 발광 소자보다 발광 효율이 높다. 그러므로, 근년에는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시킬 수 있는 인광 재료를 포함하는 발광 소자가 활발히 개발되고 있다(예를 들어, 특허문헌 1 참조).

[0007] 유기 재료를 여기시키는 에너지는 유기 재료의 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 준위와 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위의 에너지 차이에 따른다. 이 에너지 차이는 거의 단일항 여기 에너지에 상당한다. 인광을 방출하는 유기 재료를 포함하는 발광 소자에서는, 삼중항 여기 에너지가 발광 에너지로 변환된다. 그러므로, 유기 재료에서 단일항 여기 에너지와 삼중항 여기 에너지의 차이가 큰 경우, 유기 재료를 여기시키기 위한 에너지는 상기 에너지 차이만큼 발광 에너지보다 높다. 유기 재료를 여기시키기 위한 에너지와 발광 에너지의 차이는 발광 소자의 소자 특성에 영향을 미친다: 발광 소자의 구동 전압이

증가된다. 이 구동 전압의 증가를 막는 접근 방법이 개발되고 있다(특허문헌 2 참조).

[0008] 인광 재료를 포함하는 발광 소자 중에서, 청색의 광을 방출하는 발광 소자는, 삼중항 여기 에너지 준위가 높은 안정적인 화합물의 개발이 어렵기 때문에 아직 실용화에 이르지 못하고 있다. 따라서, 발광 효율이 높은 안정적인 인광 재료 및 발광 효율이 높으며 신뢰성이 높은 인광 발광 소자의 개발이 요구된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2010-182699호  
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2012-212879호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 발광 효율이 높은 인광 재료로서 이리듐 착체가 알려져 있다. 발광 에너지가 높은 이리듐 착체로서, 피리딘 골격 또는 함질소 5원 복소 고리 골격을 배위자에 포함하는 이리듐 착체가 알려져 있다. 피리딘 골격 및 함질소 5원 복소 고리 골격은 삼중항 여기 에너지가 높지만, 전자 수용성이 낮다. 따라서, 배위자에서 상기 골격을 갖는 이리듐 착체의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 높고, 정공 캐리어가 이리듐 착체에 주입되기 쉬운 한편, 전자 캐리어는 주입되기 어렵다. 그 결과, 발광 에너지가 높은 이리듐 착체가 사용될 때, 캐리어의 직접 재결합을 통한 여기 또는 발광 소자에 의한 효율적인 발광이 어려운 경우가 있다.

[0011] 상기 관점에서, 본 발명의 일 형태의 목적은 인광 재료를 포함하고 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 목적은 소비전력이 저감된 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 목적은 신뢰성이 높은 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 목적은 신규 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 목적은 신규 표시 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 목적은 신규 표시 장치를 제공하는 것이다.

[0012] 또한, 상술한 목적의 기재는, 다른 목적의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서, 이들 목적 모두를 해결할 필요는 없다. 다른 목적은 명세서 등의 기재로부터 명백해지고 추출될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 형태는 인광 재료를 효율적으로 여기시킬 수 있는 엑시플렉스를 포함하는 발광 소자이다.

[0014] 따라서, 본 발명의 일 형태는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 게스트 재료를 포함하는 발광 소자이다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 높다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다. 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 기능을 갖는다. 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다.

[0015] 상기 구조에서, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지 이상인 것이 바람직하다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 발광 에너지 이상인 것이 바람직하다.

[0016] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 게스트 재료를 포함하는 발광 소자이다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 높다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다. 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 기능을 갖는다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지 이상이다.

- [0017] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 게스트 재료를 포함하는 발광 소자이다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 낮다. 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 높다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다. 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 기능을 갖는다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이다.
- [0018] 상기 각 구조에서, 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수 스펙트럼단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 큰 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 각 구조에서, 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.3eV 이상 큰 것이 바람직하다.
- [0020] 상기 각 구조에서, 엑시플렉스는 여기 에너지를 게스트 재료로 이동시키는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼은 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 중첩되는 영역을 갖는 것이 바람직하다.
- [0021] 상기 각 구조에서, 게스트 재료는 이리듐을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 상기 각 구조에서, 게스트 재료는 이리듐에 배위하는 배위자를 포함하고, 그리고 배위자는 사이아노기 및 합질소 5원 복소 고리 골격을 포함하는 것이 바람직하다. 이 배위자는 사이아노기 및 트리아아졸 골격을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0023] 상기 각 구조에서, 제 1 유기 화합물은 전자를 수송하는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 제 2 유기 화합물은 정공을 수송하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 제 1 유기 화합물은  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리 골격을 포함하고, 제 2 유기 화합물은  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0024] 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구조 중 어느 것을 갖는 발광 소자와, 컬러 필터 및 트랜지스터 중 적어도 하나를 포함하는 표시 장치이다. 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 표시 장치와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나를 포함하는 전자 기기이다. 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구조 중 어느 것을 갖는 발광 소자와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나를 포함하는 조명 장치이다. 본 발명의 일 형태의 범주에는 발광 소자를 포함하는 발광 장치뿐만 아니라 발광 장치를 포함하는 전자 기기도 포함된다. 본 명세서에서의 발광 장치는 화상 표시 장치 및 광원(예를 들어 조명 장치)을 말한다. FPC(flexible printed circuit) 또는 TCP(tape carrier package) 등의 커넥터가 발광 장치에 접속된 표시 모듈, TCP 끝에 프린트 배선판이 제공된 표시 모듈, 및 COG(chip on glass) 방법에 의하여 IC(집적 회로)가 발광 소자에 직접 탑재된 표시 모듈도 본 발명의 형태이다.

### 발명의 효과

- [0025] 본 발명의 일 형태에 의하여, 인광 재료를 포함하며 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 신뢰성이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 신규 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 신규 발광 장치를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 신규 표시 장치를 제공할 수 있다.
- [0026] 또한, 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태는 반드시 상술한 모든 효과를 가질 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이고 추출될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면 모식도.
- 도 2의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 발광층에서의 에너지 밴드의 상관 및 에너지 준위의 상관을 나타낸 것.
- 도 3의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면 모식도 및 에너지 준위의 상관을 나타낸 도



면.

도 4의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면 모식도 및 에너지 준위의 상관을 나타낸 도면.

도 5의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면 모식도.

도 6의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면 모식도.

도 7의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면 모식도.

도 8의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면 모식도.

도 9의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 상면도 및 단면 모식도.

도 10의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도.

도 11은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 단면 모식도.

도 12의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도.

도 13의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도.

도 14는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 단면 모식도.

도 15의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도.

도 16은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 단면 모식도.

도 17의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도.

도 18의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 블록도 및 회로도.

도 19의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치의 화소 회로를 각각 도시한 회로도.

도 20의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치의 화소 회로를 각각 도시한 회로도.

도 21의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 터치 패널의 예를 도시한 사시도.

도 22의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 및 터치 센서의 예를 도시한 단면도.

도 23의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 터치 패널의 예를 각각 도시한 단면도.

도 24의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 터치 센서의 블록도 및 타이밍 차트.

도 25는 본 발명의 일 형태에 따른 터치 센서의 회로도.

도 26은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 모듈을 도시한 사시도.

도 27의 (A) 내지 (G)는 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기를 도시한 것.

도 28의 (A) 내지 (D)는 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기를 도시한 것.

도 29의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 사시도.

도 30의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 도시한 사시도 및 단면도.

도 31의 (A) 내지 (D)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 각각 도시한 단면도.

도 32의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기를 도시한 것이고 도 32의 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시한 것.

도 33은 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시한 것.

도 34는 실시예의 발광 소자를 도시한 단면 모식도.

도 35는 실시예의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.

도 36의 (A) 및 (B)는 각각 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.

- 도 37은 실시예의 호스트 재료의 인광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 38은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 39는 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.
- 도 40은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 41은 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 42는 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 43은 실시예의 발광 소자의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 그래프.
- 도 44는 실시예의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 45의 (A) 및 (B)는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 46은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 47은 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.
- 도 48은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 49는 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 50은 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 51의 (A) 및 (B)는 각각 실시예의 에너지 밴드의 상관을 나타낸 것.
- 도 52는 실시예의 발광 소자의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 그래프.
- 도 53은 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 54는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 55는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 56은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 57은 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.
- 도 58은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 59는 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 60은 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 61은 실시예의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 62는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 63은 실시예의 호스트 재료의 인광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 64는 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 65는 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.
- 도 66은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 67은 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 68은 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 69는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.
- 도 70은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.
- 도 71은 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.
- 도 72는 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.

도 73은 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 74는 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 75는 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.  
 도 76은 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.  
 도 77은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 78은 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 79는 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 80은 실시예의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 81은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 82는 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.  
 도 83은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 84는 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 85는 실시예의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 86은 실시예의 호스트 재료의 인광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 87은 실시예의 발광 소자의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 그래프.  
 도 88은 실시예의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 89는 실시예의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 그래프.  
 도 90은 실시예의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 91은 실시예의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 그래프.  
 도 92는 실시예의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 그래프.  
 도 93은 실시예의 호스트 재료의 인광 스펙트럼을 나타낸 그래프.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하에서 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 자세히 기재한다. 그러나, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 목적 및 범위로 부터 벗어나지 않고 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다. 따라서, 본 발명은 이하의 실시형태의 내용에 한정하여 해석되지 않는다.
- [0029] 또한, 도면 등에 도시된 각 구조의 위치, 크기, 또는 범위 등은 간략화를 위하여 정확히 나타내지 않은 경우가 있다. 그러므로, 개시된 발명은 도면 등에 개시된 위치, 크기, 또는 범위 등에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0030] 또한, 본 명세서 등에서 "제 1" 및 "제 2" 등의 서수는 편의상 사용하는 것이고, 단계의 순서 또는 적층 순서를 나타내는 것은 아니다. 따라서, 예를 들어, "제 1"을 "제 2" 또는 "제 3"으로 적절히 바뀌도 설명이 가능하다. 또한, 본 명세서 등에서 서수는 본 발명의 일 형태를 특징하는 것과 반드시 같지는 않다.
- [0031] 본 명세서 등에서 도면을 참조하여 본 발명의 형태를 설명함에 있어, 상이한 도면의 같은 구성 요소는 같은 부호로 공통적으로 표시하는 경우가 있다.
- [0032] 본 명세서 등에서는, "막" 및 "층"이라는 용어를 서로 교체할 수 있다. 예를 들어, "도전층"이라는 용어를 "도전막"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다. 또한 "절연막"이라는 용어를 "절연층"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다.
- [0033] 본 명세서 등에서, 단일항 여기 상태( $S^*$ )는 여기 에너지를 갖는 단일항 상태를 말한다. S1 준위는 단일항 여기 에너지 준위의 가장 낮은 준위, 즉 가장 낮은 단일항 여기 상태에서의 여기 에너지 준위를 뜻한다. 삼중항 여기 상태( $T^*$ )는 여기 에너지를 갖는 삼중항 상태를 말한다. T1 준위는 삼중항 여기 에너지 준위의 가장 낮은 준

위, 즉 가장 낮은 삼중항 여기 상태에서의 여기 에너지 준위를 뜻한다. 또한, 본 명세서 등에서, 단일항 여기 상태 및 단일항 여기 에너지 준위는 각각 가장 낮은 단일항 여기 상태 및 S1 준위를 뜻하는 경우가 있다. 삼중항 여기 상태 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 가장 낮은 삼중항 여기 상태 및 T1 준위를 뜻하는 경우가 있다.

[0034] 본 명세서 등에서 형광 재료란, 단일항 여기 상태에서부터 기저 상태로 완화될 때에 가시광 영역의 광을 방출하는 재료를 말한다. 인광 재료란, 삼중항 여기 상태에서부터 기저 상태로 완화될 때에 실온에서 가시광 영역의 광을 방출하는 재료를 말한다. 즉, 인광 재료란 삼중항 여기 에너지를 가시광으로 변환시킬 수 있는 재료를 말한다.

[0035] 인광 발광 에너지 또는 삼중항 여기 에너지는, 인광 발광의 가장 짧은 파장 측의 발광 피크(숄더를 포함함)의 파장으로부터 얻어질 수 있다. 또한, 인광 발광은 저온(예를 들어, 10K) 환경에서 시간 분해 포토루미네선스에 의하여 관찰될 수 있다. 열활성화 지연 형광 발광 에너지는, 열활성화 지연 형광의 가장 짧은 파장 측의 발광 피크(숄더를 포함함)의 파장으로부터 얻어질 수 있다.

[0036] 또한, 본 명세서 등에서, "실온"이란 0℃ 이상 40℃ 이하의 온도를 말한다.

[0037] 본 명세서 등에서, 청색의 파장 범위란 400nm 이상 505nm 미만의 파장 범위를 말하고, 청색 광은 발광 스펙트럼의 범위에서 적어도 하나의 피크를 갖는다. 녹색의 파장 범위란 505nm 이상 580nm 미만의 파장 범위를 말하고, 녹색 광은 발광 스펙트럼의 범위에서 적어도 하나의 피크를 갖는다. 적색의 파장 범위란 580nm 이상 680nm 이하의 파장 범위를 말하고, 적색 광은 발광 스펙트럼의 범위에서 적어도 하나의 피크를 갖는다.

[0038] (실시형태 1)

[0039] 본 실시형태에서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 대하여 도 1의 (A) 및 (B) 및 도 2의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 기재한다.

[0040] <발광 소자의 구조예>

[0041] 먼저, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 구조에 대하여 도 1의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재한다.

[0042] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(150)의 단면 모식도이다.

[0043] 발광 소자(150)는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)), 및 한 쌍의 전극 사이의 EL층(100)을 포함한다. EL층(100)은 적어도 발광층(130)을 포함한다.

[0044] 도 1의 (A)에 도시된 EL층(100)은 발광층(130)에 더하여, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119) 등의 기능층을 포함한다.

[0045] 본 실시형태에서는 한 쌍의 전극에서 전극(101) 및 전극(102)이 각각 양극 및 음극으로서 기능하는 것으로 하여 기재하지만, 발광 소자(150)의 구조는 이에 한정되지 않는다. 즉, 전극(101)이 음극이어도 좋고, 전극(102)이 양극이어도 좋고, 전극들 사이의 층들의 적층 순서가 거꾸로 되어도 좋다. 바꿔 말하면, 양극 측에서부터 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(130), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)이 이 순서대로 적층되어도 좋다.

[0046] EL층(100)의 구조는 도 1의 (A)에 도시된 구조에 한정되지 않고, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119) 중에서 선택된 적어도 하나의 층을 포함하는 구조를 채용하여도 좋다. 또는, EL층(100)은 예를 들어, 정공 또는 전자의 주입 장벽을 저감시키거나, 정공 또는 전자의 수송성을 향상시키거나, 정공 또는 전자의 수송을 저해하거나, 또는 전극에 의한 퀀칭(quenching) 현상을 억제할 수 있는 기능층을 포함하여도 좋다. 또한, 기능층의 각각은 단층이어도 좋고 적층이어도 좋다.

[0047] 도 1의 (B)는 도 1의 (A)의 발광층(130)의 예를 도시한 단면 모식도이다. 도 1의 (B)의 발광층(130)은 호스트 재료(131) 및 게스트 재료(132)를 포함한다. 호스트 재료(131)는 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)을 포함한다.

[0048] 게스트 재료(132)는 발광성 유기 재료이어도 좋고, 이 발광성 유기 재료는 인광을 방출할 수 있는 재료(이하, 인광 재료이라고도 함)인 것이 바람직하다. 인광 재료를 게스트 재료(132)로서 사용하는 구조에 대하여 이하에서 기재한다. 게스트 재료(132)를 인광 재료로 바꿔 말해도 좋다.

[0049] <발광 소자의 발광 기구>

- [0050] 다음으로, 발광층(130)의 발광 기구에 대하여 이하에서 기재한다.
- [0051] 발광층(130)에서 호스트 재료(131)에 포함되는 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)은 엑시플렉스를 형성한다.
- [0052] 유기 화합물(131\_1)과 유기 화합물(131\_2)의 조합은 엑시플렉스를 형성할 수 있으면 좋지만, 한쪽이 정공을 수송하는 기능(정공 수송성)을 갖는 화합물이고 다른 쪽이 전자를 수송하는 기능(전자 수송성)을 갖는 화합물인 것이 바람직하다. 이 경우, 도너 수용성 엑시플렉스를 형성하기 쉽기 때문에, 엑시플렉스의 효율적인 형성이 가능하다.
- [0053] 유기 화합물(131\_1)과 유기 화합물(131\_2)의 조합은 다음과 같은 것이 바람직하다: 한쪽이 다른 쪽보다 낮은 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 갖는다.
- [0054] 예를 들어, 도 2의 (A)의 에너지 밴드도에 나타난 바와 같이, 유기 화합물(131\_1)이 전자 수송성을 갖고 유기 화합물(131\_2)이 정공 수송성을 갖는 경우, 유기 화합물(131\_1)의 HOMO 준위는 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위보다 낮고, 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위는 유기 화합물(131\_2)의 LUMO 준위보다 낮은 것이 바람직하다.
- [0055] 이때, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성되는 엑시플렉스는, 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{ex}$ )에 실질적으로 상당하는 여기 에너지를 갖는다.
- [0056] 유기 화합물(131\_1)의 HOMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 차이는 바람직하게는 0.1eV 이상이고, 더 바람직하게는 0.2eV 이상이다. 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 LUMO 준위의 차이는 바람직하게는 0.1eV 이상이고, 더 바람직하게는 0.2eV 이상이다. 이 에너지 차이는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))으로부터 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)로의 전자 캐리어 및 정공 캐리어의 주입을 용이하게 하기 때문에 바람직하다.
- [0057] 또한, 도 2의 (A)에서 Host(131\_1)는 유기 화합물(131\_1)을 나타내고, Host(131\_2)는 유기 화합물(131\_2)을 나타내고, Guest(132)는 게스트 재료(132)를 나타내고,  $\Delta E_{ex}$ 는 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타내고,  $\Delta E_B$ 는 게스트 재료(131\_1)의 LUMO 준위와 게스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타내고,  $\Delta E_G$ 는 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타낸다.
- [0058] 파장이 짧으며 발광 에너지가 높은 광을 게스트 재료(132)가 방출시키기 위하여, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 클수록 좋다. 그러나, 발광 소자(150)의 여기 에너지는 구동 전압을 저감시키기 위하여 가능한 한 작은 것이 바람직하기 때문에, 유기 화합물(131\_1 및 131\_2)에 의하여 형성된 엑시플렉스의 여기 에너지는 작을수록 좋다. 따라서, 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{ex}$ )는 작은 것이 바람직하다.
- [0059] 게스트 재료(132)는 인광 발광 재료이기 때문에, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 기능을 갖는다. 또한, 에너지는 단일항 여기 상태에서보다 삼중항 여기 상태에서 더 안정된다. 따라서, 게스트 재료(132)는 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )보다 작은 에너지를 갖는 광을 방출할 수 있다. 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{ex}$ )보다 큰 경우에도, 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{em}$ ) 또는 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )가  $\Delta E_{ex}$  이하이지만 하면, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로의 여기 에너지의 이동이 가능하고 게스트 재료(132)로부터 발광을 얻을 수 있다는 것을 본 발명의 발명자들은 찾아내었다. 게스트 재료(132)의  $\Delta E_G$ 가 게스트 재료(132)에 의한 발광의 에너지( $\Delta E_{em}$ ) 또는 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )보다 큰 경우, 게스트 재료(132)의 전기 여기를 직접 일으키기 위해서는  $\Delta E_G$ 에 상당하는 높은 전기 에너지가 필요하므로, 발광 소자의 구동 전압이 상승된다. 그러나, 본 발명의 일 형태에서는,  $\Delta E_{ex}$ ( $\Delta E_G$ 보다 작음)에 상당하는 전기 에너지에 의하여 엑시플렉스가 전기적으로 여기되고, 게스트 재료(132)는 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 여기되어, 이 결과 낮은 구동 전압으로 게스트 재료(132)로부터의 발광을 매우 효율적으로 얻을 수 있다. 즉, 본 발명의 일 형태는,  $\Delta E_G$ 가 게스트 재료(132)에 의한 발광의 에너지( $\Delta E_{em}$ ) 또는

흡수 스펙트럼에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{\text{abs}}$ )보다 상당히 큰 경우(예를 들어, 게스트 재료가 청색 발광 재료인 경우)에 특히 유용하다.

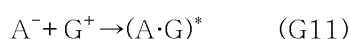
[0060] 게스트 재료(132)가 중금속을 포함하는 경우, 스핀 궤도 상호 작용(전자의 스핀각 운동량과 궤도각 운동량의 상호 작용)에 의하여 단일항 상태와 삼중항 상태의 항간 교차가 촉진되고, 게스트 재료(132)의 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 전이가 금지되지 않는 경우가 있다. 그러므로, 게스트 재료(132)의 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 전이에 관한 발광 효율 및 흡수 확률을 높일 수 있다. 따라서, 게스트 재료(132)는 스핀 궤도 상호 작용이 큰 금속 원소, 특히 백금족 원소(루테튬(Ru), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 또는 백금(Pt))를 포함하는 것이 바람직하다. 특히, 이리듐은, 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 직접 전이에 관한 흡수 확률을 높일 수 있기 때문에 바람직하다.

[0061] 게스트 재료(132)가 발광 에너지가 높은 광(짧은 파장의 광)을 방출할 수 있게 하기 위해서는, 게스트 재료(132)의 가장 낮은 삼중항 여기 에너지 준위가 높은 것이 바람직하다. 게스트 재료(132)의 가장 낮은 삼중항 여기 에너지 준위를 높게 하기 위해서는, 게스트 재료(132)의 중금속 원자에 배위하는 배위자는 가장 낮은 삼중항 여기 에너지 준위가 높고, 전자 수용성이 낮고, 및 LUMO 준위가 높은 것이 바람직하다.

[0062] 이런 게스트 재료는 HOMO 준위가 높고 정공 수용성이 높은 분자 구조를 갖기 쉽다. 게스트 재료(132)가 정공 수용성이 높은 분자 구조를 가질 때, 게스트 재료(132)의 HOMO 준위는 유기 화합물(131\_2)보다 높은 경우가 있다. 또한,  $\Delta E_g$ 가  $\Delta E_{\text{ex}}$ 보다 큰 경우, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위는 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위보다 높다. 또한, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료(132)의 HOMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다.

[0063] 여기서, 게스트 재료(132)의 HOMO 준위가 유기 화합물(131\_2)보다 높고 게스트 재료(132)의 LUMO 준위가 유기 화합물(131\_1)보다 높으면, 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자) 중, 발광층(130)에서, 양극으로부터 주입된 정공이 게스트 재료(132)에 주입되기 용이하고 음극으로부터 주입된 전자가 유기 화합물(131\_1)에 주입되기 용이하다. 따라서, 발광층(130)의 재료 중에서 게스트 재료(132)가 가장 높은 HOMO 준위를 갖고 유기 화합물(131\_1)이 가장 낮은 LUMO 준위를 가질 때 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)가 엑시플렉스를 형성할 가능성이 있다. 특히 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 게스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_b$ )가 게스트 재료의 발광 에너지( $\Delta E_{\text{em}}$ )보다 작아질 때, 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 생성이 지배적이 된다. 이 경우, 게스트 재료(132) 단독으로 여기 상태가 형성되기 어려워져, 발광 소자의 발광 효율이 저하된다.

[0064] 또한, 상술한 반응은 식(G11) 또는 식(G12)에 의하여 표현할 수 있다.



[0065]

[0066] 식(G11)은 유기 화합물(131\_1)이 전자를 받고( $A^-$ ) 게스트 재료(132)가 정공을 받음( $G^+$ )으로써, 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)가 엑시플렉스( $(A \cdot G)^*$ )를 형성하는 반응을 나타낸 것이다. 식(G12)은 여기 상태의 게스트 재료(132)( $G^*$ )가 기저 상태의 유기 화합물(131\_1)(A)과 상호 작용함으로써, 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)가 엑시플렉스( $(A \cdot G)^*$ )를 형성하는 반응을 나타낸 것이다. 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)에 의하여 엑시플렉스( $(A \cdot G)^*$ )를 형성함으로써 게스트 재료(132) 단독의 여기 상태( $G^*$ )가 형성되기 어려워진다.

[0067] 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)에 의하여 형성된 엑시플렉스는 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 게스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_b$ )에 거의 상당하는 여기 에너지를 갖는다. 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 게스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_b$ )가 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{\text{em}}$ ) 또는 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출된 전이 에너지( $\Delta E_{\text{abs}}$ ) 이상인 경우, 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)에 의한 엑시플렉스 형성의 반응을 억제할 수 있기 때문에 게스트 재료(132)의 발



광 효율을 높일 수 있다는 것을 본 발명자들은 찾아내었다.  $\Delta E_{abs}$ 는  $\Delta E_B$ 보다 작기 때문에, 게스트 재료(132)는 여기 에너지를 용이하게 받는다. 유기 화합물(131\_1) 및 게스트 재료(132)에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 여기 에너지를 받는 것에 의한 게스트 재료(132)의 여기가, 에너지가 낮을 필요가 있고 안정된 여기 상태가 얻어진다.

[0068] 상술한 바와 같이, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{Ex}$ )보다 큰 경우에도, 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )가  $\Delta E_{Ex}$  이하이지만 하면 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성된 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로 여기 에너지가 효율적으로 이동한다. 결과적으로, 효율이 높으며 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있고, 이것은 본 발명의 일 형태의 특징이다. 이때, 식  $\Delta E_{abs} \leq \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$  ( $\Delta E_{abs}$ 는  $\Delta E_{Ex}$  이하이며  $\Delta E_{Ex}$ 는  $\Delta E_G$  미만)를 만족시킨다. 따라서,  $\Delta E_{abs}$ 가  $\Delta E_G$  미만인 경우에 본 발명의 일 형태의 메커니즘이 적합하다. 바꿔 말하면,  $\Delta E_G$ 가  $\Delta E_{abs}$ 보다 큰 경우에 본 발명의 일 형태의 메커니즘이 적합하다. 구체적으로, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )보다 0.3eV 이상, 더 바람직하게는 0.4eV 이상 큰 것이 바람직하다. 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )는  $\Delta E_{abs}$  이하이기 때문에, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )는 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )보다 0.3eV 이상, 더 바람직하게는 0.4eV 이상 큰 것이 바람직하다. 또한, 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )는 발광 스펙트럼의 가장 짧은 파장 측의 발광 피크(최대값 또는 솔더를 포함함)의 파장에서 얻을 수 있다.

[0069] 게스트 재료(132)의 HOMO 준위가 유기 화합물(131\_2)보다 높은 경우, 상술한 바와 같이,  $\Delta E_{abs} \leq \Delta E_B$  ( $\Delta E_{abs}$ 는  $\Delta E_B$  이하) 또는  $\Delta E_{Em} \leq \Delta E_B$  ( $\Delta E_{Em}$ 은  $\Delta E_B$  이하)인 것이 바람직하다. 따라서,  $\Delta E_{abs} \leq \Delta E_B < \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$  ( $\Delta E_{abs}$ 는  $\Delta E_B$  이하,  $\Delta E_B$ 는  $\Delta E_{Ex}$  미만, 그리고  $\Delta E_{Ex}$ 는  $\Delta E_G$  미만) 또는  $\Delta E_{Em} \leq \Delta E_B < \Delta E_{Ex} < \Delta E_G$  ( $\Delta E_{Em}$ 은  $\Delta E_B$  이하,  $\Delta E_B$ 는  $\Delta E_{Ex}$  미만, 그리고  $\Delta E_{Ex}$ 는  $\Delta E_G$  미만)를 만족시키는 것이 바람직하다. 상기 조건은 본 발명의 일 형태의 중요한 발견이다.

[0070] 게스트 재료(132)의 발광 파장이 짧아지고 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )가 높아질수록, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 커져, 게스트 재료(132)를 전기 여기시키기 위하여 더 큰 에너지가 필요해진다. 그러나, 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )가  $\Delta E_{Ex}$  이하이면, 본 발명의 일 형태에 따라,  $\Delta E_G$ 보다 작으며  $\Delta E_{Ex}$  정도로 작은 에너지로 게스트 재료(132)를 여기시킬 수 있기 때문에, 발광 소자의 소비전력을 저감시킬 수 있다. 따라서, 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )와 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ ) 사이의 에너지 차이가 큰 경우(즉, 특히 게스트 재료가 청색 발광 재료인 경우)에 본 발명의 일 형태의 메커니즘의 효과가 표면화된다.

[0071] 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )가 저하되면, 게스트 재료(132)의 발광 에너지도 저하된다. 이 경우에는, 청색 발광 등 높은 에너지를 필요로 하는 발광을 얻기 어렵다. 즉,  $\Delta E_{abs}$ 와  $\Delta E_G$ 의 차이가 지나치게 크면, 청색 발광 등 에너지가 높은 발광을 얻기 어렵다.

[0072] 이 때문에, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\Delta E_{abs}$ )보다 0.3eV 내지 0.8eV만큼, 더 바람직하게는 0.4eV 내지 0.8eV만큼, 더욱 바람직하게는 0.5eV 내지 0.8eV만큼 큰 것이 바람직하다. 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )는  $\Delta E_{abs}$  이하이기 때문에, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )는 게스트 재료(132)의 발광 에너지( $\Delta E_{Em}$ )보다 0.3eV 내지 0.8eV만큼, 더 바람직하게는 0.4eV 내지 0.8eV만큼, 더욱 바람직하게는 0.5eV 내지 0.8eV만큼 큰 것이 바람직하다.

[0073] 게스트 재료(132)의 HOMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 차이는 바람직하게는 0.05eV 이상 0.4eV 이하이다. 이 이유는, 정공 트랩이 적당하면 발광 소자의 장수명 효과가 나타나고, 한편 게스트 재료의 HOMO 준

위가 지나치게 높으면 상술한  $\Delta E_B$ 가 작아지기 때문이다. 게스트 재료(132)와 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위의 차이는 바람직하게는 0.05eV 이상, 더 바람직하게는 0.1eV 이상, 더욱 바람직하게는 0.2eV 이상이다. 이것은 이런 에너지 준위의 상관으로 유기 화합물(131\_1)에 전자 캐리어가 주입되기 쉽기 때문이다.

[0074] 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{ex}$ )가 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 작고 유기 화합물(131\_2)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 작기 때문에, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의한 엑시플렉스의 형성은 유기 화합물(131\_1) 단독 또는 유기 화합물(131\_2) 단독에 의한 여기 상태의 형성보다 에너지적으로 안정된다. 또한, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_G$ )가 유기 화합물(131\_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(131\_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이( $\Delta E_{ex}$ )보다 큰 경우, 발광층(130)에 주입된 캐리어(정공 및 전자)가 재결합함으로써 형성된 여기 상태로서는, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 엑시플렉스를 형성하는 것이 에너지적으로 더 안정된다. 그러므로, 발광층(130)에서 생성된 대부분의 여기 상태는 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성되는 엑시플렉스로서 존재한다. 따라서, 본 발명의 일 형태의 구조는 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로의 여기 에너지 이동을 용이하게 하여, 발광 소자의 구동 전압이 낮아지고 발광 효율이 높아진다.

[0075] 또한, 게스트 재료(132)의 LUMO 준위는 유기 화합물(131\_2)의 LUMO 준위보다 높아도 좋고 낮아도 좋다.

[0076] 또한, 게스트 재료(132)의 HOMO 준위는 유기 화합물(131\_1)의 HOMO 준위보다 높기 때문에 게스트 재료(132)는 발광층(130)의 정공 트랩으로서 기능한다. 이것은, 정공 트랩으로서 기능하는 게스트 재료(132)에 의하여 발광층에서의 캐리어 밸런스가 용이하게 제어될 수 있어, 장수명화로 이어지기 때문에 바람직하다.

[0077] 유기 화합물(131\_1)과 유기 화합물(131\_2)의 조합이 정공 수송성을 갖는 화합물과 전자 수송성을 갖는 화합물의 조합인 경우, 그 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있다. 구체적으로는, 정공 수송성을 갖는 화합물 대 전자 수송성을 갖는 화합물의 중량비가 1:9 내지 9:1의 범위 내인 것이 바람직하다. 이 구조로 함으로써 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있기 때문에, 캐리어 재결합 영역도 쉽게 제어할 수 있다.

[0078] 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성되는 엑시플렉스는 한쪽의 유기 화합물에 HOMO를 갖고, 다른 쪽의 유기 화합물에 LUMO를 갖기 때문에, HOMO와 LUMO의 중첩이 매우 작다. 즉, 상기 엑시플렉스에서, 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 작다. 따라서, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위와 단일항 여기 에너지 준위의 차이는 바람직하게는 0eV보다 크고 0.2eV 이하, 더 바람직하게는 0eV보다 크고 0.1eV 이하이다.

[0079] 도 2의 (B)는 발광층(130)에서의 유기 화합물(131\_1), 유기 화합물(131\_2), 및 게스트 재료(132)의 에너지 준위의 상관을 나타낸 것이다. 도 2의 (B)에서의 용어 및 부호가 나타내는 것에 대하여 아래에서 기재한다:

[0080] Host(131\_1): 호스트 재료(유기 화합물(131\_1));

[0081] Host(131\_2): 호스트 재료(유기 화합물(131\_2));

[0082] Guest(132): 게스트 재료(132)(인광 재료);

[0083] Exciplex: 엑시플렉스(유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2));

[0084]  $S_{PH1}$ : 호스트 재료(유기 화합물(131\_1))의 S1 준위;

[0085]  $T_{PH1}$ : 호스트 재료(유기 화합물(131\_1))의 T1 준위;

[0086]  $S_{PH2}$ : 호스트 재료(유기 화합물(131\_2))의 S1 준위;

[0087]  $T_{PH2}$ : 호스트 재료(유기 화합물(131\_2))의 T1 준위;

[0088]  $S_{PG}$ : 게스트 재료(132)(인광 재료)의 S1 준위;

[0089]  $T_{PG}$ : 게스트 재료(132)(인광 재료)의 T1 준위;

[0090]  $S_{PE}$ : 엑시플렉스의 S1 준위; 및



- [0091]  $T_{PE}$ : 엑시플렉스의 T1 준위.
- [0092] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 발광층(130)에 포함되는 유기 화합물(131\_1 및 131\_2)이 엑시플렉스를 형성한다. 엑시플렉스의 S1 준위( $S_{PE}$ )와 엑시플렉스의 T1 준위( $T_{PE}$ )는 서로 인접된다(도 2의 (B)의 루트  $E_7$  참조).
- [0093] 엑시플렉스는 2종류의 물질로 형성되는 여기 상태이다. 광 여기에서는, 여기 상태에 있는 한쪽의 물질과 기저 상태에 있는 다른 쪽의 물질의 상호 작용에 의하여 엑시플렉스가 형성된다. 엑시플렉스를 형성한 2종류의 물질은 광의 방출에 의하여 기저 상태로 되돌아가고, 원래의 2종류의 물질로서 기능한다. 전기 여기에서는, 한쪽의 물질이 여기 상태가 되면, 이는 바로 다른 쪽의 물질과 상호 작용하여 엑시플렉스를 형성한다. 또는, 한쪽의 물질이 정공을 받고 다른 쪽의 물질이 전자를 받으면 즉시 엑시플렉스가 형성된다. 이 경우, 어느 물질에 의해서도 단체(單體)로 여기 상태를 형성할 일 없이 엑시플렉스를 형성할 수 있기 때문에, 발광층(130)에서 생성되는 여기 상태의 대부분이 엑시플렉스로서 존재할 수 있다. 엑시플렉스의 여기 에너지 준위( $S_E$  및  $T_E$ )는 엑시플렉스를 형성하는 호스트 재료(유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2))의 S1 준위( $S_{PH1}$  및  $S_{PH2}$ )보다 낮기 때문에, 더 낮은 여기 에너지로 호스트 재료(131)의 여기 상태를 형성할 수 있다. 따라서, 발광 소자(150)의 구동 전압을 저감시킬 수 있다.
- [0094] 그리고, 엑시플렉스의  $S_{PE}$  및  $T_{PE}$ 의 에너지 양쪽을 게스트 재료(132)(인광 재료)의 T1 준위( $T_{PG}$ )로 이동시키면, 발광이 얻어진다(도 2의 (B)의 루트  $E_8$  및  $E_9$  참조).
- [0095] 또한, 엑시플렉스의 T1 준위( $T_{PE}$ )는 게스트 재료(132)의 T1 준위( $T_{PG}$ )보다 높은 것이 바람직하다. T1 준위가 이런 반응을 만족시킬 때, 형성된 엑시플렉스의 단일항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지를, 엑시플렉스의 S1 준위( $S_{PE}$ ) 및 T1 준위( $T_{PE}$ )로부터 게스트 재료(132)의 T1 준위( $T_{PG}$ )로 이동시킬 수 있다.
- [0096] 발광층(130)이 상술한 구조를 가지면, 발광층(130)의 게스트 재료(132)(인광 재료)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.
- [0097] 상술한 루트  $E_7$ ,  $E_8$ , 및  $E_9$ 를 거친 과정을 본 명세서 등에서 ExTET(exciplex-triplet energy transfer)라고 할 수 있다. 바꿔 말하면, 발광층(130)에서는, 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로 여기 에너지가 주어진다. 이 경우,  $T_{PE}$ 로부터  $S_{PE}$ 로의 역항간 교차 효율은 높을 필요는 없고,  $S_{PE}$ 로부터의 발광 양자 수율도 높을 필요는 없기 때문에, 재료를 폭넓은 선택지 중에서 선택할 수 있다.
- [0098] 또한, 상술한 반응은 식(G13) 내지 식(G15)에 의하여 나타낼 수 있다.
- $$D^+ + A^- \rightarrow (D \cdot A)^* \quad (G13)$$
- $$(D \cdot A)^* + G \rightarrow D + A + G^* \quad (G14)$$
- $$G^* \rightarrow G + h\nu \quad (G15)$$
- [0099]
- [0100] 식(G13)에서는, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2) 중 한쪽이 정공을 받고( $D^+$ ) 다른 쪽이 전자를 받음으로써( $A^-$ ), 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)이 엑시플렉스( $(D \cdot A)^*$ )를 형성한다. 식(G14)에서는, 엑시플렉스( $(D \cdot A)^*$ )로부터 게스트 재료(132)(G)로 에너지가 이동함으로써, 게스트 재료(132)의 여기 상태( $G^*$ )가 생성된다. 그 후, 식(G15)에 의하여 나타낸 바와 같이, 여기 상태에 있는 게스트 재료(132)가 발광한다( $h\nu$ ).
- [0101] 또한, 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로 여기 에너지를 효율적으로 이동시키기 위해서는, 엑시플렉스의 T1 준위( $T_{PE}$ )가, 엑시플렉스를 형성하는 호스트 재료에서의 유기 화합물(유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2))의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다. 이로써, 유기 화합물에 의한 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지의 쿨링이 일어나기 어려워지므로, 게스트 재료(132)로 에너지가 효율적으로 이동한다.
- [0102] 도너성이 강한 골격을 유기 화합물(131\_2)이 포함하는 경우, 발광층(130)에 주입된 정공이 유기 화합물(131\_2)에 주입되기 쉬워지고 수송되기 쉬워진다. 수용성이 강한 골격을 유기 화합물(131\_1)이 포함하는 경우, 발광층

(130)에 주입된 전자가 유기 화합물(131\_1)에 주입되기 쉬워지고 수송되기 쉬워진다. 전자 및 정공이 각각 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 주입되는 경우, 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)이 엑시플렉스를 용이하게 형성한다.

[0103] 발광층(130)이 상술한 구조를 가지면, 발광층(130)의 게스트 재료(132)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0104] <에너지 이동 기구>

[0105] 다음으로, 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132) 사이의 분자간 에너지 이동의 과정을 제어하는 인자에 대하여 기재한다. 분자간 에너지 이동의 기구로서는, 2개의 기구, 즉 피르스터 기구(쌍극자-쌍극자 상호 작용)와 텍스터 기구(전자 교환 상호 작용)가 제안되었다. 여기서는 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132) 사이의 분자간 에너지 이동 과정에 대하여 기재하지만, 호스트 재료(131)가 엑시플렉스인 경우도 마찬가지로 적용할 수 있다.

[0106] <<피르스터 기구>>

[0107] 피르스터 기구에서는, 에너지 이동에 분자간의 직접적인 접촉이 필요하지 않고, 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132) 사이의 쌍극자 진동의 공명 현상을 통하여 에너지가 이동한다. 쌍극자 진동의 공명 현상에 의하여, 호스트 재료(131)가 게스트 재료(132)에 에너지를 제공하여, 여기 상태에 있는 호스트 재료(131)가 기저 상태가 되고 기저 상태에 있는 게스트 재료(132)가 여기 상태가 된다. 또한, 피르스터 기구의 속도 상수  $k_{h \rightarrow g}$ 는 식 (1)로 표현된다.

[0108] [식 1]

$$k_{h \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

[0109]

[0110] 식 (1)에서  $\nu$ 는 진동 수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 재료(131)의 정규화된 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 형광 스펙트럼, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon_g(\nu)$ 는 게스트 재료(132)의 몰 흡수 계수를 나타내고,  $N$ 은 아보가드로 수를 나타내고,  $n$ 은 매체의 굴절률을 나타내고,  $R$ 은 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132) 사이의 분자간 거리를 나타내고,  $\tau$ 는 측정되는 여기 상태의 수명(형광 수명 또는 인광 수명)을 나타내고,  $c$ 는 광의 속도를 나타내고,  $\phi$ 는 발광 양자 수율(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 형광 양자 수율, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 인광 양자 수율)을 나타내고,  $K^2$ 는 호스트 재료(131)의 전이 쌍극자 모멘트와 게스트 재료(132)의 전이 쌍극자 모멘트의 배향에 따른 계수(0 내지 4)를 나타낸다. 또한, 랜덤 배향의 경우  $K^2$ 는 2/3이다.

[0111] <<텍스터 기구>>

[0112] 텍스터 기구에서 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132)는 이들의 궤도가 서로 중첩되는 접촉 유효 범위 내에 있고, 여기 상태에 있는 호스트 재료(131)와 기저 상태에 있는 게스트 재료(132)가 전자를 교환하여 에너지 이동이 일어난다. 또한, 텍스터 기구의 속도 상수  $k_{h \rightarrow g}$ 는 식 (2)로 표현된다.

[0113] [식 2]

$$k_{h \rightarrow g} = \left( \frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left( -\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \epsilon'_g(\nu) d\nu \quad \dots (2)$$

[0114]

[0115] 식 (2)에서,  $h$ 는 플랑크 상수를 나타내고,  $K$ 는 에너지 차원을 갖는 상수를 나타내고,  $\nu$ 는 진동 수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 재료(131)의 정규화된 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon'_g(\nu)$ 는 게스트 재료(132)의 정규화된 흡수 스펙트럼을 나타내고,  $L$ 은 실효 분자 반경을 나타내고,  $R$ 은 호스트 재료(131)와 게스트 재료(132) 사이의 분자간 거리를 나타낸다.

[0116] 여기서, 호스트 재료(131)로부터 게스트 재료(132)로의 에너지 이동의 효율(에너지 이동 효율  $\phi_{ET}$ )은 식 (3)으로 표현된다. 이 식에서  $k_r$ 은 호스트 재료(131)의 발광 과정(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 형광, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 인광)의 속도 상수를 나타내고,  $k_n$ 은 호스트 재료(131)의 비발광 과정(열실활(熱失活) 또는 항간 교차)의 속도 상수를 나타내고,  $\tau$ 는 측정되는 호스트 재료(131)의 여기 상태의 수명을 나타낸다.

[0117] [식 3]

$$\phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad \dots (3)$$

[0118]

[0119] 식 (3)에 따라, 에너지 이동 효율  $\phi_{ET}$ 는 에너지 이동의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 의 증가에 의하여 높아질 수 있어, 다른 경합하는 속도 상수  $k_r + k_n (=1/\tau)$ 이 상대적으로 작아지는 것을 알 수 있다.

[0120] <<에너지 이동을 촉진하기 위한 개념>>

[0121] 펄스 레이저 기구에 의한 에너지 이동에서, 높은 에너지 이동 효율  $\phi_{ET}$ 는 양자 수율  $\Phi$ (단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 양자 수율, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광 양자 수율)가 높을 때 얻어진다. 또한, 호스트 재료(131)의 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 스펙트럼)이 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼(단일항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상당하는 흡수)과 크게 중첩되는 것이 바람직하다. 게스트 재료(132)의 물 흡수 계수도 높은 것이 바람직하다. 이는 호스트 재료(131)의 발광 스펙트럼이 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측에 있는 흡수대와 중첩되는 것을 의미한다.

[0122] 펄스 레이저 기구에 의한 에너지 이동에서, 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하기 위하여, 호스트 재료(131)의 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광 스펙트럼)이 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼(단일항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상당하는 흡수)과 크게 중첩되는 것이 바람직하다. 따라서, 호스트 재료(131)의 발광 스펙트럼을 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측에 있는 흡수대와 중첩시킴으로써 에너지 이동 효율을 최적화할 수 있다.

[0123] 호스트 재료(131)로부터 게스트 재료(132)로의 에너지 이동과 비슷한 식으로, 엑시플렉스로부터 게스트 재료(132)로의 에너지 이동 과정에서도 펄스 레이저 기구 및 펄스 레이저 기구의 양쪽 모두에 의한 에너지 이동이 일어난다.

[0124] 따라서, 본 발명의 일 형태는 게스트 재료(132)로 에너지를 효율적으로 이동할 수 있는 에너지 도너로서 기능하는 엑시플렉스를 형성하는 조합인 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)을 호스트 재료(131)로서 포함하는 발광 소자를 제공한다. 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 엑시플렉스를 형성하는 여기 에너지는 여기 상태의 유기 화합물(131\_1)의 여기 에너지보다 낮고 여기 상태의 유기 화합물(131\_2)의 여기 에너지보다 낮아질 수 있다. 따라서, 발광 소자(150)의 구동 전압을 저감시킬 수 있다. 또한, 엑시플렉스의 단일항 여기 에너지 준위로부터 에너지 역선택으로서의 기능을 갖는 게스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 이동을 용이하게 하기 위하여, 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측(저에너지 측)에 있는 흡수대와 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 중첩되는 것이 바람직하다. 이런 발광 스펙트럼 및 흡수 스펙트럼에 의하여, 게스트 재료(132)의 삼중항 여기 상태를 발생시키는 효율성이 높아질 수 있다. 발광층(130)에서 발생하는 엑시플렉스는 단일항 여기 에너지 준위가 삼중항 여기 에너지 준위에 가깝다는 특징을 갖는다. 따라서, 게스트 재료(132)의 흡수 스펙트럼의 가장 긴 파장 측(가장 낮은 에너지 측)에 있는 흡수대와 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 중첩됨으로써, 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위로부터 게스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 이동을 용이하게 할 수 있다.

[0125] <재료>

[0126] 다음으로 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 구성 요소에 대하여 이하에서 자세히 기재한다.

- [0127] <<발광층>>
- [0128] 발광층(130)에서는, 호스트 재료(131)가 중량비로 가장 많이 존재하고, 게스트 재료(132)(인광 재료)는 호스트 재료(131) 내에 분산된다. 발광층(130)에서의 호스트 재료(131)(유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2))의 T1 준위는 발광층(130)에서의 게스트 재료(게스트 재료(132))의 T1 준위보다 높은 것이 바람직하다.
- [0129] <<호스트 재료>>
- [0130] 유기 화합물(131\_1)로서, 정공보다 전자를 더 수송하는 특성을 갖는 재료를 사용할 수 있고, 전자 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 재료가 바람직하다. 합질소 복소 방향족 화합물 등의  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리 골격을 포함하는 화합물, 또는 아연계 또는 알루미늄계 금속 착체를, 예를 들어 전자를 용이하게 받는 재료(전자 수송성을 갖는 재료)로서 사용할 수 있다. 구체적인 예로서는 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 및 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체를 포함한다. 또한, 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴놀살린 유도체, 다이벤조퀴놀살린 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체, 및 트리아아진 유도체 등의 화합물을 들 수 있다.
- [0131] 구체적인 예로서는 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이토)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 및 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq)과 같은 퀴놀린 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체가 포함된다. 또는, 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPB0) 또는 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 옥사졸계 또는 싸이아졸계 배위자를 갖는 금속 착체를 사용할 수 있다. 이러한 금속 착체 외에, 다음 중 어느 것을 사용할 수 있다: 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(*p-tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CO11), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,2,4-트리아아졸(약칭: TAZ), 9-[4-(4,5-다이페닐-4H-1,2,4-트리아아졸-3-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzTAZ1), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIIm-II), 바소 페난트롤린(약칭: BPhen), 및 바소큐프로인(약칭: BCP) 등의 복소 고리 화합물; 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 6mDBTPDBq-II), 2-[3-(3,9'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mCzCzPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mBTP2Pm-II), 및 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 등의 다이아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물; 2-{4-[3-(*N*-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: PCCzPTzn) 등의 트리아아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물; 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy) 등의 피리딘 골격을 갖는 복소 고리 화합물; 및 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 복소 방향족 화합물. 복소 고리 화합물 중, 트리아아진 골격, 다이아진(피리미딘, 피라진, 피리다진) 골격, 또는 피리딘 골격을 갖는 복소 고리 화합물은 신뢰성이 높고 안정적이므로 적합하게 사용된다. 또한, 상기 골격을 갖는 복소 고리 화합물은 전자 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여한다. 또는, 폴리(2,5-피리딘다이일)(약칭: PPy), 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-*co*-(피리딘-3,5-다이일)](약칭: PF-Py), 또는 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-*co*-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭: PF-BPy)과 같은 고분자 화합물이 사용될 수 있다. 여기에 기재된 물질은 주로 전자 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질이다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높기만 하면, 다른 물질을 사용하여도 좋다.
- [0132] 유기 화합물(131\_2)로서, 유기 화합물(131\_1)과 함께 엑시플렉스를 형성할 수 있는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로, 유기 화합물(131\_2)은  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리 골격 또는 방향족 아민 골격 등 도너성이 높은 골격을 포함하는 것이 바람직하다.  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리 골격을 갖는 화합물의 예는 다이벤조싸이오펜 유도체, 다이벤조퓨란 유도체, 및 카바졸 유도체 등의 복소 방향족 화합물을 포함한다. 이 경우, 유기 화합물(131\_1), 유기 화합물(131\_2), 및 게스트 재료(132)(인광 재료)는 유기 화합물(131\_1) 및 유기 화합물(131\_2)에 의하여 형성된 엑시플렉스의 발광 피크가 흡수대, 구체적으로는 게스트 재료(132)(인광



재료)의 삼중항 MLCT(metal to ligand charge transfer) 이동의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 중첩되도록 선택되는 것이 바람직하다. 이에 의하여 발광 효율이 대폭으로 향상된 발광 소자를 제공하는 것이 가능하게 된다. 또한, 열활성화 지연 형광 재료가 인광 재료 대신에 사용되는 경우, 가장 긴 파장 측의 흡수대는 단일항 흡수대인 것이 바람직하다.

[0133] 유기 화합물(131\_2)로서, 아래에 든 정공 수송성을 갖는 재료를 사용할 수 있다.

[0134] 정공 수송 재료로서는 전자보다 정공을 더 수송하는 특성을 갖는 재료를 사용할 수 있고, 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 재료가 바람직하다. 구체적으로는 방향족 아민, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 또는 스티벤 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.

[0135] 정공 수송성이 높은 재료로서 사용할 수 있는 방향족 아민 화합물의 예는 *N,N'*-다이(*p*-톨릴)-*N,N'*-다이페닐-*p*-페닐렌디아민(약칭: DTDPPA), 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.

[0136] 카바졸 유도체의 구체적인 예에는 3-[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA1), 3,6-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA2), 3,6-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-(1-나프틸)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzTPN2), 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), 및 3-[*N*-(1-나프틸)-*N*-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등이 있다.

[0137] 카바졸 유도체의 다른 예에는 4,4'-다이(*N*-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 및 1,4-비스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등이 있다.

[0138] 방향족 탄화수소의 예로서는, 2-*tert*-부틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-부틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-*tert*-부틸-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, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌 등이 있다. 다른 예에는 펜타센 및 코로넨 등이 있다. 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상이고 탄소수가 14 이상 42 이하인 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.

[0139] 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 갖는 방향족 탄화수소의 예로서는 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi) 및 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등이 있다.

[0140] 다른 예를 들면, 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[*N*-(4-{*N'*-(4-(4-다이페닐아미노)페닐)페닐-*N'*-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 및 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물이다.

[0141] 정공 수송성이 높은 재료의 예로서는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α-NPD), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4' '-트리스(카바졸-9-일)트라이페닐아민(약칭: TCTA), 4,4',4' '-트리스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: 1'-TNATA), 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'-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), *N*-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)-*N*-(9,9-다이메틸-2-[*N'*-페닐-*N'*-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)아미노]-9*H*-플루오렌-7-일)페닐아민(약칭: DFLADFL), *N*-(9,9-다이메틸-2-다이페닐아미노-9*H*-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭: DPNF), 2-[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPASF), 4-페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다

이페닐-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), 4-페닐다이페닐-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)아민(약칭: PCA1BP), *N,N'*-비스(9-페닐카바졸-3-일)-*N,N'*-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭: PCA2B), *N,N',N'*-트라이페닐-*N,N',N'*-트리스(9-페닐카바졸-3-일)벤젠-1,3,5-트리아민(약칭: PCA3B), *N*-(4-바이페닐)-*N*-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCBiF), *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-*N*-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF), 2-[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: PCASF), 2,7-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPA2SF), *N*-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-*N*-(4-페닐)페닐아닐린(약칭: YGA1BP), 및 *N,N'*-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F) 등의 방향족 아민 화합물이 있다. 다른 예로서는 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP), 1,3-비스(*N*-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,6-다이(9H-카바졸-9-일)-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PhCzGI), 2,8-다이(9H-카바졸-9-일)-다이벤조싸이오펜(약칭: Cz2DBT), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBi-II), 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 1,3,5-트라이(다이벤조싸이오펜-4-일)-벤젠(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV), 및 4-[3-(트라이페닐렌-2-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: mDBTTP-II) 등의 아민 화합물, 카바졸 화합물, 싸이오펜 화합물, 퓨란 화합물, 플루오렌 화합물, 트라이페닐렌 화합물, 및 페난트렌 화합물 등이 있다. 상술한 화합물 중에서, 피롤 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 또는 방향족 아민 골격을 포함하는 화합물은 안정성 및 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 또한, 상기 골격을 갖는 화합물은 정공 수송성이 높으므로 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0142] <<게스트 재료>>

[0143] 게스트 재료(132)(인광 재료)로서는, 이리듐계, 로듐계, 또는 백금계의 유기 금속 착체 또는 금속 착체를 사용할 수 있고; 특히 이리듐계 오쏘 금속화한 착체 등의 유기 이리듐 착체가 바람직하다. 오쏘 금속화한 배위자로서는 4H-트리아졸 배위자, 1H-트리아졸 배위자, 이미다졸 배위자, 피리딘 배위자, 피리미딘 배위자, 피라진 배위자, 및 아이소퀴놀린 배위자 등을 들 수 있다. 금속 착체로서는 포르피린 배위자를 갖는 백금 착체 등을 들 수 있다.

[0144] 유기 화합물(131\_1), 유기 화합물(131\_2), 및 게스트 재료(132)(인광 재료)는 게스트 재료(132)(인광 재료)의 LUMO 준위가 유기 화합물(131\_1)보다 높고 게스트 재료(132)의 HOMO 준위가 유기 화합물(131\_2)보다 높게 되도록 선택되는 것이 바람직하다. 이런 구조에 의하여, 발광 효율이 높으며 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0145] 청색 또는 녹색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예로서는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz)<sub>3</sub>), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>), 및 트리스[3-(5-바이페닐)-5-아이소프로필-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III)(약칭: Ir(iPr5btz)<sub>3</sub>) 등의 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>) 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III)(약칭: Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>) 등의 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; *fac*-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>) 및 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-*f*]페난트리디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-*N,C*<sup>2'</sup>]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-*N,C*<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpilic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이트-*N,C*<sup>2'</sup>}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), 및 비스[2-(4',6'-다이플루오

로페닐)피리디네이트- $N, C^{2'}$ ]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체가 배위자인 유기 금속 이리듐 착체가 포함된다. 상술한 재료 중에서, 4*H*-트리아아졸 골격, 1*H*-트리아아졸 골격, 또는 이미다졸 골격 등의 함질소 5원 복소 고리 골격을 포함하는 유기 금속 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지, 신뢰성, 및 발광 효율이 높아 특히 바람직하다.

[0146]

녹색 또는 황색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예로서는, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)<sub>3</sub>), 트리스(4-*t*-뷰틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)<sub>3</sub>), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[4-(2-노보닐)-6-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(mppmm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스{4,6-다이메틸-2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-피리미딘일- $\kappa N^3$ ]페닐- $\kappa C$ }이리듐(III)(약칭: Ir(dmppm-dmp)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)) 및 (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐피리디네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐피리디네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이트)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(bzq)<sub>3</sub>), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭: Ir(pq)<sub>3</sub>), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸레이토- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)), 비스{2-[4'-(피플루오로페닐)페닐]피리디네이트- $N, C^{2'}$ }이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)), 및 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)) 등의 유기 금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 상술한 재료 중에서, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 두드러지게 높으므로 특히 바람직하다.

[0147]

황색 또는 적색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예로서, (다이아이소뷰틸릴메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)), 및 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(d1nppm)<sub>2</sub>(dpm)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)(다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)), 및 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭: Ir(piq)<sub>3</sub>) 및 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 백금 착체; 및 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 상술한 재료 중에서, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 두드러지게 높으므로 특히 바람직하다. 또한,

피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 양호한 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0148] 4*H*-트리아졸 골격, 1*H*-트리아졸 골격, 및 이미다졸 골격 등의 함질소 5원 복소 고리 골격을 갖는 상술한 유기 금속 이리듐 착체 및 피리딘 골격을 갖는 상술한 이리듐 착체는 전자 수용성이 낮은 배위자를 갖고 높은 HOMO 준위를 갖기 쉽기 때문에, 이들 착체는 본 발명의 일 형태에 적합하다.

[0149] 함질소 5원 복소 고리 골격을 갖는 상기 유기 금속 이리듐 착체 중에서, 적어도 사이아노기를 포함하는 치환기를 갖는 이리듐 착체는, 사이아노기의 높은 전자 흡인성에 의하여 적절히 저하되는 LUMO 준위 및 HOMO 준위를 갖기 때문에, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있다. 또한, 이들 이리듐 착체의 삼중항 여기 에너지 준위는 높기 때문에, 이리듐 착체 중 어느 것을 포함하는 발광 소자는 발광 효율이 높은 청색 광을 방출할 수 있다. 이리듐 착체는 산화환원 반응의 반복에 대한 내성이 높기 때문에, 이리듐 착체 중 어느 것을 포함하는 발광 소자는 긴 구동 수명을 가질 수 있다.

[0150] 또한, 소자 특성의 안정성 및 신뢰성의 관점에서, 이리듐 착체는 사이아노기를 포함하는 아릴기가 함질소 5원 복소 고리 골격에 결합한 배위자를 포함하는 것이 바람직하고, 아릴기의 탄소수는 6 내지 13인 것이 바람직하다. 이 경우, 이리듐 착체는 비교적 낮은 온도로 진공 증착이 가능하기 때문에, 증착에서 열분해 등으로 인하여 열화되기 어렵다.

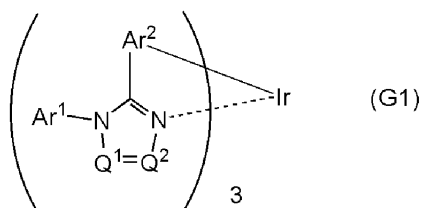
[0151] 사이아노기가 아릴렌기를 통하여 함질소 5원 복소 고리 골격의 질소 원자에 결합되는 배위자를 포함하는 이리듐 착체는, 삼중항 여기 에너지 준위를 높게 유지할 수 있어, 청색 광 등의 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용할 수 있다. 이 이리듐 착체를 포함하는 발광 소자는 사이아노기를 포함하지 않는 발광 소자보다 효율이 높은 청색 광 등의 에너지가 높은 광을 방출할 수 있다. 또한, 상술한 바와 같이 특정 위치에 사이아노기를 결합시킴으로써, 청색 광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 신뢰성이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 함질소 5원 복소 고리 골격 및 사이아노기가 페닐렌기 등의 아릴렌기를 통하여 결합되는 것이 바람직하다.

[0152] 아릴렌기의 탄소수가 6 내지 13일 때, 이리듐 착체는 비교적 분자량이 낮은 화합물이기 때문에, 진공 증착에 적합하다(비교적 낮은 온도에서 진공 증착될 수 있음). 일반적으로, 분자량이 낮은 화합물은 막 형성 후에 내열성이 낮아지는 경향이 있다. 그러나, 배위자의 분자량이 낮더라도, 상기 이리듐 착체는 복수의 배위자를 포함하기 때문에 충분한 내열성을 확보할 수 있는 이점을 갖는다.

[0153] 즉, 상기 이리듐 착체는 증착의 용이성 및 전기화학적 안정성에 더하여 삼중항 여기 에너지 준위가 높다는 특성을 갖는다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 발광층의 게스트 재료, 특히 청색 발광 소자의 게스트 재료로서 이리듐 착체를 사용하는 것이 바람직하다.

[0154] <<이리듐 착체의 예>>

[0155] 이 이리듐 착체는 일반식(G1)으로 나타내어진다.



[0156]

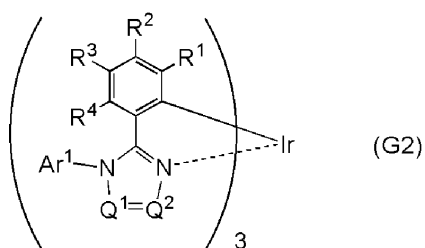
[0157] 일반식(G1)에서, Ar<sup>1</sup> 및 Ar<sup>2</sup>는 각각 독립적으로 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.



[0158]  $Q^1$  및  $Q^2$ 는 각각 독립적으로 N 또는 C-R을 나타내고, R은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다.  $Q^1$  및  $Q^2$  중 적어도 하나는 C-R을 포함한다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0159]  $Ar^1$  및  $Ar^2$ 로 나타내는 아릴기 및 R로 나타내는 아릴기 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0160] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 오쏘 금속화된 착체인 것이 바람직하다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G2)으로 나타내어진다.



[0161]

[0162] 상기 일반식(G2)에서,  $Ar^1$ 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

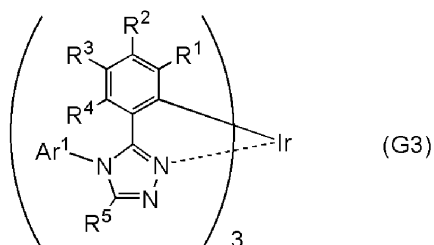
[0163]  $R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

[0164]  $Q^1$  및  $Q^2$ 는 각각 독립적으로 N 또는 C-R을 나타내고, R은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다.  $Q^1$  및  $Q^2$  중 적어도 하나는 C-R을 포함한다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나

의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0165]  $Ar^1$  및  $R^1$  내지  $R^4$ 로 나타내는 아릴기,  $R$ 로 나타내는 아릴기, 및  $R^1$  내지  $R^4$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0166] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 배위자로서 4*H*-트리아아졸 골격을 포함하고, 상기 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위가 높고 청색 광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있어 바람직하다. 상기 이리듐 착체를 일반식(G3)으로 나타낸다.



[0167]

[0168] 상기 일반식(G3)에서,  $Ar^1$ 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

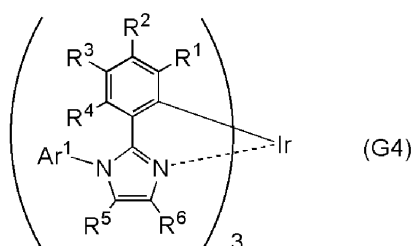
[0169]  $R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

[0170]  $R^5$ 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상

이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0171]  $Ar^1$  및  $R^1$  내지  $R^5$ 로 나타내는 아릴기 및  $R^1$  내지  $R^4$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0172] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 배위자로서 이미다졸 골격을 포함하고, 상기 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위가 높고 청색 광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있기 때문에 바람직하다. 이 이리듐 착체는 일반식(G4)으로 나타낸다.



[0173]

[0174] 상기 일반식(G4)에서,  $Ar^1$ 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

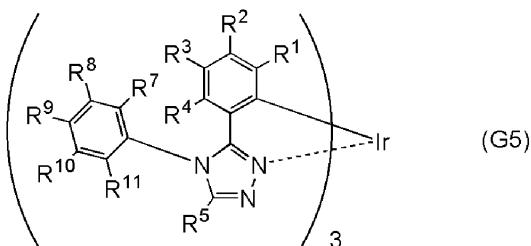
[0175]  $R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

[0176]  $R^5$  및  $R^6$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의

사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0177]  $Ar^1$  및  $R^1$  내지  $R^6$ 으로 나타내는 아릴기 및  $R^1$  내지  $R^4$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0178] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 합질소 5원 복소 고리 골격을 포함하고, 상기 골격의 질소에 결합되는 아릴기는 치환 또는 비치환의 페닐기인 것이 바람직하다. 이 경우, 이리듐 착체는 비교적 낮은 온도로 진공 증착될 수 있고, 삼중항 여기 에너지 준위가 높아질 수 있기 때문에, 청색 광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 사용할 수 있다. 이 이리듐 착체는 일반식(G5) 또는 일반식(G6)으로 나타내어진다.



[0179]

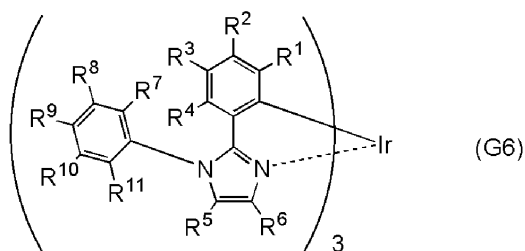
[0180] 상기 일반식(G5)에서,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 각각 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 같은 구조를 갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다.

[0181]  $R^8$  내지  $R^{10}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환의 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한,  $R^8$  내지  $R^{10}$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0182]  $R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

[0183]  $R^5$ 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다.

탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.



[0184]

[0185]

일반식(G6)에서,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 각각 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 같은 구조를 갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다.

[0186]

$R^8$  내지  $R^{10}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환의 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한,  $R^8$  내지  $R^{10}$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함하는 것이 바람직하다.

[0187]

$R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

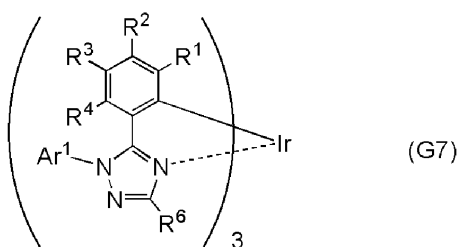
[0188]

$R^5$  및  $R^6$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0189]

본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 배위자로서 1#-트리아아졸 골격을 포함하고, 상기 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위가 높고 청색 광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있기 때문에 바람직하다. 이 이리듐 착체는 일반식(G7) 또는 일반식(G8)으로 나타내어진다.





[0190]

[0191]

상기 일반식(G7)에서,  $Ar^1$ 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0192]

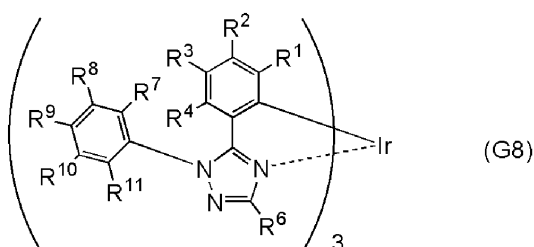
$R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.

[0193]

$R^6$ 은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

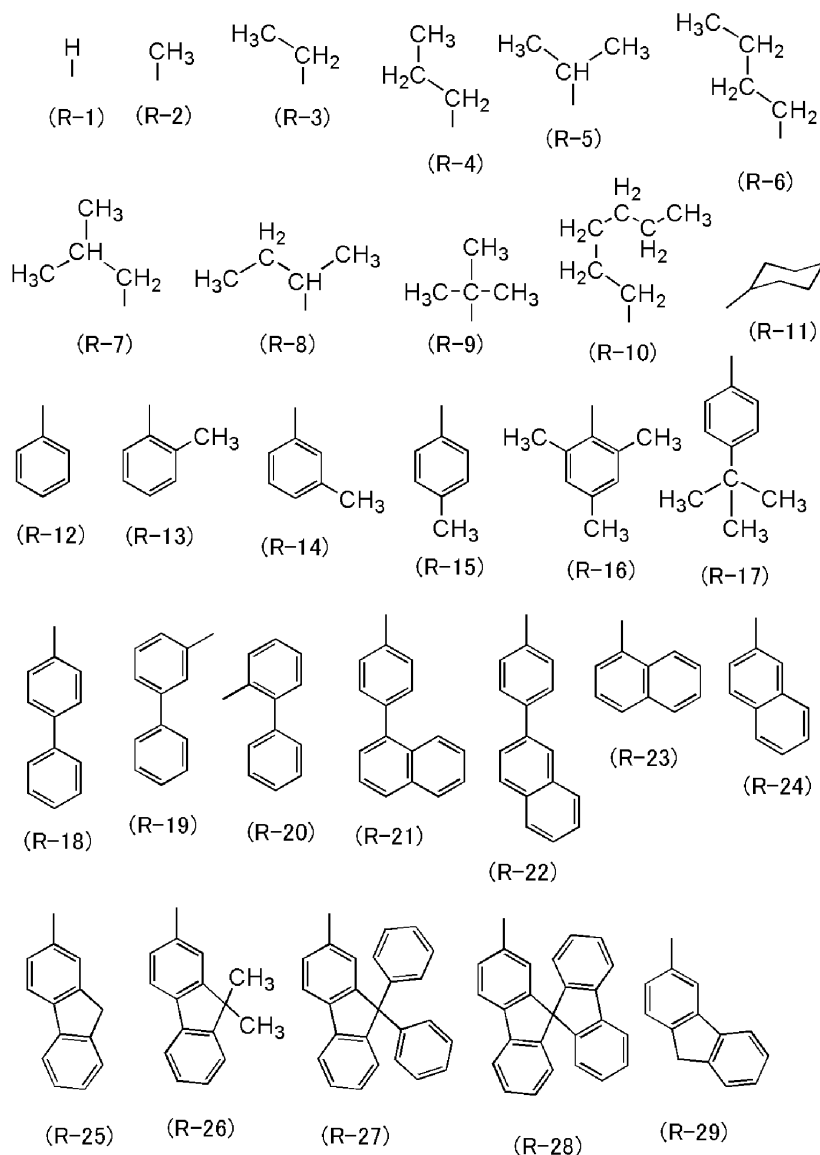
[0194]

$Ar^1$ ,  $R^1$  내지  $R^4$ , 및  $R^6$ 으로 나타내는 아릴기 및  $R^1$  내지  $R^4$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.



[0195]

- [0196] 상기 일반식(G8)에서,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 각각 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고,  $R^7$  및  $R^{11}$ 은 같은 구조를 갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다.
- [0197]  $R^8$  내지  $R^{10}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환의 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한,  $R^8$  내지  $R^{10}$  중 적어도 하나는 사이아노기를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0198]  $R^1$  내지  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.  $R^1$  내지  $R^4$ 가 모두 수소인 경우, 합성의 용이성 및 원료의 가격에 장점이 있다.
- [0199]  $R^6$ 은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는, 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)에 의하여 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예로서는, 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예로서는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한, 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나 또는 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 상기 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 상기 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 상기 치환기로서는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기도 선택할 수 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예로서는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예로서는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예로서는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.
- [0200] 일반식(G2) 내지 일반식(G8)에서  $R^1$  내지  $R^4$ 로 나타낸 알킬기 및 아릴기로서, 예를 들어, 구조식(R-1) 내지 구조식(R-29)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한, 알킬기 및 아릴기로서 사용할 수 있는 기는 이에 한정되지 않는다.



[0201]

[0202]

예를 들어, 구조식(R-12) 내지 구조식(R-29)으로 나타낸 기는, 일반식(G1) 내지 일반식(G4) 및 일반식(G7)에서  $Ar^1$ 로 나타낸 아릴기 및 일반식(G1)에서  $Ar^2$ 로 나타낸 아릴기로서 사용될 수 있다. 또한,  $Ar^1$  및  $Ar^2$ 로서 사용될 수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.

[0203]

예를 들어, 구조식(R-1) 내지 구조식(R-10)으로 나타낸 기는 일반식(G5), 일반식(G6), 및 일반식(G8)에서  $R^7$  내지  $R^{11}$ 로 나타낸 알킬기로서 사용될 수 있다. 또한, 알킬기로서 사용할 수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.

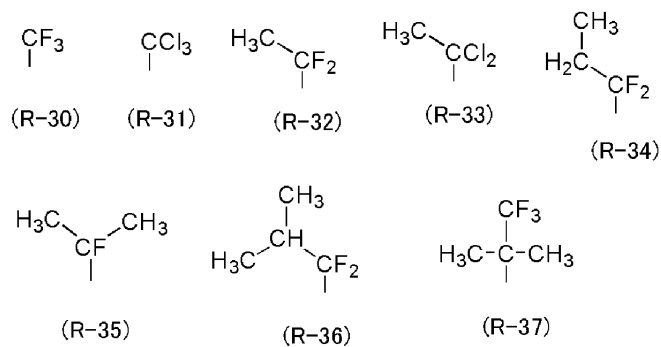
[0204]

일반식(G5), 일반식(G6), 및 일반식(G8)에서  $R^8$  내지  $R^{10}$ 으로 나타낸 알킬기 또는 치환 또는 비치환의 페닐기로서, 예를 들어, 상술한 구조식(R-1) 내지 구조식(R-22)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한, 알킬기 또는 페닐기로서 사용할 수 있는 기는 이에 한정되지 않는다.

[0205]

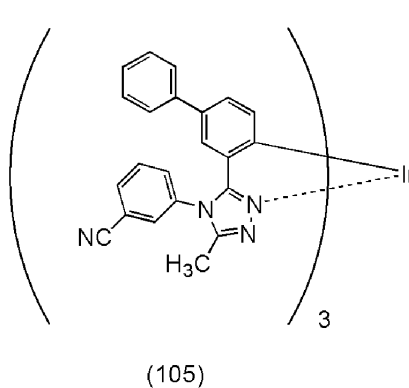
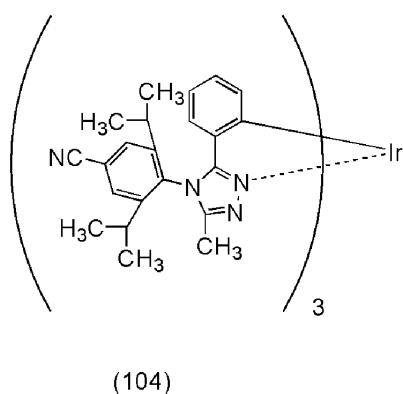
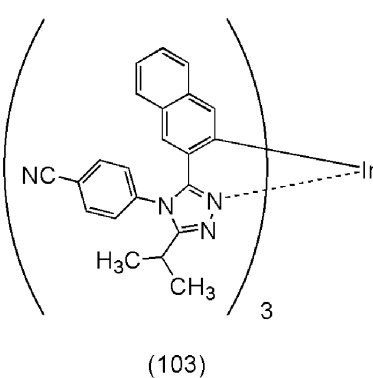
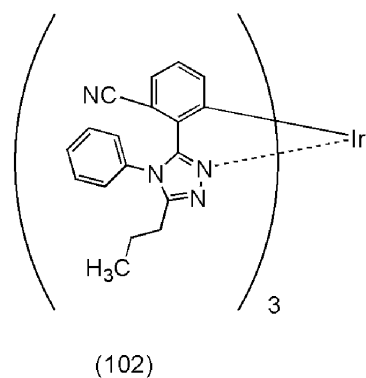
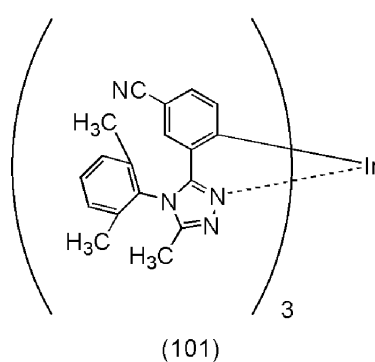
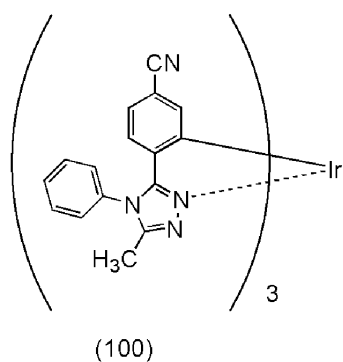
예를 들어, 구조식(R-1) 내지 구조식(R-29) 및 구조식(R-30) 내지 구조식(R-37)으로 나타낸 기는, 일반식(G3) 내지 일반식(G6)에서  $R^5$ 로, 그리고 일반식(G4) 및 일반식(G6) 내지 일반식(G8)에서  $R^6$ 으로 나타낸 알킬기, 아릴기, 및 할로알킬기로서 사용할 수 있다. 또한, 알킬기, 아릴기, 또는 할로알킬기로서 사용할 수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.

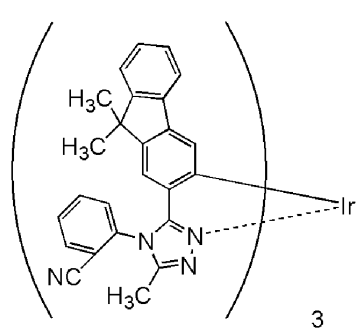




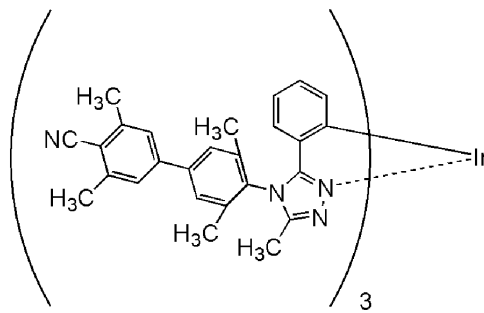
<이리듐 착체의 구체적인 예>

일반식(G1) 내지 일반식(G8)으로 나타낸 이리듐 착체의 구조의 구체적인 예로서는 구조식(100) 내지 구조식(134)으로 나타내어지는 화합물이 있다. 또한, 일반식(G1) 내지 일반식(G8)으로 나타낸 이리듐 착체는 아래에 나타낸 예에 한정되지 않는다.

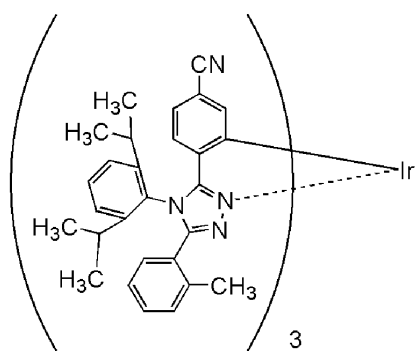




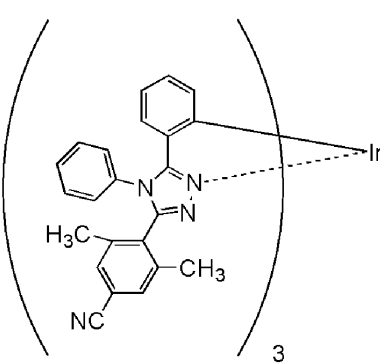
(106)



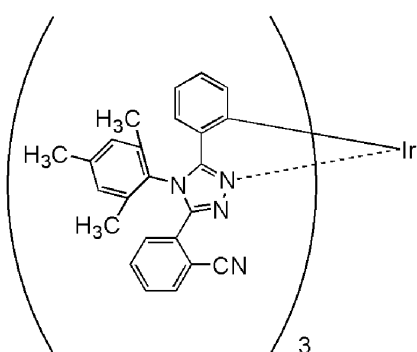
(107)



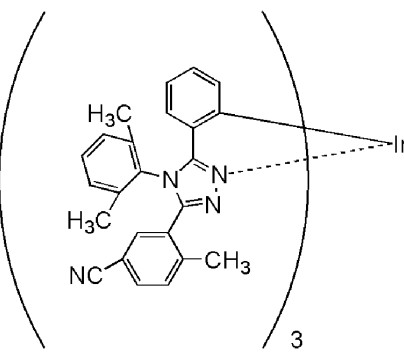
(108)



(109)

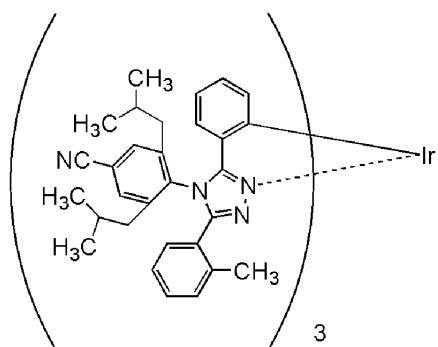


(110)

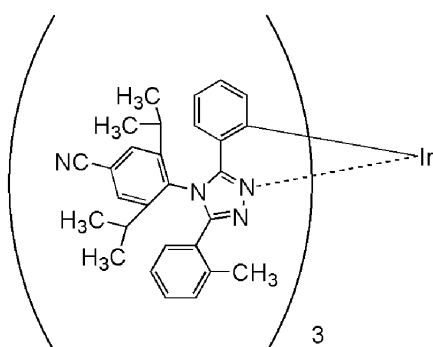


(111)

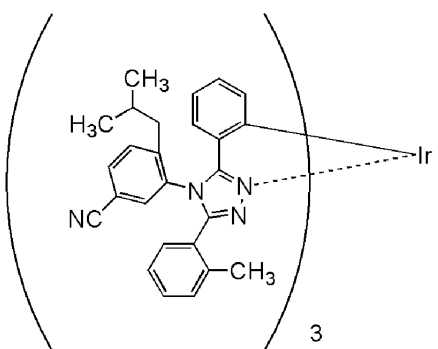
[0210]



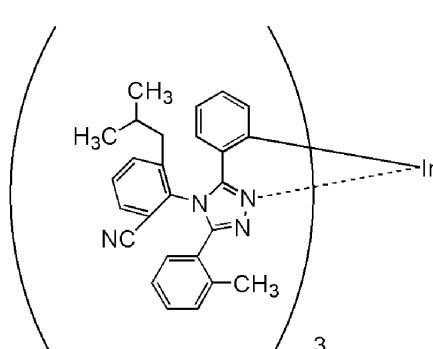
(112)



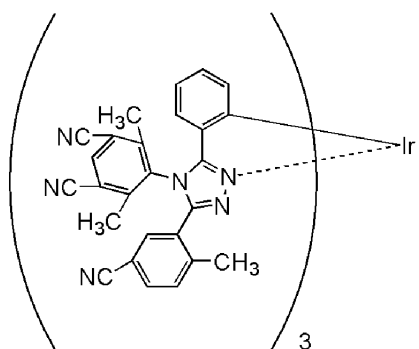
(113)



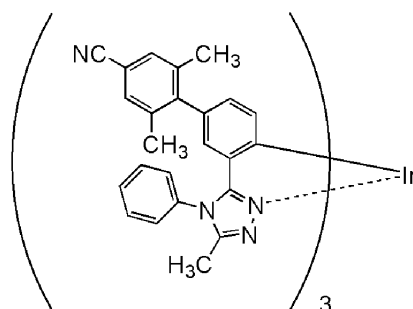
(114)



(115)

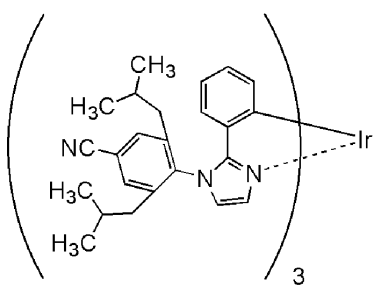


(116)

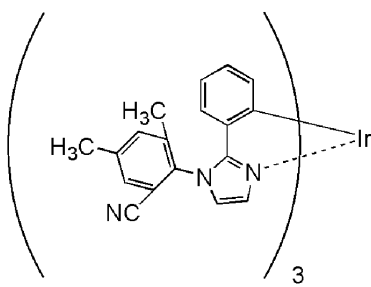


(117)

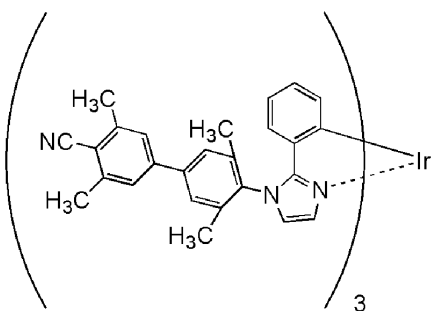
[0211]



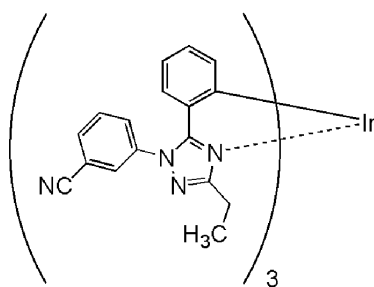
(118)



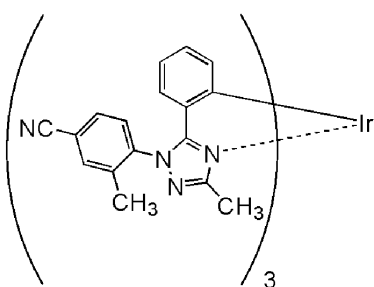
(119)



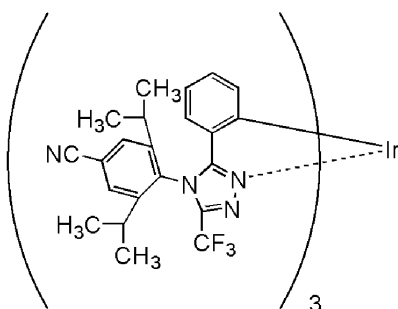
(120)



(121)

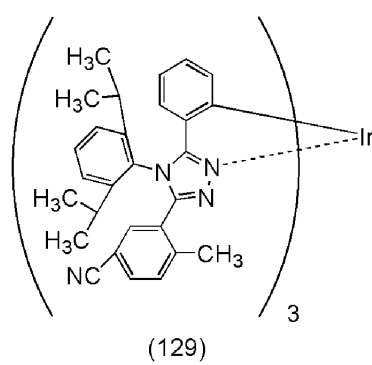
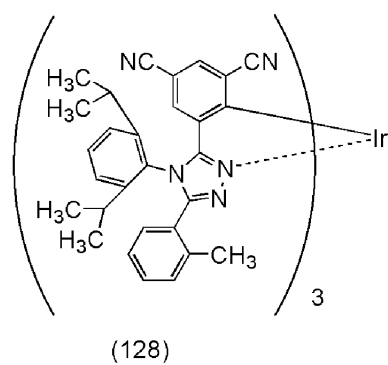
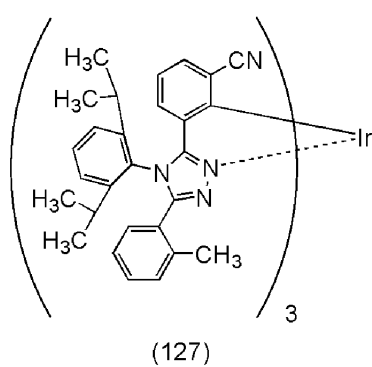
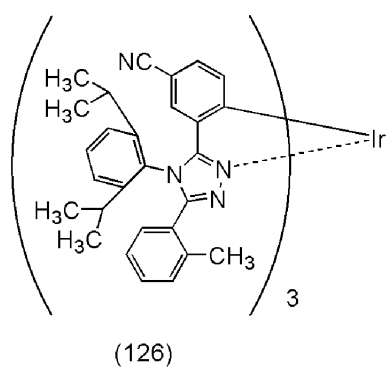
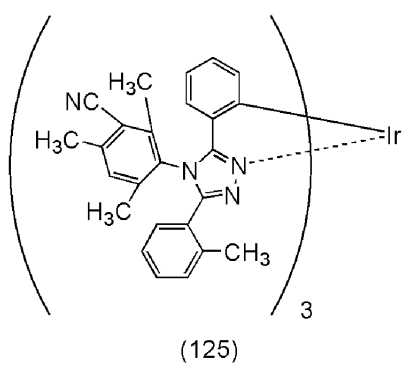
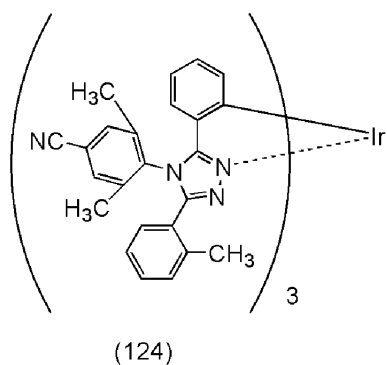


(122)

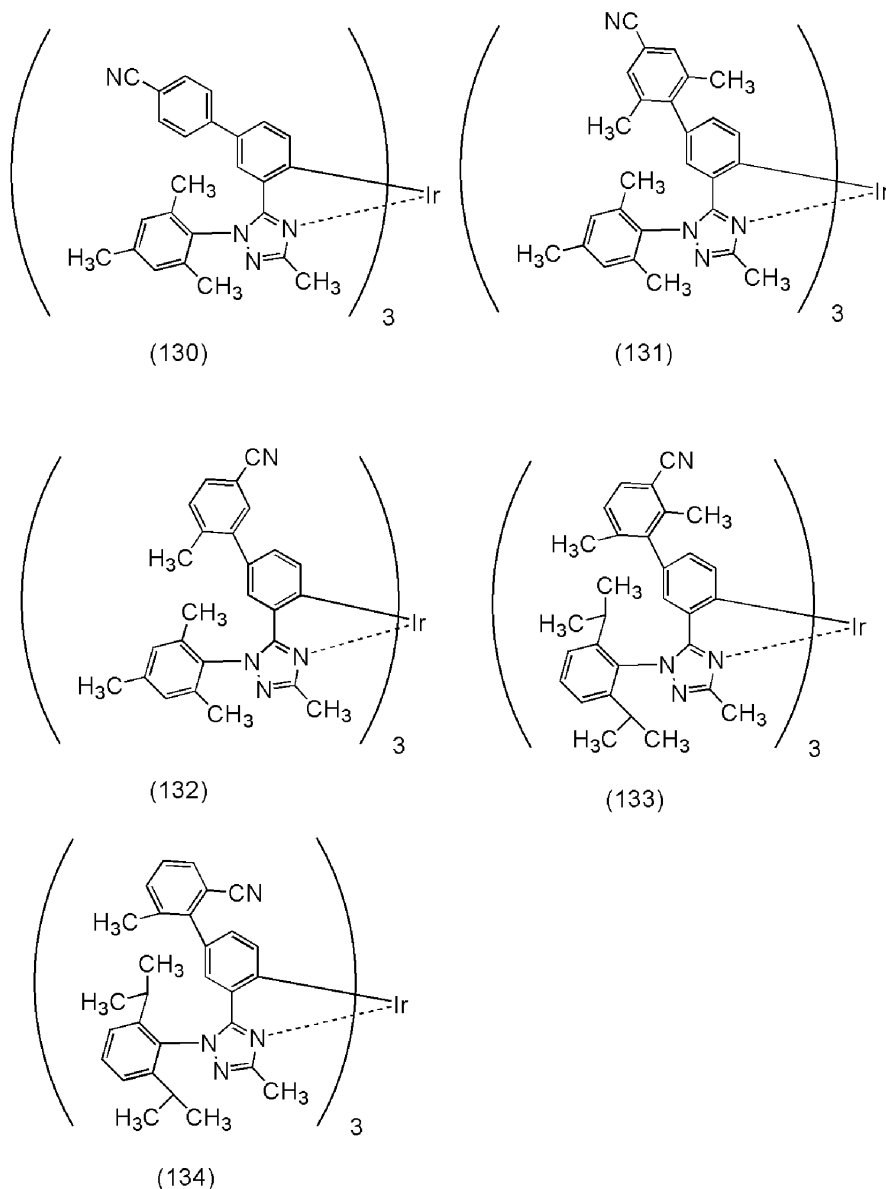


(123)

[0212]



[0213]



[0214]

[0215]

예로서 상술한 이리듐 착체는 상술한 바와 같이 비교적 낮은 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 각각 갖기 때문에, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 게스트 재료로서 적합하다. 이 경우, 발광 소자의 발광 효율이 높아질 수 있다. 또한, 예로서 상술한 이리듐 착체는 각각 삼중항 여기 에너지 준위가 높으므로, 청색의 발광 소자의 게스트 재료로서 특히 바람직하다. 이 경우, 청색 발광 소자는 발광 효율이 높아질 수 있다. 또한, 예로서 상술한 이리듐 착체는 각각 산화환원 반응의 반복에 대한 내성이 높기 때문에, 이리듐 착체 중 어느 것을 포함하는 발광 소자는 긴 구동 수명을 가질 수 있다.

[0216]

발광층(130)에 포함되는 발광 재료로서는, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시킬 수 있는 재료라면 임의의 재료를 사용할 수 있다. 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시킬 수 있는 재료의 예로서는 인광 재료에 더하여, 열활성화 지연 형광(TADF: thermally activated delayed fluorescence) 재료를 들 수 있다. 따라서, 설명에서의 "인광 재료"를 "열활성화 지연 형광 재료"로 바꿔도 좋다. 또한, 열활성화 지연 형광 재료는 삼중항 여기 에너지 준위와 단일항 여기 에너지 준위의 차이가 작고, 역향간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환시키는 기능을 갖는 재료이다. 그러므로, TADF 재료는 삼중항 여기 상태를 적은 열 에너지에 의하여 단일항 여기 상태로 업컨버트할 수 있고(즉, 역향간 교차가 가능), 단일항 여기 상태에서 효율적으로 발광(형광)을 나타낼 수 있다. TADF는 삼중항 여기 에너지 준위와 단일항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 바람직하게는 0eV보다 크고 0.2eV 이하, 더 바람직하게는 0eV보다 크고 0.1eV 이하인 조건하에서 효율적으로 얻어진다.

- [0217] 열활성화 지연 형광 재료가 1종류의 재료로 구성되는 경우, 예를 들어, 아래의 재료 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0218] 우선, 풀러렌, 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 및 에오신 등을 들 수 있다. 또한, 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 포함하는 포르피린 등의 금속 함유 포르피린을 들 수 있다. 금속 함유 포르피린의 예로서는 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$ ), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$ ), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$ ), 코프로포르피린 테트라메틸에스터-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$ ), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{OEP})$ ), 에티오프로르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ ), 및 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체( $\text{PtCl}_2(\text{OEP})$ )가 포함된다.
- [0219] 1종류의 재료로 구성되는 열활성화 지연 형광 재료로서는,  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리 및  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리를 포함하는 복소 고리 화합물을 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-*a*]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(*N*-페닐-9*H*-카바졸-3-일)-9*H*-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10*H*-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트리아진(약칭: PPZ-3TPT), 3-(9,9-다이메틸-9*H*-아크리딘-10-일)-9*H*-크산텐-9-온(약칭: ACRXTN), 비스[4-(9,9-다이메틸-9,10-다이하이드로아크리딘)페닐]설폰(약칭: DMAC-DPS), 또는 10-페닐-10*H*,10'*H*-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(약칭: ACRSA)을 사용할 수 있다. 상기 복소 고리 화합물은  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리 및  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리를 가지므로, 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다.  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리를 갖는 골격 중, 다이아진 골격(피리미딘 골격, 피라진 골격, 또는 피리다진 골격) 및 트리아진 골격은 안정성 및 신뢰성이 높아 특히 바람직하다.  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리를 갖는 골격 중, 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 싸이오펜 골격, 퓨란 골격, 및 피롤 골격은 안정성 및 신뢰성이 높기 때문에, 이들 골격 중 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다. 피롤 골격으로서는, 인돌 골격, 카바졸 골격, 또는 3-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)-9*H*-카바졸 골격이 특히 바람직하다. 또한,  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리가  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리에 직접 결합된 물질은,  $\pi$ -전자 과잉형 복소 방향족 고리의 도너성 및  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 고리의 억셉터성이 모두 높아지고 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 작아지므로 특히 바람직하다.
- [0220] 발광층(130)은 2층 이상의 층이 적층된 구조를 가질 수 있다. 예를 들어 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측에서 이 순서대로 적층하여 발광층(130)을 형성하는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성되고, 제 2 발광층은 전자 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성된다. 제 1 발광층에 포함되는 발광 재료는 제 2 발광층에 포함되는 발광 재료와 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한, 이들 재료는 같은 색의 광을 방출하는 기능을 가져도 좋고, 또는 다른 색의 광을 방출하는 기능을 가져도 좋다. 2개의 발광층에는 다른 색의 광을 방출하는 기능을 갖는 발광 재료 중 2종이 사용됨으로써, 복수의 발광 색의 광을 동시에 얻을 수 있다. 2개의 발광층으로부터의 발광을 조합하여 백색의 광이 얻어질 수 있도록, 발광층의 발광 재료를 선택하는 것이 특히 바람직하다.
- [0221] 발광층(130)은 호스트 재료(131) 및 게스트 재료(132) 외의 재료를 포함하여도 좋다.
- [0222] 또한, 발광층(130)은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비아 인쇄 등에 의하여 형성할 수 있다. 발광층(130)에는, 상술한 재료 외에, 퀀텀닷(quantum dot) 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 포함하여도 좋다.
- [0223] <<정공 주입층>>
- [0224] 정공 주입층(111)은 정공 주입을 촉진하기 위하여 한 쌍의 전극(전극(101) 또는 전극(102)) 중 한쪽으로부터의 정공 주입의 장벽을 저감하고, 예를 들어 전이 금속 산화물, 프탈로시아닌 유도체, 또는 방향족 아민을 사용하여 형성된다. 전이 금속 산화물로서는, 몰리브데넘 산화물, 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 또는 망가니즈 산화물 등을 들 수 있다. 프탈로시아닌 유도체로서는, 프탈로시아닌 또는 금속 프탈로시아닌 등을 들 수 있다. 방향족 아민으로서에는 벤지딘 유도체 또는 페닐렌다이아민 유도체 등을 들 수 있다. 폴리싸이오펜 또는 폴리아닐린 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있고, 그 대표적인 예는 자기 도핑된 폴리싸이오펜인 폴리(에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌설폰산)이다.

- [0225] 정공 주입층(111)으로서, 정공 수송 재료와 정공 수송 재료로부터 전자를 받는 특성을 갖는 재료의 복합 재료를 포함하는 층을 사용할 수도 있다. 또는, 전자 수용성을 갖는 재료를 포함하는 층과 정공 수송 재료를 포함하는 층의 적층을 사용하여도 좋다. 정상(定常) 상태 또는 전계 존재하에서, 이들 재료 사이를 전하가 이동할 수 있다. 전자 수용성을 갖는 재료의 예로서는, 퀴노다이메테인 유도체, 클로라닐 유도체, 및 헥사아자트라이페닐렌 유도체 등의 유기 액셉터를 들 수 있다. 구체적인 예로서는 7,7,8,8-테트라시아아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐, 또는 2,3,6,7,10,11-헥사시아아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN) 등의 전자 흡인기(할로젠기 또는 사이아노기)를 갖는 화합물이다. 또는, 제 4족 내지 제 8족 금속의 산화물 등의 전이 금속 산화물을 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 또는 산화 레늄 등을 사용할 수 있다. 특히, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉬우므로 바람직하다.
- [0226] 정공 수송 재료로서는 전자보다 정공을 더 수송하는 특성을 갖는 재료를 사용할 수 있고, 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 발광층(130)에 사용할 수 있는 정공 수송 재료로서 예시한 방향족 아민, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 스티벤 유도체 등 중 임의의 것을 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.
- [0227] <<정공 수송층>>
- [0228] 정공 수송층(112)은 정공 수송 재료를 포함하는 층이며 정공 주입층(111)의 재료로서 예시한 정공 수송 재료 중 임의의 것을 사용하여 형성할 수 있다. 정공 수송층(112)이 정공 주입층(111)에 주입된 정공을 발광층(130)으로 수송하는 기능을 갖기 위해서는, 정공 수송층(112)의 HOMO 준위가 정공 주입층(111)의 HOMO 준위와 같거나 가까운 것이 바람직하다.
- [0229] 정공 수송 재료로서는 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높기만 하면 상술한 물질 외의 임의의 물질을 사용하여도 좋다. 정공 수송성이 높은 물질을 포함하는 층은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 포함하는 2층 이상의 층을 적층하여도 좋다.
- [0230] <<전자 수송층>>
- [0231] 전자 수송층(118)은, 전자 주입층(119)을 통하여 한 쌍의 전극(전극(101) 또는 전극(102)) 중 다른 쪽으로부터 주입된 전자를 발광층(130)으로 수송하는 기능을 갖는다. 정공보다 전자를 더 수송하는 특성을 갖는 재료는 전자 수송 재료로서 사용될 수 있고, 전자 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 재료인 것이 바람직하다. 전자를 받기 쉬운 화합물(전자 수용성을 갖는 재료)로서는, 예를 들어 합질소 복소 방향족 화합물 등의  $\pi$ -전자 부족형 복소 방향족 화합물 또는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 발광층(130)에 사용할 수 있는 전자 수송 재료로서 기재한 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체, 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴녹살린 유도체, 다이벤조퀴녹살린 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체, 및 트리아진 유도체를 들 수 있다. 전자 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질이 바람직하다. 또한, 이들 물질 외에, 정공보다 전자를 더 수송하는 특성을 갖는 임의의 물질을 전자 수송층에 사용하여도 좋다. 전자 수송층(118)은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 포함하는 2층 이상의 적층을 포함하여도 좋다.
- [0232] 전자 수송층(118)과 발광층(130) 사이에, 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 이 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층은 상술한 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 소량 첨가하여 형성되는 층이고, 이 층은 전자 캐리어의 이동을 억제하여 캐리어 밸런스를 조절할 수 있다. 이러한 구조는 발광층을 전자가 통과할 때에 발생하는 문제(소자 수명의 저하 등)를 방지하는 데 매우 효과적이다.
- [0233] <<전자 주입층>>
- [0234] 전자 주입층(119)은 전극(102)으로부터의 전자 주입의 장벽을 저감하여 전자 주입을 촉진하는 기능을 갖고, 예를 들어 제 1족 금속 또는 제 2족 금속, 또는 이들 금속 중 어느 것의 산화물, 할로젠화물, 또는 탄산염을 사용하여 형성될 수 있다. 또는, 전자 수송 재료(위에 기재) 및 전자 수송 재료에 대하여 전자를 공여하는 특성을 갖는 재료를 포함하는 복합 재료를 사용할 수도 있다. 전자 공여성을 갖는 재료로서는, 제 1족 금속, 제 2족 금속, 또는 이들 금속 중 어느 것의 산화물 등을 들 수 있다. 구체적으로는, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 소듐(NaF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF<sub>2</sub>), 또는 리튬 산화물(LiO<sub>x</sub>) 등의 알칼리 금속, 알칼



리 토금속, 또는 그 화합물을 사용할 수 있다. 또는, 플루오린화 어븀( $\text{ErF}_3$ )과 같은 희토류 금속 화합물을 사용할 수 있다. 전자 주입층(119)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 이 전자화물의 예로서는 칼슘 산화물-산화 알루미늄(calcium oxide-aluminum oxide)에 고농도로 전자를 첨가한 물질이 포함된다. 전자 주입층(119)은 전자 수송층(118)에 사용할 수 있는 물질을 사용하여 형성될 수 있다.

[0235] 전자 주입층(119)에는, 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에서 전자가 발생되기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물은 발생된 전자의 수송에 우수한 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 예를 들어, 상술한 전자 수송층(118)을 형성하는 물질(예를 들어, 금속 착체 및 복소 방향족 화합물)을 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는, 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질을 사용하여도 좋다. 구체적으로는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 및 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 소듐, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 어븀, 및 이터븀을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 산화 리튬, 산화 칼슘, 및 산화 바륨 등을 들 수 있다. 산화 마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 테트라싸이아플루발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0236] 또한, 상술한 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층의 각각은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비아 인쇄법 등에 의하여 형성할 수 있다. 상술한 재료 외에도, 상기 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층에는 퀀텀닷 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 사용하여도 좋다.

[0237] 퀀텀닷은 예를 들어, 콜로이드 퀀텀닷, 합금 퀀텀닷, 코어셸 퀀텀닷, 또는 코어 퀀텀닷이어도 좋다. 제 2족 및 제 16족에 속하는 원소, 제 13족 및 제 15족에 속하는 원소, 제 13족 및 제 17족에 속하는 원소, 제 11족 및 제 17족에 속하는 원소, 또는 제 14족 및 제 15족에 속하는 원소를 포함하는 퀀텀닷을 사용하여도 좋다. 또는, 카드뮴(Cd), 셀레늄(Se), 아연(Zn), 황(S), 인(P), 인듐(In), 텔루륨(Te), 납(Pb), 갈륨(Ga), 비소(As), 또는 알루미늄(Al) 등의 원소를 포함하는 퀀텀닷을 사용하여도 좋다.

[0238] <<한 쌍의 전극>>

[0239] 전극(101 및 102)은 각각 발광 소자의 양극 및 음극으로서 기능한다. 전극(101 및 102)은 금속, 합금, 또는 도전성 화합물, 또는 그 혼합물 또는 적층 등을 사용하여 형성할 수 있다.

[0240] 전극(101) 및 전극(102) 중 한쪽은 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 도전 재료의 예로서는 알루미늄(Al), 및 Al을 포함하는 합금 등이 포함된다. Al을 포함하는 합금의 예로서는, Al 및 Ti를 포함하는 합금 및 Al, Ni, 및 La를 포함하는 합금 등, Al 및 L(L은 타이타늄(Ti), 네오디뮴(Nd), 니켈(Ni), 및 란타넘(La) 중 하나 이상을 나타냄)을 포함하는 합금이 포함된다. 알루미늄은 저항이 낮고 광의 반사율이 높다. 알루미늄은 지각(地殼)에 대량으로 포함되고 저렴하기 때문에 알루미늄을 사용함으로써 발광 소자의 제작 비용을 저감시킬 수 있다. 또는, 은(Ag), 또는 은(Ag)과 M(M은 이트륨(Y), Nd, 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), Al, Ti, 갈륨(Ga), 아연(Zn), 인듐(In), 텅스텐(W), 망가니즈(Mn), 주석(Sn), 철(Fe), Ni, 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 또는 금(Au) 중 하나 이상을 나타냄)의 합금 등을 사용할 수 있다. 은을 포함하는 합금의 예로서는 은, 팔라듐, 및 구리를 포함하는 합금, 은 및 구리를 포함하는 합금, 은 및 마그네슘을 포함하는 합금, 은 및 니켈을 포함하는 합금, 은 및 금을 포함하는 합금, 및 은 및 이터븀을 포함하는 합금 등이 포함된다. 그 외에 텅스텐, 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 구리, 또는 타이타늄 등의 전이 금속을 사용할 수 있다.

[0241] 발광층으로부터 방출되는 광은 전극(101) 및/또는 전극(102)을 통하여 추출된다. 그러므로, 전극(101) 및 전극(102) 중 적어도 하나는 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 도전 재료로서는, 가시광 투과율이 40% 이상 100% 이하, 바람직하게는 60% 이상 100% 이하이고, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$  이하인 도전 재료를 사용할 수 있다.

[0242] 전극(101 및 102)의 각각은 광을 투과시키는 기능 및 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료를 사용하여 형성되어도 좋다. 도전 재료로서는, 가시광 반사율이 20% 이상 80% 이하, 바람직하게는 40% 이상 70% 이하이고, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$  이하인 도전 재료를 사용할 수 있다. 예를 들어, 도전성의 금속 및 합금, 및 도전성 화합물 등을 1종류 이상 사용할 수 있다. 구체적으로는, 인듐 주석 산화물(이하 ITO라고 함), 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO), 산화 인듐-산화 아연(indium zinc oxide), 타이타늄을 포함하는 산화

인듐-산화 주석, 인듐 타이타늄 산화물, 또는 산화 텅스텐 및 산화 아연을 포함하는 산화 인듐 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 광을 투과시킬 수 있는 두께(바람직하게는, 1nm 이상 30nm 이하의 두께)의 금속 박막을 사용할 수도 있다. 금속으로서는, Ag, Ag과 Al의 합금, Ag과 Mg의 합금, Ag과 Au의 합금, 또는 Ag과 Yb의 합금 등을 사용할 수 있다.

[0243] 본 명세서 등에서는 광을 투과시키는 재료로서, 가시광을 투과시키고 도전성을 갖는 재료를 사용한다. 상기 재료의 예로서는 상술한 ITO로 대표되는 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체, 및 유기 물질을 포함하는 유기 도전체가 포함된다. 유기 물질을 포함하는 유기 도전체의 예로서는 유기 화합물과 전자 공여체(도너 재료)를 혼합한 복합 재료, 및 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터 재료)를 혼합한 복합 재료가 포함된다. 또는, 그래핀 등의 무기 탄소계 재료를 사용하여도 좋다. 상기 재료의 저항률은 바람직하게는  $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$  이하, 더 바람직하게는  $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  이하이다.

[0244] 또는, 전극(101) 및/또는 전극(102)은 이들 재료 중 2개 이상을 적층하여 형성하여도 좋다.

[0245] 광 추출 효율을 높이기 위하여, 광을 투과시키는 기능을 갖는 전극보다 굴절률이 높은 재료를 상기 전극과 접촉하도록 형성하여도 좋다. 이러한 재료는 가시광을 투과시키는 기능을 갖기만 하면 전기적으로 도전성이어도 도전성이 아니어도 된다. 상술한 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체 및 유기 물질을 재료의 예로서 든다. 유기 물질의 예로서는 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층의 재료가 포함된다. 또는, 무기 탄소계 재료 또는 광을 투과시킬 정도로 얇은 금속막을 사용할 수 있다. 또는, 굴절률이 높은 재료를 사용하여 형성되며 두께가 수nm 내지 수십nm인 층 각각을 복수로 적층하여도 좋다.

[0246] 전극(101) 또는 전극(102)이 음극으로서 기능하는 경우, 전극은 일함수가 낮은(3.8eV 이하) 재료를 포함하는 것이 바람직하다. 예로서, 원소 주기율표의 제 1족 또는 제 2족에 속하는 원소(예를 들어, 리튬, 소듐, 또는 세슘 등의 알칼리 금속, 칼슘 또는 스트론튬 등의 알칼리 토금속, 또는 마그네슘), 이들 원소 중 어느 것을 포함하는 합금(예를 들어, Ag-Mg 또는 Al-Li), 유로퓸(Eu) 또는 Yb 등의 희토류 금속, 이들 희토류 금속 중 어느 것을 포함하는 합금, 및 알루미늄 및 은을 포함하는 합금 등이 포함된다.

[0247] 전극(101) 또는 전극(102)을 양극으로서 사용할 때는, 일함수가 높은(4.0eV 이상) 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

[0248] 전극(101) 및 전극(102)은 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료와 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전 재료의 적층이어도 좋다. 이 경우, 전극(101) 및 전극(102)은 각 발광층으로부터 방출되는 원하는 파장의 광이 공진되고 강화되도록 광로 길이를 조정하는 기능을 가질 수 있으므로, 바람직하다.

[0249] 전극(101) 및 전극(102)의 형성 방법으로는 스퍼터링법, 증착법, 인쇄법, 도포법, MBE(molecular beam epitaxy)법, CVD법, 펄스 레이저 퇴적법, 또는 ALD(atomic layer deposition)법 등을 적절히 사용할 수 있다.

[0250] <<기관>>

[0251] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 유리 또는 플라스틱 등의 기관 위에 형성하여도 좋다. 기관 위에 적층하는 방법으로서, 층들을 전극(101) 측에서 순차적으로 적층하여도 좋고 전극(102) 측에서 순차적으로 적층하여도 좋다.

[0252] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자가 형성될 수 있는 기관에는, 예를 들어 유리, 석영, 또는 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 또는 플렉시블 기관을 사용할 수 있다. 플렉시블 기관이란 예를 들어, 폴리카보네이트 또는 폴리아릴레이트로 이루어지는 플라스틱 기관 등의 구부릴 수 있는 기관을 의미한다. 또는, 필름 또는 무기 증착 필름 등을 사용할 수 있다. 기관이 발광 소자 또는 광학 소자의 제작 공정에서 지지체로서 기능하기만 하면, 또는 기관이 발광 소자 또는 광학 소자를 보호하는 기능을 갖기만 하면, 다른 재료를 사용하여도 좋다.

[0253] 본 명세서 등에서 발광 소자는 예를 들어, 다양한 기관 중 임의의 것을 사용하여 형성될 수 있다. 기관의 종류는 특별히 한정되지 않는다. 기관의 예로서는, 반도체 기관(예를 들어, 단결정 기관 또는 실리콘 기관), SOI 기관, 유리 기관, 석영 기관, 플라스틱 기관, 금속 기관, 스테인리스 스틸 기관, 스테인리스 스틸 포일을 포함하는 기관, 텅스텐 기관, 텅스텐 포일을 포함하는 기관, 플렉시블 기관, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 CNF(cellulose nanofiber) 및 종이, 및 기재 필름 등이 포함된다. 유리 기관의 예로서는 바륨보로실리케이트 유리 기관, 알루미늄보로실리케이트 유리 기관, 및 소다 석회 유리 기관 등을 들 수 있다. 플렉시블 기관, 접합 필름, 및 기재 필름 등의 예에는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리에터

설폰(PES), 및 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 대표되는 플라스틱의 기관이 있다. 다른 예에는 아크릴 등의 수지가 있다. 또한, 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화바이닐, 및 폴리염화바이닐을 예로 들 수 있다. 다른 예에는 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 및 종이 등이 있다.

[0254] 또는, 기관으로서 플렉시블 기관을 사용하여 발광 소자를 플렉시블 기관에 직접 제공하여도 좋다. 또는, 기관과 발광 소자 사이에 분리층을 제공하여도 좋다. 분리층은, 분리층 위에 형성된 발광 소자의 일부 또는 전체를 기관으로부터 분리하여 다른 기관으로 전치할 때에 사용할 수 있다. 이 경우, 발광 소자를 내열성이 낮은 기관 또는 플렉시블 기관으로도 전치할 수 있다. 상술한 분리층에는, 예를 들어 텅스텐막과 산화 실리콘막의 무기막을 포함하는 적층, 또는 기관 위에 폴리이미드 등의 수지막이 형성된 구조를 사용할 수 있다.

[0255] 바꿔 말하면, 기관을 사용하여 발광 소자를 형성한 후에, 발광 소자를 다른 기관으로 전치하여도 좋다. 발광 소자를 전치하는 기관의 예에는, 상술한 기관에 더하여, 셀로판 기관, 석재 기관, 목재 기관, 천 기관(천연 섬유(예를 들어, 견, 면, 또는 마), 합성 섬유(예를 들어, 나일론, 폴리우레탄, 또는 폴리에스터), 재생 섬유(예를 들어, 아세테이트, 큐프라, 레이온, 또는 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기관, 및 고무 기관 등이 있다. 이러한 기관을 사용하면, 내구성이 높고, 내열성이 높고, 가볍고, 또는 얇은 발광 소자를 형성할 수 있다.

[0256] 발광 소자(150)는 예를 들어 상술한 어느 기관 위에 형성된 전계 효과 트랜지스터(FET)에 전기적으로 접속되는 전극 위에 형성되어도 좋다. 이에 따라, FET에 의하여 발광 소자(150)의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 표시 장치를 제작할 수 있다.

[0257] 본 실시형태에서 본 발명의 일 형태에 대하여 기재하였다. 다른 실시형태에서 본 발명의 다른 형태에 대하여 기재한다. 다만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명의 다양한 형태가 본 실시형태 및 다른 실시형태에 기재되어 있기 때문에, 본 발명의 일 형태는 특정한 실시형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태를 발광 소자에 사용한 예를 기재하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 상황 또는 조건에 따라서는 본 발명의 일 형태는 반드시 발광 소자에 사용될 필요는 없다. 본 발명의 일 형태는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시킬 수 있는 게스트 재료를 포함하는 예에 한정되지 않지만, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물보다 낮고 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물보다 낮은 것을 나타낸다. 상황 또는 조건에 따라, 본 발명의 일 형태에서, 예를 들어, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 반드시 낮을 필요는 없다. 또는, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 반드시 낮을 필요는 없다. 본 발명의 일 형태는 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하는 예에 한정되지 않는 것을 나타낸다. 상황 또는 조건에 따라, 본 발명의 일 형태에서, 예를 들어, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체를 반드시 형성할 필요는 없다. 본 발명의 일 형태는 게스트 재료의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물보다 높고 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 높은 예에 한정되지 않는 것을 나타낸다. 상황 또는 조건에 따라, 본 발명의 일 형태에서, 예를 들어, 게스트 재료의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물보다 반드시 높을 필요는 없다. 또는, 게스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물보다 반드시 높을 필요는 없다.

[0258] 본 실시형태에서 기재한 구조는 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[0259] (실시형태 2)

[0260] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에 기재된 구조와 다른 구조를 각각 갖는 발광 소자에 대하여, 도 3의 (A) 내지 (C) 및 도 4의 (A) 내지 (C)를 참조하여 이하에서 기재한다. 도 3의 (A) 내지 (C) 및 도 4의 (A) 내지 (C)에서, 도 1의 (A)와 비슷한 기능을 갖는 부분은 도 1의 (A)와 같은 해치 패턴으로 표시하고, 특별히 부호로 표시하지 않는 경우가 있다. 또한, 비슷한 기능을 갖는 부분에는 공통의 부호를 사용하고, 그 부분에 대한 자세한 설명은 생략하는 경우가 있다.

[0261] <발광 소자의 구조예 1>

[0262] 도 3의 (A)는 발광 소자(250)의 단면 모식도이다.

[0263] 도 3의 (A)에 도시된 발광 소자(250)는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 복수의 발광 유닛(도 3의 (A)에서는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108))을 포함한다. 발광 유닛들 중 하나는 도 1의 (A) 및 (B)에 도시된 EL층(100)과 같은 구조를 갖는 것이 바람직하다. 즉, 도 1의 (A) 및 (B)의 발광 소자(150)는 하나의 발광 유닛을 포함하고, 한편 발광 소자(250)는 복수의 발광 유닛을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 발광 소자(250)에 대한 다음 설명에 있어서 전극(101)은 양극으로서 기능하고 전극(102)은 음극으로서 기능하지만, 발광

소자(250)에서 상기 기능은 교환되어도 좋다.

- [0264] 도 3의 (A)에 도시된 발광 소자(250)에서, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108)이 적층되어 있고, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108) 사이에는 전하 발생층(115)이 제공되어 있다. 또한, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)은 같은 구조를 가져도 좋고 다른 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 발광 유닛(108)에 도 1의 (A) 및 (B)에 도시된 EL층(100)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0265] 발광 소자(250)는 발광층(120) 및 발광층(170)을 포함한다. 발광 유닛(106)은 발광층(120)에 더하여, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(113), 및 전자 주입층(114)을 포함한다. 발광 유닛(108)은 발광층(170)에 더하여, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)을 포함한다.
- [0266] 전하 발생층(115)은 정공 수송 재료에 전자 수용체인 엑셉터 재료가 첨가된 구조를 가져도 좋고, 전자 수송 재료에 전자 공여체인 도너 물질이 첨가된 구조를 가져도 좋다. 또는, 이들 구조 양쪽이 적층되어도 좋다.
- [0267] 전하 발생층(115)이 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 경우, 상기 복합 재료에는, 실시형태 1에서 기재한 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 복합 재료를 사용하여도 좋다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 또는 폴리머 등) 등의 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 유기 화합물로서는, 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 전자보다 정공의 수송성이 높기만 하면, 임의의 다른 재료를 사용하여도 좋다. 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료는 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동 및 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한, 발광 유닛(108)과 같이 양극 측의 발광 유닛의 표면이 전하 발생층(115)에 접촉되는 경우에는, 전하 발생층(115)이 발광 유닛의 정공 주입층 또는 정공 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 상기 발광 유닛에 정공 주입층 또는 정공 수송층이 포함될 필요는 없다.
- [0268] 전하 발생층(115)은, 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 다른 재료를 포함하는 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 전하 발생층(115)을, 유기 화합물 및 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 전자 공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물 및 전자 수송성이 높은 화합물을 포함한 층을 조합하여 사용하여 형성하여도 좋다. 또한, 전하 발생층(115)을, 유기 화합물 및 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 층과 투명 도전 재료를 포함하는 층의 조합을 사용하여 형성하여도 좋다.
- [0269] 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108) 사이에 제공되는 전하 발생층(115)은, 전극(101)과 전극(102) 사이에 전압을 인가하였을 때에 한쪽의 발광 유닛에 전자가 주입되고 다른 쪽 발광 유닛에 정공이 주입될 수 있기만 하면, 어떤 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 도 3의 (A)에서, 전극(101)의 전위가 전극(102)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가할 때 전하 발생층(115)은 발광 유닛(106)에 전자를 주입하고 발광 유닛(108)에 정공을 주입한다.
- [0270] 또한, 광 추출 효율의 관점에서, 전하 발생층(115)은 가시광 투광성(구체적으로는, 40% 이상의 가시광 투과율)을 갖는 것이 바람직하다. 전하 발생층(115)은 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))보다 도전율이 낮더라도 기능한다.
- [0271] 또한, 상술한 재료 중 임의의 재료를 사용하여 전하 발생층(115)을 형성함으로써, 발광층의 적층에 의하여 일어나는 구동 전압의 증가를 억제할 수 있다.
- [0272] 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 도 3의 (A)를 참조하여 기재하였지만, 3개 이상의 발광 유닛이 적층된 발광 소자에 같은 구조를 적용할 수 있다. 발광 소자(250)와 같이, 한 쌍의 전극 사이에서 복수의 발광 유닛을 전하 발생층으로 칸을 막으면, 전류 밀도를 낮게 유지한 채 높은 휘도로 광을 방출할 수 있고 장수명의 발광 소자를 제공할 수 있다. 소비전력이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0273] 복수의 유닛 중 적어도 하나에 실시형태 1에서 기재한 구조를 사용하면, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0274] 발광 유닛(108)에 포함되는 발광층(170)은 실시형태 1에서 기재한 발광층(130)과 비슷한 구조를 갖는 것이 바람직하다. 이 경우, 발광 소자(250)는 발광 효율이 높다.
- [0275] 또한, 발광 유닛(106)에 포함되는 발광층(120)은 도 3의 (B)에 도시된 바와 같이 호스트 재료(121) 및 게스트 재료(122)를 포함한다. 또한, 게스트 재료(122)는 형광 재료로서 아래에서 기재한다.
- [0276] <<발광층(120)의 발광 기구>>



- [0277] 발광층(120)의 발광 기구에 대하여 이하에서 기재한다.
- [0278] 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 또는 전하 발생층으로부터 주입된 전자 및 정공이 발광층(120)에서 재결합함으로써, 여기자가 형성된다. 호스트 재료(121)는 게스트 재료(122)보다 대량이기 때문에, 여기자의 생성에 의하여 호스트 재료(121)는 여기 상태가 된다.
- [0279] 또한, "여기자"란 용어는 캐리어(전자 및 정공)쌍이라고 한다. 여기자가 에너지를 갖기 때문에, 여기자가 생성되는 재료는 여기 상태가 된다.
- [0280] 형성된 호스트 재료(121)의 여기 상태가 단일항 여기 상태인 경우, 단일항 여기 에너지는 호스트 재료(121)의 S1 준위로부터 게스트 재료(122)의 S1 준위로 이동하여 게스트 재료(122)의 단일항 여기 상태를 형성한다.
- [0281] 게스트 재료(122)는 형광 재료이지만, 단일항 여기 상태가 게스트 재료(122)에 형성될 때, 게스트 재료(122)는 즉시 발광한다. 이 경우에 높은 발광 효율을 얻기 위하여, 게스트 재료(122)의 형광 양자 수율이 높은 것이 바람직하다. 게스트 재료(122)에서 캐리어를 재결합함으로써 단일항 여기 상태가 형성되는 경우에 마찬가지로 적용할 수 있다.
- [0282] 다음에, 캐리어 재결합이 호스트 재료(121)의 삼중항 여기 상태를 형성하는 경우에 대하여 기재한다. 이 경우의 호스트 재료(121) 및 게스트 재료(122)의 에너지 준위의 상관을 도 3의 (C)에 나타내었다. 도 3의 (C)의 용어 및 부호는 다음과 같이 설명한다. 또한, 호스트 재료(121)의 T1 준위가 게스트 재료(122)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하기 때문에, 도 3의 (C)는 이 바람직한 경우를 나타낸다. 그러나, 호스트 재료(121)의 T1 준위는 게스트 재료(122)의 T1 준위보다 높아도 좋다.
- [0283] Host(121): 호스트 재료(121);
- [0284] Guest(122): 게스트 재료(122)(형광 재료);
- [0285]  $S_{FH}$ : 호스트 재료(121)의 S1 준위;
- [0286]  $T_{FH}$ : 호스트 재료(121)의 T1 준위;
- [0287]  $S_{FG}$ : 게스트 재료(122)(형광 재료)의 S1 준위; 및
- [0288]  $T_{FG}$ : 게스트 재료(122)(형광 재료)의 T1 준위.
- [0289] 도 3의 (C)에 도시된 바와 같이, TTA(triplet-triplet annihilation)가 일어나, 즉 캐리어 재결합에 의하여 형성된 삼중항 여기자가 상호 작용하고, 여기 에너지는 이동하고 스핀각운동량이 교환된다; 결과적으로, 삼중항 여기자가 호스트 재료(121)의 S1 준위( $S_{FH}$ )의 에너지를 갖는 단일항 여기자로 변환되는 반응이 일어난다(도 3의 (C)의 TTA 참조). 호스트 재료(121)의 단일항 여기 에너지는  $S_{FH}$ 로부터,  $S_{FH}$ 보다 낮은 에너지를 갖는 게스트 재료(122)의 S1 준위( $S_{FG}$ )로 이동하고(도 3의 (C)의 루트  $E_1$  참조), 게스트 재료(122)의 단일항 여기 상태가 형성되어, 게스트 재료(122)가 발광한다.
- [0290] 또한, 발광층(120)의 삼중항 여기자의 밀도가 충분히 높은 경우(예를 들어  $1 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-3}$  이상), 서로 가까운 2개의 삼중항 여기자의 반응만 고려될 수 있어, 반면 삼중항 여기자 단체의 실패가 무시될 수 있다.
- [0291] 게스트 재료(122)의 삼중항 여기 상태가 캐리어 재결합에 의하여 형성되는 경우, 게스트 재료(122)의 삼중항 여기 에너지가 열실활되고 발광에 사용하기 어렵다. 그러나, 호스트 재료(121)의 T1 준위( $T_{FH}$ )가 게스트 재료(122)의 T1 준위( $T_{FG}$ )보다 낮은 경우, 게스트 재료(122)의 삼중항 여기 에너지는 게스트 재료(122)의 T1 준위( $T_{FG}$ )로부터 호스트 재료(121)의 T1 준위( $T_{FH}$ )로 이동할 수 있고(도 3의 (C)의 루트  $E_2$  참조), 그리고 TTA에 사용된다.
- [0292] 바꿔 말하면, 호스트 재료(121)는 삼중항 여기 에너지를 TTA를 발생시킴으로써 단일항 여기 에너지로 변환시키는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 따라서 발광층(120)에서 발생된 삼중항 여기 에너지는 부분적으로 호스트 재료(121)에서 TTA에 의하여 단일항 여기 에너지로 변환될 수 있다. 단일항 여기 에너지는 게스트 재료(122)로 이동할 수 있고 형광으로서 추출될 수 있다. 이를 달성하기 위하여 호스트 재료(121)의 S1 준위( $S_{FH}$ )는 게스트 재료(122)의 S1 준위( $S_{FG}$ )보다 높은 것이 바람직하다. 또한, 호스트 재료(121)의 T1 준위( $T_{FH}$ )는 게스트 재료

(122)의 T1 준위( $T_{FG}$ )보다 낮은 것이 바람직하다.

- [0293] 또한, 특히 게스트 재료(122)의 T1 준위( $T_{FG}$ )가 호스트 재료(121)의 T1 준위( $T_{FH}$ )보다 낮은 경우, 게스트 재료(122)의 호스트 재료(121)에 대한 중량비는 낮은 것이 바람직하다. 구체적으로, 호스트 재료(121)에 대한 게스트 재료(122)의 중량비는 0보다 크고 0.05 이하인 것이 바람직하고, 이 경우 게스트 재료(122)의 캐리어 재결합의 가능성을 저감시킬 수 있다. 또한, 호스트 재료(121)의 T1 준위( $T_{FH}$ )로부터 게스트 재료(122)의 T1 준위( $T_{FG}$ )로의 에너지 이동의 가능성은 저감될 수 있다.
- [0294] 또한, 호스트 재료(121)는 단일 화합물 또는 복수의 화합물로 이루어져도 좋다.
- [0295] 또한, 상술한 구조 각각에서, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)에서 사용되는 게스트 재료의 발광색이 같아도 좋고 달라도 좋다. 같은 색의 광을 방출하는 같은 게스트 재료를 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)에 사용하는 경우, 발광 소자(250)는 작은 전류값으로 높은 발광 휘도를 나타낼 수 있어 바람직하다. 다른 색의 광을 방출하는 게스트 재료를 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)에 사용하는 경우, 발광 소자(250)는 다색(多色) 발광을 나타낼 수 있어, 바람직하다. 이 경우, 발광 파장이 다른 복수의 발광 재료를 발광층(120) 및 발광층(170) 중 한쪽 또는 양쪽에 사용하면, 발광 소자(250)는 발광 피크가 다른 광의 합성에 의하여 얻어지는 광을 방출한다. 즉, 발광 소자(250)의 발광 스펙트럼은 적어도 2개의 피크를 갖는다.
- [0296] 상기 구조는 백색 발광을 얻기 위해서도 적합하다. 발광층(120) 및 발광층(170)이 보색의 광을 방출할 때, 백색 발광을 얻을 수 있다. 연색성이 높은 백색 발광 또는 적어도 적색, 녹색, 및 청색의 발광을 얻을 수 있도록 게스트 재료를 선택하는 것이 특히 바람직하다.
- [0297] 발광층(120) 및 발광층(170) 중 한쪽 또는 양쪽은 층들로 분할되고 각각 분할된 층은 다른 발광 재료를 포함하여도 좋다. 즉, 발광층(120) 및 발광층(170) 중 한쪽 또는 양쪽은 2개 이상의 층을 포함하여도 좋다. 예를 들어, 정공 수송층 측으로부터 제 1 발광층 및 제 2 발광층이 이 순서대로 적층됨으로써 발광층이 형성되는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성되고 제 2 발광층은 전자 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성된다. 이 경우, 제 1 발광층에 포함되는 발광 재료는 제 2 발광층에 포함되는 발광 재료와 같아도 좋고 또는 달라도 좋다. 또한, 상기 재료는 같은 색의 광 또는 다른 색의 광을 방출하는 기능을 가져도 좋다. 3원색 또는 4색 이상으로 형성되는 연색성이 높은 백색 발광은, 다른 색의 광을 방출하는 복수의 발광 재료를 사용함으로써 얻을 수 있다.
- [0298] 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)이 발광색이 다른 게스트 재료를 포함하는 경우, 발광층(120)으로부터 방출된 광은 발광층(170)으로부터 방출된 광보다 짧은 파장 측에 발광 피크를 갖는 것이 바람직하다. 삼중항 여기 에너지 준위가 높은 재료를 사용한 발광 소자의 휘도는 열화가 빠른 경향이 있고, TTA는 휘도 열화가 적은 발광 소자를 제공할 수 있도록 짧은 파장의 광을 방출하는 발광층에 이용된다.
- [0299] <발광 소자의 구조에 2>
- [0300] 다음에 도 3의 (A) 내지 (C)에 도시된 발광 소자와 다른 구조예에 대하여 도 4의 (A) 내지 (C)를 참조하여 아래에 기재한다.
- [0301] 도 4의 (A)는 발광 소자(252)의 단면 모식도이다.
- [0302] 도 4의 (A)에 나타난 발광 소자(252)에서 EL층(110)이 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 있다. 또한, 발광 소자(252)에 대한 이하의 설명에서, 전극(101)은 양극으로서 기능하고 전극(102)은 음극으로서 기능하지만, 발광 소자(252)에서 이 기능들이 교체되어도 좋다.
- [0303] EL층(110)은 발광층(180)을 포함한다. 발광층(180)은 발광층(120) 및 발광층(170)을 포함한다. 발광 소자(252)에서, EL층(110)으로서, 발광층 외에 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)이 도시되었다. 그러나, 이 적층 구조는 일례이고, 발광 소자(252)의 EL층(110)의 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, EL층(110)의 상기 층의 적층 순서는 변경되어도 좋다. 또는 EL층(110)에서, 상술한 층 외의 다른 기능층이 제공되어도 좋다. 기능층은 예를 들어 정공 주입 장벽 또는 전자 주입 장벽을 저감하는 기능, 정공 수송성 또는 전자 수송성을 향상시키는 기능, 정공 또는 전자의 수송을 억제하는 기능, 또는 정공 또는 전자를 생성하는 기능을 가져도 좋다.
- [0304] 도 4의 (B)에 도시된 바와 같이, 발광층(120)은 호스트 재료(121) 및 게스트 재료(122)를 포함한다. 발광층(170)은 호스트 재료(171) 및 게스트 재료(172)를 포함한다. 호스트 재료(171)는 유기 화합물(171\_1) 및 유기



화합물(171\_2)을 포함한다. 또한, 이하 기재에서, 게스트 재료(122)는 형광 재료고 게스트 재료(172)는 인광 재료다.

[0305] <<발광층(180)의 발광 기구>>

[0306] 발광층(120)의 발광 기구는 도 3의 (A) 내지 (C)에서의 발광층(120)과 같다. 발광층(170)의 발광 기구는 실시 형태 1의 발광층(130)과 같다. 바꿔 말하면, 호스트 재료(171), 유기 화합물(171\_1), 유기 화합물(171\_2), 및 게스트 재료(172)는 각각 호스트 재료(131), 유기 화합물(131\_1), 유기 화합물(131\_2), 및 게스트 재료(132)와 같다.

[0307] 발광 소자(252)와 같이, 발광층(120) 및 발광층(170)이 서로 접촉되는 경우, 발광층(120)과 발광층(170)의 계면에서 발광층(120)의 호스트 재료(121)로 엑시플렉스로부터 에너지가 이동되더라도(특히 삼중항 여기 준위의 에너지가 이동하는 경우), 삼중항 여기 에너지가 발광층(120)에서 발광으로 변환될 수 있다.

[0308] 발광층(120)의 호스트 재료(121)의 T1 준위가 발광층(170)의 유기 화합물(171\_1) 및 유기 화합물(171\_2)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다. 발광층(120)에서, 호스트 재료(121)의 S1 준위는 게스트 재료(122)(형광 재료)의 S1 준위보다 높은 것이 바람직한 한편 호스트 재료(121)의 T1 준위가 게스트 재료(122)(형광 재료)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다.

[0309] 도 4의 (C)는 발광층(120)에서 TTA가 이용되고, 발광층(170)에서 ExTET가 이용되는 경우의 에너지 준위의 상관을 나타낸 것이다. 도 4의 (C)에서의 용어 및 부호가 나타내는 것은 다음과 같다:

[0310] Fluorescence EML(120): 발광층(120)(형광 발광층);

[0311] Phosphorescence EML(170): 발광층(170)(인광 발광층);

[0312] Host(121): 호스트 재료(121);

[0313] Guest(122): 게스트 재료(122)(형광 재료);

[0314] Host(171\_1): 호스트 재료(유기 화합물(171\_1));

[0315] Guest(172): 게스트 재료(172)(인광 재료);

[0316] Exciplex: 엑시플렉스(유기 화합물(171\_1) 및 유기 화합물(171\_2))

[0317] S<sub>PH</sub>: 호스트 재료(121)의 S1 준위;

[0318] T<sub>PH</sub>: 호스트 재료(121)의 T1 준위;

[0319] S<sub>FG</sub>: 게스트 재료(122)(형광 재료)의 S1 준위;

[0320] T<sub>FG</sub>: 게스트 재료(122)(형광 재료)의 T1 준위;

[0321] S<sub>PH</sub>: 호스트 재료(유기 화합물(171\_1))의 S1 준위;

[0322] T<sub>PH</sub>: 호스트 재료(유기 화합물(171\_1))의 T1 준위;

[0323] T<sub>PG</sub>: 게스트 재료(172)(인광 재료)의 T1 준위;

[0324] S<sub>E</sub>: 엑시플렉스의 S1 준위; 및

[0325] T<sub>E</sub>: 엑시플렉스의 T1 준위

[0326] 도 4의 (C)에 나타난 바와 같이, 엑시플렉스는 여기 상태에서만 존재하기 때문에, 엑시플렉스 사이의 여기자의 확산은 일어나기 어렵다. 게다가, 엑시플렉스의 여기 에너지 준위(S<sub>E</sub> 및 T<sub>E</sub>)는 발광층(170)의 유기 화합물(171\_1)(인광 재료의 호스트 재료)의 여기 에너지 준위(S<sub>PH</sub> 및 T<sub>PH</sub>)보다 낮기 때문에, 엑시플렉스로부터 유기 화합물(171\_1)로의 에너지 확산은 일어나지 않는다. 즉, 인광 발광층(발광층(170))에서 엑시플렉스의 여기자 확산 거리는 짧기 때문에 인광 발광층(발광층(170))의 효율은 유지될 수 있다. 게다가, 형광 발광층(발광층(120))과 인광 발광층(발광층(170)) 사이의 계면을 통하여 인광 발광층(발광층(170))의 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지의 일부가 형광 발광층(발광층(120))으로 확산되더라도 확산에 의하여 일어난 형광 발광층(발광층

(120))의 삼중항 여기 에너지는 TTA를 통하여 발광으로 변환되기 때문에 에너지 손실이 저감될 수 있다.

- [0327] 상술한 바와 같이 발광 소자(252)는 ExTET가 발광층(170)에서 이용되고 TTA가 발광층(120)에서 이용되기 때문에 에너지 손실이 저감되어, 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 발광 소자(252)와 같이, 발광층(120) 및 발광층(170)이 서로 접촉되는 경우, 에너지 손실에 더하여 EL층(110)의 수를 저감시킬 수 있다. 따라서, 제작 비용이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0328] 또한, 발광층(120) 및 발광층(170)은 서로 반드시 접촉될 필요는 없다. 이 경우, 발광층(170)에서 생성되는 여기 상태의 유기 화합물(171\_1), 여기 상태의 유기 화합물(171\_2), 또는 여기 상태의 게스트 재료(172)(인광 재료)로부터 발광층(120) 중의 호스트 재료(121) 또는 게스트 재료(122)(형광 재료)로의 텍스터 기구에 의한 에너지 이동(특히 삼중항 에너지 이동)을 막는 것이 가능하다. 따라서, 발광층(120)과 발광층(170) 사이에 제공되는 층의 두께는 수nm이어도 좋다. 구체적으로, 그 두께는 1nm 이상 5nm 이하인 것이 바람직하고, 이 경우 구동 전압의 증가가 억제될 수 있다.
- [0329] 발광층(120)과 발광층(170) 사이에 제공되는 층은 단일 재료를 포함하여도 좋고, 또는 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료의 양쪽을 포함하여도 좋다. 단일 재료의 경우, 바이폴러 재료를 사용하여도 좋다. 바이폴러 재료란, 전자 이동도와 정공 이동도의 비가 100 이하인 재료를 말한다. 또는, 정공 수송 재료 또는 전자 수송 재료 등을 사용하여도 좋다. 상기 층에 포함되는 재료 중 적어도 하나는 발광층(170)의 호스트 재료(유기 화합물(171\_1) 또는 유기 화합물(171\_2))와 같아도 좋다. 이것은 발광 소자의 제조를 용이하게 하고, 구동 전압을 저감시킨다. 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료는 엑시플렉스를 형성하여도 좋고, 이에 의하여 여기자의 확산을 효과적으로 방지한다. 구체적으로는 발광층(170)의 여기 상태의 호스트 재료(유기 화합물(171\_1) 또는 유기 화합물(171\_2)) 또는 여기 상태의 게스트 재료(172)(인광 재료)로부터 발광층(120) 중의 호스트 재료(121) 또는 게스트 재료(122)(형광 재료)로의 에너지 이동을 막는 것이 가능하다.
- [0330] 발광 소자(252)에서는, 발광층(170) 및 발광층(120)은 각각 정공 수송층(112) 측 및 전자 수송층(118) 측에 위치하는 것으로 기재되지만, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 이 구조에 한정되지 않는다. 발광층(170) 및 발광층(120)은 각각 전자 수송층(118) 측 및 정공 수송층(112) 측에 위치하여도 좋다.
- [0331] 또한, 발광 소자(252)에서는, 캐리어 재결합 영역이 어느 정도까지 분포되는 것이 바람직하다. 따라서, 발광층(120) 또는 발광층(170)은 적당한 캐리어 트랩성을 갖는 것이 바람직하다. 발광층(170)의 게스트 재료(172)(인광 재료)는 정공 트랩성을 갖는 것이 특히 바람직하다. 따라서, 발광층(170)의 구조에는 실시형태 1의 발광층(130)의 구조가 적합하다.
- [0332] 또한, 발광층(120)으로부터 방출된 광은 바람직하게는 발광층(170)으로부터 방출된 광보다 짧은 파장 측에서 발광 피크를 갖는 것이 바람직하다. 짧은 파장의 광을 방출하는 인광 재료를 사용한 발광 소자는 휘도 열화가 빠른 경향이 있기 때문에, 짧은 파장의 형광을 채용함으로써, 휘도 열화가 적은 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0333] 또한, 발광층(120)과 발광층(170)이 다른 발광 파장의 광을 방출시킴으로써, 다색 발광 소자로 할 수 있다. 이 경우, 발광 소자의 발광 스펙트럼은 다른 발광 피크를 갖는 광을 조합함으로써 이루어지기 때문에, 적어도 2개의 피크를 갖는다.
- [0334] 상술한 구조는 백색 발광을 얻기에도 적합하다. 발광층(120) 및 발광층(170)은 보색의 광을 방출할 때, 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0335] 또한, 발광층(120) 및 발광층(170) 중 한쪽 또는 양쪽에 발광 파장이 다른 광을 방출하는 복수의 발광 재료를 사용함으로써 3원색 또는 4 이상의 색으로 이루어지는 연색성이 높은 백색 발광을 얻을 수 있다. 이 경우, 발광층은 층들로 분할되어도 좋고, 분할된 층들은 각각 다른 층과는 다른 발광 재료를 포함하여도 좋다.
- [0336] <발광층에 사용할 수 있는 재료>
- [0337] 다음에, 발광층(120) 및 발광층(170)에 사용할 수 있는 재료에 대하여 설명한다.
- [0338] <<발광층(120)에 사용할 수 있는 재료>>
- [0339] 발광층(120)에서는, 호스트 재료(121)가 중량비로 가장 많이 존재하고, 게스트 재료(122)(형광 재료)는 호스트 재료(121) 중에 분산된다. 호스트 재료(121)의 S1 준위는 게스트 재료(122)(형광 재료)의 S1 준위보다 높은 것이 바람직한 한편 호스트 재료(121)의 T1 준위가 게스트 재료(122)(형광 재료)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다.

- [0340] 발광층(120)에서, 게스트 재료(122)(형광 재료)는 특별히 한정은 없지만 안트라센 유도체, 테트라센 유도체, 크리센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 페틸렌 유도체, 스틸벤 유도체, 아크리돈 유도체, 쿠마린 유도체, 페녹사진 유도체, 또는 페노싸이아진 유도체 등인 것이 바람직하고, 예를 들어 다음 재료 중 어느 것을 사용할 수 있다.
- [0341] 예로서는 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), *N,N'*-다이페닐-*N,N'*-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), *N,N'*-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-*N,N'*-비스(4-*tert*-뷰틸페닐)피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6tBu-FLPAPrn), *N,N'*-다이페닐-*N,N'*-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-3,8-다이사이클로헥실피렌-1,6-다이아민(약칭: ch-1,6FLPAPrn), *N,N'*-비스[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐스틸벤-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPPA), *N*,9-다이페닐-*N*[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페틸렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-뷰틸)페틸렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), *N,N'*-(2-*tert*-뷰틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[*N,N'*,*N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭: DPABPA), *N*,9-다이페닐-*N*[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA), *N*[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-*N,N'*,*N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPPA), *N,N,N',N',N',N',N',N'*-옥타페닐다이벤조[*g,p*]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린 30, *N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-*N*,9-다이페닐-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), *N*[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-*N*,9-다이페닐-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), *N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-*N,N'*,*N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), *N*[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-*N,N'*,*N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-*N*[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N*-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), *N,N*,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린 6, 쿠마린 545T, *N,N'*-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 2,8-다이-*tert*-뷰틸-5,11-비스(4-*tert*-뷰틸페닐)-6,12-다이페닐테트라센(약칭: TBRb), 나일레드, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-6-메틸-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCM2), *N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-다이페닐-*N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-*a*]플루오란텐-3,10-다이아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-*tert*-뷰틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCM), 2-(2,6-비스{2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCJTM), 및 5,10,15,20-테트라페닐비스벤조[5,6]인데노[1,2,3-*cd*:1',2',3'-*lm*]페틸렌이 포함된다.
- [0342] 발광층(120) 중의 호스트 재료(121)로서 사용할 수 있는 재료에 특별히 제한이 없지만, 예를 들어 다음 재료 중 어느 것을 사용할 수 있다: 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alm<sub>q3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이토)베릴륨(II)(약칭: BeB<sub>q2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA<sub>lq</sub>), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Zn<sub>q</sub>), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 및 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체; 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(*p-tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)-트리스(1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 및 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: C011) 등의 복소 고리식 화합물; 및 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α-NPD), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 및 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물. 또한, 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 및 다이벤조[*g,p*]크리센 유도체 등의 축합 폴리사이클릭 방향족 화합물을 들 수 있고, 구체적인 예는 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), *N,N*-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트

릴)트라이페닐아민(약칭: DPhPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), N,9-다이페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), N,9-다이페닐-N-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), N,9-다이페닐-N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), 6,12-다이메톡시-5,11-다이페닐크리센, N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''-옥타페닐다이벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라민(약칭: DBC1), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 3,6-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: DPCzPA), 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 2-tert-뷰틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,9'-바이안트릴(약칭: BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS2), 및 1,3,5-트라이(1-피레닐)벤젠(약칭: TPB3) 등이 있다. 이들 물질 및 공지의 물질 중에서, 게스트 재료(122)보다 에너지 갭이 넓은 하나 이상의 물질이 선택되는 것이 바람직하다.

- [0343] 발광층(120)은 2층 이상의 층이 적층된 구조를 가질 수 있다. 예를 들어 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측에서 이 순서대로 적층하여 발광층(120)을 형성하는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성하고, 제 2 발광층은 전자 수송성을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성한다.
- [0344] 발광층(120)에서, 호스트 재료(121)는 일종의 화합물 또는 복수의 화합물로 이루어져도 좋다. 또는 발광층(120)은 호스트 재료(121) 및 게스트 재료(122) 외의 재료를 포함하여도 좋다.
- [0345] <<발광층(170)에 사용할 수 있는 재료>>
- [0346] 발광층(170)에 사용할 수 있는 재료로서, 실시형태 1의 발광층(130)에 사용할 수 있는 재료를 사용하여도 좋다. 따라서, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0347] 발광층(120) 및 발광층(170)에 포함되는 발광 재료의 발광색에 한정은 없고, 동일하여도 좋고 달라도 좋다. 발광 재료로부터의 발광은 혼합되고 소자 외부로 추출되므로, 예를 들어 발광색이 보색인 경우, 발광 소자는 백색광을 방출할 수 있다. 발광 소자의 신뢰성을 고려하여, 발광층(120)에 포함되는 발광 재료의 발광 피크 파장은 발광층(170)에 포함되는 발광 재료의 그것보다 짧은 것이 바람직하다.
- [0348] 또한, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108) 및 전하 발생층(115)은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비어 인쇄 등에 의하여 형성할 수 있다.
- [0349] 본 실시형태에서 기재한 구조는 다른 실시형태에서 기재한 구조 중 어느 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0350] (실시형태 3)
- [0351] 본 실시형태에서는 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 것과는 다른 구조를 갖는 발광 소자의 예에 대하여 도 5의 (A) 및 (B), 도 6의 (A) 및 (B), 도 7의 (A) 내지 (C), 그리고 도 8의 (A) 및 (C)를 참조하여 아래에서 설명한다.
- [0352] <발광 소자의 구조예 1>
- [0353] 도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 각각 도시한 단면도이다. 도 5의 (A) 및 (B)에서, 도 1의 (A)의 부분과 비슷한 기능을 갖는 부분은 도 1의 (A)에서와 같은 해치 패턴으로 표시하고, 특별히 부호로 표시하지 않는 경우가 있다. 또한, 비슷한 기능을 갖는 부분에는 공통된 부호를 사용하고, 그 부분에 대한 자세한 설명을 생략하는 경우가 있다.
- [0354] 도 5의 (A) 및 (B)의 발광 소자(260a 및 260b)는 기관(200)을 통하여 광이 추출되는 보텀 이미션 구조를 가져도 좋고, 발광 소자로부터 방출되는 광이 기관(200)과는 반대의 방향으로 추출되는 톱 이미션 구조를 가져도 좋다. 그러나, 본 발명의 일 형태는 이 구조에 한정되지 않고, 발광 소자로부터 방출되는 광이 기관(200)의 상하 양쪽의 방향으로 추출되는 듀얼 이미션 구조를 갖는 발광 소자를 사용하여도 좋다.
- [0355] 발광 소자들(260a 및 260b)의 각각이 보텀 이미션 구조를 갖는 경우, 전극(101)은 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 전극(102)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또는, 발광 소자들(260a 및 260b)의 각각이 톱 이미션 구조를 갖는 경우, 전극(101)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 전극(102)은 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하다.
- [0356] 발광 소자들(260a 및 260b)의 각각은 기관(200) 위에 전극(101) 및 전극(102)을 포함한다. 전극들(101 및 102) 사이에는, 발광층(123B), 발광층(123G), 및 발광층(123R)이 제공된다. 정공 주입층(111), 정공 수송층



(112), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)도 제공된다.

- [0357] 발광 소자(260b)는 도전층(101a), 도전층(101a) 위의 도전층(101b), 및 도전층(101a) 아래의 도전층(101c)을 전극(101)의 일부로서 포함한다. 바꿔 말하면, 발광 소자(260b)는, 도전층(101a)이 도전층(101b)과 도전층(101c) 사이에 끼워진 구조를 갖는 전극(101)을 포함한다.
- [0358] 발광 소자(260b)에 있어서 도전층(101b) 및 도전층(101c)은 상이한 재료로 형성되어도 좋고, 같은 재료로 형성되어도 좋다. 전극(101)이 같은 도전 재료로 형성된 층들에 도전층(101a)이 끼워진 구조를 가지면, 전극(101)의 형성 과정에서 에칭에 의한 패터닝을 용이하게 수행할 수 있으므로 바람직하다.
- [0359] 발광 소자(260b)에 있어서 전극(101)은 도전층(101b) 및 도전층(101c) 중 하나를 포함하여도 좋다.
- [0360] 전극(101)에 포함되는 도전층들(101a, 101b, 및 101c)의 각각에는 실시형태 1에 기재된 전극(101 또는 102)의 구조 및 재료를 사용할 수 있다.
- [0361] 도 5의 (A) 및 (B)에서는 전극(101)과 전극(102) 사이에 끼워진 영역(221B), 영역(221G), 및 영역(221R) 사이에 격벽(145)이 제공되어 있다. 격벽(145)은 절연성을 갖는다. 격벽(145)은 전극(101)의 단부를 덮고, 상기 전극과 중첩되는 개구를 갖는다. 격벽(145)에 의하여, 상기 영역에서 기판(200) 위에 제공된 전극(101)을 섬형상으로 분할할 수 있다.
- [0362] 또한, 발광층(123B)과 발광층(123G)은 격벽(145)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다. 발광층(123G)과 발광층(123R)은 격벽(145)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다. 발광층(123R)과 발광층(123B)은 격벽(145)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다.
- [0363] 격벽(145)은 절연성을 가지며 무기 또는 유기 재료를 사용하여 형성된다. 무기 재료의 예에는 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 질화 산화 실리콘, 질화 실리콘, 산화 알루미늄, 및 질화 알루미늄이 포함된다. 유기 재료의 예에는 아크릴 수지 및 폴리이미드 수지 등의 감광성 수지 재료가 포함된다.
- [0364] 또한, 산화 질화 실리콘막이란, 질소의 비율보다 산소의 비율이 높은 막을 말한다. 산화 질화 실리콘막은 산소, 질소, 실리콘, 및 수소를 각각, 55atomic% 내지 65atomic%, 1atomic% 내지 20atomic%, 25atomic% 내지 35atomic%, 및 0.1atomic% 내지 10atomic%의 범위로 포함하는 것이 바람직하다. 질화 산화 실리콘막이란, 산소의 비율보다 질소의 비율이 높은 막을 말한다. 질화 산화 실리콘막은 질소, 산소, 실리콘, 및 수소를 각각, 55atomic% 내지 65atomic%, 1atomic% 내지 20atomic%, 25atomic% 내지 35atomic%, 및 0.1atomic% 내지 10atomic%의 범위로 포함하는 것이 바람직하다.
- [0365] 발광층(123R, 123G, 및 123B)은 상이한 색의 광을 방출하는 기능을 갖는 발광 재료를 포함하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 발광층(123R)이 적색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 포함하는 경우, 영역(221R)은 적색의 광을 방출한다. 발광층(123G)이 녹색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 포함하는 경우, 영역(221G)은 녹색의 광을 방출한다. 발광층(123B)이 청색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 포함하는 경우, 영역(221B)은 청색의 광을 방출한다. 이러한 구조를 갖는 발광 소자(260a 또는 260b)를 표시 장치의 화소에 사용함으로써, 풀컬러의 표시 장치를 제작할 수 있다. 발광층들의 두께는 같아도 좋고 상이하여도 좋다.
- [0366] 발광층(123B), 발광층(123G), 및 발광층(123R) 중 하나 이상은 실시형태 1에 기재된 발광층(130)과 비슷한 구조를 갖는 것이 바람직하다. 이러한 경우, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0367] 발광층들(123B, 123G, 및 123R) 중 하나 이상이, 적층된 2개 이상의 층을 포함하여도 좋다.
- [0368] 상술한 바와 같이 적어도 하나의 발광층이 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조를 갖고, 상기 발광층을 포함하는 발광 소자(260a 또는 260b)를 표시 장치의 화소에 사용하면, 발광 효율이 높은 표시 장치를 제작할 수 있다. 이로써, 발광 소자(260a 또는 260b)를 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0369] 광이 추출되는 전극의 광 추출 측에 광학 소자(예를 들어, 컬러 필터, 편광판, 및 반사 방지막)를 제공함으로써, 발광 소자들(260a 및 260b) 각각의 색 순도를 향상시킬 수 있다. 이에 따라, 발광 소자(260a 또는 260b)를 포함하는 표시 장치의 색 순도를 향상시킬 수 있다. 또는, 발광 소자들(260a 및 260b) 각각에 의한 외광의 반사를 저감할 수 있다. 그러므로, 발광 소자(260a 또는 260b)를 포함하는 표시 장치의 콘트라스트비를 향상시킬 수 있다.
- [0370] 발광 소자(260a 및 260b)의 다른 구성 요소에 대해서는, 실시형태 1 및 실시형태 2의 발광 소자의 구성 요소를 참조할 수 있다.

- [0371] <발광 소자의 구조에 2>
- [0372] 다음으로, 도 5의 (A) 및 (B)에 도시된 발광 소자와는 다른 구조예에 대하여 도 6의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 설명한다.
- [0373] 도 6의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면도이다. 도 6의 (A) 및 (B)에서, 도 5의 (A) 및 (B)의 부분과 비슷한 기능을 갖는 부분은 도 5의 (A) 및 (B)에서와 같은 해치 패턴으로 표시하고, 특별히 부호로 표시하지 않는 경우가 있다. 또한, 비슷한 기능을 갖는 부분에는 공통된 부호를 사용하고, 그런 부분에 대한 자세한 설명을 반복하지 않는 경우가 있다.
- [0374] 도 6의 (A) 및 (B)는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자의 구조예를 도시한 것이다. 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)는 기관(200)과는 반대의 방향으로 광이 추출되는 톱 이미션 구조를 갖고, 도 6의 (B)에 도시된 발광 소자(262b)는 기관(200) 측으로 광이 추출되는 보텀 이미션 구조를 갖는다. 그러나, 본 발명의 일 형태는 이들 구조에 한정되지 않고, 발광 소자로부터 방출되는 광이, 발광 소자가 형성되는 기관(200)에 대하여 상하 양쪽의 방향으로 추출되는 듀얼 이미션 구조를 가져도 좋다.
- [0375] 발광 소자들(262a 및 262b)의 각각은 기관(200) 위에 전극(101), 전극(102), 전극(103), 및 전극(104)을 포함한다. 전극(101)과 전극(102) 사이, 전극(102)과 전극(103) 사이, 그리고 전극(102)과 전극(104) 사이에는, 적어도 발광층(170), 발광층(190), 및 전하 발생층(115)이 제공된다. 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(113), 전자 주입층(114), 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)이 더 제공된다.
- [0376] 전극(101)은 도전층(101a), 및 도전층(101a) 위에 있고 도전층(101a)과 접촉되는 도전층(101b)을 포함한다. 전극(103)은 도전층(103a), 및 도전층(103a) 위에 있고 도전층(103a)과 접촉되는 도전층(103b)을 포함한다. 전극(104)은 도전층(104a), 및 도전층(104a) 위에 있고 도전층(104a)과 접촉되는 도전층(104b)을 포함한다.
- [0377] 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(262a) 및 도 6의 (B)에 도시된 발광 소자(262b)의 각각은, 전극(101)과 전극(102) 사이에 끼워진 영역(222B)과, 전극(102)과 전극(103) 사이에 끼워진 영역(222G)과, 전극(102)과 전극(104) 사이에 끼워진 영역(222R) 사이에, 격벽(145)을 포함한다. 격벽(145)은 절연성을 갖는다. 격벽(145)은 전극(101, 103, 및 104)의 단부를 덮고, 상기 전극과 중첩되는 개구를 갖는다. 격벽(145)에 의하여, 상기 영역에서 기관(200) 위에 제공된 전극을 섬 형상으로 분리할 수 있다.
- [0378] 전하 발생층(115)은, 정공 수송 재료에 전자 수용체(억셉터)가 첨가되어 얻어지는 재료, 또는 전자 수송 재료에 전자 공여체(도너)가 첨가되어 얻어지는 재료로 형성될 수 있다. 또한, 전하 발생층(115)의 도전율이 한 쌍의 전극과 같은 정도로 높은 경우, 전하 발생층(115)에서 발생된 캐리어가 인접한 화소로 이동하여 상기 화소에서 발광이 일어나는 경우가 있다. 인접한 화소로부터의 이러한 잘못된 발광을 방지하기 위하여, 전하 발생층(115)을 한 쌍의 전극보다 도전율이 낮은 재료로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0379] 발광 소자들(262a 및 262b)의 각각은 영역(222B)으로부터 방출되는 광, 영역(222G)으로부터 방출되는 광, 및 영역(222R)으로부터 방출되는 광이 추출되는 방향으로 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)가 제공된 기관(220)을 포함한다. 각 영역으로부터 방출되는 광은 각 광학 소자를 통하여 발광 소자 외부로 방출된다. 바꿔 말하면, 영역(222B)으로부터의 광, 영역(222G)으로부터의 광, 및 영역(222R)으로부터의 광은 각각, 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)를 통하여 방출된다.
- [0380] 광학 소자들(224B, 224G, 및 224R)의 각각은 입사광으로부터 특정의 색의 광을 선택적으로 투과시키는 기능을 갖는다. 예를 들어, 광학 소자(224B)를 통하여 영역(222B)으로부터 방출되는 광은 청색의 광이고, 광학 소자(224G)를 통하여 영역(222G)으로부터 방출되는 광은 녹색의 광이고, 광학 소자(224R)를 통하여 영역(222R)으로부터 방출되는 광은 적색의 광이다.
- [0381] 예를 들어, 광학 소자(224R, 224G, 및 224B)에는 착색층(컬러 필터라고도 함), 밴드 패스 필터, 또는 다층 필터 등을 사용할 수 있다. 또는, 광학 소자로서 색 변환 소자를 사용할 수 있다. 색 변환 소자는 입사광을, 이 입사광보다 파장이 긴 광으로 변환하는 광학 소자이다. 색 변환 소자로서는 퀀텀닷 소자를 적합하게 사용할 수 있다. 퀀텀닷을 사용함으로써 표시 장치의 색재현성을 높일 수 있다.
- [0382] 각 광학 소자(224R, 224G, 및 224B) 위에 하나 이상의 광학 소자를 적층하여도 좋다. 다른 광학 소자로서는, 예를 들어 원편광판 또는 반사 방지막 등을 제공할 수 있다. 표시 장치의 발광 소자로부터 방출되는 광이 추출되는 측에 원편광판을 제공하면, 표시 장치 외부로부터 들어오는 광이 표시 장치의 내부에서 반사되어 외부로



되돌아가는 현상을 방지할 수 있다. 반사 방지막은 표시 장치의 표면으로 반사되는 외광을 약하게 할 수 있다. 이에 의하여 표시 장치로부터 방출되는 광을 선명하게 관찰할 수 있게 된다.

- [0383] 또한, 도 6의 (A) 및 (B)에서는 광학 소자를 통하여 영역으로부터 방출되는 청색의 광(B), 녹색의 광(G), 및 적색의 광(R)을 파선의 화살표로 모식적으로 나타내었다.
- [0384] 광학 소자들 사이에는 차광층(223)이 제공된다. 차광층(223)은 인접한 영역들로부터 방출되는 광을 차단하는 기능을 갖는다. 또한, 차광층(223)이 없는 구조를 채용하여도 좋다.
- [0385] 차광층(223)은 외광의 반사를 저감하는 기능을 갖는다. 차광층(223)은 인접한 발광 소자로부터 방출되는 광이 섞이는 것을 방지하는 기능을 갖는다. 차광층(223)으로서는, 금속, 흑색 안료를 포함하는 수지, 카본 블랙, 금속 산화물, 또는 복수의 금속 산화물의 고용체를 포함하는 복합 산화물 등을 사용할 수 있다.
- [0386] 또한, 광학 소자(224B)와 광학 소자(224G)는 차광층(223)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다. 또한, 광학 소자(224G)와 광학 소자(224R)는 차광층(223)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다. 또한, 광학 소자(224R)와 광학 소자(224B)는 차광층(223)과 중첩되는 영역에 있어서 서로 중첩되어도 좋다.
- [0387] 기관(200), 및 광학 소자가 제공되는 기관(220)의 구조로서 실시형태 1을 참조할 수 있다.
- [0388] 또한, 발광 소자(262a 및 262b)는 마이크로캐비티 구조를 갖는다.
- [0389] <<마이크로캐비티 구조>>
- [0390] 발광층(170) 및 발광층(190)으로부터 방출되는 광은 한 쌍의 전극(예를 들어, 전극(101) 및 전극(102)) 사이에서 공진된다. 발광층(170) 및 발광층(190)은 방출되는 광 중 원하는 파장의 광이 강화되는 위치에 형성된다. 예를 들어, 전극(101)의 반사 영역에서 발광층(170)의 발광 영역까지의 광로의 길이 및 전극(102)의 반사 영역에서 발광층(170)의 발광 영역까지의 광로의 길이를 조정함으로써, 발광층(170)으로부터 방출되는 광 중 원하는 파장의 광을 강화시킬 수 있다. 전극(101)의 반사 영역에서 발광층(190)의 발광 영역까지의 광로의 길이 및 전극(102)의 반사 영역에서 발광층(190)의 발광 영역까지의 광로의 길이를 조정함으로써, 발광층(190)으로부터 방출되는 광 중 원하는 파장의 광을 강화시킬 수 있다. 복수의 발광층(여기서는, 발광층(170 및 190))이 적층된 발광 소자의 경우, 발광층(170 및 190)의 광로의 길이를 최적화하는 것이 바람직하다.
- [0391] 발광 소자들(262a 및 262b)의 각각에서 각 영역에서의 도전층(도전층(101b), 도전층(103b), 및 도전층(104b))의 두께를 조정함으로써, 발광층(170 및 190)으로부터 방출되는 광 중 원하는 파장의 광을 강화시킬 수 있다. 또한, 정공 주입층(111) 및 정공 수송층(112) 중 적어도 하나의 두께를 영역들 간에서 상이하게 하여 발광층(170 및 190)으로부터 방출되는 광을 강화시켜도 좋다.
- [0392] 예를 들어, 전극(101 내지 104)의 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료의 굴절률이 발광층(170 또는 190)의 굴절률보다 낮은 경우, 전극(101)의 도전층(101b)의 두께를 조정하여 전극(101)과 전극(102) 사이의 광로의 길이가  $m_b \lambda_B / 2$  ( $m_b$ 는 자연수이고  $\lambda_B$ 는 영역(222B)에서 강화되는 광의 파장임)가 되도록 한다. 마찬가지로, 전극(103)의 도전층(103b)의 두께를 조정하여 전극(103)과 전극(102) 사이의 광로의 길이가  $m_c \lambda_G / 2$  ( $m_c$ 는 자연수이고  $\lambda_G$ 는 영역(222G)에서 강화되는 광의 파장임)가 되도록 한다. 또한, 전극(104)의 도전층(104b)의 두께를 조정하여 전극(104)과 전극(102) 사이의 광로의 길이가  $m_R \lambda_R / 2$  ( $m_R$ 는 자연수이고  $\lambda_R$ 는 영역(222R)에서 강화되는 광의 파장임)가 되도록 한다.
- [0393] 전극(101 내지 104)의 반사 영역을 정확히 결정하기 어려운 경우에는, 전극(101 내지 104)의 소정의 영역이 반사 영역인 것으로 가정하여, 발광층(170) 또는 발광층(190)으로부터 방출되는 광의 강도를 높이기 위한 광로의 길이를 도출하여도 좋다. 발광층(170) 및 발광층(190)의 발광 영역을 정확히 결정하기 어려운 경우에는, 발광층(170) 및 발광층(190)의 소정의 영역이 발광 영역인 것으로 가정하여, 발광층(170) 또는 발광층(190)으로부터 방출되는 광의 강도를 높이기 위한 광로의 길이를 도출하여도 좋다.
- [0394] 상술한 식으로, 각 영역에서의 한 쌍의 전극 사이의 광로의 길이를 조정하는 마이크로캐비티 구조에 의하여, 전극 근방에서의 광의 산란 및 흡수를 억제할 수 있고, 이에 따라 광 추출 효율이 높아진다.
- [0395] 상술한 구조에서 도전층(101b, 103b, 및 104b)은 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 도전층들(101b, 103b, 및 104b)의 재료는 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 도전층(101b), 도전층(103b), 및 도전층(104b)에 같은 재료를 사용하면 전극(101), 전극(103), 및 전극(104)의 형성 과정에서 에칭에 의한 패터닝을 용

이하에 수행할 수 있으므로 바람직하다. 도전층들(101b, 103b, 및 104b)의 각각은 2층 이상의 적층 구조를 가져도 좋다.

[0396] 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)는 톱 이미션 구조를 갖기 때문에 도전층(101a), 도전층(103a), 및 도전층(104a)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 전극(102)은 광을 투과시키는 기능과 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다.

[0397] 도 6의 (B)에 도시된 발광 소자(262b)는 보텀 이미션 구조를 갖기 때문에 도전층(101a), 도전층(103a), 및 도전층(104a)은 광을 투과시키는 기능과 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 전극(102)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다.

[0398] 발광 소자들(262a 및 262b)의 각각에 있어서 도전층들(101a, 103a, 및 104a)은 상이한 재료로 형성되어도 좋고, 같은 재료로 형성되어도 좋다. 도전층들(101a, 103a, 및 104a)을 같은 재료로 형성하면, 발광 소자(262a 및 262b)의 제작 비용을 저감할 수 있다. 또한, 도전층들(101a, 103a, 및 104a)의 각각은 2개 이상의 층을 포함하는 적층 구조를 가져도 좋다.

[0399] 발광 소자(262a 및 262b)에 포함되는 발광층들(170 및 190) 중 적어도 한쪽에 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 구조 중 적어도 하나를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 발광 소자는 발광 효율이 높아질 수 있다.

[0400] 발광층들(170 및 190) 중 한쪽 또는 이들 양쪽은, 예를 들어 발광층들(190a 및 190b)과 같이 2층으로 이루어진 적층 구조를 가져도 좋다. 상이한 색의 광을 나타내는 2종류의 발광 재료(제 1 화합물 및 제 2 화합물)를 각각 포함하는 2개의 발광층에 의하여, 복수의 색의 발광을 구현한다. 발광층(170 및 190)으로부터의 발광을 조합하여 백색의 광이 얻어질 수 있도록, 발광층의 발광 재료를 선택하는 것이 특히 바람직하다.

[0401] 발광층들(170 및 190) 중 하나 또는 이들 양쪽은, 3층 이상으로 이루어지는 적층 구조를 가져도 좋고, 발광 재료를 포함하지 않는 층을 포함하여도 좋다.

[0402] 상술한 식으로, 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조 중 적어도 하나를 포함하는 발광 소자(262a 또는 262b)를 표시 장치의 화소에 사용함으로써, 발광 효율이 높은 표시 장치를 제작할 수 있다. 이에 따라 발광 소자(262a 또는 262b)를 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0403] 발광 소자(262a 및 262b)의 다른 구성 요소에 대해서는, 발광 소자(260a 또는 260b), 또는 실시형태 1 또는 실시형태 2의 발광 소자의 구성 요소를 참조할 수 있다.

[0404] <발광 소자의 제작 방법>

[0405] 다음으로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법에 대하여 도 7의 (A) 내지 (C) 및 도 8의 (A) 내지 (C)를 참조하여 아래에서 설명한다. 여기서는 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)의 제작 방법에 대하여 설명한다.

[0406] 도 7의 (A) 내지 (C) 및 도 8의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면도이다.

[0407] 아래에서 설명하는 발광 소자(262a)의 제작 방법은 제 1 내지 제 7 단계를 포함한다.

[0408] <<제 1 단계>>

[0409] 제 1 단계에서는, 발광 소자의 전극들(구체적으로는, 전극(101)의 도전층(101a), 전극(103)의 도전층(103a), 및 전극(104)의 도전층(104a))을 기판(200) 위에 형성한다(도 7의 (A) 참조).

[0410] 본 실시형태에서는 기판(200) 위에 광을 반사하는 기능을 갖는 도전층을 형성하고 원하는 형상으로 가공함으로써, 도전층(101a, 103a, 및 104a)을 형성한다. 광을 반사하는 기능을 갖는 도전층으로서, 은, 팔라듐, 및 구리의 합금막(Ag-Pd-Cu막 또는 APC라고도 함)을 사용한다. 같은 도전층을 가공하는 단계를 거쳐 도전층(101a, 103a, 및 104a)을 형성하면, 제작 비용을 저감할 수 있으므로 바람직하다.

[0411] 또한, 제 1 단계 전에, 기판(200) 위에 복수의 트랜지스터를 형성하여도 좋다. 복수의 트랜지스터는 도전층(101a, 103a, 및 104a)에 전기적으로 접속되어도 좋다.

[0412] <<제 2 단계>>

- [0413] 제 2 단계에서는, 전극(101)의 도전층(101a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전층(101b)을 형성하고, 전극(103)의 도전층(103a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전층(103b)을 형성하고, 전극(104)의 도전층(104a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전층(104b)을 형성한다(도 7의 (B) 참조).
- [0414] 본 실시형태에서는, 광을 반사하는 기능을 각각 갖는 도전층들(101a, 103a, 및 104a) 위에 광을 투과시키는 기능을 각각 갖는 도전층들(101b, 103b, 및 104b)을 각각 형성함으로써, 전극(101), 전극(103), 및 전극(104)을 형성한다. 도전층(101b, 103b, 및 104b)으로서는 ITS막을 사용한다.
- [0415] 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전층(101b, 103b, 및 104b)은 복수의 단계에서 형성하여도 좋다. 광을 투과시키는 기능을 갖는 도전층(101b, 103b, 및 104b)을 복수의 단계에서 형성하면, 이들을 각 영역에서 적합한 마이크로캐비티 구조가 실현되는 두께로 형성할 수 있다.
- [0416] <<제 3 단계>>
- [0417] 제 3 단계에서는, 발광 소자의 전극들의 단부를 덮는 격벽(145)을 형성한다(도 7의 (C) 참조).
- [0418] 격벽(145)은 전극과 중첩되는 개구를 포함한다. 개구에 의하여 노출된 도전막은 발광 소자의 양극으로서 기능한다. 본 실시형태에서는 격벽(145)으로서 폴리이미드계 수지를 사용한다.
- [0419] 제 1 내지 제 3 단계에서는, EL층(유기 화합물을 포함하는 층)을 손상시킬 가능성이 없기 때문에 다양한 막 형성 방법 및 미세 가공 기술을 채용할 수 있다. 본 실시형태에서는, 스퍼터링법에 의하여 반사성 도전층을 형성하고, 리소그래피법에 의하여 도전층 위에 패턴을 형성한 다음, 드라이 에칭법 또는 웨트 에칭법에 의하여 도전층을 섬 형상으로 가공함으로써, 전극(101)의 도전층(101a), 전극(103)의 도전층(103a), 및 전극(104)의 도전층(104a)을 형성한다. 그리고, 스퍼터링법에 의하여 투명 도전막을 형성하고, 리소그래피법에 의하여 투명 도전막 위에 패턴을 형성한 다음, 웨트 에칭법에 의하여 투명 도전막을 섬 형상으로 가공함으로써, 전극(101, 103, 및 104)을 형성한다.
- [0420] <<제 4 단계>>
- [0421] 제 4 단계에서는, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(190), 전자 수송층(113), 전자 주입층(114), 및 전하 발생층(115)을 형성한다(도 8의 (A) 참조).
- [0422] 정공 주입층(111)은 정공 수송 재료 및 억셉터 물질을 포함하는 재료를 공중착함으로써 형성할 수 있다. 또한, 공중착법은 상이한 복수의 물질을 각각 상이한 증발원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다. 정공 수송층(112)은 정공 수송 재료를 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0423] 발광층(190)은 보라색, 청색, 청록색, 녹색, 황록색, 황색, 주황색, 및 적색에서 선택된 적어도 하나의 색의 광을 나타내는 게스트 재료를 증착함으로써 형성할 수 있다. 게스트 재료로서는, 형광 또는 인광의 유기 재료를 사용할 수 있다. 실시형태 1 또는 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조를 채용하는 것이 바람직하다. 발광층(190)은 2층 구조를 가져도 좋다. 이러한 경우, 2개의 발광층은 상이한 색의 광을 나타내는 발광 재료를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0424] 전자 수송층(113)은 전자 수송성이 높은 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다. 전자 주입층(114)은 전자 주입성이 높은 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0425] 전하 발생층(115)은 정공 수송 재료에 전자 수용체(억셉터)가 첨가되어 얻어지는 재료 또는 전자 수송 재료에 전자 공여체(도너)가 첨가되어 얻어지는 재료를 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0426] <<제 5 단계>>
- [0427] 제 5 단계에서는, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 발광층(170), 전자 수송층(118), 전자 주입층(119), 및 전극(102)을 형성한다(도 8의 (B) 참조).
- [0428] 정공 주입층(116)은 상기 정공 주입층(111)과 비슷한 재료 및 방법을 사용함으로써 형성할 수 있다. 정공 수송층(117)은 상기 정공 수송층(112)과 비슷한 재료 및 방법을 사용함으로써 형성할 수 있다.
- [0429] 발광층(170)은 보라색, 청색, 청록색, 녹색, 황록색, 황색, 주황색, 및 적색에서 선택된 적어도 하나의 색의 광을 나타내는 게스트 재료를 증착함으로써 형성할 수 있다. 게스트 재료로서는, 형광 또는 인광의 유기 화합물을 사용할 수 있다. 실시형태 1 또는 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조를 채용하는 것이 바람직하다. 또한, 발광층(170) 및 발광층(190) 중 적어도 하나는 실시형태 1에 기재된 발광층의 구조를 갖는 것이 바람직하다.

발광층(170) 및 발광층(190)은 상이한 색의 광을 나타내는 발광성 유기 화합물을 포함하는 것이 바람직하다.

- [0430] 전자 수송층(118)은 상기 전자 수송층(113)과 비슷한 재료 및 방법을 사용함으로써 형성할 수 있다. 전자 주입층(119)은 상기 전자 주입층(114)과 비슷한 재료 및 방법을 사용함으로써 형성할 수 있다.
- [0431] 전극(102)은 반사성 도전막과 투광성 도전막을 적층함으로써 형성할 수 있다. 전극(102)은 단층 구조를 가져도 좋고 적층 구조를 가져도 좋다.
- [0432] 상술한 단계를 거쳐, 전극(101), 전극(103), 및 전극(104) 위에 각각, 영역(222B), 영역(222G), 및 영역(222R)을 포함하는 발광 소자가, 기판(200) 위에 형성된다.
- [0433] <<제 6 단계>>
- [0434] 제 6 단계에서는, 기판(220) 위에 차광층(223), 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)를 형성한다(도 8의 (C) 참조).
- [0435] 차광층(223)으로서는, 흑색 안료를 포함하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다. 그리고, 기판(220) 및 차광층(223) 위에, 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)를 형성한다. 광학 소자(224B)로서는, 청색 안료를 포함하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다. 광학 소자(224G)로서는, 녹색 안료를 포함하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다. 광학 소자(224R)로서는, 적색 안료를 포함하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다.
- [0436] <<제 7 단계>>
- [0437] 제 7 단계에서는, 기판(200) 위에 형성된 발광 소자를, 기판(220) 위에 형성된 차광층(223), 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)에 접합하고 실재(sealant)를 사용하여 밀봉한다(미도시).
- [0438] 상술한 단계를 거쳐 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)를 형성할 수 있다.
- [0439] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조들 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0440] (실시형태 4)
- [0441] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치에 대하여 도 9의 (A) 및 (B), 도 10의 (A) 및 (B), 도 11, 도 12의 (A) 및 (B), 도 13의 (A) 및 (B), 도 14, 도 15의 (A) 및 (B), 도 16, 및 도 17의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 설명한다.
- [0442] <표시 장치의 구조에 1>
- [0443] 도 9의 (A)는 표시 장치(600)를 도시한 상면도이고, 도 9의 (B)는 도 9의 (A)의 일점쇄선 A-B 및 일점쇄선 C-D를 따라 취한 단면도이다. 표시 장치(600)는 구동 회로부(신호선 구동 회로부(601) 및 주사선 구동 회로부(603)) 및 화소부(602)를 포함한다. 또한, 신호선 구동 회로부(601), 주사선 구동 회로부(603), 및 화소부(602)는 발광 소자의 발광을 제어하는 기능을 갖는다.
- [0444] 또한, 표시 장치(600)는 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 실재(605), 실재(605)로 둘러싸인 영역(607), 리드 배선(608), 및 FPC(609)를 포함한다.
- [0445] 또한, 리드 배선(608)은 신호선 구동 회로부(601) 및 주사선 구동 회로부(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이며, 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 및 리셋 신호 등을 받기 위한 배선이다. 여기서는 FPC(609)만을 도시하였지만, FPC(609)에는 프린트 배선판(PWB: printed wiring board)이 제공되어 있어도 좋다.
- [0446] 신호선 구동 회로부(601)로서는, n채널 트랜지스터(623)와 p채널 트랜지스터(624)를 조합한 CMOS 회로를 형성한다. 신호선 구동 회로부(601) 또는 주사선 구동 회로부(603)로서는 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등의 다양한 종류의 회로를 사용할 수 있다. 본 실시형태의 표시 장치에서는 구동 회로부가 형성된 드라이버 및 화소가 기판의 같은 표면 위에 형성되어 있지만, 구동 회로부를 반드시 기판 위에 형성할 필요는 없고, 기판 외부에 형성할 수 있다.
- [0447] 화소부(602)는 스위칭 트랜지스터(611), 전류 제어 트랜지스터(612), 및 전류 제어 트랜지스터(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 하부 전극(613)을 포함한다. 또한, 하부 전극(613)의 단부를 덮도록 격벽(614)이 형성된다. 격벽(614)으로서는 예를 들어, 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용할 수 있다.
- [0448] 양호한 피복성을 얻기 위해서는, 격벽(614)을, 그 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성한다.



예를 들어, 격벽(614)의 재료로서 포지티브형 감광성 아크릴을 사용하는 경우, 격벽(614)의 상단부만이 곡률(곡률 반경  $0.2\mu\text{m}$  내지  $3\mu\text{m}$ )을 갖는 곡면을 갖는 것이 바람직하다. 격벽(614)으로서는, 네거티브형 감광성 수지 또는 포지티브형 감광성 수지를 사용할 수 있다.

[0449] 또한, 각 트랜지스터(트랜지스터(611, 612, 623, 및 624))의 구조에 대한 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 스테거형 트랜지스터를 사용할 수 있다. 또한, 이들 트랜지스터의 극성에 대한 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 이들 트랜지스터에는 n채널 및 p채널 트랜지스터를 사용하여도 좋고, n채널 트랜지스터 또는 p채널 트랜지스터 중 어느 한쪽을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 트랜지스터에 사용되는 반도체막의 결정성에 대한 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 비정질 반도체막 또는 결정성 반도체막을 사용하여도 좋다. 반도체 재료의 예에는 14족 반도체(예를 들어, 실리콘을 포함하는 반도체), 화합물 반도체(산화물 반도체를 포함함), 및 유기 반도체 등이 포함된다. 예를 들어, 트랜지스터에는 에너지 갭이 2eV 이상, 바람직하게는 2.5eV 이상, 더 바람직하게는 3eV 이상인 산화물 반도체를 사용하는 것이 바람직하고, 이로써 트랜지스터의 오프 상태 전류를 저감할 수 있다. 산화물 반도체의 예에는 In-Ga 산화물 및 In-M-Zn 산화물(M은 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 이트륨(Y), 지르코늄(Zr), 란타넘(La), 세륨(Ce), 주석(Sn), 하프늄(Hf), 또는 네오디뮴(Nd)임)이 포함된다.

[0450] 하부 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 상부 전극(617)이 형성되어 있다. 여기서 하부 전극(613)은 양극으로서 기능하고, 상부 전극(617)은 음극으로서 기능한다.

[0451] 또한, EL층(616)은 증착 마스크를 이용한 증착법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법 등의 다양한 방법에 의하여 형성된다. EL층(616)에 포함되는 재료로서는 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머 또는 테드리머를 포함함)을 사용하여도 좋다.

[0452] 또한, 발광 소자(618)는 하부 전극(613), EL층(616), 및 상부 전극(617)으로 형성된다. 발광 소자(618)는 실시 형태 1 내지 실시 형태 3에 기재된 구조들 중 어느 것을 갖는 것이 바람직하다. 화소부가 복수의 발광 소자를 포함하는 경우, 화소부는 실시 형태 1 내지 실시 형태 3에 기재된 발광 소자 중 어느 것과, 이와 상이한 구조를 갖는 발광 소자의 양쪽 모두를 포함하여도 좋다.

[0453] 또한, 실재(605)로 밀봉 기관(604)과 소자 기관(610)을 서로 접합하면, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 영역(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 영역(607)에는 충전제가 충전되어 있다. 영역(607)에는 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등)가 충전되거나, 또는 실재(605)에 사용할 수 있는 자외선 경화 수지 또는 열 경화 수지가 충전되는 경우가 있다. 예를 들어, PVC(polyvinyl chloride)계 수지, 아크릴계 수지, 폴리이미드계 수지, 에폭시계 수지, 실리콘계 수지, PVB(polyvinyl butyral)계 수지, 또는 EVA(ethylene vinyl acetate)계 수지를 사용할 수 있다. 밀봉 기관에는 오목부를 제공하고, 오목부에 건조제를 제공하면 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있으므로 바람직하다.

[0454] 발광 소자(618)와 중첩되도록, 밀봉 기관(604) 아래에 광학 소자(621)를 제공한다. 밀봉 기관(604) 아래에는 차광층(622)이 제공된다. 광학 소자(621) 및 차광층(622)의 구조는 각각, 실시 형태 3의 광학 소자 및 차광층과 같게 할 수 있다.

[0455] 실재(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(604)으로서는 유리 기관, 석영 기관, 또는 FRP(fiber reinforced plastic), PVF(poly(vinyl fluoride)), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.

[0456] 상술한 바와 같이, 실시 형태 1 내지 실시 형태 3에 기재된 임의의 발광 소자 및 광학 소자를 포함하는 표시 장치를 얻을 수 있다.

[0457] <표시 장치의 구조에 2>

[0458] 다음으로, 표시 장치의 다른 예에 대하여 도 10의 (A) 및 (B) 그리고 도 11을 참조하여 설명한다. 또한, 도 10의 (A) 및 (B) 그리고 도 11의 각각은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치의 단면도이다.

[0459] 도 10의 (A)에는 기관(1001), 하지 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 하부 전극(1024R, 1024G, 및 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 상부 전극(1026), 밀봉층(1029), 밀봉 기관(1031), 및 실재(1032) 등이 도시되어 있다.

[0460] 도 10의 (A)에서는 광학 소자의 예로서, 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 및 청색의 착색

층(1034B))이 투명 기재(1033)에 제공되어 있다. 또한, 차광층(1035)이 제공되어도 좋다. 착색층 및 차광층이 제공된 투명 기재(1033)는 위치 맞춤하여 기관(1001)에 고정된다. 또한, 착색층 및 차광층은 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 도 10의 (A)의 구조에서는, 적색의 광, 녹색의 광, 및 청색의 광이 착색층을 통과하므로 3가지 색의 화소를 사용하여 화상을 표시할 수 있다.

[0461] 도 10의 (B)는 광학 소자의 예로서 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 및 청색의 착색층(1034B))을 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공하는 예를 도시한 것이다. 이 구조에서와 같이 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0462] 도 11은 광학 소자의 예로서 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 및 청색의 착색층(1034B))을 제 1 층간 절연막(1020)과 제 2 층간 절연막(1021) 사이에 제공하는 예를 도시한 것이다. 이 구조에서와 같이 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0463] 상술한 표시 장치는 트랜지스터가 형성되어 있는 기관(1001) 측으로부터 광을 추출하는 구조(보텀 이미션 구조)를 갖지만, 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조(탑 이미션 구조)를 가져도 좋다.

[0464] <표시 장치의 구조에 3>

[0465] 도 12의 (A) 및 (B)의 각각은 탑 이미션 구조를 갖는 표시 장치의 단면도의 예이다. 또한, 도 12의 (A) 및 (B)의 각각은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 단면도이고, 도 10의 (A) 및 (B) 그리고 도 11에 도시된 구동 회로부(1041) 및 주변부(1042) 등은 도시되어 있지 않다.

[0466] 이 경우, 기관(1001)으로서는 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. 트랜지스터와 발광 소자의 양극을 접속하는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은, 보텀 이미션 구조를 갖는 표시 장치와 마찬가지로 수행한다. 그리고, 전극(1022)을 덮도록 제 3 층간 절연막(1037)을 형성한다. 이 절연막은 평탄화 기능을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막과 비슷한 재료를 사용하여 형성할 수 있고, 또는 다른 다양한 재료 중 임의의 것을 사용하여 형성할 수 있다.

[0467] 여기서는 발광 소자의 하부 전극들(1024R, 1024G, 및 1024B)의 각각이 애노드로서 기능하지만, 캐소드로서 기능하여도 좋다. 또한, 도 12의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같은 탑 이미션 구조를 갖는 표시 장치의 경우, 하부 전극(1024R, 1024G, 및 1024B)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. EL층(1028) 위에 상부 전극(1026)이 제공된다. 상부 전극(1026)은 광을 반사하는 기능 및 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 상부 전극(1026)과 하부 전극(1024R, 1024G, 및 1024B) 사이에 마이크로캐비티 구조를 사용하여, 특정한 파장의 광의 강도를 높이는 것이 바람직하다.

[0468] 도 12의 (A)에 도시된 바와 같은 탑 이미션 구조의 경우, 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 및 청색의 착색층(1034B))이 제공되어 있는 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 수행할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 차광층(1035)을 제공하여도 좋다. 또한, 밀봉 기관(1031)으로서는 투광성 기관이 바람직하게 사용된다.

[0469] 도 12의 (A)는 발광 소자들 및 상기 발광 소자들을 위한 착색층들을 제공하는 구조를 예시한 것이지만, 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 12의 (B)에 나타난 바와 같이, 적색의 착색층(1034R) 및 청색의 착색층(1034B)을 포함하고 녹색의 착색층을 포함하지 않는 구조를 채용하여, 적색, 녹색, 및 청색의 3가지 색으로 풀 컬러 표시를 구현하여도 좋다. 발광 소자들에 착색층들을 제공하는 도 12의 (A)에 도시된 구조는, 외광 반사를 억제하는 데 효과적이다. 한편, 발광 소자에 적색의 착색층 및 청색의 착색층을 제공하고 녹색의 착색층이 없는 도 12의 (B)에 도시된 구조는, 녹색의 발광 소자로부터 방출되는 광의 에너지 손실이 적기 때문에 소비전력을 저감하는 데 효과적이다.

[0470] <표시 장치의 구조에 4>

[0471] 위에서는 3가지 색(적색, 녹색, 및 청색)의 부화소를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명하였지만, 부화소의 색의 수는 4가지(적색, 녹색, 청색, 및 황색, 또는 적색, 녹색, 청색, 및 백색)이어도 좋다. 도 13의 (A) 및 (B), 도 14, 그리고 도 15의 (A) 및 (B)는 하부 전극(1024R, 1024G, 1024B, 및 1024Y)을 각각 포함하는 표시 장치들의 구조를 도시한 것이다. 도 13의 (A) 및 (B) 그리고 도 14의 각각은 트랜지스터가 형성되어 있는 기관(1001) 측으로부터 광을 추출하는 구조(보텀 이미션 구조)를 갖는 표시 장치를 도시한 것이고, 도 15의 (A) 및 (B)의 각각은 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조(탑 이미션 구조)를 갖는 표시 장치를 도시한 것이다.



- [0472] 도 13의 (A)는 광학 소자(착색층(1034R), 착색층(1034G), 착색층(1034B), 및 착색층(1034Y))가 투명 기재(1033)에 제공되어 있는 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 13의 (B)는 광학 소자(착색층(1034R), 착색층(1034G), 착색층(1034B), 및 착색층(1034Y))가 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공되어 있는 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 14는 광학 소자(착색층(1034R), 착색층(1034G), 착색층(1034B), 및 착색층(1034Y))가 제 1 층간 절연막(1020)과 제 2 층간 절연막(1021) 사이에 제공되어 있는 표시 장치의 예를 도시한 것이다.
- [0473] 착색층(1034R)은 적색의 광을 투과시키고, 착색층(1034G)은 녹색의 광을 투과시키고, 착색층(1034B)은 청색의 광을 투과시킨다. 착색층(1034Y)은 황색의 광을 투과시키거나, 또는 청색, 녹색, 황색, 및 적색 중에서 선택되는 복수의 색의 광을 투과시킨다. 착색층(1034Y)이 청색, 녹색, 황색, 및 적색 중에서 선택되는 복수의 색의 광을 투과시킬 수 있는 경우, 착색층(1034Y)을 통과한 광은 백색의 광이어도 좋다. 황색 또는 백색의 광을 투과시키는 발광 소자는 발광 효율이 높기 때문에, 착색층(1034Y)을 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0474] 도 15의 (A) 및 (B)에 도시된 톱 이미지션 표시 장치에서는, 하부 전극(1024Y)을 포함하는 발광 소자가 도 12의 (A)에 도시된 표시 장치와 같이, 상부 전극(1026)과 하부 전극(1024R, 1024G, 1024B, 및 1024Y) 사이에 마이크로캐비티 구조를 갖는 것이 바람직하다. 도 15의 (A)에 도시된 표시 장치에서는, 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B), 및 황색의 착색층(1034Y))이 제공되어 있는 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 수행할 수 있다.
- [0475] 마이크로캐비티 및 황색의 착색층(1034Y)을 통하여 방출되는 광은 황색의 영역에 발광 스펙트럼을 갖는다. 황색은 시감도가 높은 색이기 때문에, 황색의 광을 방출하는 발광 소자는 발광 효율이 높다. 그러므로, 도 15의 (A)의 표시 장치는 소비전력을 저감할 수 있다.
- [0476] 도 15의 (A)는 발광 소자들 및 상기 발광 소자들을 위한 착색층들을 제공하는 구조를 예시한 것이지만, 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 15의 (B)에 나타난 바와 같이, 적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 및 청색의 착색층(1034B)을 포함하고 황색의 착색층을 포함하지 않는 구조를 채용하여, 적색, 녹색, 청색, 및 황색, 또는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4가지 색으로 풀컬러 표시를 구현하여도 좋다. 발광 소자들에 착색층들을 제공하는 도 15의 (A)에 도시된 구조는, 외광 반사를 억제하는 데 효과적이다. 한편, 발광 소자에 적색의 착색층, 녹색의 착색층, 및 청색의 착색층을 제공하고 황색의 착색층이 없는 도 15의 (B)에 도시된 구조는, 황색 또는 백색의 발광 소자로부터 방출되는 광의 에너지 손실이 적기 때문에 소비전력을 저감하는 데 효과적이다.
- [0477] <표시 장치의 구조에 5>
- [0478] 다음으로, 본 발명의 다른 일 형태의 표시 장치에 대하여 도 16을 참조하여 설명한다. 도 16은 도 9의 (A)의 일점쇄선 A-B 및 일점쇄선 C-D를 따라 취한 단면도이다. 또한, 도 16에서 도 9의 (B)의 부분과 비슷한 기능을 갖는 부분에는 도 9의 (B)와 같은 부호를 부여하고, 그 부분에 대한 자세한 설명은 생략한다.
- [0479] 도 16의 표시 장치(600)는 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 영역(607)에, 밀봉층(607a), 밀봉층(607b), 및 밀봉층(607c)을 포함한다. 밀봉층(607a), 밀봉층(607b), 및 밀봉층(607c) 중 하나 이상에 PVC(polyvinyl chloride)계 수지, 아크릴계 수지, 폴리이미드계 수지, 에폭시계 수지, 실리콘계 수지, PVB(polyvinyl butyral)계 수지, 또는 EVA(ethylene vinyl acetate)계 수지 등의 수지를 사용할 수 있다. 또는, 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 질화 산화 실리콘, 질화 실리콘, 산화 알루미늄, 또는 질화 알루미늄 등의 무기 재료를 사용할 수 있다. 밀봉층(607a, 607b, 및 607c)을 형성하면, 물 등의 불순물로 인한 발광 소자(618)의 열화를 방지할 수 있으므로 바람직하다. 밀봉층(607a, 607b, 및 607c)을 형성하는 경우, 실재(605)를 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0480] 또는, 밀봉층들(607a, 607b, 및 607c) 중 어느 하나 또는 2개를 제공하여도 좋고, 4개 이상의 밀봉층을 형성하여도 좋다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 표시 장치(600) 외부에서 물 및 기타 불순물들이 표시 장치 내부에 있는 발광 소자(618)로 들어가는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 수지와 무기 재료를 적층하는 것이 바람직하다.
- [0481] <표시 장치의 구조에 6>
- [0482] 본 실시형태의 구조에 1 내지 구조에 4의 표시 장치 각각은 광학 소자를 포함하는 구조를 갖지만, 본 발명의 일

형태는 반드시 광학 소자를 포함할 필요는 없다.

- [0483] 도 17의 (A) 및 (B)의 각각은 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조를 갖는 표시 장치(톱 이미션 표시 장치)를 도시한 것이다. 도 17의 (A)는 발광층(1028R), 발광층(1028G), 및 발광층(1028B)을 포함하는 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 17의 (B)는 발광층(1028R), 발광층(1028G), 발광층(1028B), 및 발광층(1028Y)을 포함하는 표시 장치의 예를 도시한 것이다.
- [0484] 발광층(1028R)은 적색의 광을 나타내는 기능을 갖고, 발광층(1028G)은 녹색의 광을 나타내는 기능을 갖고, 발광층(1028B)은 청색의 광을 나타내는 기능을 갖는다. 발광층(1028Y)은 황색의 광을 나타내는 기능을 갖거나, 또는 청색, 녹색, 및 적색 중에서 선택되는 복수의 색의 광을 나타내는 기능을 갖는다. 발광층(1028Y)은 백색의 광을 나타내어도 좋다. 황색 또는 백색의 광을 나타내는 발광 소자는 발광 효율이 높기 때문에 발광층(1028Y)을 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0485] 도 17의 (A) 및 (B)의 각 표시 장치는, 상이한 색의 광을 나타내는 EL층이 부화소에 포함되기 때문에, 반드시 광학 소자로서 기능하는 착색층을 포함할 필요는 없다.
- [0486] 밀봉층(1029)에는 PVC(polyvinyl chloride)계 수지, 아크릴계 수지, 폴리이미드계 수지, 에폭시계 수지, 실리콘계 수지, PVB(polyvinyl butyral)계 수지, 또는 EVA(ethylene vinyl acetate)계 수지 등의 수지를 사용할 수 있다. 또는, 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 질화 산화 실리콘, 질화 실리콘, 산화 알루미늄, 또는 질화 알루미늄 등의 무기 재료를 사용할 수 있다. 밀봉층(1029)을 형성하면, 물 등의 불순물로 인한 발광 소자의 열화를 방지할 수 있으므로 바람직하다.
- [0487] 또는, 밀봉층(1029)은 단층 또는 2층 구조를 가져도 좋고, 또는 밀봉층(1029)으로서 4개 이상의 밀봉층을 형성하여도 좋다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 표시 장치 외부에서 물 등의 불순물이 표시 장치 내부로 들어가는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 수지와 무기 재료를 적층하는 것이 바람직하다.
- [0488] 또한, 밀봉 기관(1031)은 발광 소자를 보호하는 기능을 갖는다. 그러므로, 밀봉 기관(1031)에는 플렉시블 기관 또는 필름을 사용할 수 있다.
- [0489] 본 실시형태에 기재된 구조는 본 실시형태 및 다른 실시형태의 다른 구조들 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0490] (실시형태 5)
- [0491] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 장치에 대하여 도 18의 (A) 및 (B), 도 19의 (A) 및 (B), 그리고 도 20의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0492] 도 18의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 블록도이고, 도 18의 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치의 화소 회로를 도시한 회로도이다.
- [0493] <표시 장치에 대한 설명>
- [0494] 도 18의 (A)에 도시된 표시 장치는, 표시 소자의 화소들을 포함하는 영역(이후, 이 영역을 화소부(802)라고 함), 화소부(802) 외측에 제공되며 화소들을 구동시키기 위한 회로를 포함하는 회로부(이후, 이 부분을 구동 회로부(804)라고 함), 소자를 보호하는 기능을 갖는 회로(이후, 이 회로를 보호 회로(806)라고 함), 및 단자부(807)를 포함한다. 또한, 보호 회로(806)를 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0495] 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를, 화소부(802)가 형성되는 기관 위에 형성하면, 부품 수와 단자 수를 줄일 수 있으므로 바람직하다. 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를, 화소부(802)가 형성되는 기관 위에 형성하지 않는 경우, 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를 COG 또는 TAB(tape automated bonding)에 의하여 실장할 수 있다.
- [0496] 화소부(802)는,  $X$ 행( $X$ 는 2 이상의 자연수임)  $Y$ 열( $Y$ 는 2 이상의 자연수임)로 배치된 표시 소자들을 구동시키기 위한 복수의 회로(이후, 이러한 회로들을 화소 회로들(801)이라고 함)를 포함한다. 구동 회로부(804)는, 화소를 선택하기 위하여 신호(주사 신호)를 출력하기 위한 회로(이후, 이 회로를 주사선 구동 회로(804a)라고 함) 및 화소의 표시 소자를 구동시키기 위하여 신호(데이터 신호)를 공급하기 위한 회로(이후, 이 회로를 신호선 구동 회로(804b)라고 함) 등의 구동 회로를 포함한다.

- [0497] 주사선 구동 회로(804a)는 시프트 레지스터 등을 포함한다. 단자부(807)를 통하여, 주사선 구동 회로(804a)는 시프트 레지스터를 구동시키기 위한 신호를 받고 신호를 출력한다. 예를 들어, 주사선 구동 회로(804a)는, 스타트 펄스 신호 또는 클럭 신호 등을 받고, 펄스 신호를 출력한다. 주사선 구동 회로(804a)는, 주사 신호를 공급받는 배선들(이후, 이러한 배선들을 주사선들(GL<sub>1</sub> 내지 GL<sub>X</sub>)이라고 함)의 전위를 제어하는 기능을 갖는다. 또한, 주사선들(GL<sub>1</sub> 내지 GL<sub>X</sub>)을 개별적으로 제어하기 위하여, 복수의 주사선 구동 회로(804a)를 제공하여도 좋다. 또는, 주사선 구동 회로(804a)는, 초기화 신호를 공급하는 기능을 갖는다. 이에 한정되지 않고, 주사선 구동 회로(804a)는 다른 신호를 공급할 수 있다.
- [0498] 신호선 구동 회로(804b)는 시프트 레지스터 등을 포함한다. 신호선 구동 회로(804b)는, 단자부(807)를 통하여 시프트 레지스터를 구동시키기 위한 신호뿐만 아니라, 데이터 신호의 바탕이 되는 신호(영상 신호)를 받는다. 신호선 구동 회로(804b)는, 화소 회로(801)에 기록될, 영상 신호에 기초한 데이터 신호를 생성하는 기능을 갖는다. 또한, 신호선 구동 회로(804b)는, 스타트 펄스 신호 또는 클럭 신호 등의 입력에 의하여 생성되는 펄스 신호에 따라, 데이터 신호의 출력을 제어하는 기능을 갖는다. 또한, 신호선 구동 회로(804b)는, 데이터 신호를 공급받는 배선들(이후, 이러한 배선들을 데이터선들(DL<sub>1</sub> 내지 DL<sub>Y</sub>)이라고 함)의 전위를 제어하는 기능을 갖는다. 또는, 신호선 구동 회로(804b)는, 초기화 신호를 공급하는 기능을 갖는다. 이에 한정되지 않고, 신호선 구동 회로(804b)는 다른 신호를 공급할 수 있다.
- [0499] 신호선 구동 회로(804b)는 예를 들어, 복수의 아날로그 스위치 등을 포함한다. 신호선 구동 회로(804b)는, 복수의 아날로그 스위치를 순차적으로 온으로 함으로써, 영상 신호를 시분할하여 얻어지는 신호를, 데이터 신호로서 출력할 수 있다. 신호선 구동 회로(804b)는 시프트 레지스터 등을 포함하여도 좋다.
- [0500] 주사 신호를 공급받는 복수의 주사선(GL) 중 하나 및 데이터 신호를 공급받는 복수의 데이터선(DL) 중 하나를 통하여, 복수의 화소 회로(801) 각각에, 펄스 신호 및 데이터 신호가 각각 입력된다. 복수의 화소 회로(801) 각각에서의 데이터 신호의 기록 및 유지는, 주사선 구동 회로(804a)에 의하여 제어된다. 예를 들어,  $m$ 행  $n$ 열짜 ( $m$ 은  $X$  이하의 자연수이고,  $n$ 은  $Y$  이하의 자연수임)의 화소 회로(801)에는, 주사선(GL <sub>$m$</sub> )을 통하여 주사선 구동 회로(804a)로부터 펄스 신호가 입력되고, 주사선(GL <sub>$m$</sub> )의 전위에 따라 데이터선(DL <sub>$n$</sub> )을 통하여 신호선 구동 회로(804b)로부터 데이터 신호가 입력된다.
- [0501] 도 18의 (A)에 나타난 보호 회로(806)는, 예를 들어 주사선 구동 회로(804a)와 화소 회로(801) 사이의 주사선(GL)에 접속된다. 또는, 보호 회로(806)는, 신호선 구동 회로(804b)와 화소 회로(801) 사이의 데이터선(DL)에 접속된다. 또는, 보호 회로(806)는, 주사선 구동 회로(804a)와 단자부(807) 사이의 배선에 접속될 수 있다. 또는, 보호 회로(806)는, 신호선 구동 회로(804b)와 단자부(807) 사이의 배선에 접속될 수 있다. 또한, 단자부(807)는, 외부 회로로부터 표시 장치에 전력, 제어 신호, 및 영상 신호를 입력하기 위한 단자를 갖는 부분을 의미한다.
- [0502] 보호 회로(806)는, 이 보호 회로에 접속된 배선에 특정한 범위 외의 전위가 인가되었을 때에, 이 보호 회로에 접속된 해당 배선을 다른 배선에 전기적으로 접속시키는 회로이다.
- [0503] 도 18의 (A)에 도시된 바와 같이, 화소부(802) 및 구동 회로부(804)에 보호 회로(806)를 제공함으로써, ESD(electrostatic discharge) 등에 의하여 발생하는 과전류에 대한 표시 장치의 내성을 향상시킬 수 있다. 또한, 보호 회로(806)의 구성은 이에 한정되지 않고, 예를 들어 보호 회로(806)가 주사선 구동 회로(804a)에 접속된 구성 또는 보호 회로(806)가 신호선 구동 회로(804b)에 접속된 구성을 채용하여도 좋다. 또는, 보호 회로(806)는 단자부(807)에 접속되어도 좋다.
- [0504] 도 18의 (A)에 구동 회로부(804)가 주사선 구동 회로(804a) 및 신호선 구동 회로(804b)를 포함하는 예를 나타내었지만, 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 주사선 구동 회로(804a)만을 형성하여도 좋고, 신호선 구동 회로가 형성된 별도로 준비된 기관(예를 들어, 단결정 반도체막 또는 다결정 반도체막으로 형성된 구동 회로 기관)을 실장하여도 좋다.
- [0505] <화소 회로의 구조예>
- [0506] 도 18의 (A)에서의 복수의 화소 회로(801) 각각은 예를 들어 도 18의 (B)에 도시된 구조를 가질 수 있다.
- [0507] 도 18의 (B)에 도시된 화소 회로(801)는, 트랜지스터(852 및 854), 용량 소자(862), 및 발광 소자(872)를 포함한다.
- [0508] 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 한쪽은, 데이터 신호를 공급받는 배선(데이터선(DL <sub>$n$</sub> ))에 전기

적으로 접속된다. 트랜지스터(852)의 게이트 전극은, 게이트 신호를 공급받는 배선(주사선(GL<sub>lm</sub>))에 전기적으로 접속된다.

- [0509] 트랜지스터(852)는, 데이터 신호를 기록할지 여부를 제어하는 기능을 갖는다.
- [0510] 용량 소자(862)의 한 쌍의 전극 중 한쪽은 전위가 공급되는 배선(이후, 전위 공급선(VL<sub>a</sub>)이라고 함)에 전기적으로 접속되고, 다른 쪽은 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.
- [0511] 용량 소자(862)는 기록된 데이터를 저장하기 위한 유지 용량으로서 기능한다.
- [0512] 트랜지스터(854)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 한쪽은 전위 공급선(VL<sub>a</sub>)에 전기적으로 접속된다. 또한, 트랜지스터(854)의 게이트 전극은 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.
- [0513] 발광 소자(872)의 양극 및 음극 중 한쪽은 전위 공급선(VL<sub>b</sub>)에 전기적으로 접속되고, 다른 쪽은 트랜지스터(854)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.
- [0514] 발광 소자(872)로서는, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 기재된 발광 소자들 중 어느 것을 사용할 수 있다.
- [0515] 또한, 전위 공급선(VL<sub>a</sub>) 및 전위 공급선(VL<sub>b</sub>) 중 한쪽에는 고전원 전위(VDD)가 공급되고, 다른 쪽에는 저전원 전위(VSS)가 공급된다.
- [0516] 도 18의 (B)의 화소 회로(801)를 포함하는 표시 장치에서는 예를 들어, 도 18의 (A)의 주사선 구동 회로(804a)에 의하여 행마다 순차적으로 화소 회로(801)를 선택함으로써, 트랜지스터(852)를 온으로 하고 데이터 신호를 기록한다.
- [0517] 트랜지스터(852)가 오프가 되면, 데이터가 기록된 화소 회로(801)는 유지 상태가 된다. 또한, 트랜지스터(854)의 소스 전극과 드레인 전극 사이를 흐르는 전류량은, 기록된 데이터 신호의 전위에 따라 제어된다. 발광 소자(872)는 흐르는 전류량에 대응하는 휘도로 광을 방출한다. 이 동작을 행마다 순차적으로 수행함으로써, 화상이 표시된다.
- [0518] 또는, 화소 회로는 트랜지스터의 문턱 전압 등의 변동을 보정하는 기능을 가질 수 있다. 도 19의 (A) 및 (B) 그리고 도 20의 (A) 및 (B)는 화소 회로의 예를 도시한 것이다.
- [0519] 도 19의 (A)에 도시된 화소 회로는 6개의 트랜지스터(트랜지스터(303\_1 내지 303\_6)), 용량 소자(304), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 19의 (A)에 도시된 화소 회로는 배선(301\_1 내지 301\_5) 및 배선(302\_1 및 302\_2)에 전기적으로 접속되어 있다. 또한, 트랜지스터(303\_1 내지 303\_6)로서는 예를 들어, p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0520] 도 19의 (B)에 나타난 화소 회로는 도 19의 (A)에 나타난 화소 회로에 트랜지스터(303\_7)를 추가한 구성을 갖는다. 도 19의 (B)에 도시된 화소 회로는 배선(301\_6 및 301\_7)에 전기적으로 접속되어 있다. 배선들(301\_5 및 301\_6)은 전기적으로 서로 접속되어 있어도 좋다. 또한, 트랜지스터(303\_7)로서는 예를 들어, p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0521] 도 20의 (A)에 나타난 화소 회로는 6개의 트랜지스터(트랜지스터(308\_1 내지 308\_6)), 용량 소자(304), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 20의 (A)에 도시된 화소 회로는 배선(306\_1 내지 306\_3) 및 배선(307\_1 내지 307\_3)에 전기적으로 접속되어 있다. 배선들(306\_1 및 306\_3)은 전기적으로 서로 접속되어 있어도 좋다. 또한, 트랜지스터(308\_1 내지 308\_6)로서는 예를 들어, p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0522] 도 20의 (B)에 도시된 화소 회로는 2개의 트랜지스터(트랜지스터(309\_1 및 309\_2)), 2개의 용량 소자(용량 소자(304\_1 및 304\_2)), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 20의 (B)에 도시된 화소 회로는 배선(311\_1 내지 311\_3) 및 배선(312\_1 및 312\_2)에 전기적으로 접속되어 있다. 도 20의 (B)에 도시된 화소 회로의 구성에 의하여, 화소 회로를 전압 입력 전류 구동 방식(CVCC라고도 함)에 의하여 구동시킬 수 있다. 또한, 트랜지스터(309\_1 및 309\_2)로서는 예를 들어, p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0523] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는, 표시 장치의 화소에 능동 소자가 포함되는 액티브 매트릭스 방식 또는 표시 장치의 화소에 능동 소자가 포함되지 않는 패시브 매트릭스 방식에 사용될 수 있다.
- [0524] 액티브 매트릭스 방식에서는 능동 소자(비선형 소자)로서, 트랜지스터뿐만 아니라 다양한 능동 소자(비선형 소자)를 사용할 수 있다. 예를 들어, MIM(metal insulator metal) 또는 TFD(thin film diode) 등을 사용할 수도



있다. 이들 소자는 적은 제작 단계 수로 형성될 수 있기 때문에, 제작 비용을 삭감할 수 있거나 또는 수율을 향상시킬 수 있다. 또는, 이들 소자의 크기는 작기 때문에, 개구율을 향상시킬 수 있어, 소비전력을 저감할 수 있고 고휘도화를 달성할 수 있다.

- [0525] 액티브 매트릭스 방식 외의 방식으로, 능동 소자(비선형 소자)를 사용하지 않는 패시브 매트릭스 방식을 사용할 수도 있다. 능동 소자(비선형 소자)를 사용하지 않기 때문에, 제작 단계 수가 적고, 제작 비용을 삭감할 수 있거나 또는 수율을 향상시킬 수 있다. 또는, 능동 소자(비선형 소자)를 사용하지 않기 때문에, 개구율을 향상시킬 수 있어, 예를 들어 소비전력을 저감할 수 있거나 또는 고휘도화를 달성할 수 있다.
- [0526] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0527] (실시형태 6)
- [0528] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 장치, 및 상기 표시 장치에 입력 장치가 제공된 전자 기기에 대하여 도 21의 (A) 및 (B), 도 22의 (A) 내지 (C), 도 23의 (A) 및 (B), 도 24의 (A) 및 (B), 그리고 도 25를 참조하여 설명한다.
- [0529] <터치 패널의 설명 1>
- [0530] 본 실시형태에서는 전자 기기의 예로서 표시 장치와 입력 장치를 포함하는 터치 패널(2000)에 대하여 설명한다. 또한, 입력 장치로서 터치 센서가 포함되는 예에 대하여 설명한다.
- [0531] 도 21의 (A) 및 (B)는 터치 패널(2000)의 사시도이다. 또한, 간략화를 위하여 도 21의 (A) 및 (B)에는 터치 패널(2000)의 주된 구성 요소만을 도시하였다.
- [0532] 터치 패널(2000)은 표시 장치(2501) 및 터치 센서(2595)를 포함한다(도 21의 (B) 참조). 또한, 터치 패널(2000)은 기관(2510), 기관(2570), 및 기관(2590)을 포함한다. 기관(2510), 기관(2570), 및 기관(2590)의 각각은 가요성을 갖는다. 또한, 기관들(2510, 2570, 및 2590) 중 하나 또는 모두가 가요성을 갖지 않아도 된다.
- [0533] 표시 장치(2501)는 기관(2510) 위의 복수의 화소, 및 화소들에 신호를 공급하는 복수의 배선(2511)을 포함한다. 복수의 배선(2511)은 기관(2510)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2511)의 일부가 단자(2519)를 형성한다. 단자(2519)는 FPC(2509(1))에 전기적으로 접속된다. 복수의 배선(2511)은 신호선 구동 회로(2503s(1))로부터의 신호를 복수의 화소에 공급할 수 있다.
- [0534] 기관(2590)은 터치 센서(2595), 및 터치 센서(2595)에 전기적으로 접속된 복수의 배선(2598)을 포함한다. 복수의 배선(2598)은 기관(2590)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2598)의 일부는 단자를 형성한다. 단자는 FPC(2509(2))에 전기적으로 접속된다. 또한, 도 21의 (B)에서는 명료화를 위하여, 기관(2590)의 후면 측(기관(2510)과 마주 보는 쪽)에 제공되는 터치 센서(2595)의 전극 및 배선 등을 실선으로 나타내었다.
- [0535] 터치 센서(2595)로서 정전 용량 터치 센서를 사용할 수 있다. 정전 용량 터치 센서의 예에는, 표면형 정전 용량 터치 센서 및 투영형 정전 용량 터치 센서가 있다.
- [0536] 투영형 정전 용량 터치 센서의 예로서는, 주로 구동 방법에 차이가 있는 자기 용량 터치 센서와 상호 용량 터치 센서가 있다. 상호 용량 터치 센서를 사용하면, 여러 지점을 동시에 검지할 수 있게 되므로 바람직하다.
- [0537] 또한, 도 21의 (B)에 도시된 터치 센서(2595)는 투영형 정전 용량 터치 센서를 사용한 예이다.
- [0538] 또한, 터치 센서(2595)로서는, 손가락 등 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있는 다양한 센서를 사용할 수 있다.
- [0539] 투영형 정전 용량 터치 센서(2595)는 전극(2591) 및 전극(2592)을 포함한다. 전극(2591)은 복수의 배선(2598) 중 어느 것에 전기적으로 접속되고, 전극(2592)은 복수의 배선(2598) 중 다른 어느 것에 전기적으로 접속된다.
- [0540] 전극들(2592)의 각각은 도 21의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같이, 사변형의 한 모서리가 다른 사변형의 한 모서리에 연결되어 있는, 복수의 사변형이 하나의 방향으로 배열된 형상을 갖는다.
- [0541] 전극들(2591)의 각각은 사변형의 형상을 갖고, 전극(2592)이 연장되는 방향과 교차되는 방향으로 배열된다.
- [0542] 배선(2594)은 전극(2592)이 사이에 위치하는 2개의 전극(2591)을 전기적으로 접속시킨다. 전극(2592)과 배선(2594)이 교차하는 면적은 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 전극이 제공되지 않은 영역의 면적을 축소할 수 있어, 투과율의 편차를 저감할 수 있다. 그 결과, 터치 센서(2595)를 통과하는 광의 휘

도 편차를 저감할 수 있다.

- [0543] 또한, 전극(2591) 및 전극(2592)의 형상은 이에 한정되지 않고 다양한 형상 중 임의의 것으로 할 수 있다. 예를 들어, 복수의 전극(2591)을, 전극들(2591) 사이의 틈이 가능한 한 작아지도록 배치하고, 절연층을 개재하여 전극(2592)을, 전극(2591)과 중첩되지 않는 영역이 형성되도록 전극(2591)으로부터 이격하여 제공한 구조를 채용하여도 좋다. 이 경우, 인접한 2개의 전극(2592) 사이에, 이들 전극과 전기적으로 절연된 더미 전극을 제공하면 투과율이 상이한 영역의 면적을 축소할 수 있으므로 바람직하다.
- [0544] <표시 장치의 설명>
- [0545] 다음으로, 표시 장치(2501)에 대하여 도 22의 (A)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 22의 (A)는 도 21의 (B)의 일점쇄선 X1-X2를 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0546] 표시 장치(2501)는 매트릭스로 배열된 복수의 화소를 포함한다. 화소들의 각각은 표시 소자와, 표시 소자를 구동하는 화소 회로를 포함한다.
- [0547] 아래의 설명에서는, 백색의 광을 방출하는 발광 소자를 표시 소자로서 사용하는 예에 대하여 설명하지만, 표시 소자는 이러한 소자에 한정되지 않는다. 예를 들어, 인접한 화소에서 상이한 색의 광이 방출될 수 있도록, 상이한 색의 광을 방출하는 발광 소자를 포함하여도 좋다.
- [0548] 기관(2510) 및 기관(2570)에는 예를 들어, 투습성이  $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$  이하, 바람직하게는  $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$  이하인 플렉시블 재료를 바람직하게 사용할 수 있다. 또는, 기관(2510) 및 기관(2570)에는 열 팽창 계수가 서로 실질적으로 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 재료의 선팽창률은 바람직하게는  $1 \times 10^{-3} / \text{K}$  이하이고, 더 바람직하게는  $5 \times 10^{-5} / \text{K}$  이하이고, 더욱 바람직하게는  $1 \times 10^{-5} / \text{K}$  이하이다.
- [0549] 또한, 기관(2510)은 발광 소자로의 불순물 확산을 방지하는 절연층(2510a), 플렉시블 기관(2510b), 및 절연층(2510a)과 플렉시블 기관(2510b)을 서로 접합하는 접착층(2510c)을 포함하는 적층체이다. 기관(2570)은 발광 소자로의 불순물 확산을 방지하는 절연층(2570a), 플렉시블 기관(2570b), 및 절연층(2570a)과 플렉시블 기관(2570b)을 서로 접합하는 접착층(2570c)을 포함하는 적층체이다.
- [0550] 접착층(2510c) 및 접착층(2570c)에는 예를 들어, 폴리에스터, 폴리올레핀, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론, 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트, 또는 아크릴 수지, 폴리우레탄, 또는 에폭시 수지를 사용할 수 있다. 또는, 실리콘(silicone) 등의 실록산 결합을 갖는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.
- [0551] 기관(2510)과 기관(2570) 사이에는 밀봉층(2560)이 제공된다. 밀봉층(2560)은 굴절률이 대기보다 높은 것이 바람직하다. 도 22의 (A)에 도시된 바와 같이, 광이 밀봉층(2560) 측으로 추출되는 경우에는 밀봉층(2560)은 광학 접착층으로서도 기능할 수 있다.
- [0552] 밀봉층(2560)의 외주부에 실재를 형성하여도 좋다. 실재를 사용함으로써, 기관(2510), 기관(2570), 밀봉층(2560), 및 실재로 둘러싸인 영역에 발광 소자(2550R)를 제공할 수 있다. 또한, 밀봉층(2560) 대신에 불활성 가스(질소 및 아르곤 등)를 사용하여도 좋다. 불활성 가스 내에 건조제를 제공하여, 수분 등을 흡착시켜도 좋다. 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지를 사용하여도 좋다. 실재로서는 에폭시계 수지 또는 유리 프리트(glass frit)를 사용하는 것이 바람직하다. 실재에 사용하는 재료로서는 수분 및 산소를 투과시키지 않는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0553] 표시 장치(2501)는 화소(2502R)를 포함한다. 화소(2502R)는 발광 모듈(2580R)을 포함한다.
- [0554] 화소(2502R)는 발광 소자(2550R), 및 발광 소자(2550R)에 전력을 공급할 수 있는 트랜지스터(2502t)를 포함한다. 또한, 트랜지스터(2502t)는 화소 회로의 일부로서 기능한다. 발광 모듈(2580R)은 발광 소자(2550R) 및 착색층(2567R)을 포함한다.
- [0555] 발광 소자(2550R)는 하부 전극, 상부 전극, 및 하부 전극과 상부 전극 사이의 EL층을 포함한다. 발광 소자(2550R)로서는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 기재된 발광 소자 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0556] 하부 전극과 상부 전극 사이에 마이크로캐비티 구조를 채용하여 특정한 파장의 광의 강도를 높여도 좋다.
- [0557] 밀봉층(2560)이 광 추출 측에 제공되는 경우, 밀봉층(2560)은 발광 소자(2550R) 및 착색층(2567R)과 접촉된다.
- [0558] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩되는 영역에 위치한다. 따라서, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광



의 일부는 착색층(2567R)을 통과하여 도면에서 화살표로 나타낸 바와 같이 발광 모듈(2580R)의 외부로 방출된다.

- [0559] 표시 장치(2501)는 광 추출 측에 차광층(2567BM)을 포함한다. 차광층(2567BM)은 착색층(2567R)을 둘러싸도록 제공되어 있다.
- [0560] 착색층(2567R)은 특정 파장 영역의 광을 투과시키는 기능을 갖는 착색층이다. 예를 들어, 적색 파장 영역의 광을 투과시키는 컬러 필터, 녹색 파장 영역의 광을 투과시키는 컬러 필터, 청색 파장 영역의 광을 투과시키는 컬러 필터, 또는 황색 파장 영역의 광을 투과시키는 컬러 필터 등을 사용할 수 있다. 각 컬러 필터는 다양한 재료 중 임의의 것을 사용하여 인쇄법, 잉크젯법, 또는 포토리소그래피 기술을 사용한 에칭법 등에 의하여 형성할 수 있다.
- [0561] 표시 장치(2501)에는 절연층(2521)이 제공된다. 절연층(2521)은 트랜지스터(2502t)를 덮는다. 또한, 절연층(2521)은 화소 회로에 기인한 요철을 덮는 기능을 갖는다. 절연층(2521)은 불순물 확산을 억제하는 기능을 가져도 좋다. 이에 의하여 불순물 확산에 의하여 트랜지스터(2502t) 등의 신뢰성이 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0562] 발광 소자(2550R)는 절연층(2521) 위에 형성된다. 발광 소자(2550R)의 하부 전극의 단부와 중첩되도록 칸막이(2528)가 제공된다. 또한, 기판(2510)과 기판(2570) 사이의 간격을 제어하는 스페이서를 칸막이(2528) 위에 형성하여도 좋다.
- [0563] 주사전 구동 회로(2503g(1))는 트랜지스터(2503t) 및 용량 소자(2503c)를 포함한다. 또한, 구동 회로를 화소 회로와 같은 공정에서 같은 기판 위에 형성할 수 있다.
- [0564] 기판(2510) 위에는 신호를 공급할 수 있는 배선(2511)이 제공된다. 배선(2511) 위에는 단자(2519)가 제공된다. 단자(2519)에는 FPC(2509(1))가 전기적으로 접속된다. FPC(2509(1))는 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 또는 리셋 신호 등을 공급하는 기능을 갖는다. 또한, FPC(2509(1))에는 PWB가 제공되어도 좋다.
- [0565] 표시 장치(2501)에는 다양한 구조 중 임의의 것의 트랜지스터를 사용할 수 있다. 도 22의 (A)는 보텀 게이트 트랜지스터를 사용하는 예를 도시한 것이지만 본 발명은 이 예에 한정되지 않고, 도 22의 (B)에 도시된 바와 같이 톱 게이트 트랜지스터를 표시 장치(2501)에 사용하여도 좋다.
- [0566] 또한, 트랜지스터(2502t) 및 트랜지스터(2503t)의 극성에 대한 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 이들 트랜지스터에는 n채널 및 p채널 트랜지스터를 사용하여도 좋고, n채널 트랜지스터 또는 p채널 트랜지스터 중 어느 한쪽을 사용하여도 좋다. 또한, 트랜지스터(2502t 및 2503t)에 사용되는 반도체막의 결정성에 대한 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 비정질 반도체막 또는 결정성 반도체막을 사용하여도 좋다. 반도체 재료의 예에는 14족 반도체(예를 들어, 실리콘을 포함하는 반도체), 화합물 반도체(산화물 반도체를 포함함), 및 유기 반도체 등이 포함된다. 트랜지스터들(2502t 및 2503t) 중 하나 또는 양쪽 모두에 에너지 갭이 2eV 이상, 바람직하게는 2.5eV 이상, 더 바람직하게는 3eV 이상인 산화물 반도체를 사용하는 것이 바람직하고, 이로써 트랜지스터의 오프 상태 전류를 저감할 수 있다. 산화물 반도체의 예에는 In-Ga 산화물 및 In-M-Zn 산화물(M은 Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, Sn, Hf, 또는 Nd를 나타냄) 등이 포함된다.
- [0567] <터치 센서의 설명>
- [0568] 다음으로, 터치 센서(2595)에 대하여 도 22의 (C)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 22의 (C)는 도 21의 (B)의 일점쇄선 X3-X4를 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0569] 터치 센서(2595)는 기판(2590) 상에 스테거 패턴으로 제공된 전극(2591) 및 전극(2592), 전극(2591) 및 전극(2592)을 덮는 절연층(2593), 및 인접한 전극들(2591)을 전기적으로 서로 접속시키는 배선(2594)을 포함한다.
- [0570] 전극(2591) 및 전극(2592)은 투광성 도전 재료를 사용하여 형성된다. 투광성 도전 재료로서는 산화 인듐, 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물, 산화 아연, 또는 갈륨이 첨가된 산화 아연 등의 도전성 산화물을 사용할 수 있다. 또한, 그래핀을 포함하는 막을 사용할 수도 있다. 그래핀을 포함하는 막은 예를 들어, 산화 그래핀을 포함하는 막을 환원하여 형성할 수 있다. 환원 방법으로는, 가열 등의 방법을 채용할 수 있다.
- [0571] 전극(2591) 및 전극(2592)은 예를 들어, 스퍼터링법에 의하여 기판(2590)에 투광성 도전 재료를 퇴적한 다음, 포토리소그래피 등 다양한 패턴 형성 기술 중 임의의 것에 의하여 불필요한 부분을 제거함으로써 형성할 수 있다.

- [0572] 절연층(2593)의 재료의 예에는, 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지, 실록산 결합을 갖는 수지, 및 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 또는 산화 알루미늄 등의 무기 절연 재료가 있다.
- [0573] 전극(2591)에 도달하는 개구가 절연층(2593)에 형성되고, 배선(2594)은 인접한 전극들(2591)을 전기적으로 접속시킨다. 투광성 도전 재료는 터치 패널의 개구율을 높일 수 있으므로 배선(2594)으로서 적합하게 사용할 수 있다. 또한, 전기 저항을 저감할 수 있기 때문에, 배선(2594)에는 전극(2591 및 2592)의 도전성보다 도전성이 높은 재료를 적합하게 사용할 수 있다.
- [0574] 하나의 전극(2592)이 한 방향으로 연장되고, 복수의 전극(2592)이 스트라이프 형상으로 제공된다. 배선(2594)은 전극(2592)과 교차한다.
- [0575] 인접한 전극들(2591)이 하나의 전극(2592)을 사이에 개재하여 제공된다. 배선(2594)은 인접한 전극들(2591)을 전기적으로 접속시킨다.
- [0576] 또한, 복수의 전극(2591)은 반드시 하나의 전극(2592)과 직교하는 방향으로 배치될 필요는 없고, 0도보다 크고 90도 미만의 각도로 하나의 전극(2592)과 교차하도록 배치되어도 좋다.
- [0577] 배선(2598)은 전극들(2591 및 2592) 중 한쪽에 전기적으로 접속된다. 배선(2598)의 일부는 단자로서 기능한다. 배선(2598)에는 알루미늄, 금, 백금, 은, 니켈, 타이타늄, 텅스텐, 크로뮴, 폴리브테늄, 철, 코발트, 구리, 또는 팔라듐 등의 금속 재료 또는 이들 금속 재료 중 어느 것을 포함하는 합금 재료를 사용할 수 있다.
- [0578] 또한, 절연층(2593) 및 배선(2594)을 덮는 절연층을 제공하여 터치 센서(2595)를 보호하여도 좋다.
- [0579] 배선(2598)과 FPC(2509(2))는 접속층(2599)에 의하여 전기적으로 접속된다.
- [0580] 접속층(2599)으로서, 이방성 도전 필름(ACF: anisotropic conductive film) 또는 이방성 도전 페이스트(ACP: anisotropic conductive paste) 등 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0581] <터치 패널의 설명 2>
- [0582] 다음으로, 터치 패널(2000)에 대하여 도 23의 (A)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 23의 (A)는 도 21의 (A)의 일점쇄선 X5-X6을 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0583] 도 23의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)에서는, 도 22의 (A)를 참조하여 설명한 표시 장치(2501)와 도 22의 (C)를 참조하여 설명한 터치 센서(2595)가 서로 접합되어 있다.
- [0584] 도 23의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)은 도 22의 (A) 및 (C)를 참조하여 설명한 구성 요소에 더하여 접착층(2597) 및 반사 방지층(2567p)을 포함한다.
- [0585] 접착층(2597)은 배선(2594)과 접촉하여 제공된다. 또한, 접착층(2597)에 의하여 기관(2590)이 기관(2570)에 접합되어, 터치 센서(2595)가 표시 장치(2501)와 중첩되어 있다. 접착층(2597)은 투광성을 갖는 것이 바람직하다. 접착층(2597)에는 열 경화 수지 또는 자외선 경화 수지를 사용할 수 있다. 예를 들어, 아크릴 수지, 우레탄계 수지, 에폭시계 수지, 또는 실록산계 수지를 사용할 수 있다.
- [0586] 반사 방지층(2567p)은 화소와 중첩되는 영역에 배치된다. 반사 방지층(2567p)으로서, 예를 들어 원편광판을 사용할 수 있다.
- [0587] 다음으로, 도 23의 (A)에 도시된 구조와 다른 구조를 갖는 터치 패널에 대하여 도 23의 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0588] 도 23의 (B)는 터치 패널(2001)의 단면도이다. 도 23의 (B)에 도시된 터치 패널(2001)은 표시 장치(2501)에 대한 터치 센서(2595)의 위치가, 도 23의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)과 다르다. 아래에서는 상이한 부분에 대하여 자세히 설명하고, 그 외의 비슷한 부분에 대해서는 상술한 터치 패널(2000)의 설명을 참조한다.
- [0589] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩되는 영역에 배치된다. 도 23의 (B)에 도시된 발광 소자(2550R)는 트랜지스터(2502t)가 제공되어 있는 측으로 광을 방출한다. 따라서, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광의 일부는 착색층(2567R)을 통과하여, 도 23의 (B)에서 화살표로 나타낸 바와 같이 발광 모듈(2580R)의 외부로 방출된다.
- [0590] 터치 센서(2595)는 표시 장치(2501)의 기관(2510) 측에 제공된다.

- [0591] 접착층(2597)은 기관(2510)과 기관(2590) 사이에 제공되며, 터치 센서(2595)를 표시 장치(2501)에 접합시킨다.
- [0592] 도 23의 (A) 또는 (B)에 도시된 바와 같이, 광은 발광 소자로부터 기관(2510) 및 기관(2570) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 방출되어도 좋다.
- [0593] <터치 패널의 구동 방법의 설명>
- [0594] 다음으로, 터치 패널의 구동 방법의 예에 대하여 도 24의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0595] 도 24의 (A)는 상호 용량 터치 센서의 구조를 도시한 블록도이다. 도 24의 (A)에는 펄스 전압 출력 회로(2601) 및 전류 검지 회로(2602)를 도시하였다. 또한, 도 24의 (A)에서, 6개의 배선(X1 내지 X6)은 펄스 전압이 인가되는 전극(2621)을 나타내고, 6개의 배선(Y1 내지 Y6)은 전류의 변화를 검출하는 전극(2622)을 나타낸다. 도 24의 (A)에는 전극들(2621 및 2622)이 서로 중첩되는 영역에 각각 형성되는 용량 소자(2603)도 도시하였다. 또한, 전극들(2621 및 2622)의 기능은 치환이 가능하다.
- [0596] 펄스 전압 출력 회로(2601)는 배선들(X1 내지 X6)에 펄스 전압을 순차적으로 인가하기 위한 회로이다. 배선(X1 내지 X6)에 펄스 전압이 인가됨으로써 용량 소자(2603)의 전극들(2621 및 2622) 사이에 전계가 발생된다. 이 전극들 사이의 전계가 차폐될 때, 예를 들어 용량 소자(2603)의 상호 용량에서 변화가 일어난다. 이 변화를 이용하여, 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0597] 전류 검지 회로(2602)는, 용량 소자(2603)에서의 상호 용량의 변화에 의하여 일어나는 배선(Y1 내지 Y6)을 통하여 흐르는 전류의 변화를 검출하기 위한 회로이다. 검지 대상의 근접 또는 접촉이 없으면 배선(Y1 내지 Y6)에서 전류 값의 변화가 검출되지 않지만, 검지 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 상호 용량이 감소되면 전류 값의 감소가 검출된다. 또한, 전류 값의 검지에는 적분 회로 등을 사용한다.
- [0598] 도 24의 (B)는 도 24의 (A)에 도시된 상호 용량 터치 센서에서의 입출력 파형을 나타낸 타이밍 차트이다. 도 24의 (B)에서는 1프레임 기간에 모든 행렬에서 검지 대상의 검지가 수행된다. 도 24의 (B)는 검지 대상이 검지되지 않는 기간(비(非)터치) 및 검지 대상이 검지되는 기간(터치)을 나타낸 것이다. 도 24의 (B)에서는, 검지된 배선(Y1 내지 Y6)의 전류 값을 전압 값의 파형으로서 나타내었다.
- [0599] 배선들(X1 내지 X6)에는 펄스 전압이 순차적으로 인가되고, 이 펄스 전압에 따라 배선들(Y1 내지 Y6)의 파형이 변화된다. 검지 대상의 근접 또는 접촉이 없는 경우에는 배선(X1 내지 X6)의 전압의 변화에 따라 배선(Y1 내지 Y6)의 파형이 한결같이 변화된다. 검지 대상이 근접 또는 접촉되는 부분에서는 전류 값이 감소되기 때문에 전압 값의 파형이 변화된다.
- [0600] 이런 식으로 상호 용량의 변화를 검출함으로써 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0601] <센서 회로의 설명>
- [0602] 도 24의 (A)에는 터치 센서로서 배선들의 교차부에 용량 소자(2603)만을 제공하는 패시브 매트릭스형 터치 센서를 도시하였지만, 트랜지스터 및 용량 소자를 포함하는 액티브 매트릭스형 터치 센서를 사용하여도 좋다. 도 25는 액티브 매트릭스형 터치 센서에 포함되는 센서 회로의 예를 도시한 것이다.
- [0603] 도 25의 센서 회로는 용량 소자(2603) 및 트랜지스터(2611, 2612, 및 2613)를 포함한다.
- [0604] 트랜지스터(2613)의 게이트에는 신호(G2)가 입력된다. 트랜지스터(2613)의 소스 및 드레인 중 한쪽에는 전압(VRES)이 인가되고, 트랜지스터(2613)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에는 용량 소자(2603)의 한쪽 전극 및 트랜지스터(2611)의 게이트가 전기적으로 접속된다. 트랜지스터(2611)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 트랜지스터(2612)의 소스 및 드레인 중 한쪽에 전기적으로 접속되고, 트랜지스터(2611)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에는 전압(VSS)이 인가된다. 트랜지스터(2612)의 게이트에는 신호(G1)가 입력되고, 트랜지스터(2612)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에는 배선(ML)이 전기적으로 접속된다. 용량 소자(2603)의 다른 쪽 전극에는 전압(VSS)이 인가된다.
- [0605] 다음으로, 도 25의 센서 회로의 동작에 대하여 설명한다. 먼저, 트랜지스터(2613)를 온으로 하는 전위가 신호(G2)로서 공급됨으로써, 전압(VRES)에 대응하는 전위가 트랜지스터(2611)의 게이트에 접속되는 노드(n)에 인가된다. 그리고, 트랜지스터(2613)를 오프로 하는 전위가 신호(G2)로서 인가됨으로써, 노드(n)의 전위가 유지된다.
- [0606] 그리고, 손가락 등 검지 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 용량 소자(2603)의 상호 용량이 변화됨에 따라 노드

(n)의 전위가 VRES에서 변화된다.

- [0607] 관독 동작에서, 트랜지스터(2612)를 온으로 하는 전위를 신호(G1)로서 공급한다. 노드(n)의 전위에 따라 트랜지스터(2611)를 흐르는 전류, 즉 배선(ML)을 흐르는 전류가 변화된다. 이 전류를 검지함으로써 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0608] 트랜지스터들(2611, 2612, 및 2613)의 각각에는 채널 영역이 형성되는 반도체층으로서 산화물 반도체층을 사용하는 것이 바람직하다. 특히 트랜지스터(2613)로서 이러한 트랜지스터를 사용하면, 노드(n)의 전위가 오랫동안 유지될 수 있고 노드(n)에 VRES를 다시 공급하는 동작(리프레시 동작)의 빈도를 줄일 수 있으므로 바람직하다.
- [0609] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0610] (실시형태 7)
- [0611] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 모듈 및 전자 기기에 대하여 도 26, 도 27의 (A) 내지 (G), 도 28의 (A) 내지 (D), 그리고 도 29의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0612] <표시 모듈의 설명>
- [0613] 도 26의 표시 모듈(8000)에서, 상부 커버(8001)와 하부 커버(8002) 사이에, FPC(8003)에 접속된 터치 센서(8004), FPC(8005)에 접속된 표시 장치(8006), 프레임(8009), 인쇄 배선판(8010), 및 배터리(8011)가 제공되어 있다.
- [0614] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 예를 들어, 표시 장치(8006)에 사용될 수 있다.
- [0615] 상부 커버(8001) 및 하부 커버(8002)의 형상 및 크기는, 터치 센서(8004) 및 표시 장치(8006)의 크기에 따라 적절히 변경될 수 있다.
- [0616] 터치 센서(8004)는, 저항막 방식 터치 센서 또는 정전 용량 방식 터치 센서일 수 있고, 표시 장치(8006)와 중첩하여 형성되어도 좋다. 표시 장치(8006)의 대향 기관(밀봉 기관)은 터치 센서 기능을 가질 수 있다. 광학식 터치 센서가 얻어지도록 표시 장치(8006)의 각 화소에 포토센서를 제공하여도 좋다.
- [0617] 프레임(8009)은 표시 장치(8006)를 보호하고, 또한 인쇄 배선판(8010)의 동작에 의하여 발생되는 전자기파를 차단하기 위한 전자기 실드로서도 기능한다. 프레임(8009)은 방열판(radiator plate)으로서 기능하여도 좋다.
- [0618] 인쇄 배선판(8010)은 전원 회로와, 비디오 신호 및 클럭 신호를 출력하기 위한 신호 처리 회로를 갖는다. 전원 회로에 전력을 공급하기 위한 전원으로서, 외부 상용 전원 또는 별도로 제공된 배터리(8011)를 사용하여도 좋다. 배터리(8011)는 상용 전원을 사용하는 경우에는 생략할 수 있다.
- [0619] 표시 모듈(8000)에, 편광판, 위상차판, 또는 프리즘 시트 등의 부재를 추가적으로 제공할 수 있다.
- [0620] <전자 기기의 설명>
- [0621] 도 27의 (A) 내지 (G)는 전자 기기를 도시한 것이다. 전자 기기는 하우징(9000), 표시부(9001), 스피커(9003), 조작 키(9005)(전원 스위치 또는 조작 스위치를 포함함), 접속 단자(9006), 센서(9007)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 소리, 시간, 경도, 전계, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 기울기, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정 또는 검지하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰(9008) 등을 포함할 수 있다. 또한, 센서(9007)는 맥박 센서 및 지문 센서와 같이 생체 정보를 측정하는 기능을 가져도 좋다.
- [0622] 도 27의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기는, 예를 들어 다양한 데이터(정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상 등)를 표시부에 표시하는 기능, 터치 센서 기능, 달력, 날짜, 및 시간 등을 표시하는 기능, 다양한 소프트웨어(프로그램)로 처리를 제어하는 기능, 무선 통신 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 컴퓨터 네트워크에 접속되는 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 데이터를 송수신하는 기능, 및 기억 매체에 저장된 프로그램 또는 데이터를 관독하고 표시부에 프로그램 또는 데이터를 표시하는 기능 등의 다양한 기능을 가질 수 있다. 또한, 도 27의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기에 제공될 수 있는 기능은 상술한 것에 한정되지 않고, 전자 기기는 다양한 기능을 가질 수 있다. 도 27의 (A) 내지 (G)에 도시되어 있지 않지만, 전자 기기는 복수의 표시부를 포함하여도 좋다. 전자 기기는 카메라 등을 가져도 좋고, 정지 화상을 촬영하는 기능, 동영상을 촬영하는 기능, 촬영한 화상을 기억 매체(외부 기억 매체 또는 카메라에 포함되는 기억 매체)에 저장하는 기능, 또는 촬영한 화상을 표시부에 표시하는 기능 등을 가져도 좋다.



- [0623] 도 27의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기에 대하여 아래에서 자세히 설명한다.
- [0624] 도 27의 (A)는 휴대 정보 단말기(9100)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9100)의 표시부(9001)는 플렉시블하다. 그러므로, 구부러진 하우징(9000)의 곡면을 따라 표시부(9001)를 제공할 수 있다. 또한, 표시부(9001)는 터치 센서를 포함하고, 손가락 또는 스타일러스 등으로 화면을 터치함으로써 조작을 수행할 수 있다. 예를 들어, 표시부(9001)에 표시된 아이콘을 터치하여 애플리케이션을 기동할 수 있다.
- [0625] 도 27의 (B)는 휴대 정보 단말기(9101)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9101)는 예를 들어, 전화기, 노트, 및 정보 열람 시스템 중 하나 이상으로서 기능한다. 구체적으로, 휴대 정보 단말기는 스마트폰으로서 사용할 수 있다. 또한, 도 27의 (B)에 도시되지 않은 스피커(9003), 접속 단자(9006), 및 센서(9007) 등을, 도 27의 (A)에 나타난 휴대 정보 단말기(9100)와 같이 휴대 정보 단말기(9101)에 배치할 수 있다. 휴대 정보 단말기(9101)는 문자 및 화상 정보를 그 복수의 면에 표시할 수 있다. 예를 들어, 3개의 조작 버튼(9050)(조작 아이콘 또는 간단하게 아이콘이라고도 함)을 표시부(9001)의 하나의 면에 표시할 수 있다. 또한, 파선의 직사각형으로 나타난 정보(9051)를 표시부(9001)의 다른 면에 표시할 수 있다. 정보(9051)의 예에는, 이메일, SNS(social networking service) 메시지, 및 전화 등의 수신을 알리는 표시; 이메일 및 SNS 메시지의 제목 및 송신자; 날짜; 시각; 배터리의 잔량; 및 안테나의 수신 강도가 포함된다. 정보(9051)가 표시되는 위치에, 정보(9051) 대신에 조작 버튼(9050) 등을 표시하여도 좋다.
- [0626] 도 27의 (C)는 휴대 정보 단말기(9102)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9102)는 표시부(9001)의 3개 이상의 면에 정보를 표시하는 기능을 갖는다. 여기서는, 정보(9052), 정보(9053), 및 정보(9054)가 상이한 면에 표시되어 있다. 예를 들어, 휴대 정보 단말기(9102)의 사용자는, 자신 옷의 가슴 포켓에 휴대 정보 단말기(9102)를 넣은 상태로 표시(여기서는 정보(9053))를 볼 수 있다. 구체적으로는, 착신한 전화의 발신자의 전화 번호 또는 이름 등을, 휴대 정보 단말기(9102)의 상방에서 볼 수 있는 위치에 표시한다. 따라서 사용자는, 휴대 정보 단말기(9102)를 포켓에서 꺼내지 않아도 표시를 보고, 전화를 받을지 여부를 결정할 수 있다.
- [0627] 도 27의 (D)는 손목시계형 휴대 정보 단말기(9200)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9200)는 이동 전화, 이메일, 문장의 열람 및 편집, 음악 재생, 인터넷 통신, 및 컴퓨터 게임 등의 다양한 애플리케이션을 실행할 수 있다. 표시부(9001)의 표시면이 구부러져 있고, 구부러진 표시면에 화상이 표시될 수 있다. 휴대 정보 단말기(9200)는, 기존의 통신 표준에 따른 통신 방식인 근거리 무선 통신을 채용할 수 있다. 그 경우, 예를 들어 휴대 정보 단말기(9200)와 무선 통신이 가능한 헤드셋 간의 상호 통신을 수행할 수 있어 핸즈프리 통화가 가능하다. 휴대 정보 단말기(9200)는 접속 단자(9006)를 포함하고, 커넥터를 통하여 다른 정보 단말기에 데이터를 직접 송신하거나, 다른 정보 단말기로부터 데이터를 직접 수신할 수 있다. 접속 단자(9006)를 통한 충전이 가능하다. 또한, 접속 단자(9006)를 사용하지 않고 무선 급전에 의하여 충전 동작을 수행하여도 좋다.
- [0628] 도 27의 (E), (F), 및 (G)는 폴더를 휴대 정보 단말기(9201)의 사시도이다. 도 27의 (E)는 펼친 휴대 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다. 도 27의 (F)는 펼치고 있는 중 또는 접고 있는 중의 휴대 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다. 도 27의 (G)는, 접은 휴대 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9201)는, 접었을 때 휴대가 매우 쉽다. 휴대 정보 단말기(9201)를 펼치면, 이음매 없는 큰 표시 영역의 일람성이 높다. 휴대 정보 단말기(9201)의 표시부(9001)는, 힌지(9055)에 의하여 연결된 3개의 하우징(9000)에 의하여 지지된다. 힌지(9055)를 이용하여 2개의 하우징(9000) 사이의 연결부에서 휴대 정보 단말기(9201)를 접음으로써, 휴대 정보 단말기(9201)를, 펼친 상태에서 접은 상태로 가역적으로 변형할 수 있다. 예를 들어, 휴대 정보 단말기(9201)는 곡률 반경 1mm 이상 150mm 이하로 구부릴 수 있다.
- [0629] 전자 기기의 예에는 텔레비전 장치(텔레비전 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터 등의 모니터, 디지털 카메라 또는 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화기(휴대 전화 또는 휴대 전화 장치라고도 함), 고글형 디스플레이(헤드 마운티드 디스플레이), 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 및 파친코기 등의 대형 게임기가 있다.
- [0630] 도 28의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한 것이다. 텔레비전 장치(9300)에서, 하우징(9000)에 표시부(9001)가 제공되어 있다. 여기서는 하우징(9000)이 스탠드(9301)에 의하여 지지되어 있다.
- [0631] 도 28의 (A)에 도시된 텔레비전 장치(9300)는 하우징(9000)의 조작 스위치 또는 별체의 리모트 컨트롤러(9311)로 조작될 수 있다. 표시부(9001)는 터치 센서를 포함하여도 좋다. 텔레비전 장치(9300)는 손가락 등으로 표시부(9001)를 터치함으로써 조작될 수 있다. 리모트 컨트롤러(9311)에는 상기 리모트 컨트롤러(9311)로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부가 제공되어 있어도 좋다. 리모트 컨트롤러(9311)의 조작 키 또는 터치

패널에 의하여, 채널 또는 음량을 제어할 수 있고, 표시부(9001)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다.

- [0632] 텔레비전 장치(9300)에는 수신기 또는 모뎀 등이 제공된다. 수신기에 의하여 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 텔레비전 장치를 모뎀을 통하여 유선 또는 무선으로 통신 네트워크에 접속함으로써, 단방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이 또는 수신자들 사이)의 데이터 통신을 수행할 수 있다.
- [0633] 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기 또는 조명 장치는 가요성을 갖기 때문에, 집 또는 빌딩의 내벽/외벽의 곡면, 또는 자동차의 내장/외장의 곡면을 따라 제공될 수 있다.
- [0634] 도 28의 (B)는 자동차(9700)의 외관도이다. 도 28의 (C)는 자동차(9700)의 운전석을 도시한 것이다. 자동차(9700)는 차체(9701), 차륜(9702), 대시보드(9703), 및 라이트(9704) 등을 포함한다. 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 또는 발광 장치 등은 자동차(9700)의 표시부 등에 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 28의 (C)에 도시된 표시부(9710 내지 9715)에 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 또는 발광 장치 등을 사용할 수 있다.
- [0635] 표시부(9710) 및 표시부(9711)의 각각은 자동차의 앞유리에 제공된 표시 장치이다. 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 또는 발광 장치 등은 그 전극 및 배선에 투광성 도전 재료를 사용함으로써, 반대 측이 비쳐 보이는 시스루 표시 장치로 할 수 있다. 이러한 시스루 표시부(9710 또는 9711)는 자동차(9700)의 운전 중에 운전자의 시계(視界)를 방해하지 않는다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 또는 발광 장치 등은 자동차(9700)의 앞유리에 제공될 수 있다. 또한, 표시 장치 또는 발광 장치 등을 구동시키기 위한 트랜지스터 등을 제공하는 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투광성을 갖는 트랜지스터를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0636] 표시부(9712)는 필러 부분에 제공된 표시 장치이다. 예를 들어, 차체에 제공된 활상 수단에 의하여 취득된 화상을 표시부(9712)에 표시함으로써, 필러 부분으로 가려지는 시계를 보완할 수 있다. 표시부(9713)는 대시보드에 제공된 표시 장치이다. 예를 들어, 차체에 제공된 활상 수단에 의하여 취득된 화상을 표시부(9713)에 표시함으로써, 대시보드로 가려지는 시계를 보완할 수 있다. 즉, 자동차의 외측에 제공된 활상 수단에 의하여 취득된 화상을 표시함으로써, 사각을 없앨 수 있고, 안전성을 높일 수 있다. 운전자가 볼 수 없는 부분을 보완하는 화상을 표시함으로써, 운전자는 더 쉽게 또 편하게 안전을 확인할 수 있다.
- [0637] 도 28의 (D)는 운전석과 조수석에 벤치 시트를 사용한 자동차 안을 도시한 것이다. 표시부(9721)는 도어 부분에 제공된 표시 장치이다. 예를 들어, 차체에 제공된 활상 수단에 의하여 취득한 화상을 표시부(9721)에 표시함으로써, 도어로 가려지는 시계를 보완할 수 있다. 표시부(9722)는 핸들에 제공된 표시 장치이다. 표시부(9723)는 벤치 시트의 시트면 중앙부에 제공된 표시 장치이다. 또한, 표시 장치를 시트면 또는 등받이에 제공함으로써, 또한 이 표시 장치의 발열을 열원으로서 사용함으로써 표시 장치를 시트 히터로서 사용할 수 있다.
- [0638] 표시부(9714), 표시부(9715), 및 표시부(9722)는 내비게이션 데이터, 속도계, 태코미터(tachometer), 주행 거리, 연료 미터, 기어 시프트 인디케이터, 및 에어컨디셔너의 설정 등 다양한 종류의 정보를 제공할 수 있다. 표시부의 표시의 항목 또는 레이아웃 등은 사용자가 적절히 자유로이 변경할 수 있다. 상술한 정보를 표시부(9710 내지 9713, 9721, 및 9723)에 표시할 수도 있다. 표시부(9710 내지 9715 및 9721 내지 9723)는 조명 장치로서 사용할 수도 있다. 표시부(9710 내지 9715 및 9721 내지 9723)는 가열 장치로서 사용할 수도 있다.
- [0639] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기는 이차 전지를 포함하여도 좋다. 이차 전지는 비접촉 전력 전송에 의하여 충전될 수 있는 것이 바람직하다.
- [0640] 이차 전지의 예에는 겔 전해질을 사용한 리튬 폴리머 전지(리튬 이온 폴리머 전지) 등의 리튬 이온 이차 전지, 리튬 이온 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 카드뮴 전지, 유기 라디칼 전지, 납 축전지, 공기 이차 전지, 니켈 아연 전지, 및 은 아연 전지가 포함된다.
- [0641] 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기는 안테나를 포함하여도 좋다. 신호가 안테나에 의하여 수신되면, 전자 기기는 화상 또는 데이터 등을 표시부에 표시할 수 있다. 전자 기기가 이차 전지를 포함하는 경우, 안테나를 비접촉 전력 전송에 사용하여도 좋다.
- [0642] 도 29의 (A) 및 (B)에 도시된 표시 장치(9500)는 복수의 표시 패널(9501), 측부(9511), 및 베어링(9512)을 포함한다. 복수의 표시 패널(9501)의 각각은 표시 영역(9502) 및 광 투과 영역(9503)을 포함한다.
- [0643] 복수의 표시 패널(9501) 각각은 플렉시블하다. 인접한 2개의 표시 패널(9501)은 서로 부분적으로 중첩되도록 제공된다. 예를 들어, 인접한 2개의 표시 패널(9501)의 광 투과 영역들(9503)을 서로 중첩시킬 수 있다. 복수의 표시 패널(9501)을 이용하여 큰 화면을 갖는 표시 장치를 얻을 수 있다. 이 표시 장치는 용도에 따라 표시



패널(9501)을 말 수 있기 때문에 범용성이 높다.

- [0644] 또한, 도 29의 (A) 및 (B)에서는 인접한 표시 패널들(9501)의 표시 영역들(9502)이 서로 분리되어 있지만 이 구조에 한정되지 않고, 예를 들어 인접한 표시 패널들(9501)의 표시 영역들(9502)을 틈 없이 서로 중첩시켜 연속적인 표시 영역(9502)을 얻어도 좋다.
- [0645] 본 실시형태에 기재된 전자 기기들의 각각은 어떤 종류의 데이터를 표시하기 위한 표시부를 포함한다. 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는, 표시부를 갖지 않는 전자 기기에도 사용될 수 있다. 본 실시형태에 기재된 전자 기기의 표시부가 플렉시블하고, 구부러진 표시면에 표시를 수행할 수 있는 구조, 또는 전자 기기의 표시부가 폴더블인 구조를 예시하였지만, 구조는 이에 한정되지 않고, 전자 기기의 표시부가 플렉시블하지 않고 평면부에 표시를 수행하는 구조를 채용하여도 좋다.
- [0646] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 어느 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0647] (실시형태 8)
- [0648] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대하여 도 30의 (A) 내지 (C) 및 도 31의 (A) 내지 (D)를 참조하여 설명한다.
- [0649] 도 30의 (A)는 본 실시형태에 나타난 발광 장치(3000)의 사시도이고, 도 30의 (B)는 도 30의 (A)의 일점쇄선 E-F를 따라 취한 단면도이다. 또한, 도 30의 (A)에서는 도면의 복잡함을 피하기 위하여 구성 요소의 일부를 과선으로 표시하였다.
- [0650] 도 30의 (A) 및 (B)에 도시된 발광 장치(3000)는 기관(3001), 기관(3001) 위의 발광 소자(3005), 발광 소자(3005)의 외주에 제공된 제 1 밀봉 영역(3007), 및 제 1 밀봉 영역(3007)의 외주에 제공된 제 2 밀봉 영역(3009)을 포함한다.
- [0651] 광은 발광 소자(3005)로부터 기관(3001) 및 기관(3003) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 방출된다. 도 30의 (A) 및 (B)에는 발광 소자(3005)로부터 광이 아래쪽(기관(3001) 측)으로 방출되는 구조를 도시하였다.
- [0652] 도 30의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같이 발광 장치(3000)는 발광 소자(3005)가 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009)으로 둘러싸이는 이중 밀봉 구조를 갖는다. 이중 밀봉 구조에 의하여, 외부로부터 발광 소자(3005)에 불순물(예를 들어, 물 및 산소 등)이 들어가는 것을 바람직하게 억제할 수 있다. 또한, 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009)의 양쪽 모두를 반드시 제공할 필요는 없다. 예를 들어, 제 1 밀봉 영역(3007)만을 제공하여도 좋다.
- [0653] 또한, 도 30의 (B)에서 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009)의 각각은 기관(3001) 및 기관(3003)과 접촉하여 제공되어 있다. 그러나, 이러한 구조에 한정되지 않고, 예를 들어 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 기관(3001) 상에 제공되는 절연막 또는 도전막과 접촉하도록 제공하여도 좋다. 또는, 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 기관(3003) 상에 제공되는 절연막 또는 도전막과 접촉하도록 제공하여도 좋다.
- [0654] 기관(3001) 및 기관(3003)은 각각 상술한 실시형태에 기재된 기관(200) 및 기관(220)과 비슷한 구조를 가질 수 있다. 발광 소자(3005)는 상술한 실시형태에 기재된 발광 소자 중 임의의 것과 비슷한 구조를 가질 수 있다.
- [0655] 제 1 밀봉 영역(3007)에는 유리를 포함하는 재료(예를 들어, 유리 프리트 및 유리 리본 등)를 사용할 수 있다. 제 2 밀봉 영역(3009)에는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다. 제 1 밀봉 영역(3007)에 유리를 포함하는 재료를 사용함으로써, 생산성 및 밀봉성을 향상시킬 수 있다. 또한, 제 2 밀봉 영역(3009)에 수지를 포함하는 재료를 사용함으로써, 내충격성 및 내열성을 향상시킬 수 있다. 다만, 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009)에 사용하는 재료는 이러한 것에 한정되지 않고, 수지를 포함하는 재료를 사용하여 제 1 밀봉 영역(3007)을 형성하고, 유리를 포함하는 재료를 사용하여 제 2 밀봉 영역(3009)을 형성하여도 좋다.
- [0656] 유리 프리트는 예를 들어, 산화 마그네슘, 산화 칼슘, 산화 스트론튬, 산화 바륨, 산화 세슘, 산화 소듐, 산화 포타슘, 산화 붕소, 산화 바나듐, 산화 아연, 산화 텔루륨, 산화 알루미늄, 이산화 실리콘, 산화 납, 산화 주석, 산화 인, 산화 루테튬, 산화 로듐, 산화 철, 산화 구리, 이산화 망가니즈, 산화 몰리브데넘, 산화 나이오븀, 산화 타이타늄, 산화 텅스텐, 산화 비스무트, 산화 지르코늄, 산화 리튬, 산화 안티모니, 납 붕산염 유리, 인산 주석 유리, 바나듐산염 유리, 또는 붕규산염 유리를 포함하여도 좋다. 유리 프리트는 적외광을 흡수하기 위하여 적어도 1종류의 전이 금속을 포함하는 것이 바람직하다.

- [0657] 상술한 유리 프리트로서는, 예를 들어 기판에 프리트 페이스트를 도포하고, 가열 처리 또는 레이저 광 조사 등을 수행한다. 프리트 페이스트는 상기 유리 프리트과, 유기 용매로 희석된 수지(바인더라고도 함)를 포함한다. 또한, 유리 프리트에 레이저 광의 파장의 광을 흡수하는 흡수제를 첨가하여도 좋다. 예를 들어, 레이저로서는 Nd:YAG 레이저 또는 반도체 레이저를 사용하는 것이 바람직하다. 레이저 광의 형상은 원형이어도 좋고 사각형이어도 좋다.
- [0658] 상술한 수지를 포함하는 재료로서는, 예를 들어, 폴리에스터, 폴리에테렌, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론, 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트, 또는 아크릴 수지, 폴리우레탄, 또는 에폭시 수지를 사용할 수 있다. 또는, 실리콘(silicone) 등 실록산 결합을 갖는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.
- [0659] 또한, 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009) 중 한쪽 또는 양쪽 모두에 유리를 포함하는 재료를 사용하는 경우, 상기 유리를 포함하는 재료는 기판(3001)과 가까운 열 팽창률을 갖는 것이 바람직하다. 상술한 구조에 의하여 열응력으로 인하여 유리를 포함하는 재료 또는 기판(3001)에 크랙이 생기는 것을 억제할 수 있다.
- [0660] 예를 들어, 제 1 밀봉 영역(3007)에 유리를 포함하는 재료를 사용하고 제 2 밀봉 영역(3009)에 수지를 포함하는 재료를 사용하는 경우, 다음과 같은 유리한 효과를 얻을 수 있다.
- [0661] 제 2 밀봉 영역(3009)은 제 1 밀봉 영역(3007)보다, 발광 장치(3000)의 외주부에 가깝게 제공된다. 발광 장치(3000)에서는 외주부를 향할수록 외력 등으로 인한 변형이 커진다. 그러므로, 더 큰 변형이 생기는 발광 장치(3000)의 외주부, 즉 제 2 밀봉 영역(3009)을, 수지를 포함하는 재료를 사용하여 밀봉하고, 제 2 밀봉 영역(3009)보다 내측에 제공되는 제 1 밀봉 영역(3007)을 유리를 포함하는 재료를 사용하여 밀봉함으로써, 외력 등으로 인한 변형이 생겨도 발광 장치(3000)가 손상되기 어려워진다.
- [0662] 또한, 도 30의 (B)에 도시된 바와 같이 제 1 영역(3011)은 기판(3001), 기판(3003), 제 1 밀봉 영역(3007), 및 제 2 밀봉 영역(3009)으로 둘러싸인 영역에 상당한다. 제 2 영역(3013)은 기판(3001), 기판(3003), 발광 소자(3005), 및 제 1 밀봉 영역(3007)으로 둘러싸인 영역에 상당한다.
- [0663] 제 1 영역(3011) 및 제 2 영역(3013)은 예를 들어, 회가스 또는 질소 가스 등의 불활성 가스로 충전되는 것이 바람직하다. 또는, 제 1 영역(3011) 및 제 2 영역(3013)은 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지로 충전되는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 영역(3011) 및 제 2 영역(3013)에 대해서는, 대기압 상태보다 감압 상태가 바람직하다.
- [0664] 도 30의 (C)는 도 30의 (B)의 구조의 변형예를 도시한 것이다. 도 30의 (C)는 발광 장치(3000)의 변형예를 도시한 단면도이다.
- [0665] 도 30의 (C)는 기판(3003)의 일부에 제공된 오목부에 건조제(3018)를 제공하는 구조를 도시한 것이다. 그 외의 구성 요소는 도 30의 (B)에 도시된 구조와 같다.
- [0666] 건조제(3018)로서는, 화학 흡착에 의하여 수분 등을 흡착하는 물질 또는 물리 흡착에 의하여 수분 등을 흡착하는 물질을 사용할 수 있다. 건조제(3018)로서 사용할 수 있는 물질의 예에는 알칼리 금속 산화물, 알칼리 토금속 산화물(예를 들어, 산화 칼슘 및 산화 바륨 등), 황산염, 금속 할로젠화물, 과염소산염, 제올라이트, 및 실리카겔 등이 포함된다.
- [0667] 다음으로, 도 30의 (B)에 도시된 발광 장치(3000)의 변형예에 대하여 도 31의 (A) 내지 (D)를 참조하여 설명한다. 또한, 도 31의 (A) 내지 (D)는 도 30의 (B)에 도시된 발광 장치(3000)의 변형예를 도시한 단면도이다.
- [0668] 도 31의 (A) 내지 (D)에 도시된 발광 장치들의 각각에서는, 제 2 밀봉 영역(3009)이 제공되지 않고, 제 1 밀봉 영역(3007)만이 제공되어 있다. 또한, 도 31의 (A) 내지 (D)에 도시된 발광 장치들의 각각에서는, 도 30의 (B)에 도시된 제 2 영역(3013) 대신에 영역(3014)이 제공되어 있다.
- [0669] 영역(3014)에는 예를 들어, 폴리에스터, 폴리에테렌, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론, 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트, 또는 아크릴 수지, 폴리우레탄, 또는 에폭시 수지를 사용할 수 있다. 또는, 실리콘(silicone) 등의 실록산 결합을 갖는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.
- [0670] 영역(3014)에 상술한 재료를 사용하면, 소위 고체 밀봉의 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0671] 도 31의 (B)에 도시된 발광 장치에서는 도 31의 (A)에 도시된 발광 장치의 기판(3001) 측에 기판(3015)이 제공되어 있다.

- [0672] 도 31의 (B)에 도시된 바와 같이 기관(3015)은 요철을 갖는다. 요철을 갖는 기관(3015)을 발광 소자(3005)로부터 방출되는 광이 추출되는 측에 제공하는 구조에 의하여, 발광 소자(3005)로부터의 광의 추출 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 도 31의 (B)에 도시된 요철을 갖는 구조 대신에, 확산판의 기능을 갖는 기관을 제공하여도 좋다.
- [0673] 도 31의 (C)에 도시된 발광 장치에서는, 광이 기관(3001) 측을 통하여 추출되는 도 31의 (A)에 도시된 발광 장치와 달리, 광이 기관(3003) 측을 통하여 추출된다.
- [0674] 도 31의 (C)에 도시된 발광 장치는 기관(3003) 측에 기관(3015)을 포함한다. 그 외의 구성 요소는 도 31의 (B)에 도시된 발광 장치와 같다.
- [0675] 도 31의 (D)에 도시된 발광 장치에서는, 도 31의 (C)에 도시된 발광 장치에 포함되는 기관(3003) 및 기관(3015)이 제공되지 않고, 기관(3016)이 제공되어 있다.
- [0676] 기관(3016)은 발광 소자(3005)에 가깝게 위치하는 제 1 요철 및 발광 소자(3005)로부터 떨어져 위치하는 제 2 요철을 포함한다. 도 31의 (D)에 도시된 구조에 의하여 발광 소자(3005)로부터의 광의 추출 효율을 더 향상시킬 수 있다.
- [0677] 그러므로, 본 실시형태에 기재된 구조를 사용함으로써 수분 및 산소 등의 불순물로 인한 발광 소자의 열화가 억제된 발광 장치를 제공할 수 있다. 또는, 본 실시형태에 기재된 구조에 의하여 광의 추출 효율이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0678] 또한, 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0679] (실시형태 9)
- [0680] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 다양한 조명 장치 및 전자 기기에 사용하는 예에 대하여 도 32의 (A) 내지 (C) 및 도 33을 참조하여 설명한다.
- [0681] 가요성을 갖는 기관 위에 제작된 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 사용하여, 곡면을 갖는 발광 영역을 갖는 전자 기기 또는 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0682] 또한, 본 발명의 일 형태를 적용한 발광 장치는 자동차의 조명에도 적용될 수 있고, 그 예에는 대시보드, 앞유리, 및 천장 등의 조명이 있다.
- [0683] 도 32의 (A)는 다기능 단말기(3500)의 하나의 면을 도시한 사시도이고, 도 32의 (B)는 다기능 단말기(3500)의 다른 하나의 면을 도시한 사시도이다. 다기능 단말기(3500)의 하우징(3502)에는 표시부(3504), 카메라(3506), 및 조명(3508) 등이 제공되어 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치는 조명(3508)에 사용될 수 있다.
- [0684] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 포함하는 조명(3508)은 면 광원으로서 기능한다. 그러므로 조명(3508)은 LED로 대표되는 점 광원과 달리, 지향성이 낮은 발광을 제공할 수 있다. 예를 들어, 조명(3508)과 카메라(3506)를 조합하여 사용하면, 조명(3508)의 점등 또는 점멸을 이용하여 카메라(3506)에 의하여 촬영을 수행할 수 있다. 조명(3508)은 면 광원으로서 기능하기 때문에 자연광 하에서 찍은 듯한 사진을 찍을 수 있다.
- [0685] 또한, 도 32의 (A) 및 (B)에 도시된 다기능 단말기(3500)는 도 27의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기와 같이 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0686] 하우징(3502)은 스피커, 센서(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 소리, 시간, 경도, 전계, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 기울기, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰 등을 포함할 수 있다. 자이로스코프 또는 가속도 센서 등 기울기를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치를 다기능 단말기(3500) 내부에 제공하면, 다기능 단말기(3500)의 방향(다기능 단말기가 가로 모드가 되도록 수평으로 놓여 있는지 또는 세로 모드가 되도록 수직으로 놓여 있는지)을 판단하여 표시부(3504)의 화면 표시를 자동적으로 전환할 수 있다.
- [0687] 표시부(3504)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(3504)가 손바닥 또는 손가락으로 터치되었을 때에 잠금 또는 지문 등의 화상을 찍음으로써, 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 근적외광을 방출하는 백라이트 또는 센싱용 광원을 표시부(3504)에 제공함으로써 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥 등의 화상을 찍을 수 있다. 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 표시부(3504)에 사용하여도 좋다.
- [0688] 도 32의 (C)는 보안등(3600)의 사시도이다. 보안등(3600)은 하우징(3602) 외측에 조명(3608)을 포함하고, 하우

징(3602)에는 스피커(3610) 등이 제공되어 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 조명(3608)에 사용할 수 있다.

[0689] 보안등(3600)은 예를 들어, 조명(3608)을 잡거나 쥐었을 때에 광을 방출한다. 하우징(3602)에는 보안등(3600)으로부터의 발광 방식을 제어할 수 있는 전자 회로가 제공되어도 좋다. 전자 회로는 1회 또는 간헐적으로 여러 번의 발광을 가능하게 하는 회로이어도 좋고, 발광의 전류값을 제어함으로써 발광량을 조정할 수 있는 회로이어도 좋다. 조명(3608)으로부터의 발광과 동시에 스피커(3610)로부터 대음량의 음향 정보가 출력되도록 하는 회로가 제공되어도 좋다.

[0690] 보안등(3600)은 다양한 방향으로 광을 방출할 수 있기 때문에 광, 또는 광과 소리로 폭한 등에게 겁을 줄 수 있다. 또한, 보안등(3600)은 디지털 스틸 카메라 등의 카메라를 포함하여 사진 촬영 기능을 가져도 좋다.

[0691] 도 33은 상기 발광 소자를 실내 조명 장치(8501)에 사용한 예를 도시한 것이다. 상기 발광 소자는 보다 대면적으로 할 수 있기 때문에 대면적의 조명 장치를 형성할 수도 있다. 또한, 곡면을 갖는 하우징을 사용함으로써, 발광 영역이 곡면을 갖는 조명 장치(8502)를 형성할 수도 있다. 본 실시형태에 기재된 발광 소자는 박막 형태이기 때문에 하우징을 더 자유로이 설계하는 것이 가능하다. 그러므로, 조명 장치를 다양한 형태로 정교하게 설계할 수 있다. 또한, 방의 벽에 대형 조명 장치(8503)를 제공하여도 좋다. 조명 장치의 전원 온/오프를 제어하기 위하여 조명 장치(8501, 8502, 및 8503)에 터치 센서를 제공하여도 좋다.

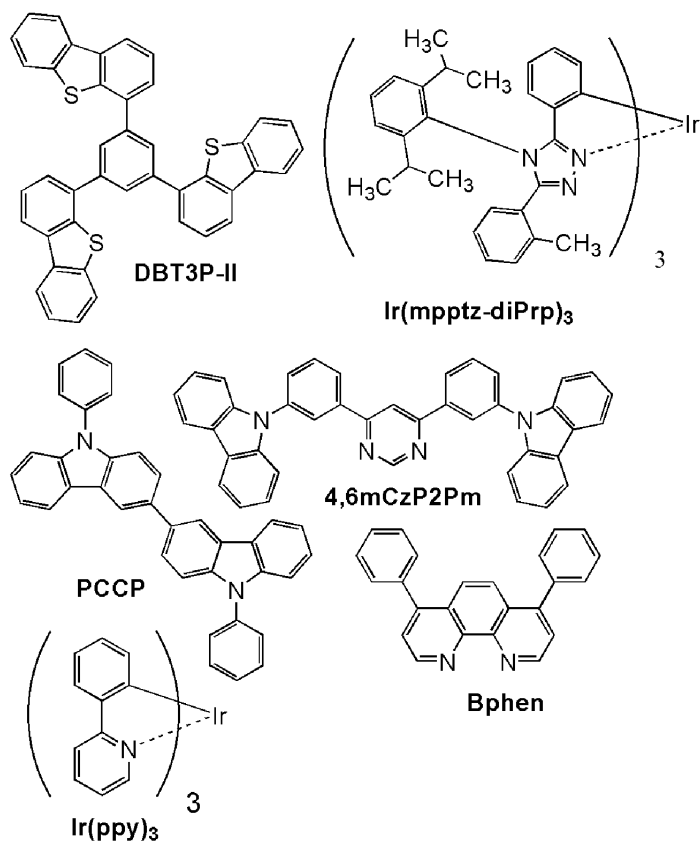
[0692] 또한, 발광 소자를 테이블 표면 측에 사용하면 테이블로서의 기능을 갖는 조명 장치(8504)를 얻을 수 있다. 발광 소자를 다른 가구의 일부로서 사용하면 그 가구로서의 기능을 갖는 조명 장치를 얻을 수 있다.

[0693] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 적용함으로써 조명 장치 및 전자 기기를 얻을 수 있다. 또한, 상기 발광 장치는 본 실시형태에 기재된 조명 장치 및 전자 기기에 한정되지 않고, 다양한 분야의 조명 장치 및 전자 기기에 사용될 수 있다.

[0694] 또한, 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[0695] (실시예 1)

[0696] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 1) 및 비교 발광 소자(비교 발광 소자 1)의 제작예에 대하여 설명한다. 도 34는 본 실시예에서 제작한 발광 소자 각각의 단면 모식도이고, 표 1은 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다.



[0697]

표 1

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 1	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(ppy) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.05
		160(1)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(ppy) <sub>3</sub>	0.5:0.5:0.05
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	110	ITO	-
비교 발광 소자 1	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.05
		160(1)	20	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.5:0.5:0.05
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	110	ITO	-

[0698]

[0699] <발광 소자의 제작>

[0700] <<발광 소자 1의 제작>>

[0701] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITO막을 두께 110nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm<sup>2</sup> (2mm×2mm)로 하였다.



- [0702] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘( $\text{MoO}_3$ )을 중량비 DBT3P-II: $\text{MoO}_3$ =1:0.5에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0703] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0704] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm), PCCP, 및 트리스(2-페닐피리디네이트- $N, C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭:  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ )을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ =0.5:0.5:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ =0.8:0.2:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고,  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0705] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 각각 증착에 의하여 두께 20nm 및 10nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0706] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0707] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 1을 밀봉하였다. 구체적으로는, 기판(200) 위의 유기 재료를 둘러싸도록 실재를 도포하고 기판(200)을 기판(220)에 접합시킨 후, 파장 365nm의 자외광을  $6\text{J}/\text{cm}^2$ 에서 조사하고 80℃에서 1시간 동안 가열 처리하였다. 상술한 공정을 거쳐, 발광 소자 1을 얻었다.
- [0708] <<비교 발광 소자 1의 제작>>
- [0709] 비교 발광 소자 1은 발광 소자 1과 게스트 재료가 다르고, 그 외의 구성 요소를 위한 단계는 발광 소자 1의 제작 방법과 같았다.
- [0710] 즉, 비교 발광 소자 1의 발광층(160)으로서, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-4H-1,2,4-트리아아졸-3-일- $\kappa N^2$ ]페닐- $\kappa C$ }이리듐(III)(약칭:  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ )을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ =0.5:0.5:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ =0.8:0.2:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0711] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>
- [0712] 제작한 발광 소자(발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1)에서는, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP를 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로서 사용하였다. 도 35는 4,6mCzP2Pm의 박막, PCCP의 박막, 및 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0713] 상기 발광 스펙트럼의 측정을 위하여, 석영 기판 위에 박막 시료들을 진공 증착법에 의하여 형성하였다. 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 측정하였다. 각 박막의 두께는 50nm로 하였다. 혼합 박막에서의 2종류의 화합물의 혼합비(제 1 유기 화합물:제 2 유기 화합물)는 1:1로 하였다.
- [0714] 도 35에 나타낸 바와 같이, 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 501nm이다. 상기 발광 스펙트럼은 4,6mCzP2Pm(피크 파장: 440nm)의 발광 스펙트럼 및 PCCP(피크 파장: 412nm)의 발광 스펙트럼과 다르다. 후술하는 바와 같이, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위는 PCCP의 LUMO 준위보다 낮고, PCCP의 HOMO 준위는 4,6mCzP2Pm의 HOMO 준위보다 높다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광의 에너지는, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위와 PCCP의 HOMO 준위의 에너지 차이에 실질적으로 상당한다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광은, 4,6mCzP2Pm으로부터의 발광 및 PCCP로부터의 발광보다 파장이 길다(에너지가 낮다). 따라서,

4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광은 4,6mCzP2Pm과 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터의 발광이라고 할 수 있다. 즉, 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 조합은, 엑시플렉스를 형성하는 유기 화합물들의 조합이다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP를 호스트 재료로서 사용함으로써, ExTET를 이용한 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0715] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>

[0716] 도 36의 (A) 및 (B)는 상기 발광 소자의 게스트 재료인 Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0717] 흡수 스펙트럼의 측정에는, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub> 또는 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>)를 용해시킨 다이클로로메테인 용액을 준비하고, 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 측정된 흡수 스펙트럼에서 석영 셀 및 다이클로로메테인의 흡수 스펙트럼을 뺐다. 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)에 의하여 측정하였다. 상기 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0718] 도 36의 (A) 및 (B)에 나타난 바와 같이, Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 각각 500nm 및 450nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써, 다음의 결과가 얻어졌다: Ir(ppy)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 507nm이고 전이 에너지는 2.44eV이고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 471nm이고 전이 에너지는 2.63eV이다.

[0719] 따라서, 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수대는 각각 4,6mCzP2Pm 및 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 중첩되는 영역을 가지며, 이는 4,6mCzP2Pm 및 PCCP를 호스트 재료로서 포함하는 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1에서는, 여기 에너지가 게스트 재료로 효율적으로 이동될 수 있다는 것을 의미한다.

[0720] 상술한 바와 같이, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1 각각에서, 4,6mCzP2Pm(제 1 유기 화합물) 및 PCCP(제 2 유기 화합물)인 호스트 재료는 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성한다.

[0721] <호스트 재료의 인광 발광 스펙트럼>

[0722] 도 37은 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0723] 삼중항 여기 에너지 준위의 측정에는, 화합물의 박막 시료로부터의 인광을 측정하였다. 이 측정은 측정 온도 10K에서 PL 현미경 LabRAM HR-PL(HORIBA, Ltd. 제조), 여기 광으로서 He-Cd 레이저(325nm), 및 CCD 검출기를 사용하여 수행하였다. 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 상기 측정에 의하여 얻어진 인광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크에서 산출하였다.

[0724] 도 37에서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 459nm 이고, 제 2 유기 화합물(PCCP)의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 467nm이었다. 따라서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.70eV이고, 제 2 유기 화합물(PCCP)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.66eV이었다.

[0725] 4,6mCzP2Pm 및 PCCP 각각의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은, 도 35에 나타난 4,6mCzP2Pm과 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장보다 짧다. 엑시플렉스는 단일항 여기 에너지 준위(S1 준위)와 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 에너지 차이가 작다는 특징을 갖는다. 따라서, 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장으로부터 얻을 수 있다. 따라서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP) 각각의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)보다 높다.

[0726] 도 36의 (A) 또는 (B)에 나타난 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한 게스트 재료의 전이 에너지(Ir(ppy)<sub>3</sub>에 대해서는 2.44eV, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>에 대해서는 2.63eV)보다, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은 높다.

[0727] 따라서, 본 실시예에서 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP)은,

호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.

[0728] <발광 소자의 특성>

[0729] 다음으로, 제작한 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 특성을 측정하였다. 휘도 및 CIE 색도는 색채 휘도계 (BM-5A, TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION 제조)에 의하여 측정하고, 전계 발광 스펙트럼은 멀티 채널 분광기 (PMA-11, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)에 의하여 측정하였다.

[0730] 도 38은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 39는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 40은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 41은 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0731] 표 2는 1000cd/m<sup>2</sup>에서의 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 2

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 1	3.3	1.3	(0.34, 0.61)	1000	78	75	22
비교 발광 소자 1	3.4	2.3	(0.30, 0.52)	1000	44	41	15

[0732]

[0733] 도 42는 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0734] 도 38 내지 도 41 및 표 2로부터, 발광 소자 1이 비교 발광 소자 1보다 전류 효율이 높은 것을 알았다. 발광 소자 1의 최대 외부 양자 효율은 22%로 우수한 값이다. 발광 소자 1은 보다 낮은 전압으로 구동되었다. 따라서, 발광 소자 1의 전력 효율은 비교 발광 소자 1의 전력 효율보다 높다.

[0735] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 발광 시동 전압(휘도가 1cd/m<sup>2</sup>를 초과할 때의 전압)은 각각 2.4V이었다. 이 전압은, 나중에 설명하는 게스트 재료 Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub> 각각의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 작다. 이 결과로부터, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 발광은, 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의해서가 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것이 시사된다.

[0736] 도 42에 나타난 바와 같이, 발광 소자 1은 녹색의 광을 방출한다. 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은 파장 514nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 82nm이다. 한편, 비교 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은 파장 517nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 108nm로 넓은 스펙트럼이다. 비교 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은, 도 36의 (B)에 나타난 게스트 재료(Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>)의 발광 스펙트럼과 크게 상이하였다.

[0737] <CV 측정 결과>

[0738] 상술한 발광 소자의 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물) 및 게스트 재료로서 사용한 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 또한, 측정에는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였고, N,N'-다이메틸폼아마이드(약칭: DMF)에 화합물들을 용해시킴으로써 얻은 용액에 대하여 측정을 수행하였다. 측정에서는, 참조 전극에 대한 작동 전극의 전위를 적절한 범위 내에서 변화시켜, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위를 얻었다. 또한, 각 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는, -4.94eV로 추산된 참조 전극의 산화 환원 전위 및 얻어진 피크 전위에서 산출하였다.

[0739] 표 3은 CV 측정 결과로부터 얻은 화합물들의 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정 결과에서 산출한 화합물

들의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타낸 것이다.

표 3

재료	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위에서 산출한 HOMO 준위(eV)	환원 전위에서 산출한 LUMO 준위(eV)
4,6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
PCCP	0.69	-2.98	-5.63	-1.96
Ir(ppy) <sub>3</sub>	0.38	-2.63	-5.32	-2.31
Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.34	-2.98	-5.28	-1.96
Ir(mCNpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.48	-2.51	-5.42	-2.43

[0740]

[0741]

표 3에 나타낸 바와 같이, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 환원 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 환원 전위보다 높고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 높고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>) 각각의 환원 전위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>) 각각의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 낮다. 또한, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>) 각각의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>) 각각의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 높다.

[0742]

CV 측정 결과는, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)과 제 2 유기 화합물(PCCP)의 조합이 엑시플렉스를 형성하는 것을 나타낸다.

[0743]

Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.01eV이고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.32eV이었다. 이들 값은 표 3에 나타낸 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[0744]

상술한 바와 같이, 도 36의 (A) 및 (B)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한 Ir(ppy)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 전이 에너지는 각각 2.44eV 및 2.63eV이다.

[0745]

즉, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.57eV 크다. Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.69eV 크다.

[0746]

도 36의 (A) 및 (B)에서 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 각각 514nm 및 477nm이다. 그것에 따르면, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.41eV로 산출되고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.60eV로 산출되었다.

[0747]

즉, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.60eV 크고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.72eV 컸다.

[0748]

결과적으로, 상기 발광 소자들의 게스트 재료 각각에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.

[0749]

그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0750]

또한, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위(4,6mCzP2Pm 및 PCCP

는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 3에서 2.75eV로 산출되었다. 결과적으로, 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\text{Ir(ppy)}_3$ 의 경우에는 3.01eV이고,  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ 의 경우에는 3.32eV임)보다 작고, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\text{Ir(ppy)}_3$ 의 경우에는 2.44eV이고,  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ 의 경우에는 2.63eV임)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0751] 표 3의 CV 측정 결과에 따르면, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)에 주입될 경향이 있고, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_3$  또는  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ )에 주입될 경향이 있다. 즉, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_3$  또는  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ )에 의하여 형성될 가능성이 있다.

[0752] 도 42에 나타난 바와 같이, 비교 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은 반값 전폭이 108nm로 넓은 스펙트럼이고, 도 36의 (B)에 나타난  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ 의 발광 스펙트럼(반값 전폭이 77nm임)과 다르다. 따라서, 비교 발광 소자 1에서, 게스트 재료( $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ ) 및 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)은 엑시플렉스를 형성하기 때문에, 전계 발광 스펙트럼이 넓어진다. 이와 같은 이유 때문에, 비교 발광 소자 1의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 충분히 높지 않다. 반대로, 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼의 반값 전폭은 82nm로, 도 36의 (A)에 나타난  $\text{Ir(ppy)}_3$ 의 발광 스펙트럼의 전계 발광 스펙트럼(80nm)과 비슷하다.

[0753] 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 게스트 재료  $\text{Ir(ppy)}_3$ 의 HOMO 준위의 에너지 차이, 그리고 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 게스트 재료  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ 의 HOMO 준위의 에너지 차이는, 표 3에 나타난 CV 측정 결과에서 산출되고, 각각 2.44eV 및 2.40eV인 것을 알았다.

[0754]  $\text{Ir(mpptz-diPrp)}_3$ 을 사용한 비교 발광 소자 1에서, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.40eV)는, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.63eV)보다 작다. 또한, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.40eV)는, 게스트 재료에 의하여 나타내어지는 발광의 에너지(2.60eV)보다 작다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합은 엑시플렉스를 형성하기 쉬워, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 저해된다.

[0755]  $\text{Ir(ppy)}_3$ 을 사용한 발광 소자 1에서, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.44eV)는, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.44eV) 이상이다. 또한, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.44eV)는, 게스트 재료에 의하여 나타내어지는 발광의 에너지(2.41eV) 이상이다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 상술한 관계는 효율적인 발광에 기여하는 본 발명의 일 형태의 특징이다.

[0756] <신뢰성 시험 결과>

[0757] 도 43은 발광 소자의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 것이다. 신뢰성 시험에서는, 초기 휘도를  $5000\text{cd/m}^2$ 로 설정하고, 각 발광 소자(발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1)를 일정한 전류 밀도로 연속적으로 구동하였다.

[0758] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도가 초기 휘도의 90%까지 떨어지는 데 걸린 시간(LT90)은 발광 소자 1이 390시간, 비교 발광 소자 1이 2시간이었다. 발광 소자 1은 높은 신뢰성을 나타낸다.

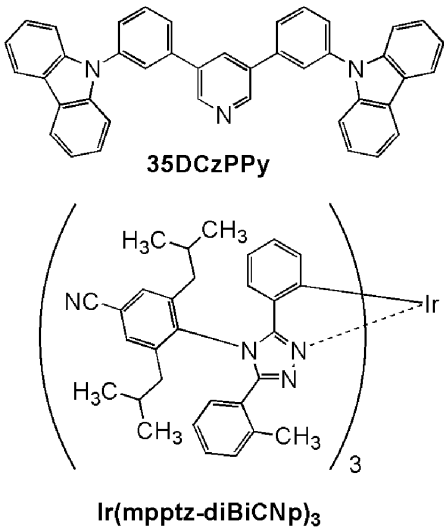
[0759] 즉, 발광 소자 1과 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하고, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지 이상이거나 게스트 재료의 발광 에너지 이상인 구조를 가지면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높으며, 신뢰성이 우수한 발광 소자를 달성할 수 있다.



[0760] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있다. 신뢰성이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0761] (실시예 2)

[0762] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 2) 및 비교 발광 소자(비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타낸 것과 비슷하다. 표 4는 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 실시예 1을 참조할 수 있다.



[0763]

표 4

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 2	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.6:0.4:0.06
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.5:0.5:0.06
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
비교 발광 소자 2	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	발광층	160(2)	10	35DCzPPy:Ir(mpptz-diBuCNp) <sub>3</sub>	1:0.06
		160(1)	30	35DCzPPy:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.65:0.65:0.06
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
비교 발광 소자 3	정공 주입층	111	15	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	발광층	160(2)	10	35DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	1:0.06
		160(1)	30	35DCzPPy:PCCP:Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.3:1:0.06
비교 발광 소자 3	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	15	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	발광층	160(2)	10	35DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	1:0.06

[0764]

- [0765] <발광 소자의 제작>
- [0766] <<발광 소자 2의 제작>>
- [0767] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은  $4\text{mm}^2(2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.
- [0768] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및  $\text{MoO}_3$ 을 중량비 DBT3P-II: $\text{MoO}_3=1:0.5$ 에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0769] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0770] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이아이소뷰틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아자졸-3-일- $\kappa N^2$ ]페닐- $\kappa C$ ]이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.5:0.5:0.06에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.6:0.4:0.06에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0771] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 BPhen을 각각 증착에 의하여 두께 10nm 및 15nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0772] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0773] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 2를 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 실시예 1의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐, 발광 소자 2를 얻었다.
- [0774] <<비교 발광 소자 2의 제작>>
- [0775] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은  $4\text{mm}^2(2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.
- [0776] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및  $\text{MoO}_3$ 을 중량비 DBT3P-II: $\text{MoO}_3=1:0.5$ 에서 공증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적하였다.
- [0777] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0778] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), PCCP, 및 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 35DCzPPy:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.65:0.65:0.06에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 35DCzPPy 및 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 35DCzPPy:Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>=1:0.06에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 35DCzPPy는 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0779] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 35DCzPPy 및 BPhen을 각각 증착에 의하여 두께 10nm 및 15nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0780] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0781] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 비교 발광 소자 2를 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 발광 소자 2의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐, 비교 발광 소자 2를 얻었다.

- [0782] <<비교 발광 소자 3의 제작>>
- [0783] 비교 발광 소자 3은, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 상기 비교 발광 소자 2와 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0784] 비교 발광 소자 3의 발광층(160)으로서, 35DCzPPy, PCCP, 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>을 중량비 35DCzPPy:PCCP:Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>=0.3:1:0.06에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 35DCzPPy 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>을 중량비 35DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>=1:0.06에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 35DCzPPy는 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0785] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>
- [0786] 제작한 발광 소자(비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3)에서는, 35DCzPPy 및 PCCP를 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로서 사용하였다. 도 44는 35DCzPPy의 박막, PCCP의 박막, 및 35DCzPPy와 PCCP의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0787] 상기 발광 스펙트럼의 측정을 위하여, 석영 기판 위에 박막 시료들을 진공 증착법에 의하여 형성하였다. 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 측정하였다. 각 박막의 두께는 50nm로 하였다. 혼합 박막에서의 2종류의 화합물의 혼합비(제 1 유기 화합물:제 2 유기 화합물)는 1:1로 하였다.
- [0788] 도 44에 나타낸 바와 같이, 35DCzPPy의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 377nm이고, PCCP의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 412nm이기 때문에, 35DCzPPy 및 PCCP 각각의 발광 스펙트럼은 매우 짧은 파장의 발광 피크를 갖는다. 35DCzPPy와 PCCP의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 414nm이고, 이는 PCCP의 발광 스펙트럼의 피크 파장과 실질적으로 같다. 따라서, 35DCzPPy와 PCCP의 조합은 엑시플렉스를 형성하지 않는다고 할 수 있다.
- [0789] 도 35에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2의 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로서 사용한 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막의 발광 스펙트럼은, 4,6mCzP2Pm 단체 및 PCCP 단체의 발광 스펙트럼과 다르다. 실시예 1에서 기재한 바와 같이, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위는 PCCP의 LUMO 준위보다 낮고, PCCP의 HOMO 준위는 4,6mCzP2Pm의 HOMO 준위보다 높다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광의 에너지는, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위와 PCCP의 HOMO 준위의 에너지 차이에 실질적으로 상당한다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광은, 4,6mCzP2Pm으로부터의 발광 및 PCCP로부터의 발광보다 파장이 길다(에너지가 낮다). 따라서, 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 혼합 박막으로부터의 발광은 4,6mCzP2Pm과 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터의 발광이라고 할 수 있다. 즉, 4,6mCzP2Pm과 PCCP의 조합은, 엑시플렉스를 형성하는 유기 화합물들의 조합이다. 4,6mCzP2Pm과 PCCP를 호스트 재료로서 사용함으로써, ExTET를 이용한 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0790] 상술한 바와 같이, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3 각각에서, 호스트 재료는 엑시플렉스를 형성하지 않고, 발광 소자 2에서는 4,6mCzP2Pm(제 1 유기 화합물) 및 PCCP(제 2 유기 화합물)인 호스트 재료가 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성한다.
- [0791] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>
- [0792] 도 45의 (A)는 게스트 재료 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이고, 도 45의 (B)는 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0793] 도 45의 (A)의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정에는, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 다이클로로메테인 용액 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 다이클로로메테인 용액을 준비하고 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은, 다이클로로메테인 용액을 석영 셀에 넣은 상태에서, 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 발광 스펙트럼은, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에 있어서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 또한, 도 45의 (A)의 흡수 스펙트럼은 각각, 석영 셀 내의 다이클로로메테인 용액의 측정된 흡수 스펙트럼에서, 석영 셀에 넣은 다이클로로메테인만의 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻은 결과이다.

- [0794] 게스트 재료 각각의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 측정하기 위하여, 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  또는  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ )를 폴리(메타크릴산메틸)(약칭: PMMA) 내로, 상기 게스트 재료 대 PMMA의 중량비가 0.01:1이 되도록 분산시킨 박막을 형성하였다. 흡수 스펙트럼은 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 발광 스펙트럼은 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하여 실온에서 측정하였다.
- [0795] 도 45의 (A)에서 볼 수 있는 바와 같이,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 다이클로로메테인 용액은 502nm에서 발광 피크가 생산되는 청색의 발광을 나타내고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 다이클로로메테인 용액은 503nm에서 발광 피크가 생산되는 청색의 발광을 나타내었다.  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 다이클로로메테인 용액의 발광 양자 수율이 각각 92% 및 93%인 것을 알았다.
- [0796] 도 45의 (B)에서 볼 수 있는 바와 같이,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 박막은 486nm 및 505nm에서 발광 피크가 생산되는 청색의 발광을 나타내고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 박막은 474nm 및 502nm에서 발광 피크가 생산되는 청색의 발광을 나타내었다.
- [0797] 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ )의 다이클로로메테인 용액 및 박막의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 450nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써, 다음의 결과가 얻어졌다:  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 478nm이고 전이 에너지는 2.59eV이고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 471nm이고 전이 에너지는 2.63eV이다.
- [0798] 따라서,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$  각각의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광과 중첩되는 영역을 갖는다. 따라서, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서, 여기 에너지는 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.
- [0799] 다음으로,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 다이클로로메테인 용액의 시간 분해 발광 측정을 수행하였다.
- [0800] 측정에는 피코초 형광 수명 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하였다. 본 측정에서는, 용액의 발광의 수명을 측정하기 위하여, 용액에 펄스 레이저를 조사하고, 레이저 조사부터 약해지는 용액의 발광을 스트리크 카메라(streak camera)를 사용하여 시간 분해 발광 측정하였다. 펄스 레이저로서 파장이 337nm인 질소 가스 레이저를 사용하였다. 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.
- [0801] 측정 결과에 따르면,  $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$  및  $\text{Ir}(\text{mpptz-diPrp})_3$ 의 발광 수명은 각각 1.4  $\mu\text{s}$  및 2.0  $\mu\text{s}$ 이었다.
- [0802] <발광 소자의 특성>
- [0803] 도 46은 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2 및 3의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 47은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 48은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 49는 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.
- [0804] 표 5는 1000cd/m<sup>2</sup> 근방에서의, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2 및 3의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 5

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 2	3.2	1.3	(0.18, 0.45)	970	74	72	31
비교 발광 소자 2	4.0	1.6	(0.17, 0.41)	1100	68	53	29
비교 발광 소자 3	4.2	1.8	(0.17, 0.35)	960	54	40	25

[0805]

[0806] 도 50은 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2 및 3에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0807] 도 46 내지 도 49 및 표 5로부터, 발광 소자 2는 비교 발광 소자 2 및 3보다 전류 효율이 높고 외부 양자 효율이 높은 것을 알았다. 발광 소자 2의 최대 외부 양자 효율은 31%로 우수한 값이다. 도 50에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2는 청색의 광을 방출한다. 발광 소자 2의 전계 발광 스펙트럼은 파장 486nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 62nm이다. 따라서, 사이아노기를 포함하는 아릴기를 배위자에 포함하는 이리듐 착체를 게스트 재료로서 사용함으로써, 높은 효율로 청색의 광을 방출하는 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0808] 도 46 내지 도 49 및 표 5에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2는 비교 발광 소자 2 및 3보다 낮은 전압으로 구동되었다. 따라서, 발광 소자 2는 우수한 전력 효율을 나타낸다.

[0809] 발광 소자 2의 발광 시동 전압(휘도가 1cd/m<sup>2</sup>를 초과할 때의 전압)은 2.4V이었다. 이 전압은, 나중에 설명하는 게스트 재료 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 작다. 이 결과로부터, 발광 소자 2의 발광은, 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의해서가 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것이 시사된다.

[0810] <CV 측정 결과>

[0811] 상술한 발광 소자의 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물) 및 게스트 재료로서 사용한 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 또한, 측정에는, 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 적절한 범위 내에서 변화시켜, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위를 얻었다. 또한, 각 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는, -4.94eV로 추산된 참조 전극의 산화 환원 전위 및 얻어진 피크 전위에서 산출하였다.

[0812] 호스트 재료(35DCzPPy)의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성의 측정에는, N,N'-다이메틸폼아마이드(약칭: DMF)에 호스트 재료를 용해시킴으로써 얻은 용액을 사용하였다. 일반적으로, 유기 EL 소자에 사용되는 유기 화합물은 굴절률이 약 1.7 내지 1.8이고, 비유전율은 약 3이다. 극성이 높은 용매인 DMF(비유전율: 38)를, 사이아노기 등 극성이 높은(특히, 전자 흡인성이 높은) 치환기를 포함하는 화합물의 산화 반응 특성 측정에 사용하면, 정확성이 저하될 수 있다. 이러한 이유로, 본 실시예에서는, 극성이 낮은 클로로폼(비유전율: 4.8)에 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub> 또는 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>)를 용해시킴으로써 얻은 용액을 산화 반응 특성 측정에 사용하였다. 게스트 재료의 환원 반응 특성 측정에는, DMF에 게스트 재료를 용해시킴으로써 얻은 용액을 사용하였다.

[0813] 표 6은 CV 측정 결과로부터 얻은 화합물들의 산화 전위 및 환원 전위를 나타낸 것이고, CV 측정 결과에서 산출한 화합물들의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타낸 것이다. 또한, 호스트 재료 PCCP 및 4,6mCzP2Pm의 측정 결과



는 실시예 1의 표 3에 나타내었다.

표 6

재료	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위에서 산출한 HOMO 준위(eV)	환원 전위에서 산출한 LUMO 준위(eV)
35DCzPPy	0.96	-2.56	-5.90	-2.39
Ir(mpptz-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.46	-2.46	-5.40	-2.49
Ir(mpptz-diPrp) <sub>3</sub>	0.30	-2.98	-5.24	-1.96

[0814]

[0815]

도 51의 (A) 및 (B)는 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2 및 3에 포함되는 화합물의 한 쌍의 전극(ITSO 및 Al)의 일함수, 및 LUMO 준위 및 HOMO 준위를 나타낸 것이다. LUMO 준위 및 HOMO 준위는 상기 CV 측정과 비슷한 CV 측정으로부터 추산되었다. 또한, 도 51의 (A)는 발광 소자 2의 에너지 밴드의 상관을 나타낸 것이고, 도 51의 (B)는 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 에너지 밴드의 상관을 나타낸 것이다. 한 쌍의 전극의 일함수는 대기 중에서 Riken Keiki Co., Ltd.가 제조한 "AC-2"를 사용하는 광 전자 분광법에 의하여 측정하였다. 도 51의 (A) 및 (B)에서, HIL, HTL, ETL, Host 1, 및 Host 2는 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 제 1 유기 화합물, 및 제 2 유기 화합물을 나타낸다.

[0816]

표 3 및 표 6에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2에서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 환원 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 환원 전위보다 높고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 높고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 환원 전위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 낮다. 또한, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 높다.

[0817]

Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.91eV이고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.28eV이었다. 이들 값은 표 6에 나타낸 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[0818]

상술한 바와 같이, 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub> 및 Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 전이 에너지는 각각 2.59eV 및 2.63eV이다.

[0819]

즉, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.32eV 크다. Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.65eV 크다.

[0820]

도 50에서 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2의 전계 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 각각 486nm 및 474nm이다. 그것에 따르면, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.55eV로 산출되고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.61eV로 산출되었다.

[0821]

즉, Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.36eV 크고, Ir(mpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.67eV 컸다.

[0822]

결과적으로, 상기 발광 소자들의 게스트 재료 각각에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.3eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우

에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.

[0823] 그러나, 본 발명의 일 형태인 발광 소자 2에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0824] 또한, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위(4,6mCzP2Pm 및 PCCP는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 3에서 2.75eV로 산출되었다. 결과적으로, 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.91eV)보다 작고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.59eV)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 2에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0825] <신뢰성 시험 결과>

[0826] 도 52는 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2 및 3의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 것이다. 신뢰성 시험에서는, 발광 소자들의 초기 휘도를 1000cd/m<sup>2</sup>로, 발광 소자 2, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 전류 밀도를 각각 1.4mA/cm<sup>2</sup>, 1.5mA/cm<sup>2</sup>, 및 1.9mA/cm<sup>2</sup>로 설정하고, 발광 소자들을 일정한 전류 밀도로 연속적으로 구동하였다.

[0827] 발광 소자 2, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 휘도가 초기 휘도의 90%까지 떨어지는 데 걸리는 시간(LT90)은 발광 소자 2가 200시간, 비교 발광 소자 2가 60시간, 그리고 비교 발광 소자 3이 57시간이었다. 특히, 발광 소자 2는 높은 신뢰성을 나타낸다.

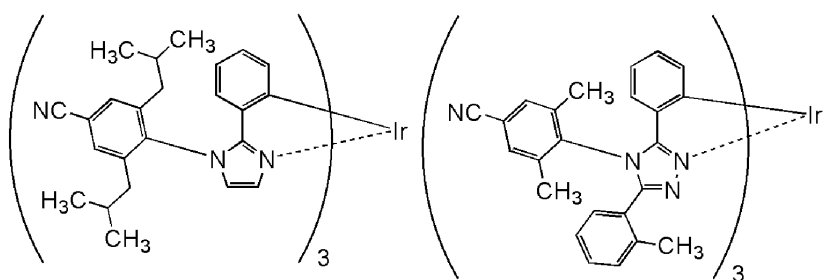
[0828] 즉, 발광 소자 2와 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높으며, 신뢰성이 우수한 청색의 광을 방출할 수 있다.

[0829] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있다. 신뢰성이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 청색의 광을 방출하고, 발광 효율이 높으며 신뢰성이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.

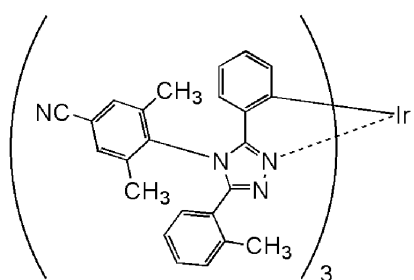
[0830] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시예 및 실시형태 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0831] (실시예 3)

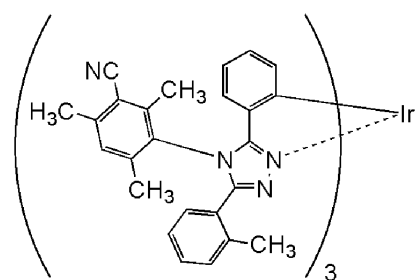
[0832] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 3 내지 발광 소자 6)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타난 것과 비슷하다. 표 7은 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조할 수 있다.



Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>



Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>



Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>

[0833]

표 7

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 3	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.6:0.4:0.125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.2:0.8:0.125
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
발광 소자 4	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	35DCzPPy	-
	발광층	160	40	35DCzPPy:PCCP:Ir(pim-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.6:0.4:0.125
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
발광 소자 5	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-dmCNp) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-dmCNp) <sub>3</sub>	0.4:0.6:0.125
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
발광 소자 6	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-tm5CNp) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-tm5CNp) <sub>3</sub>	0.6:0.4:0.125
발광 소자 6	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[0834]

[0835] <발광 소자의 제작>

[0836] <<발광 소자 3의 제작>>

[0837] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm<sup>2</sup>(2mm×2mm)로 하였다.

[0838] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및 MoO<sub>3</sub>을 중량비 DBT3P-II:MoO<sub>3</sub>=1:0.5에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.

[0839] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.

[0840] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.2:0.8:0.125에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.6:0.4:0.125에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 해당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 해당하고, Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 해당한다.

- [0841] 전자 수송층(118)으로서는, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 BPhen을 각각 증착에 의하여 두께 10nm 및 15nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서는, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0842] 전극(102)으로서는, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0843] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 3을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 발광 소자 1의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐, 발광 소자 3을 얻었다.
- [0844] <<발광 소자 4의 제작>>
- [0845] 발광 소자 4는, 발광층(160) 및 전계 수송층(118)의 형성 단계를 제외하면 상기 발광 소자 3과 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0846] 발광 소자 4의 발광층(160)으로서는, 35DCzPPy, PCCP, 및 Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>을 중량비 35DCzPPy:PCCP:Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>=0.6:0.4:0.125에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 35DCzPPy는 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0847] 전자 수송층(118)으로서는, 발광층(160) 위에 35DCzPPy 및 BPhen을 각각 증착에 의하여 두께 10nm 및 15nm로 순차적으로 퇴적하였다.
- [0848] <<발광 소자 5의 제작>>
- [0849] 발광 소자 5는, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 상기 발광 소자 3과 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0850] 발광 소자 5의 발광층(160)으로서는, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>=0.4:0.6:0.125에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>=0.8:0.2:0.125에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0851] <<발광 소자 6의 제작>>
- [0852] 발광 소자 6은, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 상기 발광 소자 3과 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0853] 발광 소자 6의 발광층(160)으로서는, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>=0.6:0.4:0.125에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>=0.8:0.2:0.125에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0854] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>
- [0855] 도 53, 도 54, 및 도 55는 각각 게스트 재료 Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0856] 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정에는, 게스트 재료(Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>)의 다이클로로메테인 용액을 준비하고 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은, 다이클로로메테인 용액을 석영 셀에 넣은 상태에서, 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 발광 스펙트럼은, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에 있어서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 또한, 도 53 내지 55의 흡수 스펙트럼은 각각, 석영 셀 내의 다이클로로메테인 용액의 측정된 흡수 스펙트럼에서, 석영 셀에 넣은 다이클로로메테인



인만의 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻은 결과이다.

[0857] 도 53 내지 55에서 볼 수 있는 바와 같이, Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>의 다이클로로메테인 용액은 526nm에서 발광 피크가 생산되는 녹색의 발광을 나타내고, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>의 다이클로로메테인 용액은 494nm에서 발광 피크가 생산되는 청색의 발광을 나타내고, Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 다이클로로메테인 용액은 484nm 및 502nm에서 발광 피크가 생산되는 청록색의 발광을 나타내었다.

[0858] 게스트 재료(Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>)의 다이클로로메테인 용액의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 460nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써, 다음의 결과가 얻어졌다: Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 484nm이고 전이 에너지는 2.56eV이고, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 475nm이고 전이 에너지는 2.61eV이고, Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단은 474nm이고 전이 에너지는 2.62eV이다.

[0859] 따라서, Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub> 각각의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광과 중첩되는 영역을 갖는다. 따라서, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서, 여기 에너지는 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.

[0860] 상술한 실시예에 나타난 바와 같이, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.70eV이고, 제 2 유기 화합물(PCCP)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.66eV이다. 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 높다. 따라서, 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP)은, 호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.

[0861] <발광 소자의 특성>

[0862] 도 56은 발광 소자 3 내지 발광 소자 6의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 57은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 58은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 59는 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다. 도 60은 발광 소자 3 내지 발광 소자 6에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0863] 표 8은 1000cd/m<sup>2</sup> 근방에서의, 발광 소자 3 내지 발광 소자 6의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 8

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 3	4.0	1.2	(0.23, 0.55)	780	66	52	23
발광 소자 4	5.0	1.1	(0.23, 0.57)	1000	93	58	32
발광 소자 5	3.3	1.1	(0.21, 0.50)	860	79	75	31
발광 소자 6	3.3	1.4	(0.21, 0.48)	1000	76	72	29

[0864]

[0865] 도 56 내지 도 59 및 표 8로부터, 발광 소자 3 내지 발광 소자 6은 발광 효율(전류 효율 및 외부 양자 효율)이 높은 것을 알았다. 발광 소자 3, 발광 소자 4, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6의 최대 외부 양자 효율은 25%,

32%, 31%, 및 30%로 우수한 값이다.

[0866] 도 60에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 3, 발광 소자 4, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6은 청색의 광을 방출한다. 발광 소자 3, 발광 소자 4, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6의 전계 발광 스펙트럼은 파장 498nm, 502nm, 488nm, 및 485nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 70nm, 67nm, 64nm, 및 77nm이다.

[0867] 도 56 내지 59 및 표 8에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6은 발광 소자 4보다 낮은 전압으로 구동되었다.

[0868] <CV 측정 결과>

[0869] 상술한 발광 소자의 게스트 재료로서 사용한 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 또한, 측정에는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 적절한 범위 내에서 변화시켜, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위를 얻었다. 또한, 각 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는, -4.94eV로 추산된 참조 전극의 산화 환원 전위 및 얻어진 피크 전위에서 산출하였다.

[0870] 본 실시예에서는, 클로로폼에 게스트 재료를 용해시킴으로써 얻은 용액을 산화 반응 특성 측정에 사용하고, DMF에 게스트 재료를 용해시킴으로써 얻은 용액을 환원 반응 특성 측정에 사용하였다.

[0871] 표 9는 CV 측정 결과로부터 얻은 화합물들의 산화 전위 및 환원 전위를 나타낸 것이고, CV 측정 결과에서 산출한 화합물들의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타낸 것이다. 또한, 호스트 재료 PCCP 및 4,6mCzP2Pm의 측정 결과는 실시예 1의 표 3에 나타내었다.

표 9

재료	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위에서 산출한 HOMO 준위(eV)	환원 전위에서 산출한 LUMO 준위(eV)
Ir(pim-diBuCNp) <sub>3</sub>	0.28	-2.54	-5.22	-2.41
Ir(mpptz-dmCNp) <sub>3</sub>	0.48	-2.44	-5.42	-2.51
Ir(mpptz-tm5CNp) <sub>3</sub>	0.46	-2.58	-5.40	-2.37

[0872]

[0873] 표 3 및 표 9에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6에서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>) 각각의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>, 및 Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>) 각각의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 높다.

[0874] Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.81eV이고, Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.91eV이고, Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.03eV이었다. 이들 값은 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[0875] 즉, Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.25eV 크다. Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.30eV 크다. Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.41eV 크다.

[0876] 도 60에서 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6의 전계 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크

파장은 각각 498nm, 488nm, 및 485nm이다. 그것에 따르면,  $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ ,  $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ , 및  $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 의 발광 에너지는 각각 2.49eV, 2.54eV, 및 2.56eV로 산출되었다.

[0877] 즉,  $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.32eV 크고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.37eV 크고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.47eV 컸다.

[0878] 결과적으로, 상기 발광 소자들의 게스트 재료 각각에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.3eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.

[0879] 그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

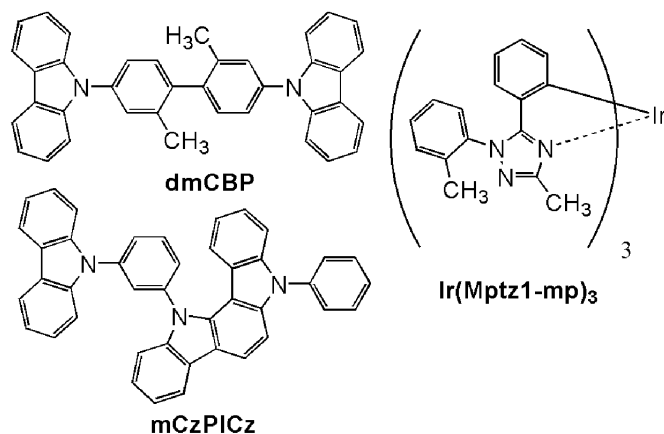
[0880] 또한, 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6에서 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위(4,6mCzP2Pm 및 PCCP는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 3에서 2.75eV로 산출되었다. 결과적으로, 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6에서 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 은 2.81eV이고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 은 2.91eV이고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 은 3.03eV임)보다 작고, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지( $\text{Ir}(\text{pim-diBuCNp})_3$ 은 2.56eV이고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-dmCNp})_3$ 은 2.61eV이고,  $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 은 2.62eV임)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 3, 발광 소자 5, 및 발광 소자 6에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0881] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제공할 수 있다. 청색의 광을 방출하고 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0882] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시예 및 실시형태 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0883] (실시예 4)

[0884] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 7)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타난 것과 비슷하다. 표 10은 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 실시예 1을 참조할 수 있다.



[0885]

표 10

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 7	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir(Mptz1-mp) <sub>3</sub>	0.6:0.4:0.125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir(Mptz1-mp) <sub>3</sub>	0.4:0.6:0.125
	정공 수송층	112	20	dmCBP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

[0886]

[0887] <발광 소자 7의 제작>

[0888] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은  $4\text{mm}^2(2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.

[0889] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및 MoO<sub>3</sub>을 중량비 DBT3P-II:MoO<sub>3</sub>=1:0.5에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.

[0890] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 4,4'-비스(9-카바졸)-2,2'-다이메틸바이페닐(약칭: dmCBP)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.

[0891] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4,6mCzP2Pm, 12-[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]-5,12-다이하이드로-5-페닐-인돌로[3,2-a]카바졸(약칭: mCzPICz), 및 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)을 중량비 4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>=0.4:0.6:0.125에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, mCzPICz, 및 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>을 중량비 4,6mCzP2Pm:mCzPICz:Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>=0.6:0.4:0.125에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 해당하고, mCzPICz는 제 2 유기 화합물에 해당하고, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 해당한다.

[0892] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 바소페난트롤린(BPhen)을 각각 증착에 의하여 두께 20nm 및 10nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.

[0893] 전극(102)로서는, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.

[0894] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 7을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 실시예 1의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 공정을 거쳐, 발광 소자 7을 얻었다.

[0895] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>

[0896] 제작한 발광 소자 7에서는, 4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz를 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로서 사용하였다. 도 61은 4,6mCzP2Pm의 박막, mCzPICz의 박막, 및 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0897] 상기 발광 스펙트럼의 측정을 위하여, 석영 기판 위에 박막 시료들을 진공 증착법에 의하여 형성하였다. 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 측정하였다. 각 박막의 두께는 50nm로 하였다. 혼합 박막에서의 2종류의 화합물의 혼합비(4,6mCzP2Pm:mCzPICz)는 1:1로 하였다.

[0898] 도 61에 나타낸 바와 같이, 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 혼합 박막의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 477nm이다. 상기 발광 스펙트럼은 4,6mCzP2Pm(피크 파장: 440nm)의 발광 스펙트럼 및 mCzPICz(피크 파장: 372nm)의 발광 스펙트럼

펙트럼과 다르다. 후술하는 바와 같이, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위는 mCzPICz의 LUMO 준위보다 낮고, mCzPICz의 HOMO 준위는 4,6mCzP2Pm의 HOMO 준위보다 높다. 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 혼합 박막으로부터의 발광의 에너지는, 4,6mCzP2Pm의 LUMO 준위와 mCzPICz의 HOMO 준위의 에너지 차이에 실질적으로 상당한다. 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 혼합 박막으로부터의 발광은, 4,6mCzP2Pm으로부터의 발광 및 mCzPICz로부터의 발광보다 파장이 길다(에너지가 낮다). 따라서, 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 혼합 박막으로부터의 발광은 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터의 발광이라고 할 수 있다. 즉, 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz의 조합은, 엑시플렉스를 형성하는 유기 화합물들의 조합이다. 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz를 호스트 재료로서 사용함으로써, ExTET를 이용한 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0899] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼>

[0900] 도 62는 상기 발광 소자의 게스트 재료인 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0901] 흡수 스펙트럼의 측정에는, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>을 용해시킨 다이클로로메테인 용액을 준비하고, 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 측정된 흡수 스펙트럼에서 석영 셀 및 다이클로로메테인의 흡수 스펙트럼을 뺐다.

[0902] 도 62에 나타낸 바와 같이, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 450nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수단이 462nm이고 전이 에너지가 2.68eV인 것을 알았다.

[0903] 따라서, 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 흡수 스펙트럼의 흡수대는 4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광과 중첩되는 영역을 가지며, 이는 4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz를 호스트 재료로서 포함하는 발광 소자 7에서는, 여기 에너지가 게스트 재료로 효율적으로 이동될 수 있는 것을 의미한다.

[0904] 상술한 바와 같이, 발광 소자 7에서, 4,6mCzP2Pm(제 1 유기 화합물) 및 mCzPICz(제 2 유기 화합물)인 호스트 재료는 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성한다.

[0905] <호스트 재료의 인광 발광 스펙트럼>

[0906] 도 63은 mCzPICz의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과를 나타낸 것이다. 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷한 방법에 의하여 측정되었다.

[0907] 도 63에서, mCzPICz의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 441nm이었다. 따라서, mCzPICz의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.81eV로 산출되었다. 또한, 도 37에 나타낸 바와 같이, 4,6mCzP2Pm의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 459nm이다. 4,6mCzP2Pm의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.70eV이다.

[0908] 따라서, 4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz 각각의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은, 도 53에 나타낸 4,6mCzP2Pm과 mCzPICz에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장보다 짧다. 엑시플렉스는 단일항 여기 에너지 준위(S1 준위)와 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 에너지 차이가 작다는 특징을 갖는다. 따라서, 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장으로부터 얻을 수 있다. 따라서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(mCzPICz) 각각의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)보다 높다.

[0909] 도 62에 나타낸 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 전이 에너지(2.68eV)보다, 4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은 높다.

[0910] 따라서, 본 실시예에서 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(mCzPICz)은, 호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.

[0911] <발광 소자의 특성>

[0912] 도 64는 발광 소자 7의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 65는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 66은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 67은 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광



소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다. 도 68은 발광 소자 7에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0913] 표 11은 1000cd/m<sup>2</sup> 근방에서의, 발광 소자 7의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 11

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 7	3.7	1.6	(0.17, 0.33)	910	57	48	29

[0914]

[0915] 도 64 내지 도 67 및 표 11로부터, 발광 소자 7은 전류 효율이 높고 외부 양자 효율이 높은 것을 알았다. 발광 소자 7의 최대 외부 양자 효율은 29%로 우수한 값이다. 도 68에 나타난 바와 같이, 발광 소자 7은 색 순도가 높은 청색의 광을 방출한다. 발광 소자 7의 전계 발광 스펙트럼은 파장 473nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 67nm이다.

[0916] 발광 소자 7은 보다 낮은 전압으로 구동되었다. 따라서, 발광 소자 7의 전력 효율은 높다.

[0917] 발광 소자 7의 발광 시동 전압(휘도가 1cd/m<sup>2</sup>를 초과할 때의 전압)은 2.8V이었다. 이 전압은, 나중에 설명하는 게스트 재료 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상응하는 전압보다 작다. 이 결과로부터, 발광 소자 7의 발광은, 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의해서가 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것이 시사된다.

[0918] <CV 측정 결과>

[0919] 상술한 발광 소자의 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물) 및 게스트 재료로서 사용한 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 또한, 측정에는, 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 적절한 범위 내에서 변화시켜, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위를 얻었다. 또한, 각 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는, -4.94eV로 추산된 참조 전극의 산화 환원 전위 및 얻어진 피크 전위에서 산출하였다.

[0920] 호스트 재료(4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz)의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성의 측정에는, DMF에 각 화합물을 용해 시킴으로써 얻은 용액을 사용하였다. 다이클로로메테인에 게스트 재료(Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)를 용해시킴으로써 얻은 용액은 게스트 재료의 산화 반응 특성 측정에 사용하고, DMF에 상기 게스트 재료를 용해시킴으로써 얻은 용액은 상기 게스트 재료의 환원 반응 특성 측정에 사용하였다.

[0921] 표 12는 CV 측정 결과로부터 얻은 화합물들의 산화 전위 및 환원 전위를 나타낸 것이고, CV 측정 결과에서 산출한 화합물들의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타낸 것이다.

표 12

재료	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위에서 산출한 HOMO 준위(eV)	환원 전위에서 산출한 LUMO 준위(eV)
4,6mCzP2Pm	0.95	-2.06	-5.89	-2.88
mCzPICz	0.68	-3.00	-5.62	-1.95
Ir(Mptz1-mp) <sub>3</sub>	0.60	-2.76	-5.54	-2.19

[0922]

[0923]

표 12에 나타난 바와 같이, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(mCzPICz)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(mCzPICz)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(mCzPICz)의 HOMO 준위보다 높다.

[0924]

CV 측정 결과는, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)과 제 2 유기 화합물(mCzPICz)의 조합이 엑시플렉스를 형성하는 것을 나타낸다.

[0925]

Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.36eV이었다. 이 값은 표 12에 나타난 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[0926]

상술한 바와 같이, 도 62에서 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 계산된 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 전이 에너지는 2.68eV이다.

[0927]

즉, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.68eV 크다.

[0928]

도 68에 나타난 발광 소자 7의 전계 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 473nm이다. 그것에 따르면, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.62eV로 산출되었다.

[0929]

즉, Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.74eV 컸다.

[0930]

결과적으로, 발광 소자 7의 게스트 재료에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.

[0931]

그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0932]

또한, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(mCzPICz)의 HOMO 준위(4,6mCzP2Pm 및 mCzPICz는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 12에서 2.74eV로 산출되었다. 결과적으로, 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(3.36eV)보다 작고, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.68eV)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 7에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0933] 표 12의 CV 측정 결과에 따르면, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)에 주입될 경향이 있고, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료(Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)에 주입될 경향이 있다. 즉, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 게스트 재료(Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>)에 의하여 형성될 가능성이 있다.

[0934] 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 게스트 재료 Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>의 HOMO 준위의 에너지 차이는, 표 12에 나타난 CV 측정 결과에서 산출되고, 2.66eV인 것을 알았다.

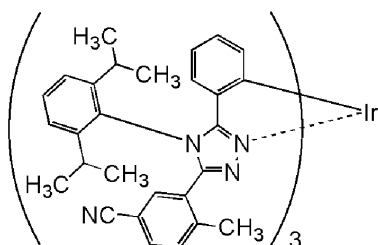
[0935] Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>을 포함하는 발광 소자 7에서, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.66eV)는, 게스트 재료에 의하여 나타내어지는 발광의 에너지(2.62eV) 이상이다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 상술한 관계는 효율적인 발광에 기여하는 본 발명의 일 형태의 특징이다.

[0936] 즉, 발광 소자 7과 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하고, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 발광 에너지 이상인 구조를 가지면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높은 발광 소자를 달성할 수 있다.

[0937] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0938] (실시예 5)

[0939] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 8)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타난 것과 비슷하다. 표 13은 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조할 수 있다.



Ir(mCNppts-diPrp)<sub>3</sub>

[0940]

표 13

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 8	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160(2)	10	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mCNppts-diPrp) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.125
		160(1)	30	4,6mCzP2Pm:PCCP:Ir(mCNppts-diPrp) <sub>3</sub>	0.4:0.6:0.125
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

[0941]

- [0942] <발광 소자 8의 제작>
- [0943] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은  $4\text{mm}^2 (2\text{mm} \times 2\text{m})$ 로 하였다.
- [0944] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및  $\text{MoO}_3$ 을 중량비 DBT3P-II: $\text{MoO}_3=1:0.5$ 에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0945] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0946] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3=0.4:0.6:0.125$ 에서 공증착에 의하여 두께 30nm로 퇴적하고, 이어서 4,6mCzP2Pm, PCCP, 및  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 을 중량비 4,6mCzP2Pm:PCCP: $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3=0.8:0.2:0.125$ 에서 공증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4,6mCzP2Pm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고,  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0947] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 BPhen을 각각 증착에 의하여 두께 10nm 및 15nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0948] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0949] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 8을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 발광 소자 1의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐, 발광 소자 8을 얻었다.
- [0950] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>
- [0951] 도 69는 게스트 재료  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 의 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0952] 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정에는, 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ )의 다이클로로메테인 용액을 준비하고 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은, 다이클로로메테인 용액을 석영 셀에 넣은 상태에서, 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 발광 스펙트럼은, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에 있어서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 또한, 도 69의 흡수 스펙트럼은 각각, 석영 셀 내의 다이클로로메테인 용액의 측정된 흡수 스펙트럼에서, 석영 셀에 넣은 다이클로로메테인만의 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻은 결과이다.
- [0953] 도 69에서 볼 수 있는 바와 같이,  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 의 다이클로로메테인 용액은 499nm에서 발광 피크가 생산되는 녹색의 발광을 나타내었다.
- [0954] 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ )의 다이클로로메테인 용액의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 460nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써,  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 흡수단이 472nm이고 전이 에너지가 2.63eV인 것을 알았다.
- [0955] 따라서,  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ 의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광과 중첩되는 영역을 갖는다. 따라서, 4,6mCzP2Pm 및 PCCP를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서, 여기 에너지는 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.
- [0956] 상술한 실시예에 나타난 바와 같이, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는

2.70eV이고, 제 2 유기 화합물(PCCP)의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.66eV이다. 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은, 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 높다. 따라서, 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP)은, 호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.

[0957] <발광 소자의 특성>

[0958] 도 70은 발광 소자 8의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 71은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 72는 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 73은 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 74는 발광 소자 8에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0959] 표 14는 1000cd/m<sup>2</sup> 근방에서의, 발광 소자 8의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 14

	전압(V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 8	3.4	1.4	(0.20, 0.46)	900	66	61	26

[0960]

[0961] 도 70 내지 도 73 및 표 14로부터, 발광 소자 8은 발광 효율(전류 효율 및 외부 양자 효율)이 높은 것을 알았다. 발광 소자 8의 최대 외부 양자 효율은 27%로 우수한 값이다. 도 74에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 8은 청색의 광을 방출한다. 발광 소자 8의 전계 발광 스펙트럼은 파장 490nm에 피크를 갖고, 반값 전폭이 70nm이다.

[0962] 도 70 내지 도 73 및 표 14에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 8은 더 낮은 전압으로 구동되었다.

[0963] <CV 측정 결과>

[0964] 상술한 발광 소자의 게스트 재료로서 사용한 Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 상기 실시예에서 사용한 측정 방법과 비슷한 것을 채용하였다. 다이클로로메테인에 Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>을 용해시킴으로써 얻은 용액을 산화 반응 특성 측정에 사용하고, DMF에 Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>을 용해시킴으로써 얻은 용액을 환원 반응 특성 측정에 사용하였다.

[0965] CV 측정 결과에 따르면, Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>의 산화 전위는 0.48V이고 환원 전위는 -2.51V이었다. 또한, CV 측정 결과에서 산출된 Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>의 HOMO 준위와 LUMO 준위는 각각 -5.42eV 및 -2.43eV이었다.

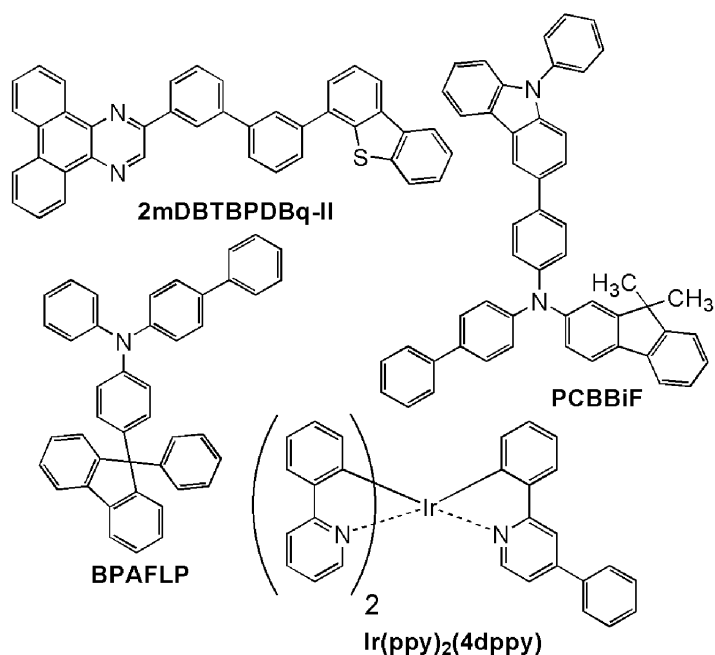
[0966] 발광 소자 8에서, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>)의 각 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 높다.

[0967] Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.99eV이었다. 이들 값은 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[0968] 즉, Ir(mCNpztz-diPrp)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.36eV 크다.



- [0969] 도 74에서 발광 소자 8의 전계 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 490nm이다. 그것에 따르면,  $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ 의 발광 에너지는 2.53eV로 산출되었다.
- [0970] 즉,  $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.46eV 컸다.
- [0971] 결과적으로, 상기 발광 소자들의 게스트 재료 각각에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.
- [0972] 그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0973] 또한, 발광 소자 8에서 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위(4,6mCzP2Pm 및 PCCP는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 3에서 2.75eV로 산출되었다. 결과적으로, 발광 소자 8에서 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료  $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.99eV)보다 작고, 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.63eV)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 8에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0974] CV 측정 결과에 따르면, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)에 주입될 경향이 있고, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ )에 주입될 경향이 있다. 즉, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm) 및 게스트 재료( $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ )에 의하여 형성될 가능성이 있다.
- [0975] 제 1 유기 화합물(4,6mCzP2Pm)의 LUMO 준위와 게스트 재료  $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ 의 HOMO 준위의 에너지 차이는, CV 측정 결과에서 산출되고, 2.54eV인 것을 알았다.
- [0976]  $\text{Ir}(\text{mCNpptsz-diPrp})_3$ 을 포함하는 발광 소자 8에서, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.54eV)는, 게스트 재료에 의하여 나타내어지는 발광의 에너지(2.53eV) 이상이다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 상술한 관계는 효율적인 발광에 기여하는 본 발명의 일 형태의 특징이다.
- [0977] 즉, 발광 소자 8과 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하고, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 발광 에너지 이상이면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높은 발광 소자를 달성할 수 있다.
- [0978] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제공할 수 있다. 청색의 광을 방출하고 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0979] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시예 및 실시형태 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0980] (실시예 6)
- [0981] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 9 및 발광 소자 10) 및 비교 발광 소자(비교 발광 소자 4)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타낸 것과 비슷하다. 표 15는 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상기 실시예를 참조할 수 있다.



15

	층	부호	두께 (nm)	재료	중량비
발광 소자 9	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	발광층	160	40	2mDBTBPDq-II:PCBBiF <sub>3</sub> :Ir(ppy) <sub>3</sub> (4dppy)	0.8:0.2:0.1
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
발광 소자 10	전극	101	70	ITO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	발광층	160	40	2mDBTBPDq-II:PCCP:Ir(ppy) <sub>3</sub> (4dppy)	0.45:0.45:0.1
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
비교 발광 소자 4	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDq-II	-
	발광층	160	40	2mDBTBPDq-II:Ir(ppy) <sub>3</sub> (4dppy)	0.9:0.1
비교 발광 소자 4	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

### <발광 소자의 제작>

### <<발광 소자 9의 제작>>

전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITS막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은  $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )로 하였다.

정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및  $\text{MoO}_3$ 을 증량비 DBT3P-II: $\text{MoO}_3$ =1:0.5에서 공증착에 의하여 두께 60nm로 퇴적하였다.

- [0988] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 BPAFLP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0989] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 2mDBTBPDq-II, PCBBiF, 및 [2-(4-페닐-2-피리딘일-κN)페닐-κC]비스[2-(2-피리딘일-κN)페닐-κC]이리듐(III)(약칭:  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ )을 중량비 2mDBTBPDq-II:PCBBiF: $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})=0.8:0.2:0.1$ 에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 2mDBTBPDq-II는 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCBBiF는 제 2 유기 화합물에 상당하고,  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 가 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0990] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 2mDBTBPDq-II 및 BPhen을 증착에 의하여 각각 두께 20nm 및 10nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0991] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0992] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 9를 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 실시예 1의 기재 를 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐, 발광 소자 9를 얻었다.
- [0993] <<발광 소자 10의 제작>>
- [0994] 발광 소자 10은 발광층(160)의 구조가 발광 소자 9와 다르고, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 발광 소자 9와 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0995] 발광 소자 10의 발광층(160)으로서, 2mDBTBPDq-II, PCCP, 및  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 를 중량비 2mDBTBPDq-II:PCCP: $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})=0.45:0.45:0.1$ 에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 2mDBTBPDq-II는 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고,  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 는 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.
- [0996] <<비교 발광 소자 4의 제작>>
- [0997] 비교 발광 소자 4는 발광층(160)의 구조가 발광 소자 9와 다르고, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 발광 소자 9와 같은 단계를 거쳐 제작되었다.
- [0998] 비교 발광 소자 4의 발광층(160)으로서, 2mDBTBPDq-II 및  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 를 중량비 2mDBTBPDq-II: $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})=0.9:0.1$ 에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 2mDBTBPDq-II 및  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 는 각각 제 1 유기 화합물 및 게스트 재료(인광 재료)에 상당하고, 제 2 유기 화합물은 포함되지 않는다.
- [0999] <발광 소자의 특성>
- [1000] 다음으로, 제작한 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4의 특성을 측정하였다. 도 75는 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 76은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 77은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 78은 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 79는 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4에  $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 마찬가지로 하였다.
- [1001] 표 16은  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  근방에서의, 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4의 소자 특성을 나타낸 것이다.

## 표 16

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 9	3.2	1.3	(0.46, 0.53)	1100	82	81	25
발광 소자 10	3.4	1.3	(0.45, 0.54)	1000	77	71	23
비교 발광 소자 4	3.7	1.4	(0.47, 0.52)	1100	80	68	25

[1002]

[1003]

도 79에 나타난 바와 같이, 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4는 녹색의 광을 방출한다. 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4의 전계 발광 스펙트럼은 각각 562nm, 559nm, 및 564nm에 피크 파장을 갖고, 반값 전폭이 각각 84nm, 80nm, 및 93nm이다. 이들 발광 소자의 발광은 게스트 재료 Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)에서 유래한다.

[1004]

도 75 내지 79 및 표 16으로부터, 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4는 전류 효율이 높고 외부 양자 효율이 높은 것을 알았다. 발광 소자 9, 발광 소자 10, 및 비교 발광 소자 4의 최대 외부 양자 효율은 24.6%, 22.6%, 및 25.4%로 우수한 값이다. 발광 소자 9 및 발광 소자 10은 비교 발광 소자 4보다 낮은 전압으로 구동되었다. 따라서, 발광 소자 9 및 발광 소자 10의 전력 효율은 높다.

[1005]

발광 소자 9 및 발광 소자 10의 발광 시동 전압(휘도가 1cd/m<sup>2</sup>를 초과할 때의 전압)은 각각 2.3V 및 2.5V이었다. 이들 전압은, 나중에 설명하는 게스트 재료 Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상응하는 전압보다 작다. 이 결과로부터, 발광 소자 9 및 발광 소자 10의 발광은, 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의해서가 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것이 시사된다.

[1006]

<호스트 재료의 발광 스펙트럼>

[1007]

제작한 발광 소자에서는, 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF를 호스트 재료(제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로서 사용하였다. 도 80은 2mDBTPDBq-II의 박막, PCBBiF의 박막, 및 PCCP의 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[1008]

상기 발광 스펙트럼의 측정을 위하여, 석영 기판 위에 박막 시료들을 진공 증착법에 의하여 형성하였다. 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 측정하였다. 각 박막의 두께는 50nm로 하였다.

[1009]

도 80에 나타난 바와 같이, 2mDBTPDBq-II, PCBBiF, 및 PCCP는 각각 청색의 광을 방출한다. 2mDBTPDBq-II, PCBBiF, 및 PCCP의 발광 스펙트럼은 각각 428nm, 435nm, 및 412nm에 피크 파장을 갖는다.

[1010]

<비교 발광 소자의 제작>

[1011]

다음으로, 발광 소자 9 및 발광 소자 10의 비교 발광 소자로서, 게스트 재료를 포함하지 않는 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6을 제작하였다. 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6의 특성을 평가하였다. 표 17에 자세한 소자 구조를 나타내었다.

표 17

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
비교 발광 소자 5	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	발광층	160	40	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF	0.8:0.2
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-
비교 발광 소자 6	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	2mDBTBPDBq-II	-
	발광층	160	40	2mDBTBPDBq-II:PCCP	0.8:0.2
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[1012]

[1013] 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6은 각각 발광층(160)의 구조가 발광 소자 9 및 발광 소자 10과 다르고, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하면 발광 소자 9 및 발광 소자 10과 같은 단계를 거쳐 제작되었다.

[1014] 비교 발광 소자 5의 발광층(160)으로서, 2mDBTBPDBq-II 및 PCBBiF를 중량비 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.8:0.2에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다.

[1015] 비교 발광 소자 6의 발광층(160)으로서, 2mDBTBPDBq-II 및 PCCP를 중량비 2mDBTBPDBq-II:PCCP=0.8:0.2에서 공증착에 의하여 두께 40nm로 퇴적하였다.

[1016] <비교 발광 소자의 특성>

[1017] 다음으로, 제작한 발광 소자 5 및 발광 소자 6의 특성을 측정하였다. 상기 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 마찬가지로 하였다.

[1018] 도 81은 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 82는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 83은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 84는 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6에 2.5mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[1019] 표 18은 1000cd/m<sup>2</sup> 근방에서의, 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 18

	전압(V)	전류 밀도(mA/cm <sup>2</sup> )	CIE 색도(x, y)	휘도(cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율(cd/A)	전력 효율(lm/W)	외부 양자 효율(%)
비교 발광 소자 5	3.9	14	(0.33, 0.55)	950	6.6	5.3	2.1
비교 발광 소자 6	4.4	23	(0.21, 0.39)	1050	4.5	3.2	1.8

[1020]

[1021] 도 84에 나타낸 바와 같이, 비교 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6은 황색의 광을 방출한다. 비교 발광 소자 5



및 비교 발광 소자 6의 전계 발광 스펙트럼은 각각 542nm 및 498nm에 피크 파장을 갖고, 반값 전폭이 각각 101nm 및 103nm이다. 이 발광은 도 80의 2mDBTPDBq-II의 박막, PCBBiF의 박막, 및 PCCP의 박막과 크게 다르다.

[1022] 나중에서 설명하는 바와 같이, 2mDBTPDBq-II의 LUMO 준위는 PCBBiF 및 PCCP의 LUMO 준위보다 낮고, PCBBiF 및 PCCP의 HOMO 준위는 2mDBTPDBq-II의 HOMO 준위보다 높다. 2mDBTPDBq-II와 PCBBiF의 혼합막이 사용되는 비교 발광 소자 5는, 2mDBTPDBq-II의 LUMO 준위와 PCBBiF의 HOMO 준위의 에너지 차이와 동등한 에너지를 갖는 광을 방출한다. 또한, 상기 혼합막이 사용되는 비교 발광 소자 5로부터의 발광은, 2mDBTPDBq-II 단체로부터의 발광 및 PCBBiF 단체로부터의 발광보다 파장이 길다(에너지가 낮다). 따라서, 비교 발광 소자 5로부터의 발광은 이들 화합물에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터의 발광이라고 할 수 있다. 2mDBTPDBq-II와 PCCP의 혼합막이 사용되는 비교 발광 소자 6은, 2mDBTPDBq-II의 LUMO 준위와 PCCP의 HOMO 준위의 에너지 차이와 동등한 에너지를 갖는 광을 방출한다. 또한, 상기 혼합막이 사용되는 비교 발광 소자 6으로부터의 발광은 2mDBTPDBq-II 단체로부터의 발광 및 PCCP 단체로부터의 발광보다 파장이 길다(에너지가 낮다). 따라서, 비교 발광 소자 6으로부터의 발광은 이들 화합물에 의하여 형성되는 엑시플렉스로부터의 발광이라고 할 수 있다. 즉, 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF는 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하는 유기 화합물이다. 또한, 2mDBTPDBq-II 및 PCCP는 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하는 유기 화합물이다. 따라서, 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF를 호스트 재료로서 사용하거나, 또는 2mDBTPDBq-II 및 PCCP를 호스트 재료로서 사용함으로써, ExTET를 이용한 발광 소자를 제작할 수 있다.

[1023] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>

[1024] 도 85는 상기 발광 소자의 게스트 재료인 Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[1025] 흡수 스펙트럼의 측정에는, Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)를 용해시킨 다이클로로메테인 용액을 준비하고, 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은, 다이클로로메테인 용액을 석영 셀에 넣은 상태에서, 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 실온에서 측정하였다. 측정된 흡수 스펙트럼에서 석영 셀 및 다이클로로메테인의 흡수 스펙트럼을 뺐다. 발광 스펙트럼은, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에 있어서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다.

[1026] 도 85에 나타난 바와 같이, Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는 500nm 부근에 있다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터에서 산출하고, 직접 전이를 상정한 전이 에너지를 추산함으로써, Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 흡수 스펙트럼의 흡수단이 516nm이고 전이 에너지가 2.40eV인 것을 알았다.

[1027] 따라서, Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 흡수 스펙트럼에서의 가장 낮은 에너지 측(가장 긴 파장 측)의 흡수대는, 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광, 그리고 2mDBTPDBq-II 및 PCCP에 의하여 형성되는 엑시플렉스에 의한 발광과 중첩되는 영역을 갖는다. 따라서, 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자 9, 그리고 2mDBTPDBq-II 및 PCCP를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자 10에서는, 여기 에너지가 효과적으로 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))로 이동될 수 있다.

[1028] 상술한 바와 같이, 발광 소자 9 및 발광 소자 10에서, 2mDBTPDBq-II(제 1 유기 화합물) 및 PCBBiF 또는 PCCP(제 2 유기 화합물)인 호스트 재료는 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성한다.

[1029] <호스트 재료의 인광 발광 스펙트럼>

[1030] 도 86은 호스트 재료로서 사용한 2mDBTPDBq-II 및 PCBBiF의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과를 나타낸 것이다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 마찬가지로 하였다. PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과에는, 도 37을 참조할 수 있다.

[1031] 도 86에서, 2mDBTPDBq-II의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 515nm이고, PCBBiF의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 509nm이었다. 따라서, 2mDBTPDBq-II의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.41eV이고, PCBBiF의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.44eV이었다. 실시예 1에 나타난 바와 같이, PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는 2.66eV이었다.

[1032] 도 85에 나타난 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 전이 에너지(2.40eV)보다, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은 높다.

[1033] 따라서, 본 실시예에서 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II) 및 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP)은, 호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.

[1034] <CV 측정 결과>

[1035] 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, PCCP, 및  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 비슷한 것으로 하고, DMF에 각 화합물을 용해시킴으로써 얻은 용액을 측정하였다.

[1036] 표 19는 CV 측정 결과로부터 얻은 화합물들의 산화 전위 및 환원 전위를 나타낸 것이고, CV 측정 결과에서 산출한 화합물들의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타낸 것이다.

표 19

재료	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위에서 산출한 HOMO 준위(eV)	환원 전위에서 산출한 LUMO 준위(eV)
2mDBTBPDBq-II	1.28	-2.00	-6.22	-2.94
PCBBiF	0.42	-2.94	-5.36	-2.00
PCCP	0.69	-2.98	-5.63	-1.96
$\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$	0.37	-2.38	-5.31	-2.57

[1037]

[1038] 표 19에 나타난 바와 같이, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 환원 전위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 환원 전위보다 높고, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 산화 전위보다 높고, 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ )의 환원 전위는 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ )의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 산화 전위보다 낮다. 또한, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ )의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료( $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ )의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP) 각각의 HOMO 준위보다 높다.

[1039] CV 측정 결과는, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDBq-II)과 각 제 2 유기 화합물(PCBBiF 및 PCCP)의 조합이 엑시플렉스를 형성하는 것을 나타낸다.

[1040]  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.75eV이었다. 이 값은 표 19에 나타난 CV 측정 결과에서 산출하였다.

[1041] 상술한 바와 같이, 도 85의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 전이 에너지는 2.40eV이다.

[1042] 즉,  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.35eV 크다.

[1043] 도 85의 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 576nm이다. 그것에 따르면,  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 발광 에너지는 2.15eV로 산출되었다.

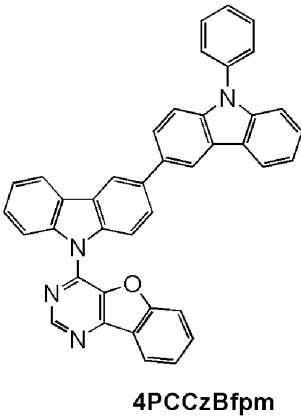
[1044] 즉,  $\text{Ir(ppy)}_2(4\text{dppy})$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.60eV 컸다.

- [1045] 결과적으로, 발광 소자 9 및 발광 소자 10의 게스트 재료 각각에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.3eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.
- [1046] 그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [1047] 또한, 2mDBTBPDq-II(제 1 유기 화합물)의 LUMO 준위와 PCBBiF(제 2 유기 화합물)의 HOMO 준위(2mDBTBPDq-II 및 PCBBiF는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 19에서 2.42eV로 산출되었다. 또한, 2mDBTBPDq-II(제 1 유기 화합물)의 LUMO 준위와 PCCP(제 2 유기 화합물)의 HOMO 준위(2mDBTBPDq-II 및 PCCP는 호스트 재료)의 에너지 차이는 표 19에서 2.69eV로 산출되었다. 결과적으로, 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.75eV)보다 작고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.40eV)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 9 및 발광 소자 10에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [1048] 표 19의 CV 측정 결과에 따르면, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDq-II)에 주입될 경향이 있고, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))에 주입될 경향이 있다. 즉, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDq-II) 및 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))에 의하여 형성될 가능성이 있다.
- [1049] 그러나, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물 및 게스트 재료에 의하여 형성되지 않는다. 이것은, 발광 소자 9 및 발광 소자 10의 전계 발광 스펙트럼이 도 85에 나타난 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))의 발광 스펙트럼과 비슷하다는 점에 의하여 증명된다. 본 발명자들은 이러한 특징적인 현상을 찾아내었다.
- [1050] 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDq-II)의 LUMO 준위와 게스트 재료 Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy)의 HOMO 준위의 에너지 차이는, 표 19에 나타난 CV 측정 결과에서 산출되고, 2.37eV인 것을 알았다.
- [1051] 따라서, 발광 소자 9 및 발광 소자 10에서, 제 1 유기 화합물(2mDBTBPDq-II)의 LUMO 준위와 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.37eV)는 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>2</sub>(4dppy))로부터의 발광의 에너지(2.15eV) 이상이다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 상술한 관계는 효율적인 발광에 기여하는 본 발명의 일 형태의 특징이다.
- [1052] <신뢰성 시험 결과>
- [1053] 도 87은 발광 소자의 신뢰성 시험 결과를 나타낸 것이다. 신뢰성 시험에서는, 발광 소자들(발광 소자 9 및 10 및 비교 발광 소자 4)의 전류 밀도를 50mA/cm<sup>2</sup>로 설정하고, 각 발광 소자를 일정한 전류 밀도로 연속적으로 구동하였다.
- [1054] 발광 소자 9 및 10 및 비교 발광 소자 4의 휘도가 초기 휘도의 90%까지 떨어지는 데 걸린 시간(LT90)은 발광 소자 9가 60시간, 발광 소자 10이 120시간, 비교 발광 소자 4가 10시간이었다. 발광 소자 9 및 발광 소자 10은 높은 신뢰성을 나타낸다.
- [1055] 즉, 발광 소자 9 및 10과 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하고, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 발광 에너지 이상인 구조를 가지면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높으며, 신뢰성이 우수한 발광 소자를 달성할 수 있다.

[1056] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있다. 신뢰성이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.

[1057] (실시예 7)

[1058] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 11)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 34에 나타난 것과 비슷하다. 표 20은 소자 구조의 자세한 사항을 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 아래에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조할 수 있다.



[1059]

표 20

	층	부호	두께(nm)	재료	중량비
발광 소자 11	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4PCCzBfpm	-
	발광층	160(2)	20	4PCCzBfpm:PCCP:Ir(ppy) <sub>3</sub>	0.8:0.2:0.05
		160(1)	20	4PCCzBfpm:PCCP:Ir(ppy) <sub>3</sub>	0.5:0.5:0.05
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II:MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

[1060]

[1061] <발광 소자 11의 제작>

[1062] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm<sup>2</sup>(2mm×2mm)로 하였다.

[1063] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II 및 MoO<sub>3</sub>을 중량비 DBT3P-II:MoO<sub>3</sub>=1:0.5에서 공증착에 의하여 두께 60nm로 퇴적하였다.

[1064] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.

[1065] 정공 수송층(112) 위의 발광층(160)으로서, 4-(9'-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4PCCzBfpm), PCCP, 및 Ir(ppy)<sub>3</sub>을 중량비 4PCCzBfpm:PCCP:Ir(ppy)<sub>3</sub>=0.5:0.5:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하고, 이어서 4PCCzBfpm, PCCP, 및 Ir(ppy)<sub>3</sub>을 중량비 4PCCzBfpm:PCCP:Ir(ppy)<sub>3</sub>=0.8:0.2:0.05에서 공증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에서, 4PCCzBfpm은 제 1 유기 화합물에 상당하고, PCCP는 제 2 유기 화합물에 상당하고, Ir(ppy)<sub>3</sub>은 게스트 재료(인광 재료)에 상당한다.

- [1066] 전자 수송층(118)으로서는, 발광층(160) 위에 4PCCzBfpm 및 바소페난트롤린(BPhen)을 각각 증착에 의하여 두께 20nm 및 10nm로 순차적으로 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서는, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [1067] 전극(102)으로서는, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [1068] 다음으로, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재를 사용하여, 유기 재료가 퇴적된 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써 발광 소자 11을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는, 실시예 1의 기재를 참조할 수 있다. 상술한 공정을 거쳐, 발광 소자 11을 얻었다.
- [1069] <발광 소자의 특성>
- [1070] 그리고, 제작한 발광 소자 11의 특성을 측정하였다. 도 88은 발광 소자 11의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 89는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 90은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 91은 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 92는 발광 소자 11에  $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류를 공급하였을 때의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온( $23^\circ\text{C}$ 로 유지된 분위기)에서 수행하였다. 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 마찬가지로 하였다.
- [1071] 표 21은  $1000\text{cd}/\text{m}^2$  근방에서의, 발광 소자 11의 소자 특성을 나타낸 것이다.

표 21

	전압 (V)	전류 밀도 ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	CIE 색도 (x, y)	휘도 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	전류 효율 ( $\text{cd}/\text{A}$ )	전력 효율 ( $\text{lm}/\text{W}$ )	외부 양자 효율(%)
발광 소자 11	3.6	1.8	(0.33, 0.61)	900	51	44	14

- [1072]
- [1073] 도 92에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 11은 녹색의 광을 방출한다. 발광 소자 11의 전계 발광 스펙트럼은 517nm에 피크 파장을 갖고, 반값 전폭이 80nm이다. 발광 소자의 발광은 게스트 재료  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 에서 유래한다.
- [1074] 도 88 내지 91 및 표 21로부터, 발광 소자 11은 전류 효율이 높고 외부 양자 효율이 높은 것을 알았다. 발광 소자 11의 최대 외부 양자 효율은 15%로 우수한 값이다. 발광 소자 11은 보다 낮은 전압으로 구동되었다. 따라서, 발광 소자 11의 전력 효율은 높다.
- [1075] 발광 소자 11의 발광 시동 전압(휘도가  $1\text{cd}/\text{m}^2$ 를 초과할 때의 전압)은 2.5V이었다. 이 전압은, 실시예 1에서 설명한 바와 같이, 게스트 재료  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이( $3.01\text{eV}$ )에 상당하는 전압보다 작다. 이 결과로부터, 발광 소자 11의 발광은, 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의해서가 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것이 시사된다.
- [1076] <호스트 재료의 인광 발광 스펙트럼>
- [1077] 도 93은 호스트 재료로서 사용한 4PCCzBfpm의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과를 나타낸 것이다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 마찬가지로 하였다. PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)의 측정 결과에는, 도 37을 참조할 수 있다.
- [1078] 도 93에서, 4PCCzBfpm의 인광 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 480nm이었다. 따라서, 4PCCzBfpm의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는  $2.58\text{eV}$ 이었다. 실시예 1에 나타낸 바와 같이, PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)는  $2.66\text{eV}$ 이었다.
- [1079] 도 36의 (A)에 나타낸 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 전이 에너지( $2.44\text{eV}$ )보다, 4PCCzBfpm 및 PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위) 각각은 높다.



- [1080] 따라서, 본 실시예에서 호스트 재료로서 사용한 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm) 및 제 2 유기 화합물(PCCP)은, 호스트 재료로서 충분히 높은 삼중항 여기 에너지 준위(T1 준위)를 갖는다.
- [1081] <CV 측정 결과>
- [1082] 4PCCzBfpm의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을, 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 측정하였다. 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 것과 비슷한 것으로 하고, DMF에 4PCCzBfpm을 용해시킴으로써 얻은 용액을 측정하였다.
- [1083] CV 측정 결과에 따르면, 4PCCzBfpm의 산화 전위는 0.76V이고 환원 전위는 -2.10V이었기 때문에, CV 측정에서 산출된 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 각각 -5.70eV 및 -2.84eV이었다.
- [1084] CV 측정 결과에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 환원 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 환원 전위보다 높고, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 높고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 환원 전위는 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 산화 전위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 산화 전위보다 낮다. 또한, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 낮다. 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위보다 높다.
- [1085] CV 측정 결과는, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)과 제 2 유기 화합물(PCCP)의 조합이 엑시플렉스를 형성하는 것을 나타낸다.
- [1086] [0930]Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.01eV이었다. 이 값은 CV 측정 결과에서 산출하였다.
- [1087] 도 36의 (A)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출한 Ir(ppy)<sub>3</sub>의 전이 에너지는 2.44eV이다.
- [1088] 즉, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.57eV 크다.
- [1089] 도 36의 (A)에서 발광 스펙트럼에서의 가장 짧은 파장 측의 피크 파장은 514nm이다. 그것에 따르면, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 발광 에너지는 2.41eV로 산출되었다.
- [1090] 즉, Ir(ppy)<sub>3</sub>의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.60eV 컸다.
- [1091] 결과적으로, 발광 소자 11의 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단에서 산출되는 전이 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 또한, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.4eV 이상 크다. 따라서, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어가 상기 게스트 재료에서 직접 재결합되는 경우에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉 높은 전압이 필요하다.
- [1092] 그러나, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않아도 엑시플렉스로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있기 때문에, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [1093] 또한, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 제 2 유기 화합물(PCCP)의 HOMO 준위(4PCCzBfpm 및 PCCP는 호스트 재료)의 에너지 차이는 2.79eV로 산출되었다. 결과적으로, 호스트 재료에 의하여 형성되는 엑시플렉스의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 에너지는, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(3.01eV)보다 작고, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.44eV)보다 크다. 그러므로, 발광 소자 11에서는, 엑시플렉스를 통하여 게스트 재료가 여기될 수 있어, 구동 전압을 낮출 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [1094] CV 측정 결과에 따르면, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)에 주입될 경향이 있고, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)에 주입될 경향이 있다. 즉, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm) 및 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)

에 의하여 형성될 가능성이 있다.

[1095] 그러나, 엑시플렉스는 제 1 유기 화합물 및 게스트 재료에 의하여 형성되지 않는다. 이것은, 발광 소자 11의 전체 발광 스펙트럼이 도 36의 (A)에 나타난 Ir(ppy)<sub>3</sub>의 발광 스펙트럼과 비슷하다는 점에 의하여 증명된다. 본 발명자들은 이러한 특징적인 현상을 찾아내었다.

[1096] 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 게스트 재료 Ir(ppy)<sub>3</sub>의 HOMO 준위의 에너지 차이는 CV 측정 결과에서 산출되고, 2.48eV인 것을 알았다.

[1097] 따라서, 발광 소자 11에서, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.48eV)는, 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지(2.44eV) 이상이다. 또한, 제 1 유기 화합물(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.48eV)는 게스트 재료(Ir(ppy)<sub>3</sub>)에 의하여 나타내어지는 발광의 에너지(2.41eV) 이상이다. 따라서, 제 1 유기 화합물과 게스트 재료의 조합에 의한 엑시플렉스의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 상술한 관계는 효율적인 발광에 기여하는 본 발명의 일 형태의 특징이다.

[1098] 발광 소자 11과 같이, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위가 제 2 유기 화합물의 LUMO 준위보다 낮고, 제 1 유기 화합물의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮고, 게스트 재료의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 서로 조합하여 엑시플렉스를 형성하고, 제 1 유기 화합물의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단에서 산출되는 전이 에너지 이상이거나 게스트 재료의 발광 에너지 이상인 구조를 가지면, 구동 전압이 낮고 발광 효율이 높은 발광 소자를 달성할 수 있다.

[1099] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있다.

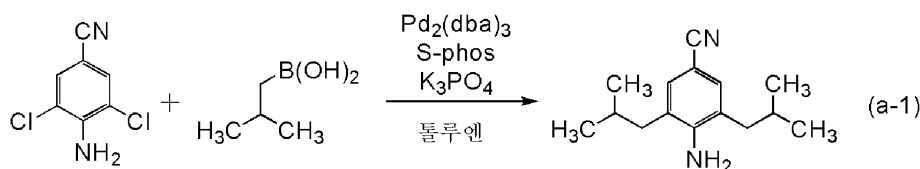
[1100] (참고예 1)

[1101] 본 참고예에서는, 실시예 2에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인, 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아자올-3-일-κN<sup>2</sup>]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1102] <합성예 1>

[1103] <<단계 1: 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴의 합성>>

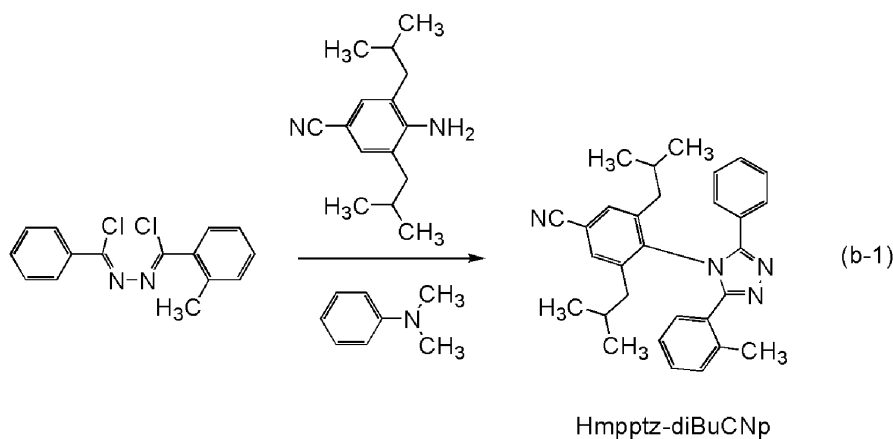
[1104] 1000mL의 3구 플라스크에, 9.4g(50mmol)의 4-아미노-3,5-다이클로로벤조나이트릴, 26g(253mmol)의 아이소부틸보론산, 54g(253mmol)의 인산 삼포타슘, 2.0g(4.8mmol)의 2-다이사이클로헥실포스포노-2',6'-다이에톡시바이페닐(S-phos), 및 500mL의 톨루엔을 넣었다. 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하고, 감압하에서 교반하면서 이 혼합물을 탈기하였다. 탈기 후, 0.88g(0.96mmol)의 트리스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0)을 첨가하고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 130℃에서 8시간 동안 교반하여 반응시켰다. 이 반응 용액에 톨루엔을 첨가하고, 셀라이트, 산화 알루미늄, 및 셀라이트의 순서로 적층된 여과 보조제를 통하여 이 용액을 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 10g의 황색 유상 물질을 수율 87%로 얻었다. 핵자기 공명(NMR) 분광법에 의하여, 얻어진 황색 유상 물질이 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 (a-1)에 나타낸다.



[1105]

[1106] <<단계 2: 4-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-diBuCNp)의 합성>>

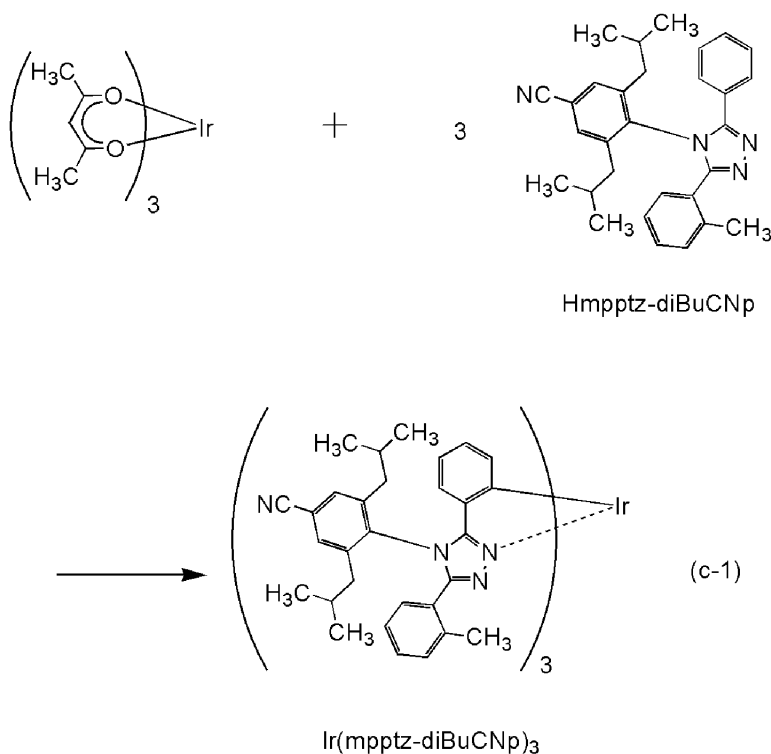
[1107] 300mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성시킨 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴 11g(48mmol), 4.7g(16mmol)의 *N*-(2-메틸페닐)클로로메틸리덴-*N'*-페닐클로로메틸리덴하이드라진, 및 40mL의 *N,N*-다이메틸아닐린을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 160℃에서 7시간 동안 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 300mL의 1M 염산에 이 반응 용액을 첨가하고 교반을 3시간 동안 수행하였다. 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 아세트산 에틸로 추출을 수행하였다. 유기층과 얻어진 추출 용액을 조합하고, 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하고, 건조시키기 위하여 유기층에 무수 황산 마그네슘을 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 이 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 헥세인-아세트산 에틸(5:1)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 헥세인을 첨가하고, 이 혼합물에 초음파를 조사한 다음, 흡인 여과하여 2.0g의 백색 고체를 수율 28%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 4-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-diBuCNp)인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 (b-1)에 나타낸다.



[1108]

[1109] <<단계 3: Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>의 합성>>

[1110] 3방 콕을 갖춘 반응 용기에, 단계 2에서 합성시킨 2.0g(4.5mmol)의 Hmpptz-diBuCNp 및 0.44g(0.89mmol)의 트리스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 넣고, 이 혼합물을 아르곤 기류하에 있어서 250℃에서 43시간 동안 교반하여 반응시켰다. 다이클로로메테인에 얻어진 반응 혼합물을 첨가하고, 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 다이클로로메테인을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여, 0.32g의 황색 고체를 수율 23%로 얻었다. 그리고, 얻어진 황색 고체 중 0.31g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 아르곤 유량 5.0mL/min으로, 2.6Pa의 압력하에 있어서 310℃에서 19시간 동안 가열함으로써 승화에 의한 정제를 수행하였다. 승화에 의한 정제 후, 0.26g의 황색 고체를 회수율 84%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 (c-1)에 나타낸다.



[1111]

[1112] 단계 3에서 얻은 황색 고체의 프로톤(<sup>1</sup>H)을 NMR 분광법에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여, 본 합성예에서 Ir(mpptz-diBuCNp)<sub>3</sub>이 얻어진 것이 밝혀진다.

[1113] <sup>1</sup>H-NMR δ(CDCl<sub>3</sub>): 0.33(d, 18H), 0.92(d, 18H), 1.51-1.58(m, 3H), 1.80-1.88(m, 6H), 2.10-2.15(m, 6H), 2.26-2.30(m, 3H), 2.55(s, 9H), 6.12(d, 3H), 6.52(t, 3H), 6.56(d, 3H), 6.72(t, 3H), 6.83(t, 3H), 6.97(d, 3H), 7.16(t, 3H), 7.23(d, 3H), 7.38(s, 3H), 7.55(s, 3H).

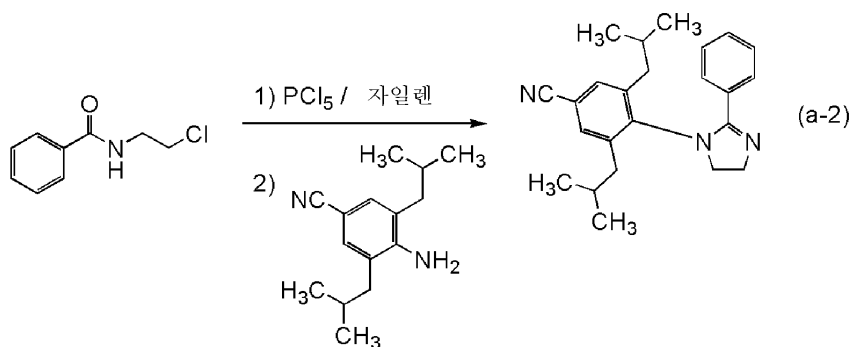
[1114] (참고예 2)

[1115] 본 참고예에서는, 실시예 3에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인, 트리스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-이미다졸-2-일-κ*N*<sup>3</sup>]페닐-κ*C*}이리듐(III)(약칭: Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1116] <합성예 2>

[1117] <<단계 1: 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-4,5-다이하이드로-1*H*-이미다졸의 합성>>

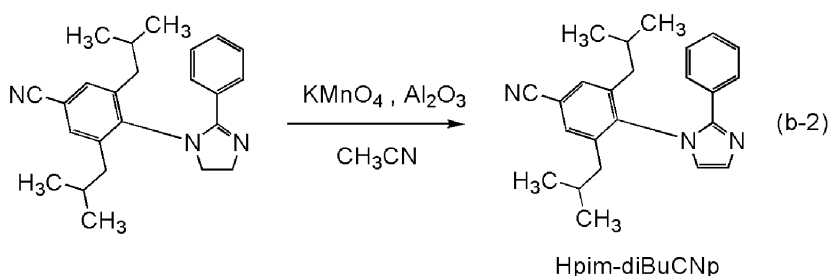
[1118] 1000mL의 3구 플라스크에, 22g(117mmol)의 *N*-(2-클로로에틸)벤즈아마이드 및 260mL의 탈수 자일렌을 넣었다. 이 혼합 용액에 33g(158mmol)의 오염화 인을 첨가하고, 이 혼합물을 140℃에서 1시간 동안 가열 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 이 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 여기에 28g(120mmol)의 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조 나이트릴과 60mL의 탈수 자일렌의 혼합 용액을 적하하고, 140℃에서 5시간 동안 가열 교반하였다. 이 반응 혼합물을 500mL의 물에 천천히 첨가하고, 실온에서 30분 동안 교반하였다. 이 혼합물에 클로로폼을 첨가하여 추출하였다. 1*M* 수산화 소듐 수용액에 얻어진 추출 용액을 천천히 첨가하고, 이 혼합물을 실온에서 30분 동안 교반하였다. 이 혼합물의 수성층과 유기층을 분리하였다. 얻어진 추출 용액을 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하였다. 세정 후, 건조시키기 위하여 유기층에 무수 황산 마그네슘을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 중력 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체에 아세트산 에틸과 헥세인의 혼합 용매를 첨가하고, 이 혼합물을 흡인 여과함으로써, 33g의 백색 고체를 수율 79%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-4,5-다이하이드로-1*H*-이미다졸인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 (a-2)에 나타낸다.



[1119]

[1120] <<단계 2: 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1H-이미다졸 (약칭: Hpim-diBuCNp)의 합성>>

[1121] 200mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성시킨 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-4,5-다이하이드로-1H-이미다졸 중 15g(42mmol) 및 아세트나이트릴을 넣었다. 막자사발에 13g(84mmol)의 과망가니즈산 포타슘 및 29g의 산화 알루미늄을 넣고 이를 갈아서 으갠으로써 얻은 분말을 상기 혼합 용액에 첨가하고, 이 혼합물을 실온에서 17시간 동안 교반하여 반응시켰다. 이 반응 혼합물을 셀라이트를 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질에 톨루엔을 첨가하고, 셀라이트, 산화 알루미늄, 및 셀라이트의 순서로 적층된 여과 보조제를 통하여 이 용액을 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 헥세인-아세트산 에틸(5:1)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 8.0g의 무색 유상 물질을 수율 53%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 무색 유상 물질이 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1H-이미다졸(약칭: Hpim-diBuCNp)인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 (b-2)에 나타낸다.

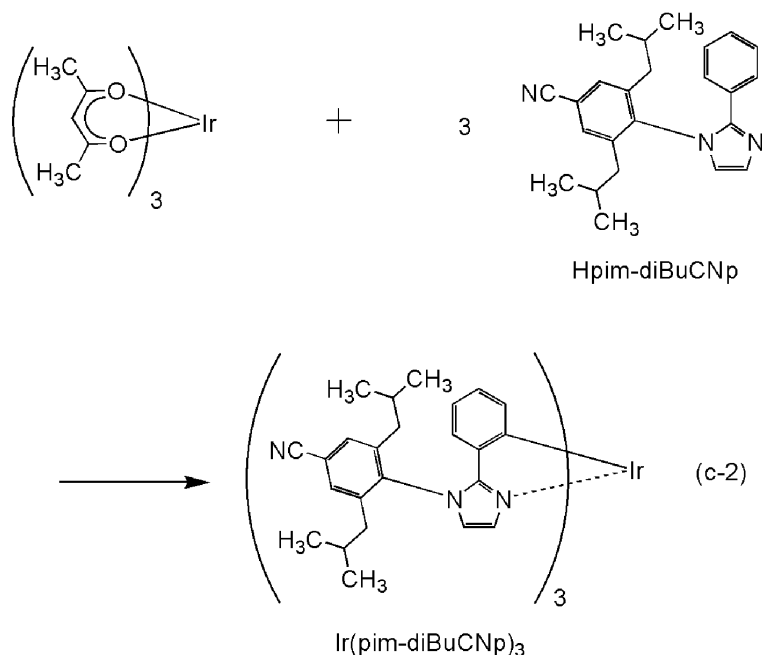


[1122]

[1123] <<단계 3: Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>의 합성>>

[1124] 3방 콧을 갖춘 반응 용기에, 단계 2에서 합성시킨 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1H-이미다졸 중 5.0g(14mmol) 및 1.4g(2.8mmol)의 트리스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 넣고, 이 혼합물을 아르곤 기류 하에 있어서 250℃에서 38시간 동안 가열하여 반응시켰다. 얻어진 반응 혼합물에 톨루엔을 첨가하고 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 먼저 톨루엔을 사용하였다. 다음으로, 톨루엔-아세트산 에틸(9:1)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여, 0.6g의 황색 고체를 수율 18%로 얻었다. 그리고, 얻어진 황색 고체 중 0.6g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 아르곤 유량 5.0mL/min으로, 2.6Pa의 압력하에 있어서 280℃에서 17시간 동안 가열함으로써 승화에 의한 정제를 수행하였다. 승화에 의한 정제 후, 0.4g의 황색 고체를 회수율 67%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 (c-2)에 나타낸다.





[1125]

[1126] 단계 3에서 얻은 황색 고체의 프로톤(<sup>1</sup>H)을 NMR 분광법에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여, 본 합성예에서 Ir(pim-diBuCNp)<sub>3</sub>이 얻어진 것이 밝혀진다.

[1127] <sup>1</sup>H-NMR δ(CDCl<sub>3</sub>): 0.43(d, 9H), 0.56(d, 9H), 0.79(t, 18H), 1.42-1.50(m, 3H), 1.73-1.81(m, 3H), 1.97-2.02(m, 3H), 2.12-2.17(m, 3H), 2.24-2.29(m, 3H), 2.46-2.50(m, 3H), 6.05(d, 3H), 6.40(t, 3H), 6.59(t, 3H), 6.71-6.76(m, 9H), 7.54(d, 6H).

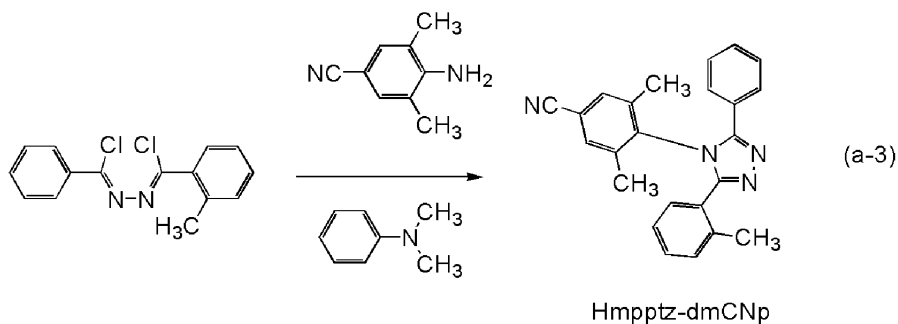
[1128] (참고예 3)

[1129] 참고예 3에서는, 실시예 3에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인, 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이메틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN<sup>2</sup>]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1130] <합성예 3>

[1131] <<단계 1: 4-(4-사이아노-2,6-다이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-dmCNp)의 합성>>

[1132] 300mL의 3구 플라스크에, 6.5g(44mmol)의 4-아미노-2,6-다이메틸벤조나이트릴, 10g(34mmol)의 N-(2-메틸페닐)클로로메틸리덴-N'-페닐클로로메틸리덴하이드라진, 및 80mL의 N,N-다이메틸아닐린을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 160℃에서 21시간 동안 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 300mL의 1M 염산에 이 반응 용액을 첨가하고 교반을 3시간 동안 수행하였다. 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 유기층과 얻어진 추출 용액을 조합하고, 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하고, 건조시키기 위하여 유기층에 무수 황산 마그네슘을 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 이 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 먼저 비율 10:1(v:v)의 톨루엔과 아세트산 에틸의 혼합 용매를 사용하고, 톨루엔 대 아세트산 에틸의 비율이 2:1(v:v)이 될 때까지 고극성 용매의 비율을 서서히 증가시켰다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체를 아세트산 에틸로부터 재결정하여 3.5g의 백색 고체를 수율 27%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 4-(4-사이아노-2,6-다이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-dmCNp)인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 (a-3)에 나타낸다.

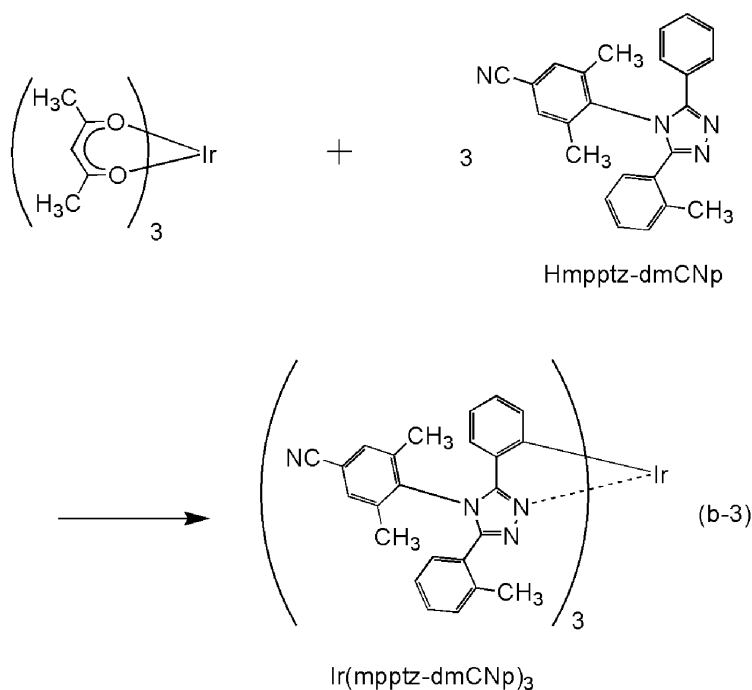


[1133]

[1134] <<단계 2: Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>의 합성>>

[1135]

3방 쿽을 갖춘 반응 용기에, 단계 1에서 얻은 4-(4-(사이아노-2,6-다이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-dmCNp) 중 3.0g(8.2mmol) 및 0.81g(1.6mmol)의 트리스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 넣고, 이 혼합물을 250℃에서 37시간 동안 가열하여 반응시켰다. 이 반응 혼합물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 비율 20:1(v:v)의 다이클로로메테인과 아세트산 에틸의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸로부터 재결정하여, 150mg의 황색 고체를 수율 7.3%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 (b-3)에 나타낸다.



[1136]

[1137] 단계 2에서 얻은 황색 고체의 프로톤(<sup>1</sup>H)을 NMR 분광법에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여, 본 합성예에서 Ir(mpptz-dmCNp)<sub>3</sub>이 얻어진 것이 밝혀진다.

[1138]

<sup>1</sup>H-NMR δ(CDCl<sub>3</sub>): 1.99(s, 9H), 2.02(s, 9H), 2.36(s, 9H), 6.22(d, 3H), 6.61(t, 3H), 6.66(d, 3H), 6.78(t, 3H), 6.90-6.93(m, 3H), 6.99(d, 3H), 7.19-7.23(m, 6H), 7.41(s, 3H), 7.48(s, 3H).

[1139]

(참고예 4)

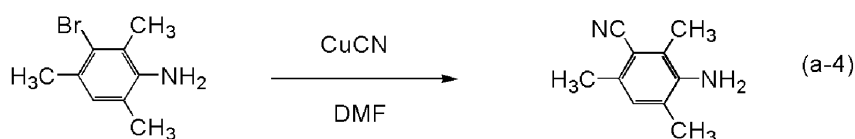
[1140]

참고예 4에서는, 실시예 3에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인, 트리스{2-[4-(3-사이아노-2,4,6-트라이메틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN<sup>2</sup>]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1141] <합성에 4>

[1142] <<단계 1: 3-아미노-2,4,6-트라이메틸벤조나이트릴의 합성>>

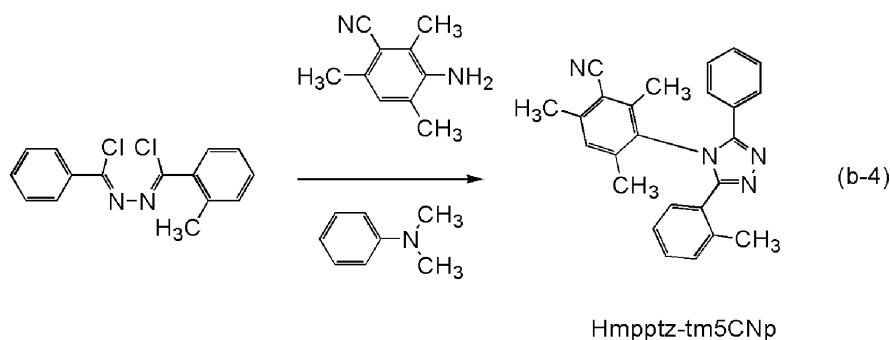
[1143] 500mL의 3구 플라스크에, 13g(61mmol)의 3-브로모-2,4,6-트라이메틸아닐린, 200mL의 다이메틸폼아마이드, 및 8.2g(91mmol)의 사이아노화 구리를 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 150℃에서 16시간 동안 가열 교반하여 반응시켰다. 이 반응 용액에 100mL의 암모니아수 및 100mL의 물을 첨가하고, 이 혼합물을 실온에서 교반하였다. 얻어진 혼합물의 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 다이클로로메테인으로 추출을 수행하고, 이 유기층을 물 및 포화 식염수로 세정하였다. 건조시키기 위하여, 얻어진 유기층에 무수 황산 마그네슘을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 중력 여과하여 여과액을 얻었다. 이 여과액을 농축하여 갈색 고체를 얻었다. 이 갈색 고체를 에탄올로 세정하여, 7.1g의 열은 적색 고체를 수율 73%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 열은 적색 고체가 3-아미노-2,4,6-트라이메틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 (a-4)에 나타낸다.



[1144]

[1145] <<단계 2: 4-(3-사이아노-2,4,6-트라이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-tm5CNp)의 합성>>

[1146] 300mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성시킨 3-아미노-2,4,6-트라이메틸벤조나이트릴 중 6.5g(41mmol), 9.4g(34mmol)의 *N*-(2-메틸페닐)클로로메틸리텐-*N'*-페닐클로로메틸리텐하이드라진, 및 110mL의 *N,N*-다이메틸아닐린을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 160℃에서 19시간 동안 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 300mL의 1M 염산에 이 반응 용액을 첨가하고 교반을 3시간 동안 수행하였다. 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 유기층과 얻어진 추출 용액을 조합하고, 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하고, 건조시키기 위하여 유기층에 무수 황산 마그네슘을 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 이 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 비율 1:1(v:v)의 톨루엔과 아세트산 에틸의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 백색 고체를 얻었다. 얻어진 백색 고체를 아세트산 에틸로부터 재결정하여 5.2g의 백색 고체를 40%의 수율로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 4-(3-사이아노-2,4,6-트라이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-tm5CNp)인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 (b-4)에 나타낸다.

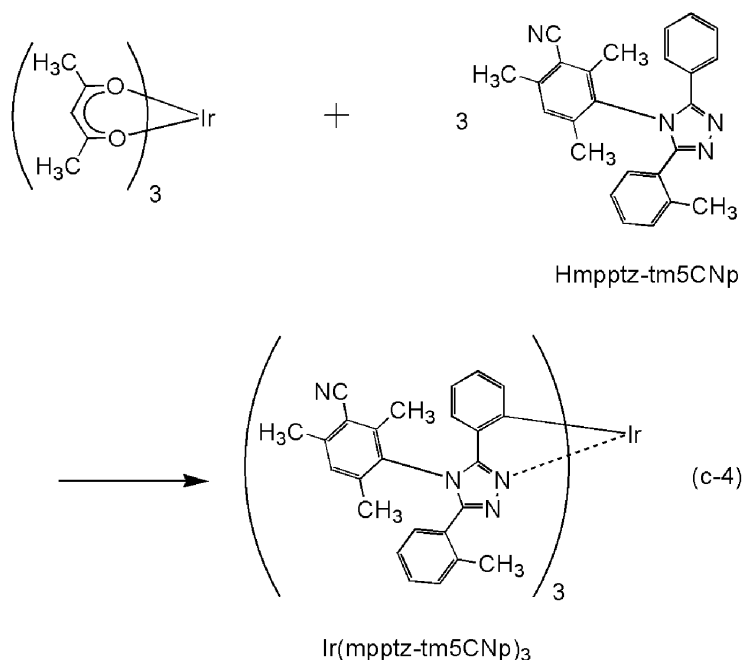


[1147]

[1148] <<단계 3: Ir(mpptz-tm5CNp)<sub>3</sub>의 합성>>

[1149] 다음으로, 3방 콧을 갖춘 반응 용기에, 단계 2에서 얻은 4-(3-사이아노-2,4,6-트라이메틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸 중 4.5g(12mmol) 및 1.2g(2.4mmol)의 트리스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 넣고, 이 혼합물을 250℃에서 40시간 동안 가열하였다. 이 반응 혼합물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 비율 20:1(v:v)의 다이클로로메테인과 아세트산 에틸의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여,

0.80g의 황색 고체를 수율 25%로 얻었다. 그리고, 얻어진 황색 고체 중 0.31g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다.  $4.7 \times 10^{-3}$  Pa의 압력하에 있어서 315℃에서 16시간 동안 가열한 다음, 320℃에서 8.5시간 동안 가열함으로써 승화에 의한 정제를 수행하였다. 승화에 의한 정제 후, 0.18g의 황색 고체를 회수율 58%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 (c-4)에 나타낸다.



[1150]

[1151]

단계 3에서 얻은 황색 고체의 프로톤( $^1\text{H}$ )을 NMR 분광법에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여, 본 합성예에서  $\text{Ir}(\text{mpptz-tm5CNp})_3$ 이 얻어진 것이 밝혀진다.

[1152]

$^1\text{H-NMR}$   $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ ): 1.37-2.18(m, 18H), 2.30-2.34(m, 9H), 2.56(s, 9H), 6.20-6.22(m, 3H), 6.58-6.62(m, 3H), 6.72(d, 3H), 6.75-6.78(m, 3H), 6.91-7.02(m, 6H), 7.05-7.07(m, 3H), 7.19-7.20(m, 6H).

[1153]

(참고예 5)

[1154]

본 참고예에서는, 실시예 5에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인,  $\text{tris}\{2-[5-(5\text{-사이아노-2-메틸페닐})-4-(2,6\text{-다이아이소프로필페닐})-4H\text{-}1,2,4\text{-트리아졸-3-일-}\kappa N']\text{페닐-}\kappa C\}\text{이리듐(III)}$ (약칭:  $\text{Ir}(\text{mCNpptz-diPrp})_3$ )의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1155]

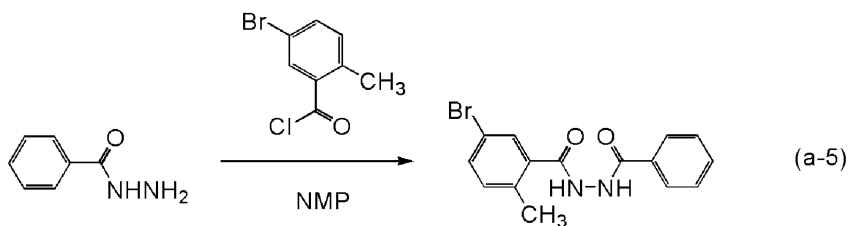
<합성예 5>

[1156]

<<단계 1: *N*-5-브로모-2-메틸벤조일-*N'*-벤조일하이드라자이드의 합성>>

[1157]

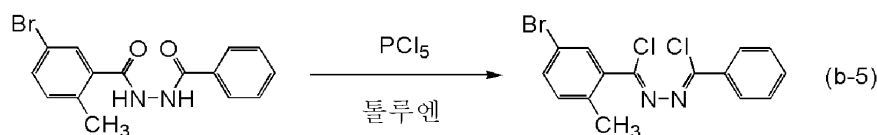
500mL의 3구 플라스크에, 15g(107mmol)의 벤조일하이드라자이드 및 75mL의 *N*-메틸-2-피롤리디논(NMP)을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 얼음 중탕에서 교반하였다. 이 혼합 용액에 25g(107mmol)의 5-브로모-2-메틸벤조일 클로라이드와 32mL의 NMP의 혼합 용액을 천천히 적하하고, 23시간 동안 교반을 수행하여 반응시켰다. 반응 후, 500mL의 물에 이 반응 용액을 천천히 첨가하여 고체를 석출하였다. 석출된 고체에 대하여, 물과 1M 염산을 교대로 사용하여 초음파 세정을 수행하였다. 그리고, 에탄올을 사용하여 초음파 세정을 수행함으로써, 33g의 백색 고체를 수율 92%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 *N*-5-브로모-2-메틸벤조일-*N'*-벤조일하이드라자이드인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 (a-5)에 나타낸다.



[1158]

[1159] <<단계 2: *N*-클로로-5-브로모-2-메틸페닐메틸리덴-*N'*-클로로페닐메틸리덴하이드라존의 합성>>

[1160] 1000mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성시킨 *N*-5-브로모-2-메틸벤조일-*N'*-벤조일하이드라자이드 중 27g(80mmol) 및 500mL의 톨루엔을 넣었다. 이 혼합 용액에 50g(240mmol)의 오염화 인을 첨가하고, 이 혼합물을 120℃에서 8시간 동안 가열 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 500mL의 물에 이 반응 용액을 천천히 첨가하고, 이 혼합물을 실온에서 30분 동안 교반하였다. 이 혼합물의 수성층과 유기층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 얻어진 추출 용액과 유기층을 회수하고, 400mL의 1M 수산화 소듐 수용액에 이 유기층을 천천히 첨가하고, 이 혼합물을 실온에서 30분 동안 교반하였다. 이 혼합물의 수성층과 유기층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 얻어진 추출 용액을 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하였다. 세정 후, 건조시키기 위하여 이 용액에 무수 황산 마그네슘을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 중력 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 헥세인을 첨가하고, 이 혼합물에 초음파를 조사한 다음, 흡인 여과하여 22g의 황색 고체를 수율 75%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 황색 고체가 *N*-클로로-5-브로모-2-메틸페닐메틸리덴-*N'*-클로로페닐메틸리덴하이드라존인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 (b-5)에 나타낸다.

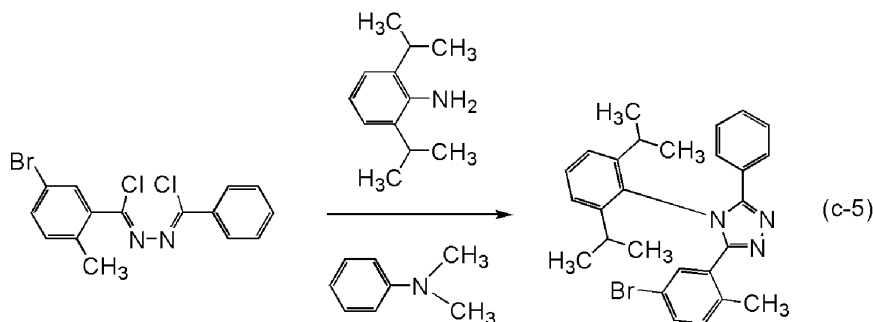


[1161]

[1162] <<단계 3: 3-(5-브로모-2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-페닐-4*H*-1,2,4-트리아졸의 합성>>

[1163] 500mL의 3구 플라스크에, 단계 2에서 합성시킨 22g(66mmol)의 *N*-클로로-5-브로모-2-메틸페닐메틸리덴-*N'*-클로로페닐메틸리덴하이드라존, 35g(199mmol)의 2,6-다이아이소프로필아닐린, 및 200mL의 *N,N*-다이메틸아닐린을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 160℃에서 11.5시간 동안 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 500mL의 3M 염산에 이 반응 용액을 첨가하고 교반을 1시간 동안 수행하였다. 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 아세트산 에틸로 추출을 수행하였다. 유기층과 얻어진 추출 용액을 조합하고, 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하였다. 그리고, 건조시키기 위하여 얻어진 용액에 무수 황산 마그네슘을 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 이 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 톨루엔-아세트산 에틸(5:1)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여, 13g의 백색 고체를 수율 42%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 3-(5-브로모-2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-페닐-4*H*-1,2,4-트리아졸인 것을 확인하였다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 (c-5)에 나타낸다.

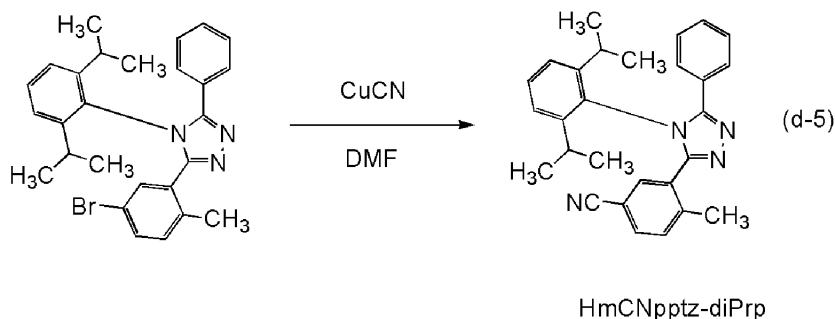




[1164]

[1165] <<단계 4: 3-(5-사이아노-2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: HmCNpptz-diPrp)의 합성>>

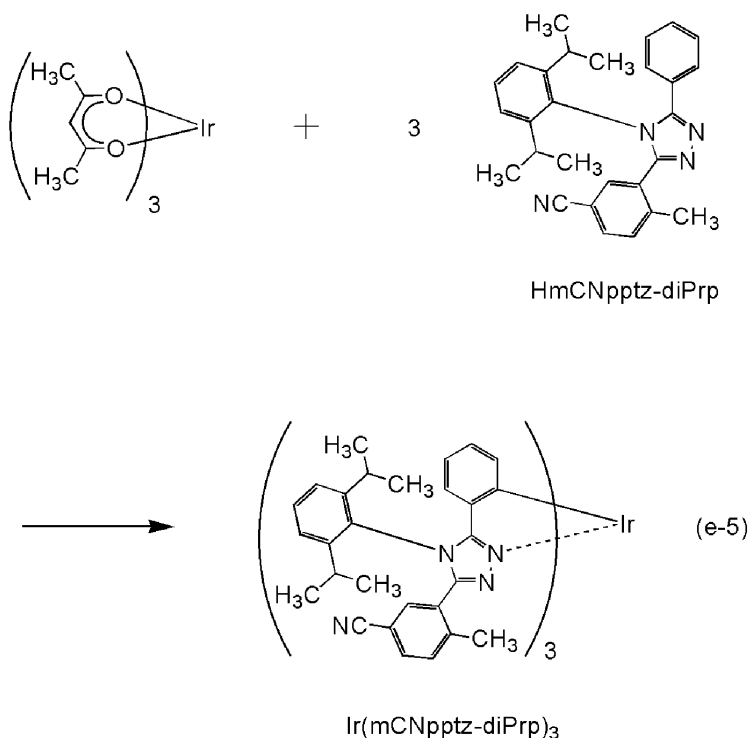
[1166] 300mL의 3구 플라스크에, 단계 3에서 합성시킨 3-(5-브로모-2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸 중 10g(21mmol) 및 70mL의 *N,N*-다이메틸폼아마이드를 넣었다. 이 혼합 용액에 2.8g(32mmol)의 사이안화 구리를 첨가하고, 이 혼합물을 150℃에서 43시간 동안 가열 교반하여 반응시켰다. 반응 후, 이 반응 용액에 100mL의 암모니아수 및 100mL의 물을 첨가하고, 실온에서 30분 동안 교반하였다. 이 혼합물에 클로로폼을 첨가하여 추출하였다. 얻어진 추출 용액을 포화 식염수로 2번 세정하였다. 세정 후, 건조시키기 위하여 이 용액에 무수 황산 마그네슘을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 중력 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 먼저 아세트산 에틸-헥세인(1:5)의 혼합 용매를 사용한 다음, 아세트산 에틸-헥세인(1:3)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여, 1.9g의 백색 고체를 수율 21%로 얻었다. NMR 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 3-(5-사이아노-2-메틸페닐)-4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(약칭: HmCNpptz-diPrp)인 것을 확인하였다. 단계 4의 합성 스킴을 아래의 (d-5)에 나타낸다.



[1167]

[1168] <<단계 5: Ir(mCNpptz-diPrp)<sub>3</sub>의 합성>>

[1169] 3방 콕을 갖춘 반응 용기에, 단계 4에서 합성시킨 1.9g(4.4mmol)의 HmCNpptz-diPrp 및 0.43g(0.89mmol)의 트리 스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 넣고, 이 혼합물을 아르곤 기류하에 있어서 250℃에서 40.5시간 동안 교반하여 반응시켰다. 다이클로로메테인에 얻어진 반응 혼합물을 첨가하고, 이 혼합물을 여과하여 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 먼저 다이클로로메테인을 사용한 다음, 다이클로로메테인-아세트산 에틸(100:3)의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인으로부터 재결정하여, 0.27g의 황색 고체를 수율 21%로 얻었다. 그리고, 얻어진 황색 고체 중 0.27g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다.  $8.6 \times 10^{-3}$  Pa의 압력하에 있어서 310℃에서 17시간 동안 가열함으로써 승화에 의한 정제를 수행하였다. 승화에 의한 정제 후, 0.16g의 황색 고체를 회수율 61%로 얻었다. 단계 5의 합성 스킴을 아래의 (e-5)에 나타낸다.



[1170]

[1171] 단계 5에서 얻은 황색 고체의 프로톤( $^1\text{H}$ )을 NMR 분광법에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여, 본 합성예에서  $\text{Ir}(\text{mCNppts-diPrp})_3$ 이 얻어진 것이 밝혀진다.

[1172]  $^1\text{H}$ -NMR.  $\delta$  ( $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ): 0.72(d, 9H), 0.80-0.83(m, 18H), 0.93(d, 9H), 2.15-2.21(m, 3H), 2.35(s, 9H), 2.69-2.74(m, 3H), 6.21(d, 3H), 6.52(t, 3H), 6.70(t, 3H), 6.80(d, 3H), 7.07(d, 3H), 7.29-7.31(m, 6H), 7.34(d, 3H), 7.45(d, 3H), 7.56(t, 3H).

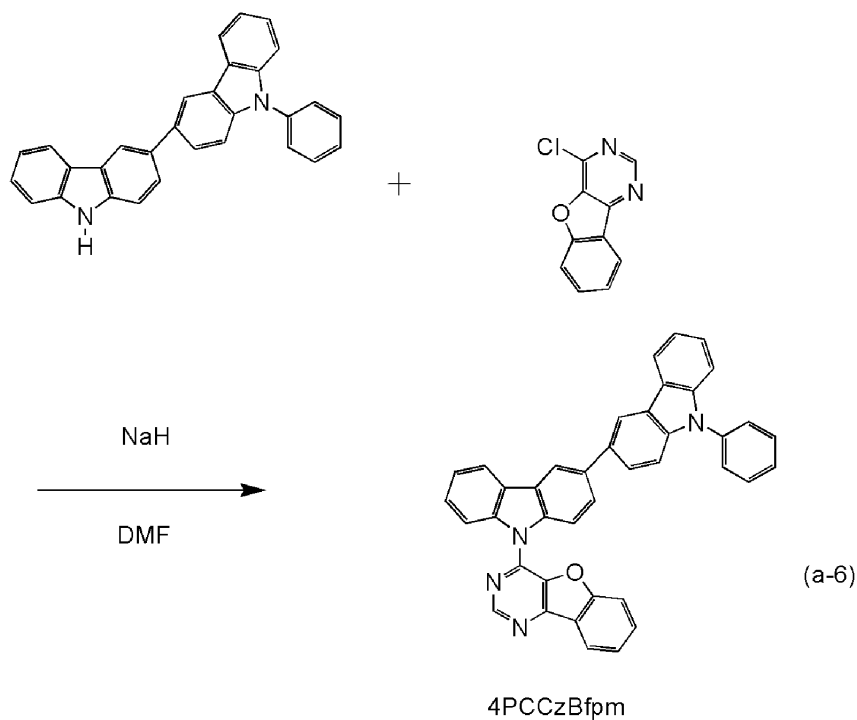
[1173] (참고예 6)

[1174] 본 참고예에서는, 실시예 7에서 호스트 재료로서 사용한 화합물인, 4-(9'-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4PCCzBfpm)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1175] <합성예 6>

[1176] <<4PCCzBfpm의 합성>>

[1177] 먼저, 공기를 질소로 치환한 3구 플라스크에, 0.15g(3.6mmol)의 수소화 소듐(60%)을 넣고, 교반하면서 여기에 10mL의 *N,N*-다이메틸포아마이드(약칭: DMF)를 적하하였다. 용기를 0℃까지 냉각시키고, 여기에 1.1g(2.7mmol)의 9-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸과 15mL의 DMF의 혼합 용액을 적하하고, 실온에서 30분 동안 교반하였다. 그리고, 용기를 0℃까지 냉각시키고, 0.50g(2.4mmol)의 4-클로로[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘과 15mL의 DMF의 혼합 용액을 첨가하고, 실온에서 20시간 동안 교반하였다. 얻어진 반응 용액을 얼음물에 넣고, 이 혼합물에 톨루엔을 첨가하였다. 얻어진 혼합물로부터 유기층에 대하여 아세트산 에틸을 사용하여 추출을 수행하고, 포화 식염수로 세정하였다. 황산 마그네슘을 첨가하고 여과를 수행하였다. 얻어진 여과액의 용매를 증류하고, 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피(전개 용매: 톨루엔, 이어서 톨루엔:아세트산 에틸의 혼합 용매=1:20)에 의하여 정제하였다. 톨루엔과 헥세인의 혼합 용매를 사용하여 재결정함으로써, 목적 물질인 4PCCzBfpm을 1.0g, 노르스름한 백색 고체로서 수율 72%로 얻었다. 그리고, 이 1.0g의 노르스름한 백색 고체를 트레인 서블리메이션법을 사용하여 정제하였다. 승화에 의한 정제에서는, 압력을 2.6Pa로 하고, 아르곤 가스의 유량을 5mL/min으로 하여 270℃ 내지 280℃에서 노르스름한 백색 고체를 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, 목적 물질인 노르스름한 백색 고체를 0.7g, 회수율 69%로 얻었다. 본 단계의 합성 스킴을 아래의 (a-6)에 나타낸다.



[1178]

[1179] 상술한 단계에서 얻은 노르스름한 백색 고체의 핵자기 공명( $^1\text{H-NMR}$ ) 분광법에 의한 분석 결과를 아래에 나타낸다. 이들 결과에 의하여 본 합성예에서 4PCCzBfpm이 얻어졌다는 것이 밝혀진다.

[1180]  $^1\text{H-NMR}$   $\delta$  ( $\text{CDCl}_3$ ): 7.31-7.34(m, 1H), 7.43-7.46(m, 3H), 7.48-7.54(m, 3H), 7.57-7.60(t, 1H), 7.62-7.66(m, 4H), 7.70(d, 1H), 7.74-7.77(dt, 1H), 7.80(dd, 1H), 7.85(dd, 1H), 7.88-7.93(m, 2H), 8.25(d, 2H), 8.37(d, 1H), 8.45(ds, 1H), 8.49(ds, 1H), 9.30(s, 1H).

### 부호의 설명

[1181] 100: EL층, 101: 전극, 101a: 도전층, 101b: 도전층, 101c: 도전층, 102: 전극, 103: 전극, 103a: 도전층, 103b: 도전층, 104: 전극, 104a: 도전층, 104b: 도전층, 106: 발광 유닛, 108: 발광 유닛, 110: EL층, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 113: 전자 수송층, 114: 전자 주입층, 115: 전하 발생층, 116: 정공 주입층, 117: 정공 수송층, 118: 전자 수송층, 119: 전자 주입층, 120: 발광층, 121: 호스트 재료, 122: 게스트 재료, 123B: 발광층, 123G: 발광층, 123R: 발광층, 130: 발광층, 131: 호스트 재료, 131\_1: 유기 화합물, 131\_2: 유기 화합물, 132: 게스트 재료, 145: 격벽, 150: 발광 소자, 160: 발광층, 170: 발광층, 171: 호스트 재료, 171\_1: 유기 화합물, 171\_2: 유기 화합물, 172: 게스트 재료, 180: 발광층, 190: 발광층, 190a: 발광층, 190b: 발광층, 200: 기관, 220: 기관, 221B: 영역, 221G: 영역, 221R: 영역, 222B: 영역, 222G: 영역, 222R: 영역, 223: 차광층, 224B: 광학 소자, 224G: 광학 소자, 224R: 광학 소자, 250: 발광 소자, 252: 발광 소자, 260a: 발광 소자, 260b: 발광 소자, 262a: 발광 소자, 262b: 발광 소자, 301\_1: 배선, 301\_5: 배선, 301\_6: 배선, 301\_7: 배선, 302\_1: 배선, 302\_2: 배선, 303\_1: 트랜지스터, 303\_6: 트랜지스터, 303\_7: 트랜지스터, 304: 용량 소자, 304\_1: 용량 소자, 304\_2: 용량 소자, 305: 발광 소자, 306\_1: 배선, 306\_3: 배선, 307\_1: 배선, 307\_3: 배선, 308\_1: 트랜지스터, 308\_6: 트랜지스터, 309\_1: 트랜지스터, 309\_2: 트랜지스터, 311\_1: 배선, 311\_3: 배선, 312\_1: 배선, 312\_2: 배선, 600: 표시 장치, 601: 신호선 구동 회로부, 602: 화소부, 603: 주사선 구동 회로부, 604: 밀봉 기관, 605: 실재, 607: 영역, 607a: 밀봉층, 607b: 밀봉층, 607c: 밀봉층, 608: 배선, 609: FPC, 610: 소자 기관, 611: 트랜지스터, 612: 트랜지스터, 613: 하부 전극, 614: 격벽, 616: EL층, 617: 상부 전극, 618: 발광 소자, 621: 광학 소자, 622: 차광층, 623: 트랜지스터, 624: 트랜지스터, 801: 화소 회로, 802: 화소부, 804: 구동 회로부, 804a: 주사선 구동 회로, 804b: 신호선 구동 회로, 806: 보호 회로, 807: 단자부, 852: 트랜지스터, 854: 트랜지스터, 862: 용량 소자, 872: 발광 소자, 1001: 기관, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 층간 절연막, 1021: 층간 절연막, 1022: 전극, 1024B: 하부 전극, 1024G: 하부 전극, 1024R: 하부 전극, 1024Y: 하

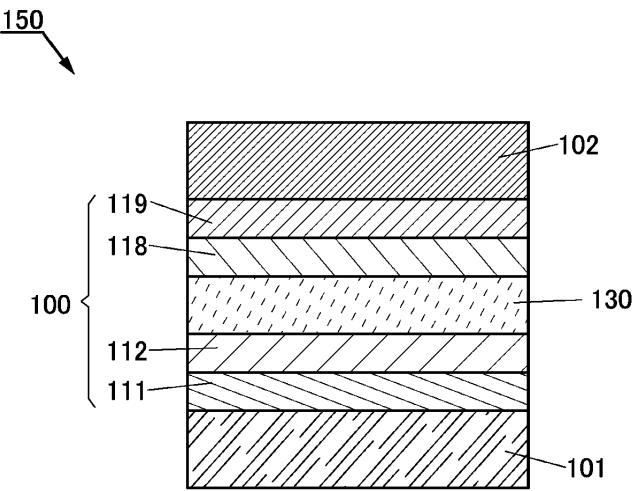
부 전극, 1025: 격벽, 1026: 상부 전극, 1028: EL층, 1028B: 발광층, 1028G: 발광층, 1028R: 발광층, 1028Y: 발광층, 1029: 밀봉층, 1031: 밀봉 기관, 1032: 실재, 1033: 기재, 1034B: 착색층, 1034G: 착색층, 1034R: 착색층, 1034Y: 착색층, 1035: 차광층, 1036: 오버코트층, 1037: 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 2000: 터치 패널, 2001: 터치 패널, 2501: 표시 장치, 2502R: 화소, 2502t: 트랜지스터, 2503c: 용량 소자, 2503g: 주사선 구동 회로, 2503s: 신호선 구동 회로, 2503t: 트랜지스터, 2509: FPC, 2510: 기관, 2510a: 절연층, 2510b: 플렉시블 기관, 2510c: 접착층, 2511: 배선, 2519: 단자, 2521: 절연층, 2528: 칸막이, 2550R: 발광 소자, 2560: 밀봉층, 2567BM: 차광층, 2567p: 반사 방지층, 2567R: 착색층, 2570: 기관, 2570a: 절연층, 2570b: 플렉시블 기관, 2570c: 접착층, 2580R: 발광 모듈, 2590: 기관, 2591: 전극, 2592: 전극, 2593: 절연층, 2594: 배선, 2595: 터치 센서, 2597: 접착층, 2598: 배선, 2599: 접속층, 2601: 펄스 전압 출력 회로, 2602: 전류 검지 회로, 2603: 용량 소자, 2611: 트랜지스터, 2612: 트랜지스터, 2613: 트랜지스터, 2621: 전극, 2622: 전극, 3000: 발광 장치, 3001: 기관, 3003: 기관, 3005: 발광 소자, 3007: 밀봉 영역, 3009: 밀봉 영역, 3011: 영역, 3013: 영역, 3014: 영역, 3015: 기관, 3016: 기관, 3018: 건조제, 3500: 다기능 단말기, 3502: 하우스, 3504: 표시부, 3506: 카메라, 3508: 조명, 3600: 라이트, 3602: 하우스, 3608: 조명, 3610: 스피커, 8000: 표시 모듈, 8001: 상부 커버, 8002: 하부 커버, 8003: FPC, 8004: 터치 센서, 8005: FPC, 8006: 표시 장치, 8009: 프레임, 8010: 인쇄 배선판, 8011: 배터리, 8501: 조명 장치, 8502: 조명 장치, 8503: 조명 장치, 8504: 조명 장치, 9000: 하우스, 9001: 표시부, 9003: 스피커, 9005: 조작키, 9006: 접속 단자, 9007: 센서, 9008: 마이크로폰, 9050: 조작 버튼, 9051: 정보, 9052: 정보, 9053: 정보, 9054: 정보, 9055: 힌지, 9100: 휴대 정보 단말기, 9101: 휴대 정보 단말기, 9102: 휴대 정보 단말기, 9200: 휴대 정보 단말기, 9201: 휴대 정보 단말기, 9300: 텔레비전 장치, 9301: 스탠드, 9311: 리모트 컨트롤러, 9500: 표시 장치, 9501: 표시 패널, 9502: 표시 영역, 9503: 영역, 9511: 축부, 9512: 베어링, 9700: 자동차, 9701: 차체, 9702: 차륜, 9703: 대시보드, 9704: 라이트, 9710: 표시부, 9711: 표시부, 9712: 표시부, 9713: 표시부, 9714: 표시부, 9715: 표시부, 9721: 표시부, 9722: 표시부, 및 9723: 표시부.

본 출원은 2015년 7월 23일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-145443의 일본 특허 출원, 2015년 11월 30일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-233299의 일본 특허 출원, 및 2016년 03월 15일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2016-051351의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

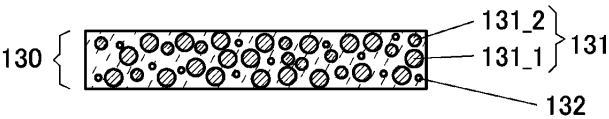
도면

도면1

(A)



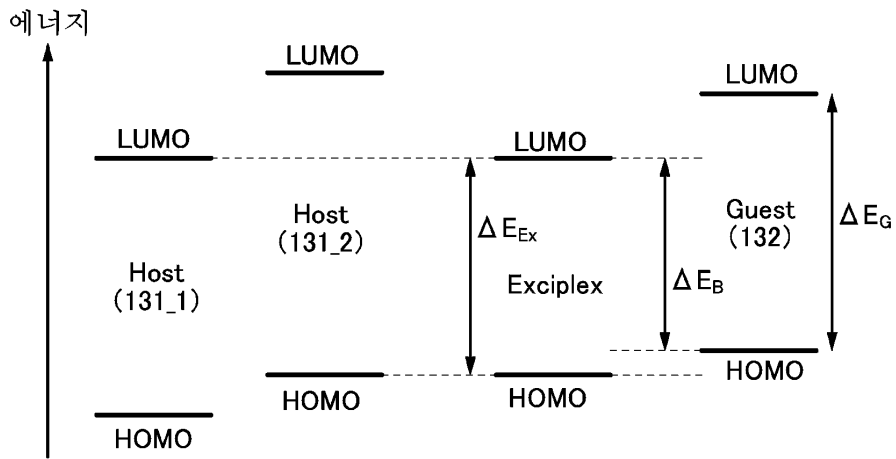
(B)



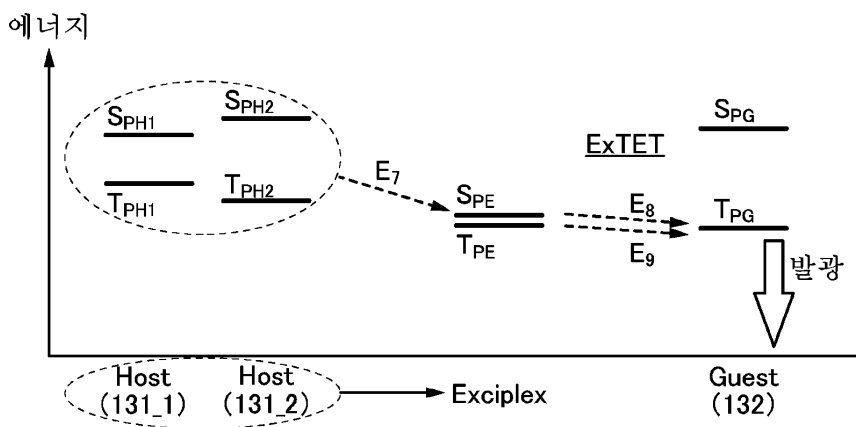


도면2

(A)



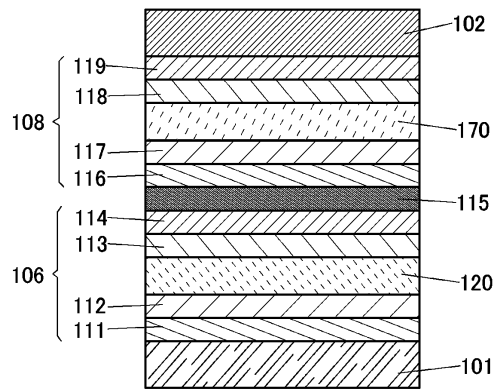
(B)



도면3

(A)

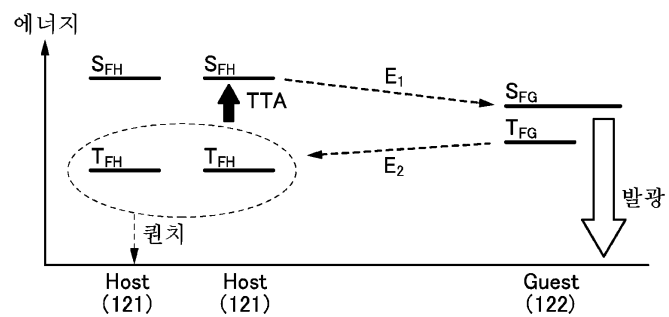
250



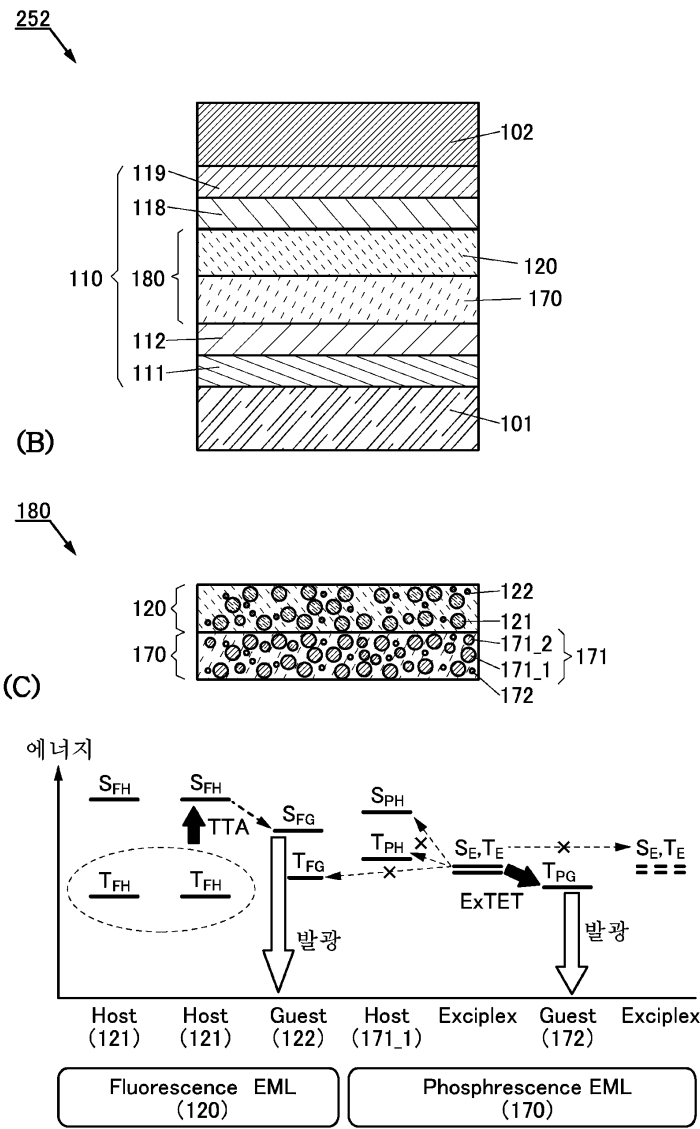
(B)



(C)



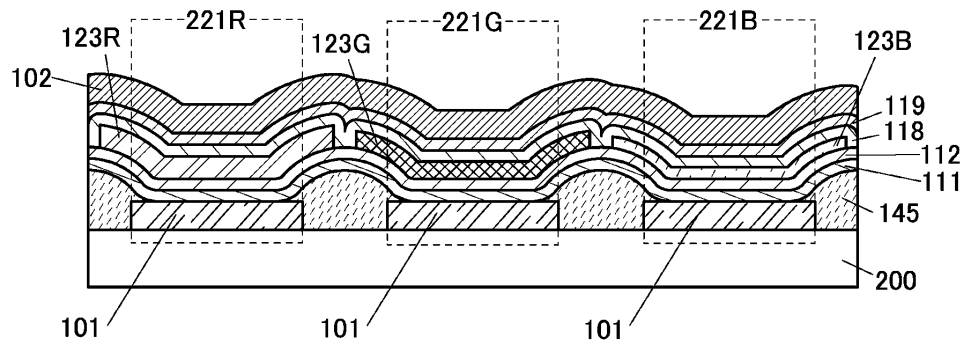
도면4



도면5

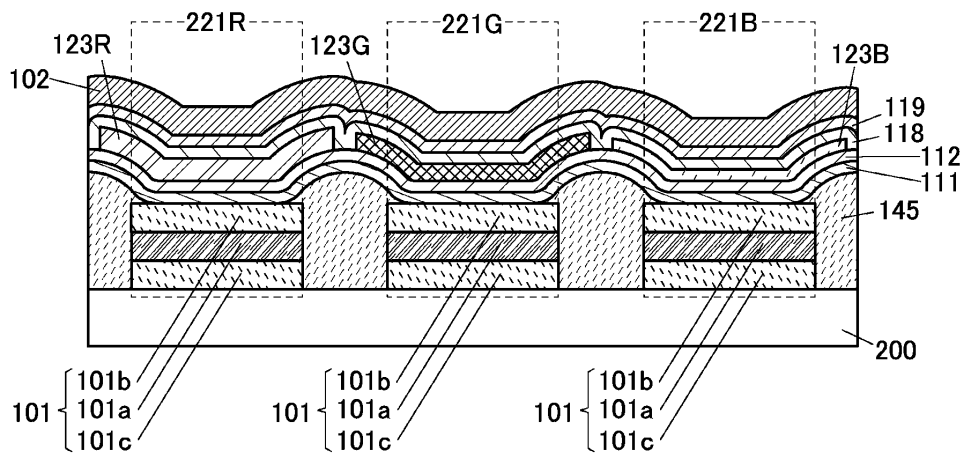
(A)

260a



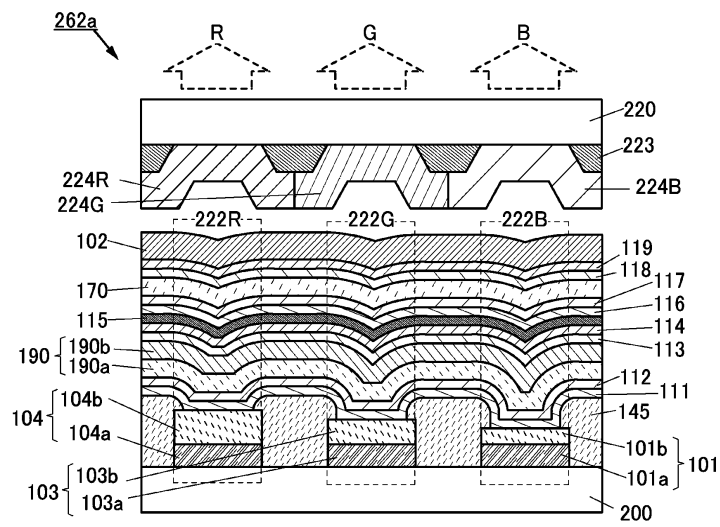
(B)

260b

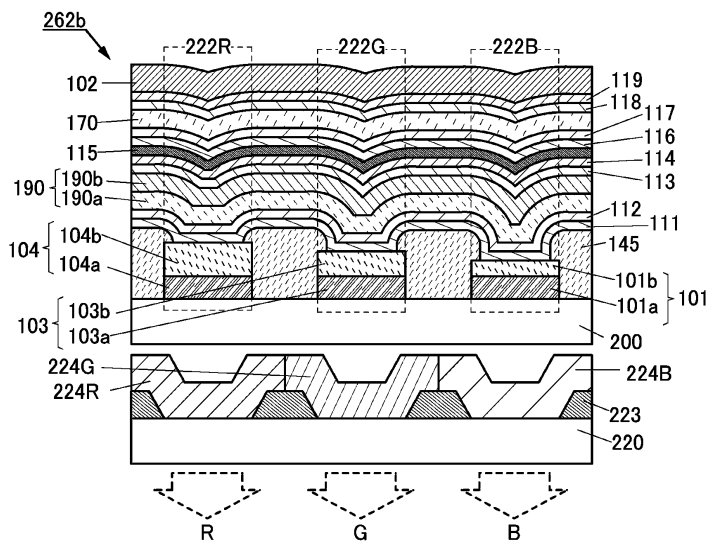


도면6

(A)



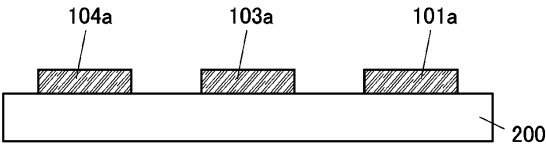
(B)



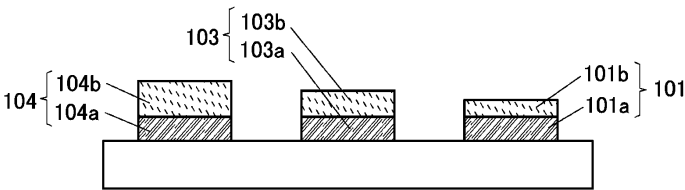


도면7

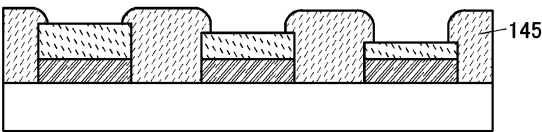
(A)



(B)

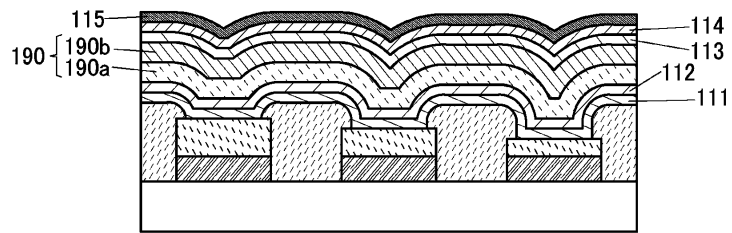


(C)

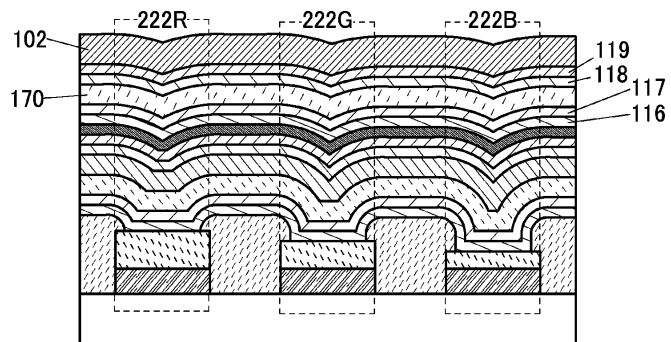


도면8

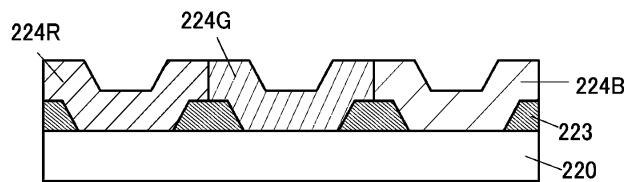
(A)



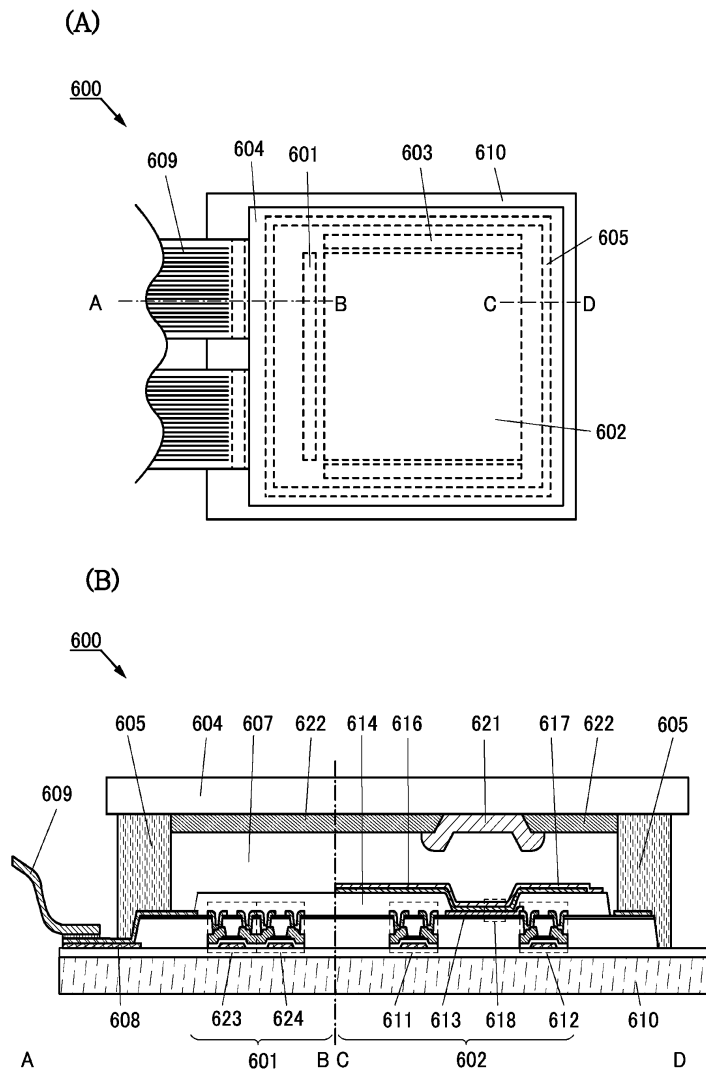
(B)



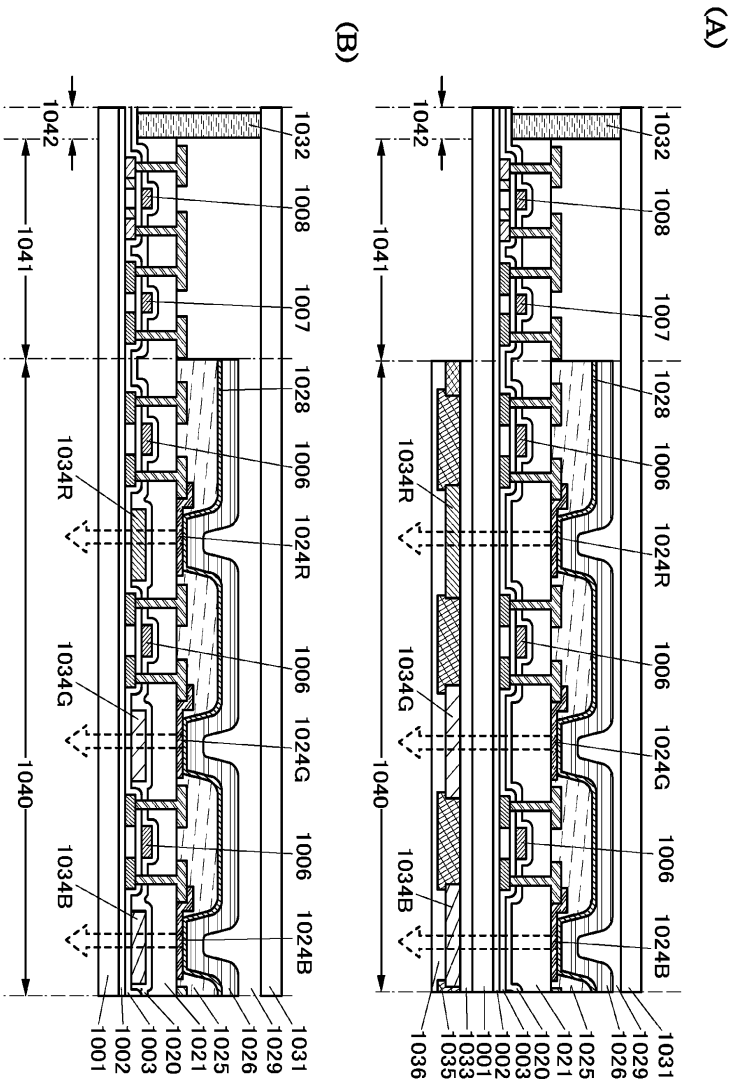
(C)



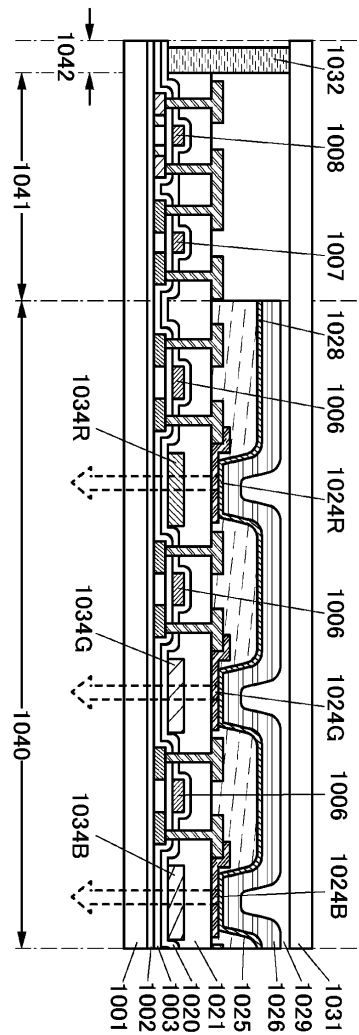
도면9



도면10

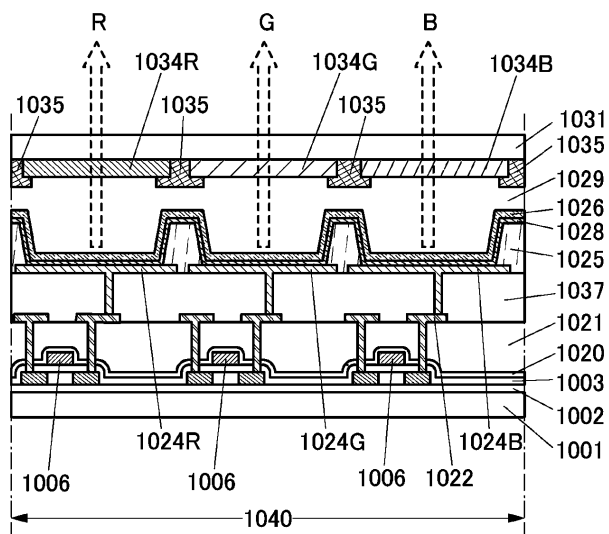


도면11

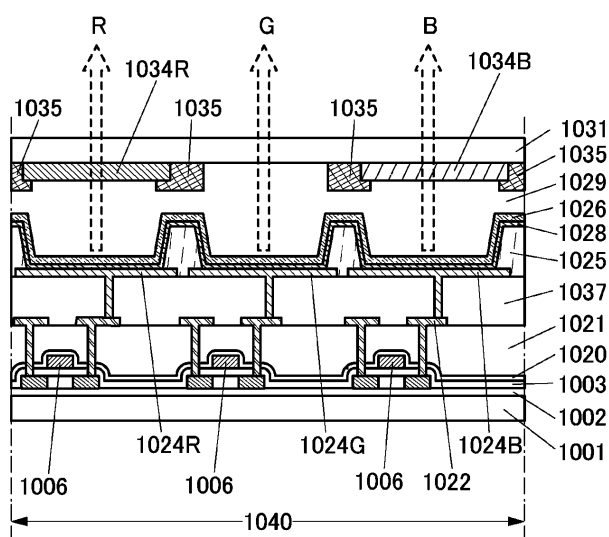


도면 12

(A)

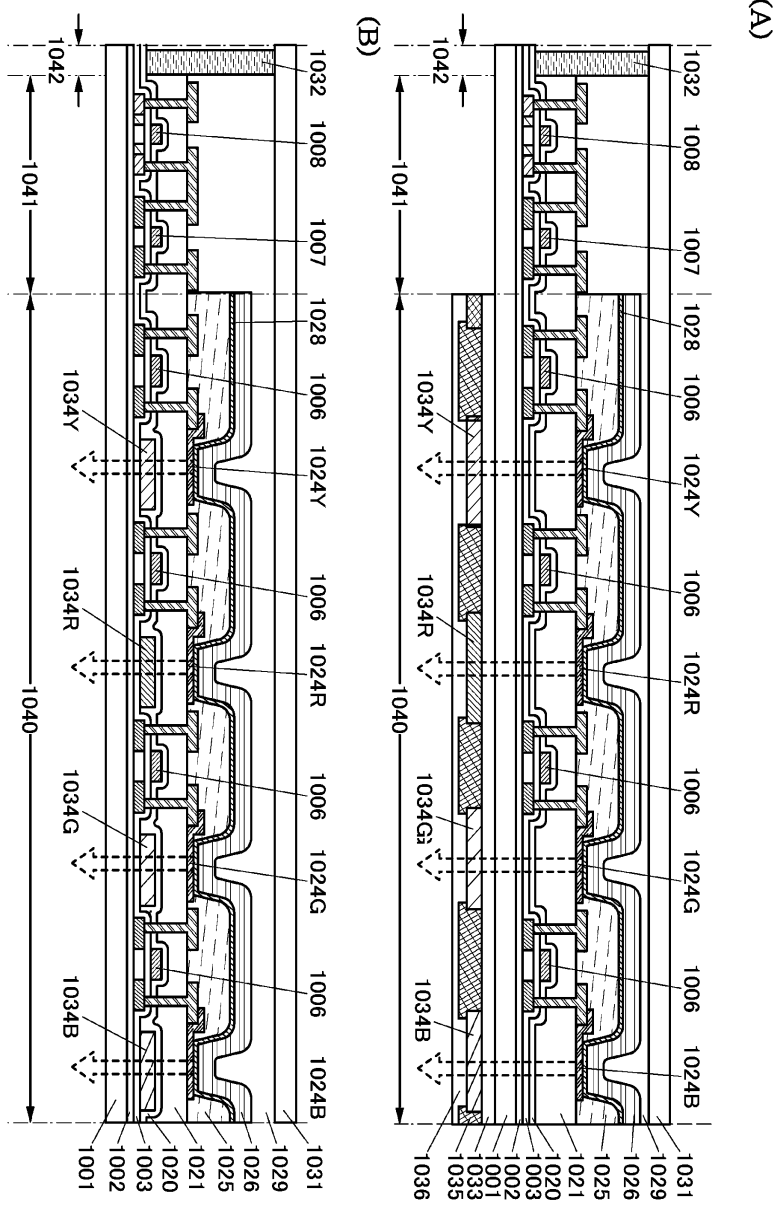


(B)

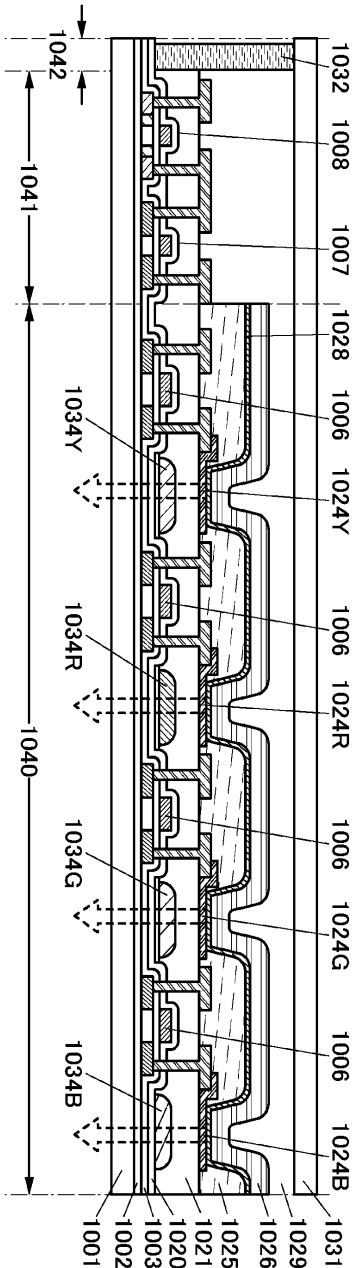




도면13

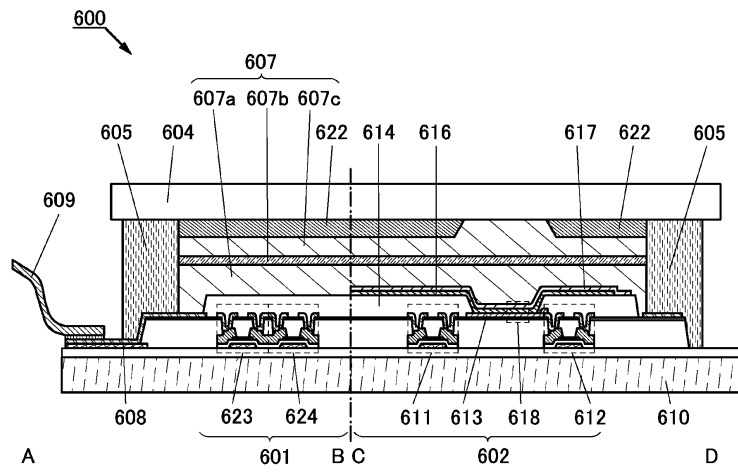


도면14



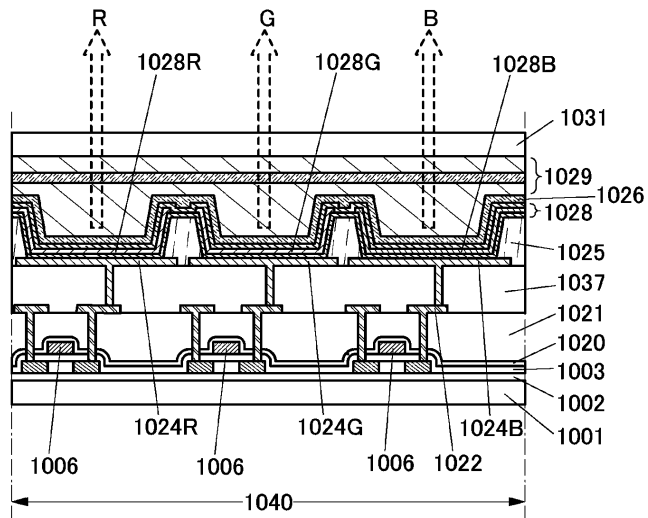


도면16

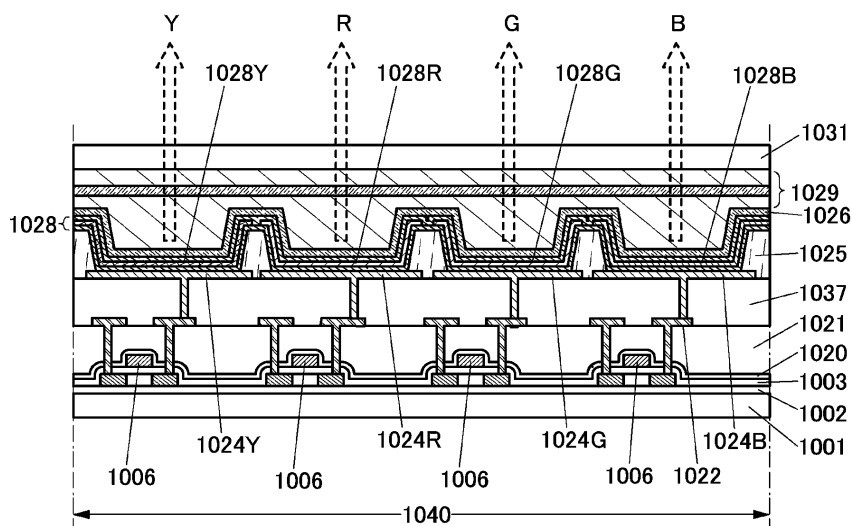


도면17

(A)

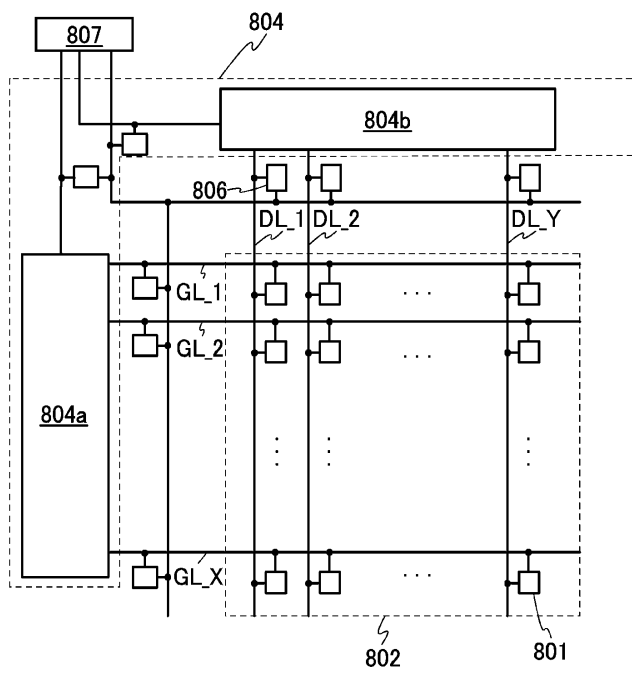


(B)

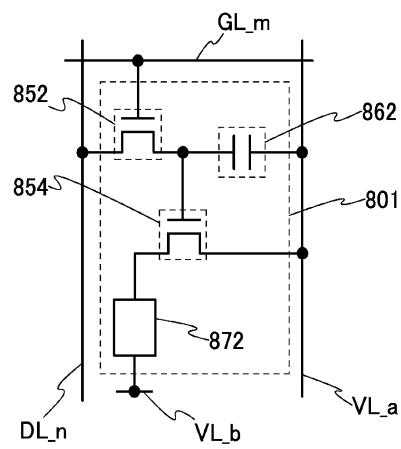


도면18

(A)



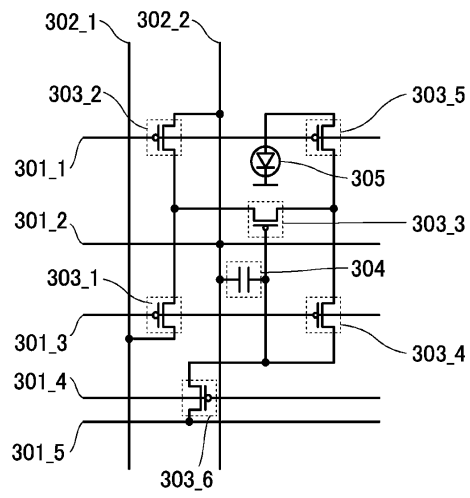
(B)



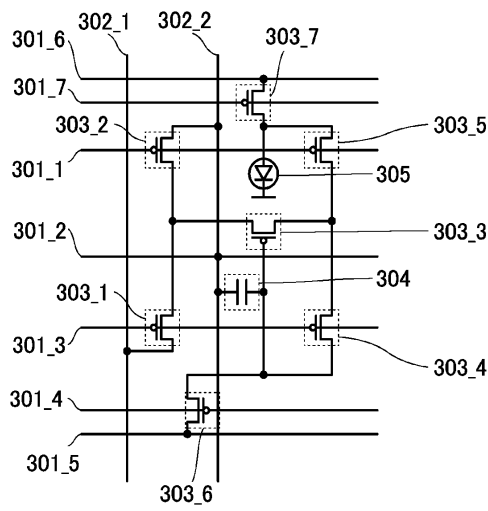


도면19

(A)

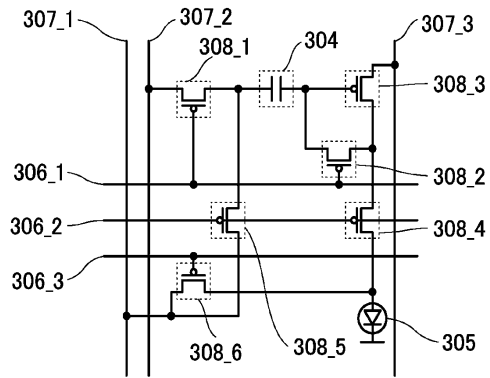


(B)

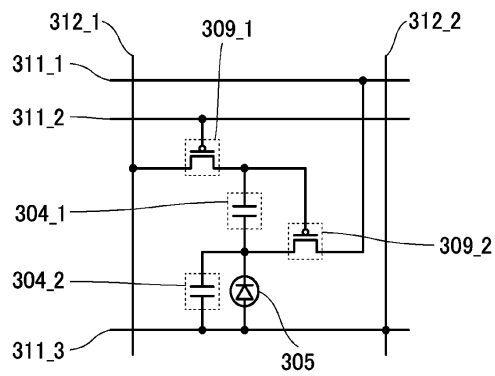


도면20

(A)

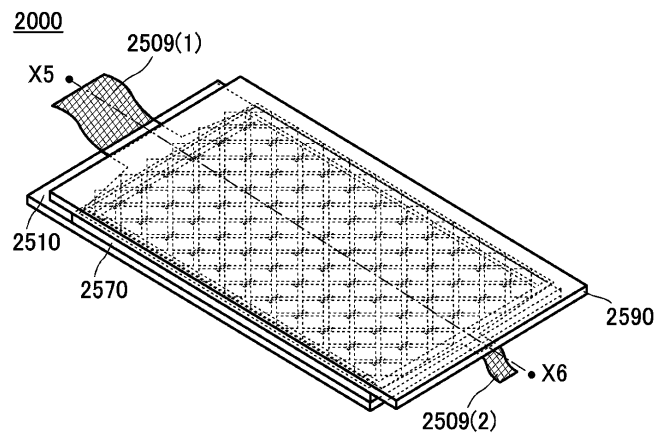


(B)

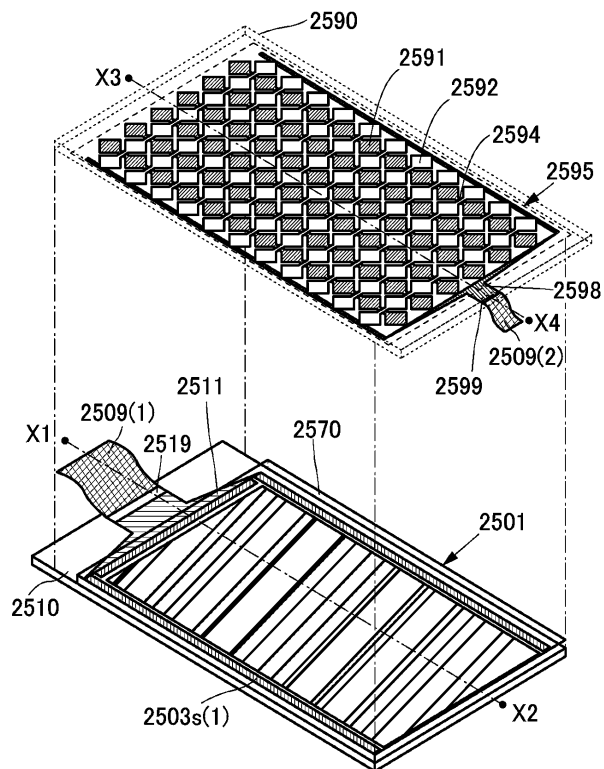


도면21

(A)

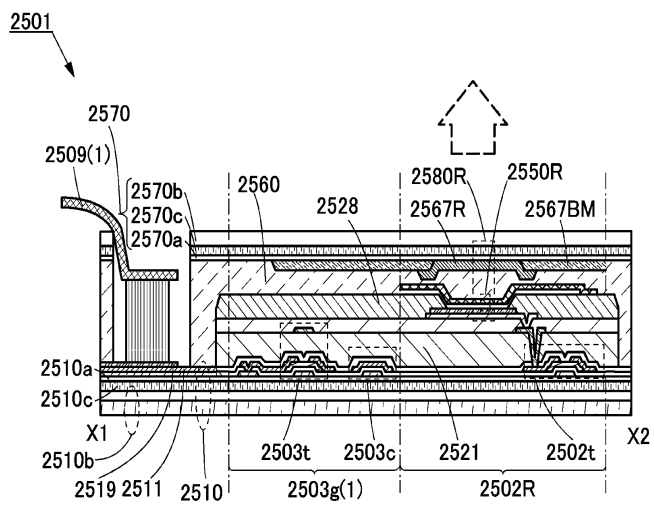


(B)

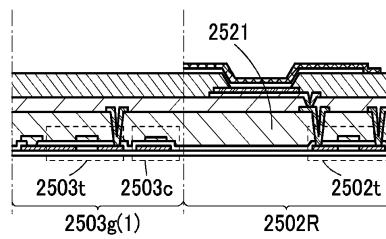


도면22

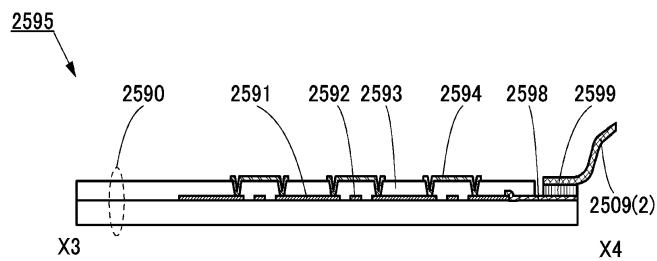
(A)



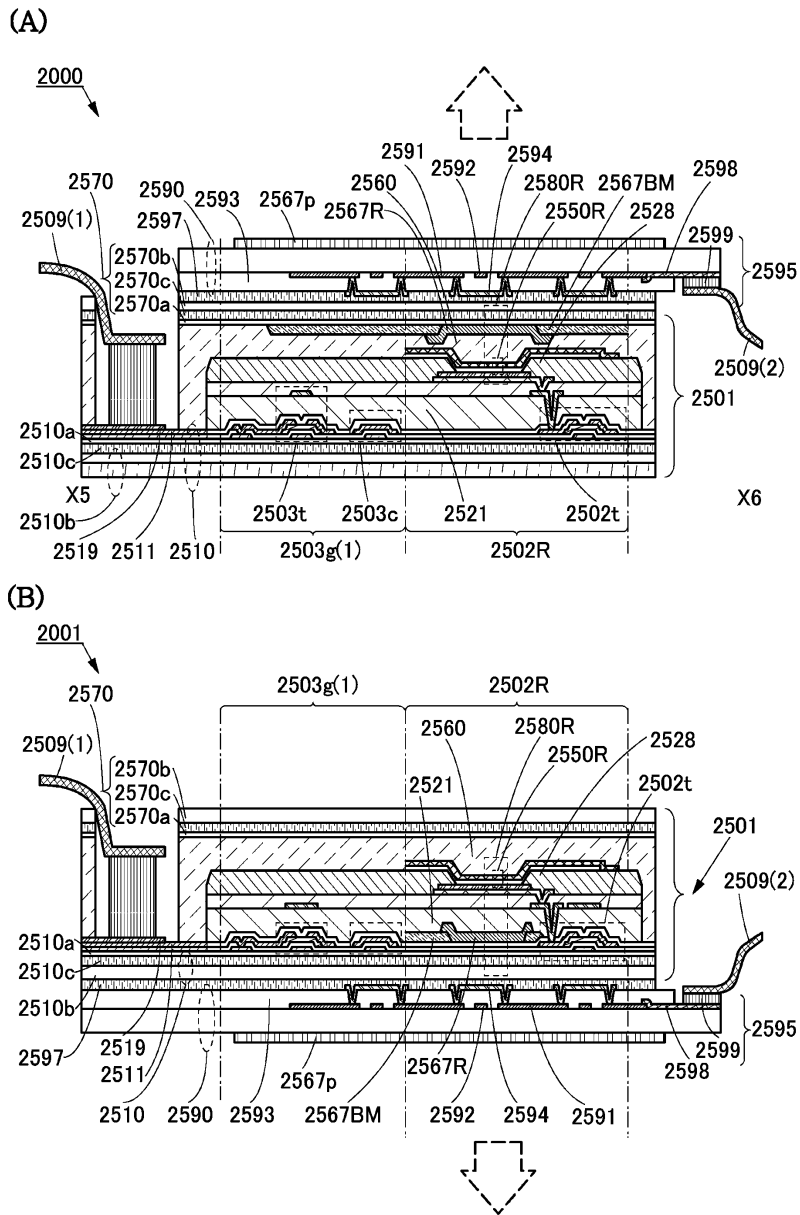
(B)



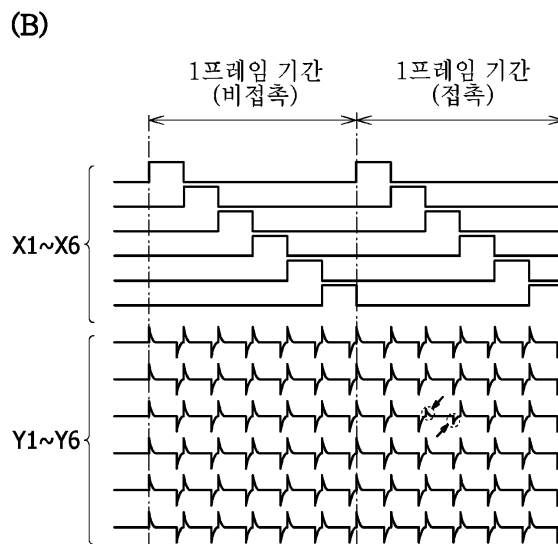
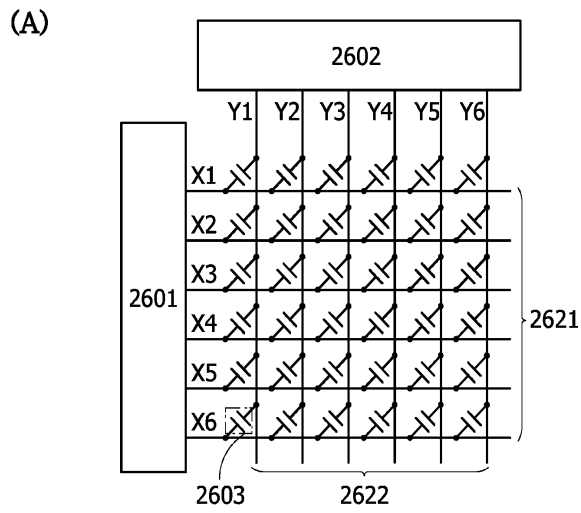
(C)



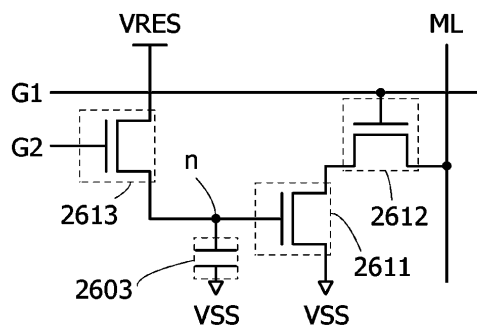
도면23



도면24

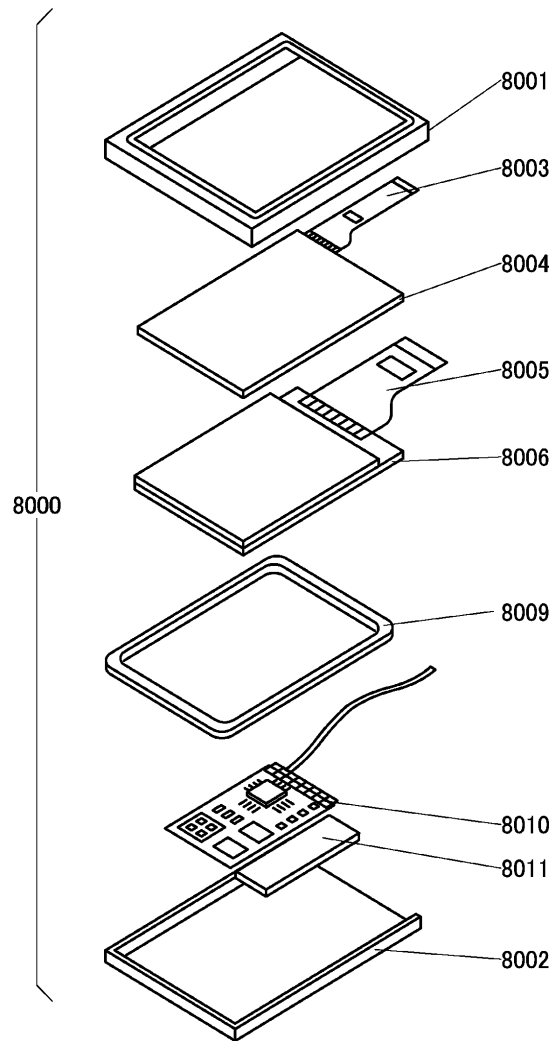


도면25



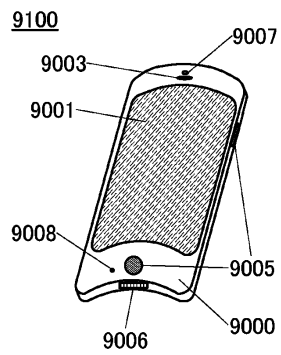


도면26

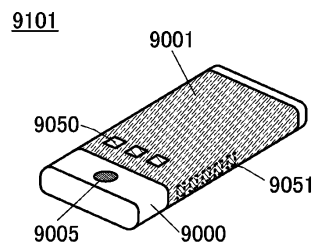


도면27

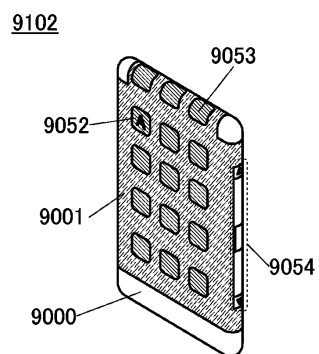
(A)



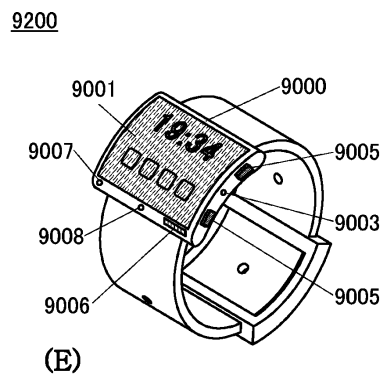
(B)



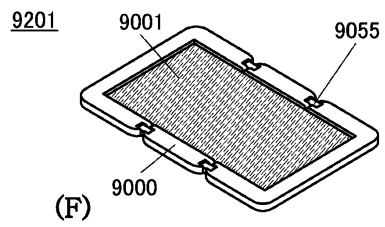
(C)



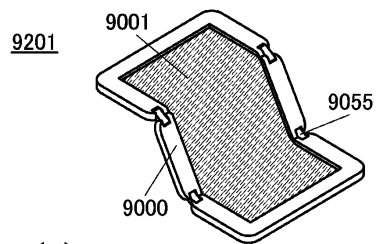
(D)



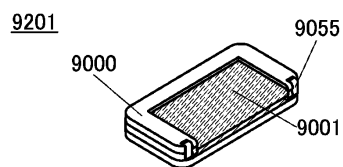
(E)



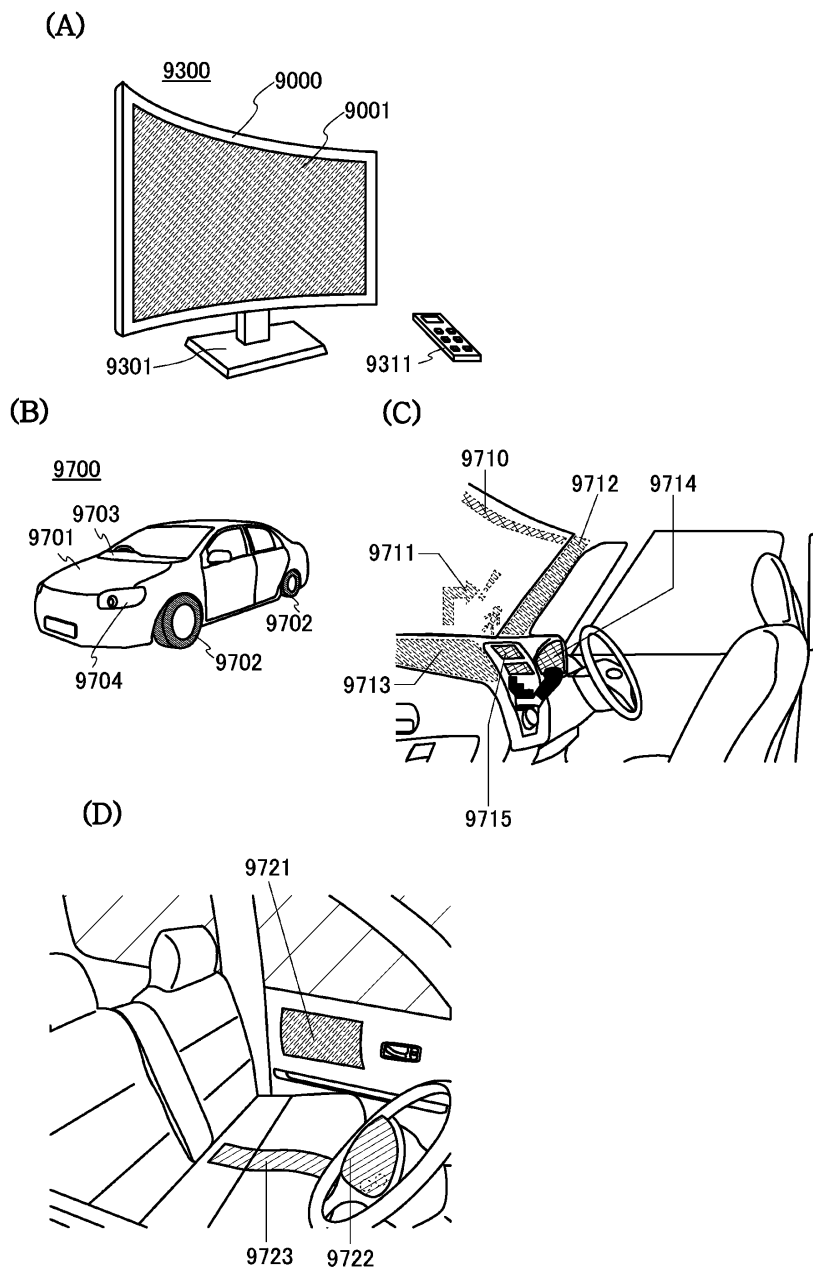
(F)



(G)

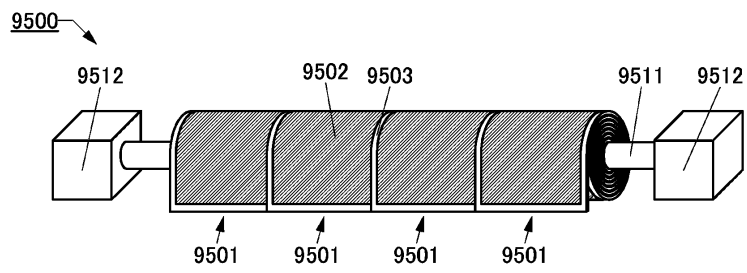


도면28

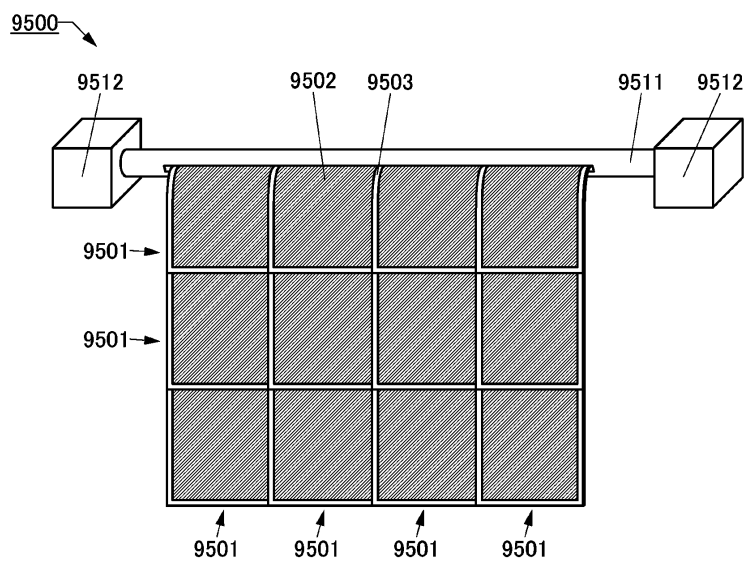


도면29

(A)

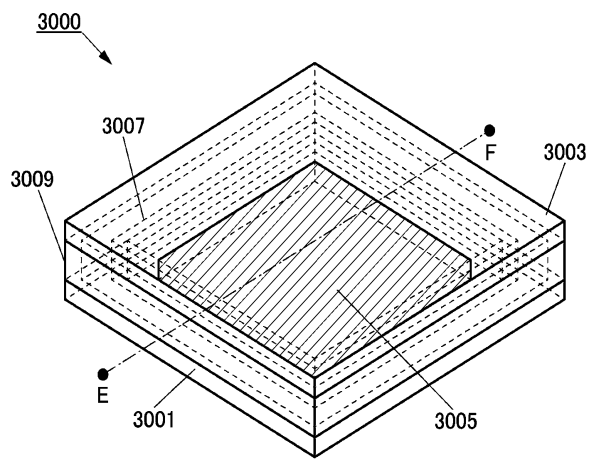


(B)

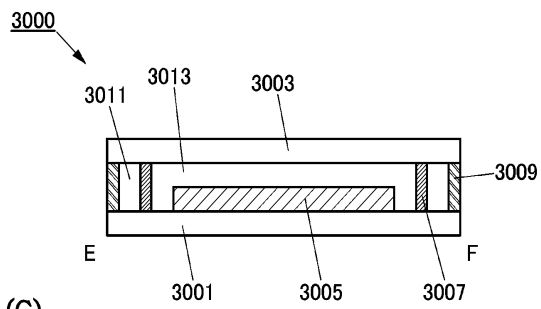


도면30

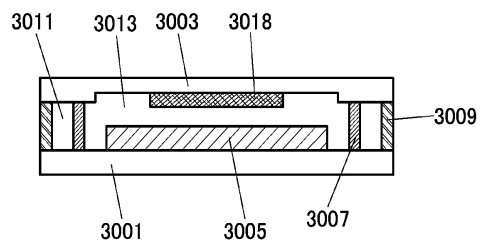
(A)



(B)

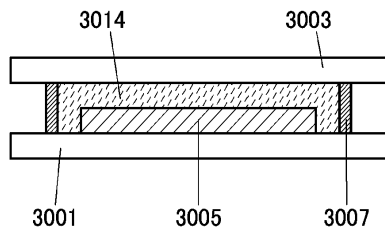


(C)

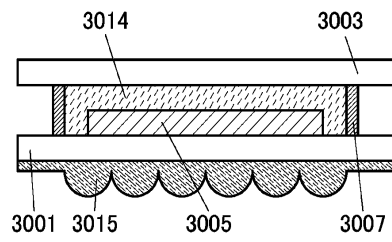


도면31

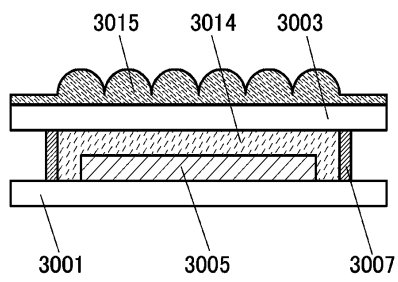
(A)



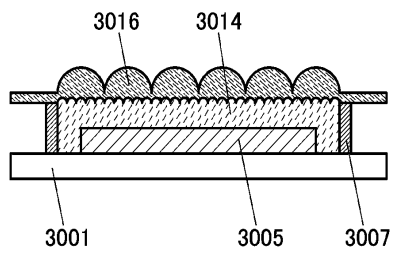
(B)



(C)



(D)

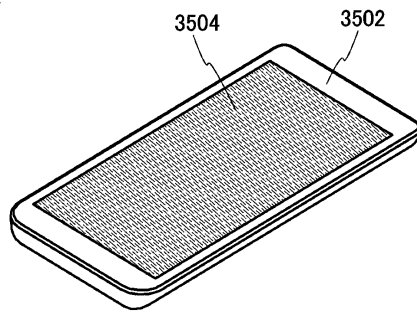




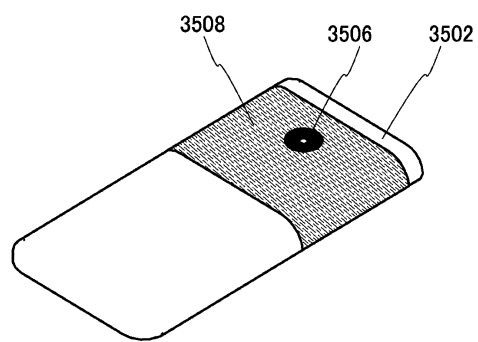
도면32

(A)

3500

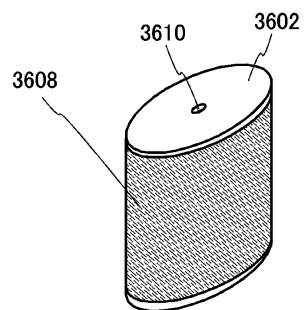


(B)

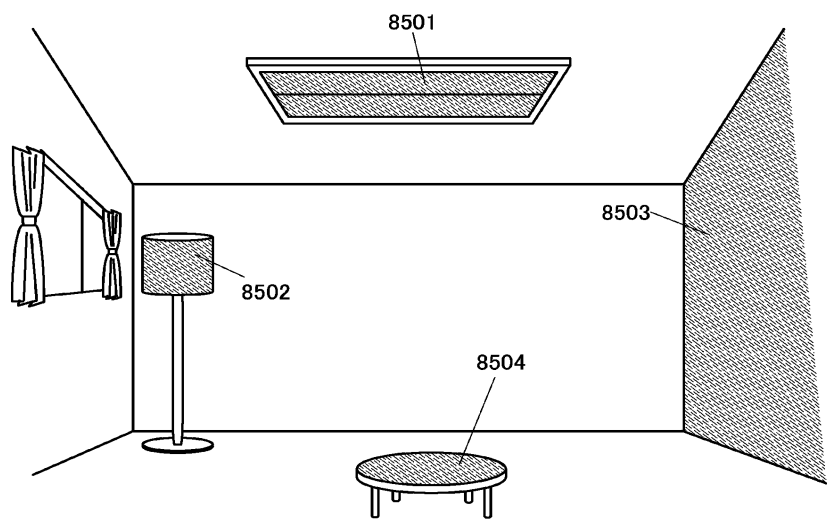


(C)

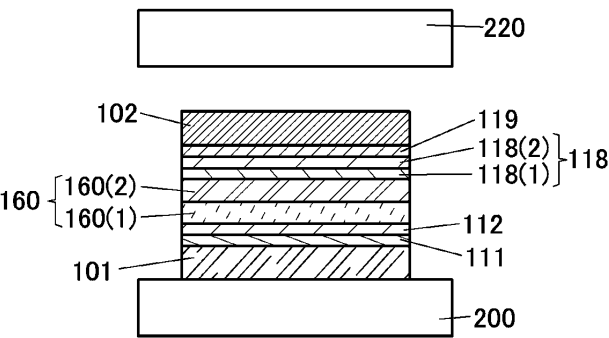
3600



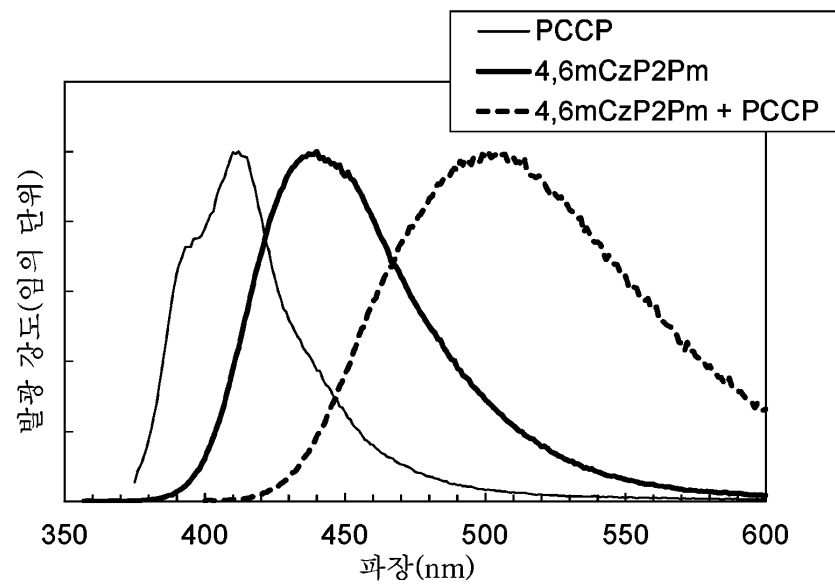
도면33



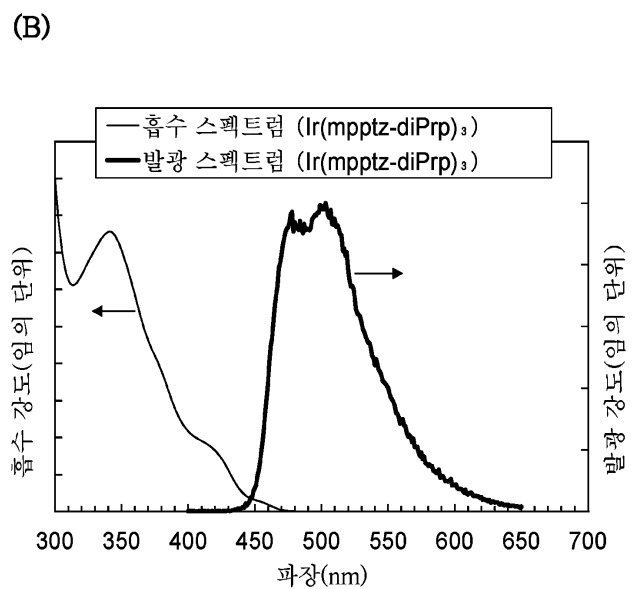
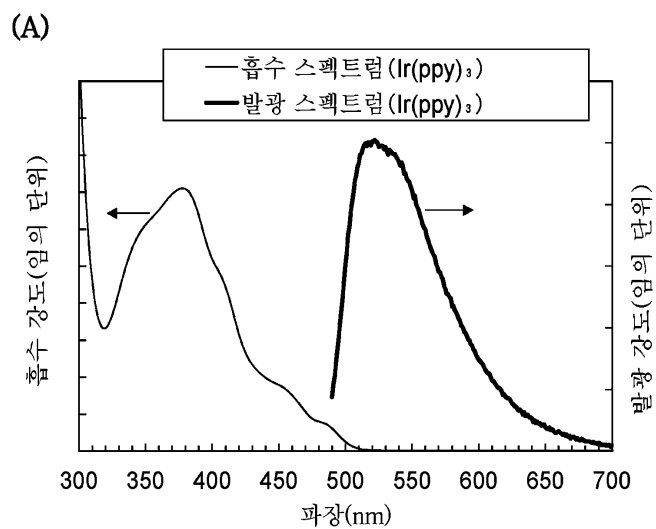
도면34



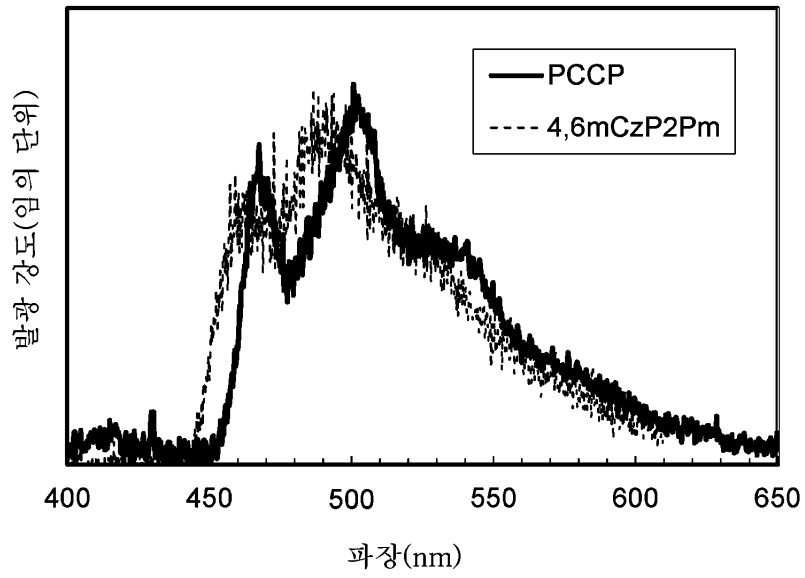
도면35



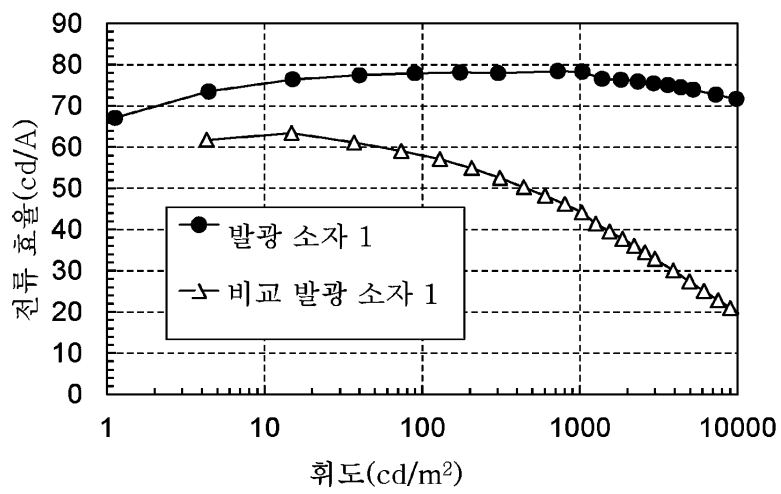
도면36



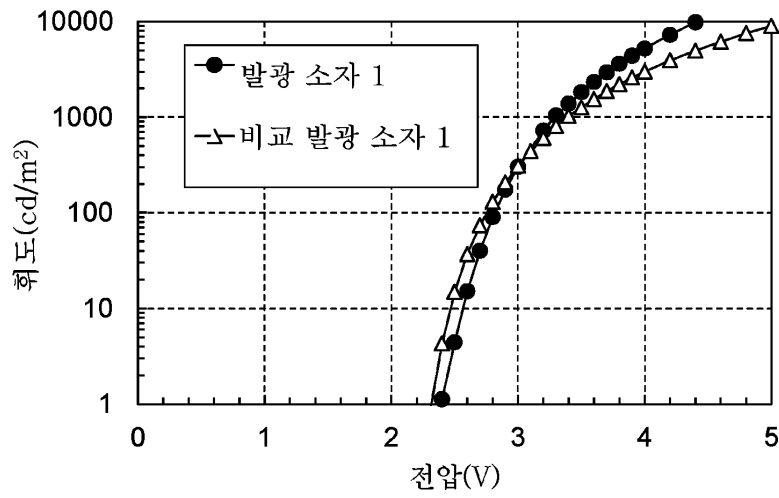
도면37



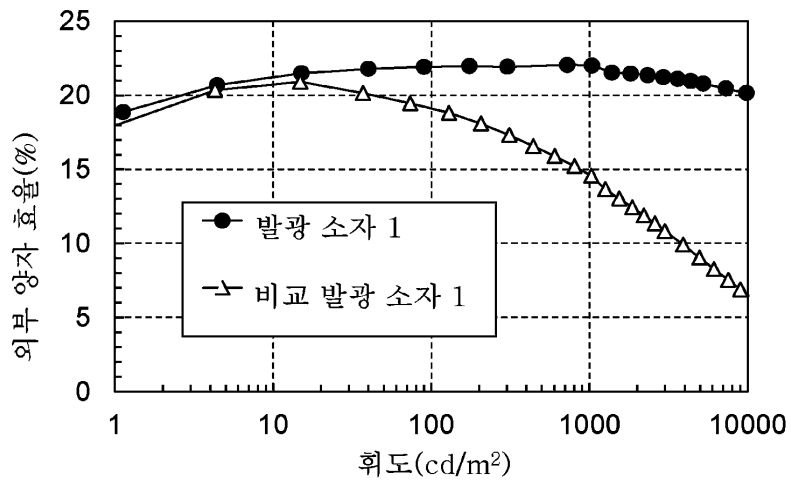
도면38



도면39

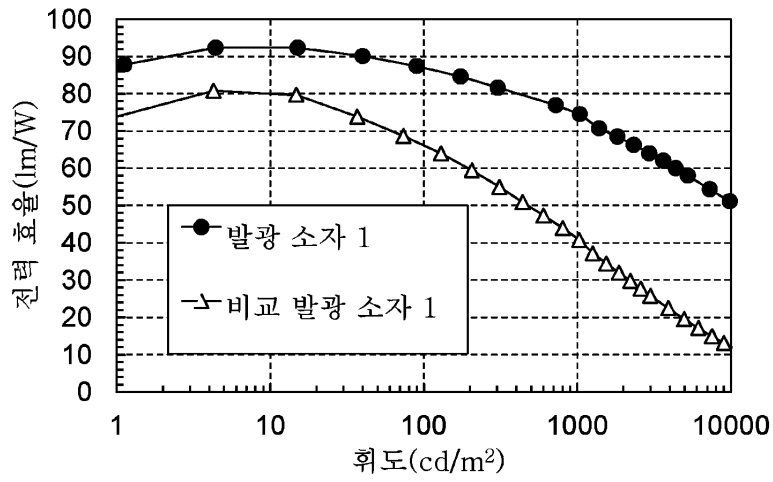


도면40

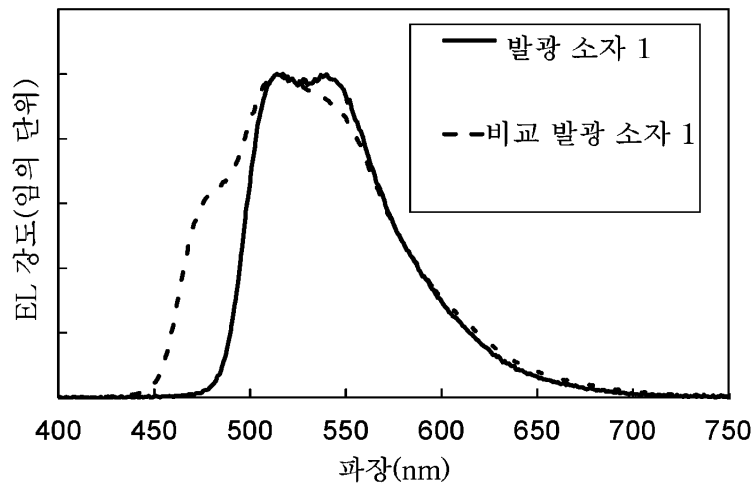




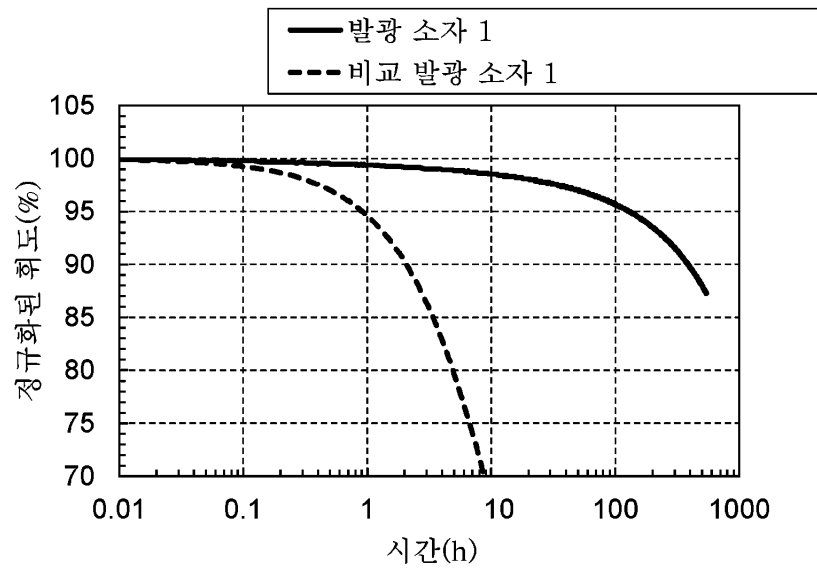
도면41



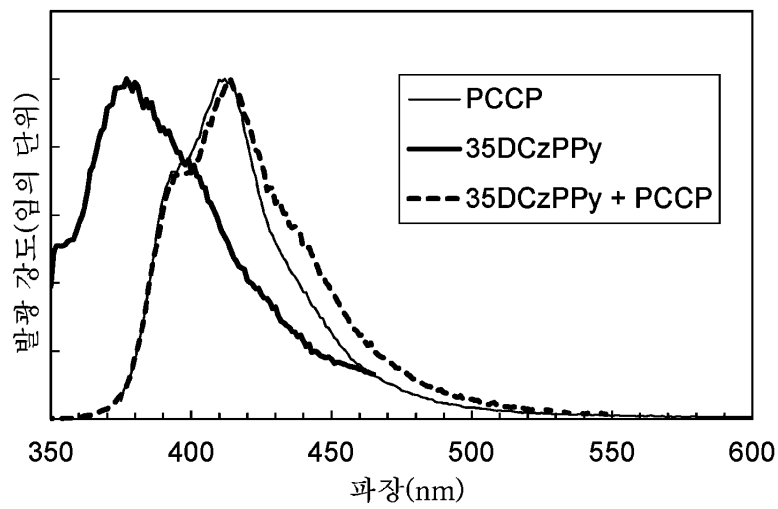
도면42



도면43

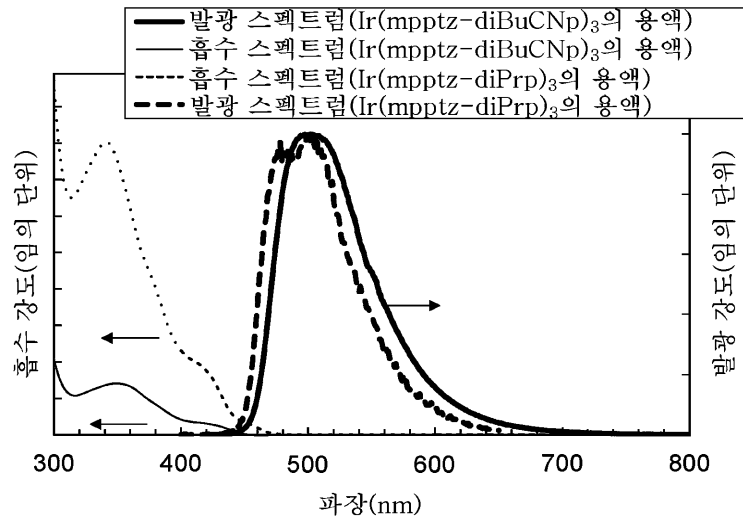


도면44

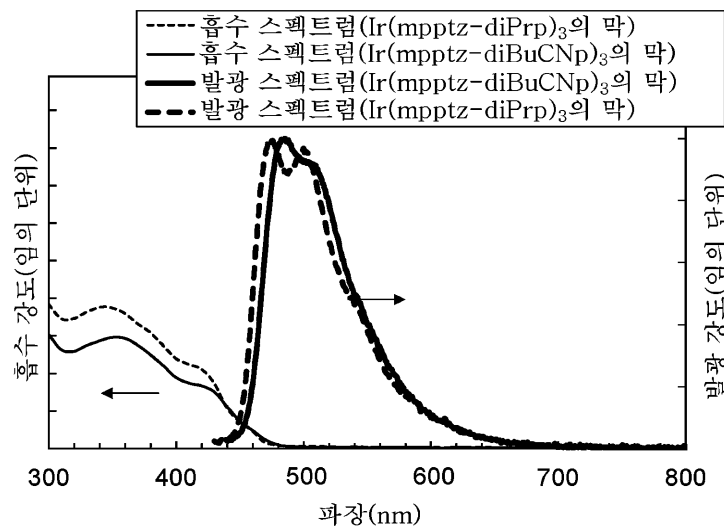


도면45

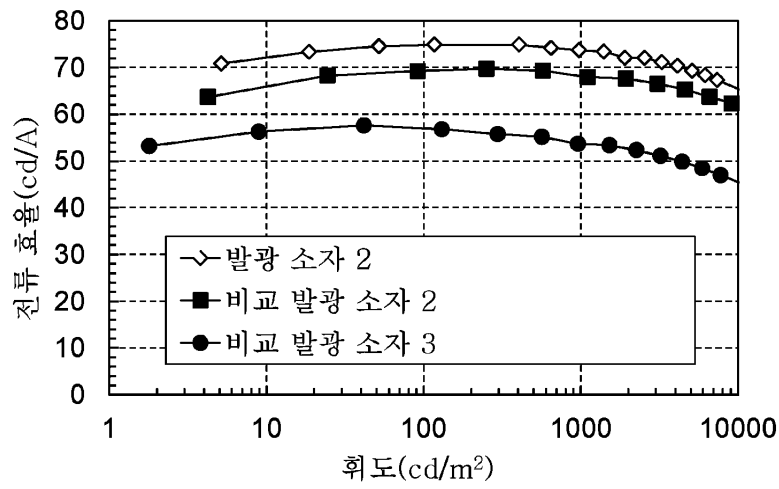
(A)



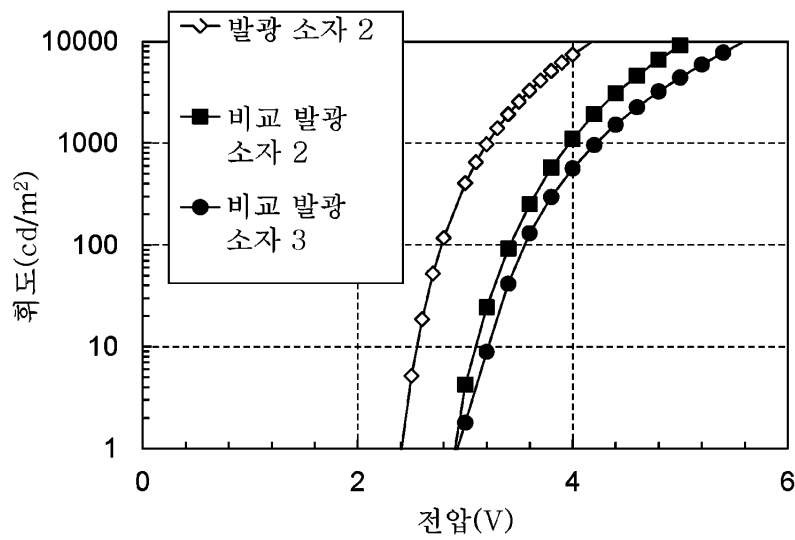
(B)



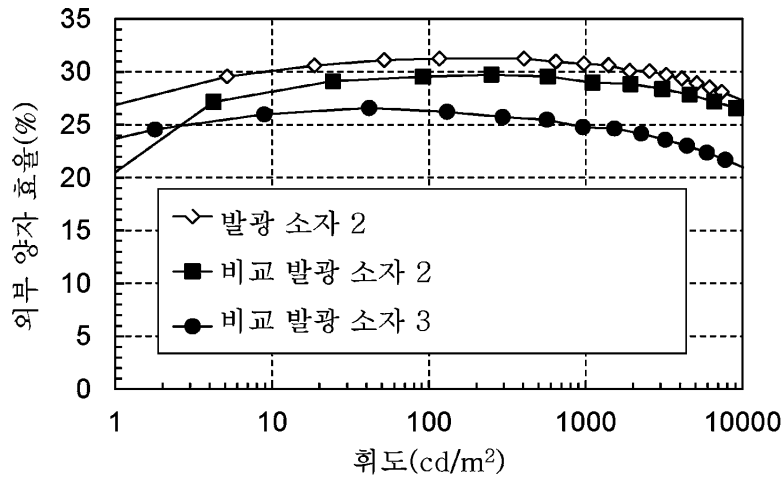
도면46



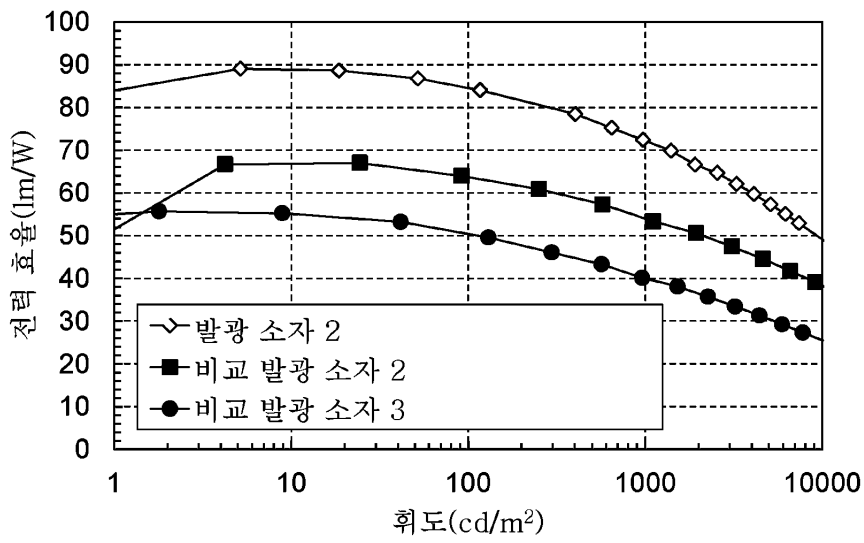
도면47



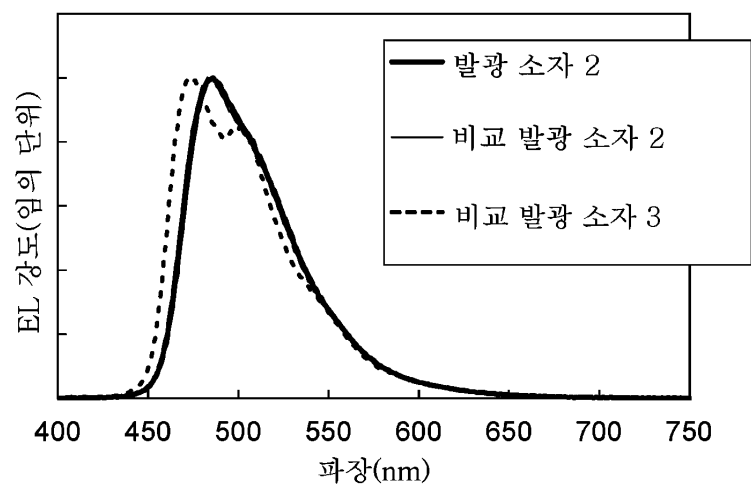
도면48



도면49



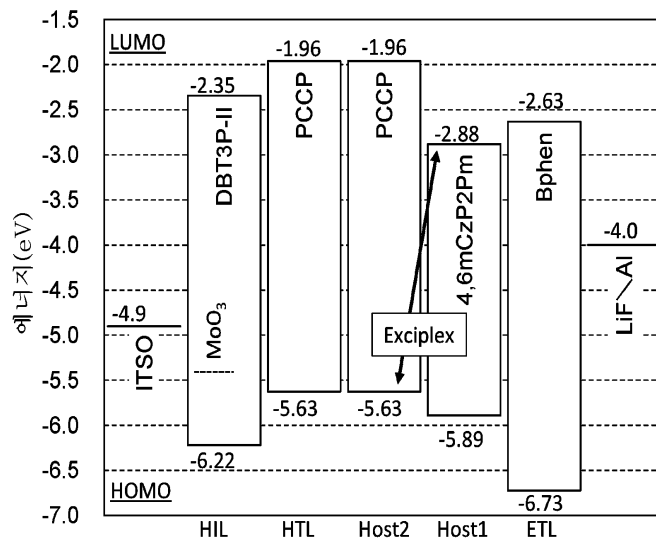
도면50



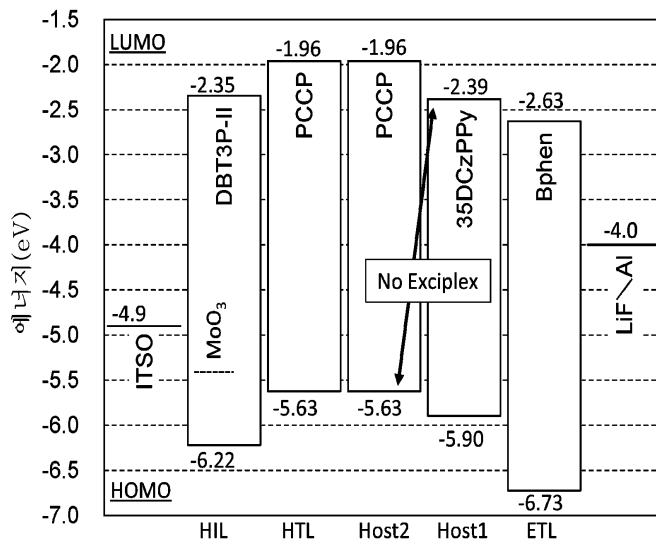


도면51

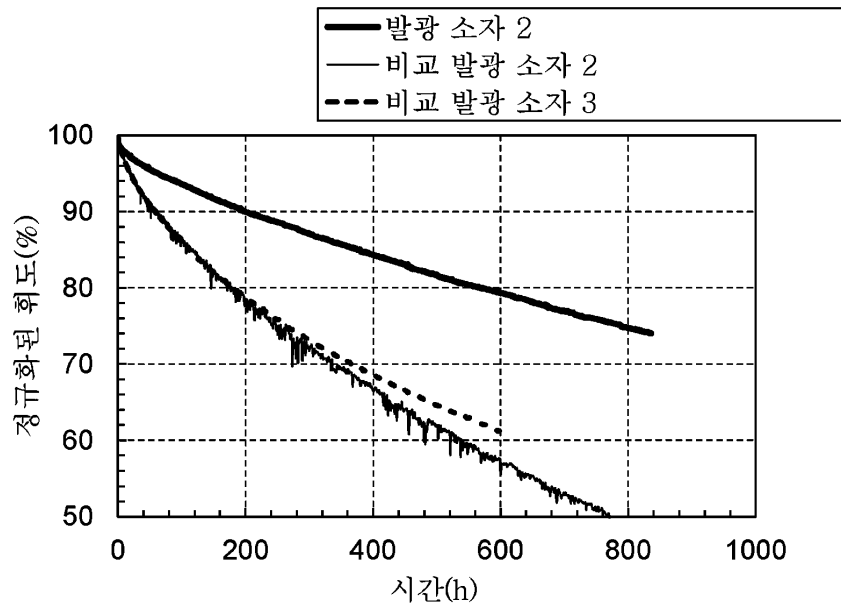
(A)



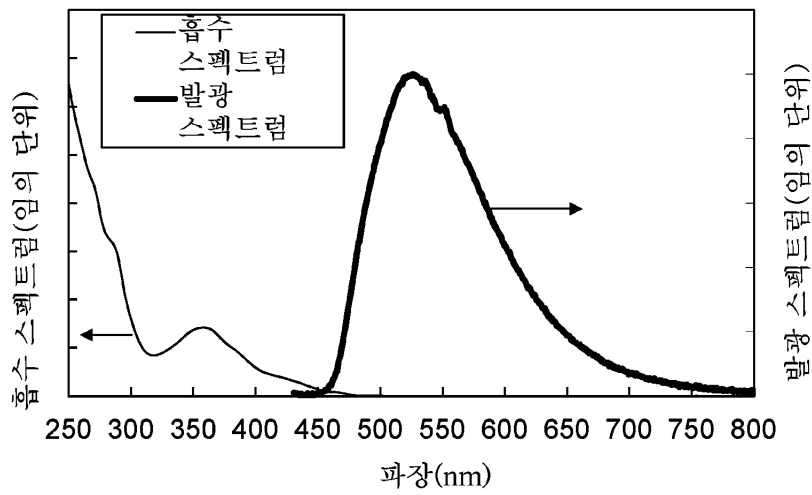
(B)



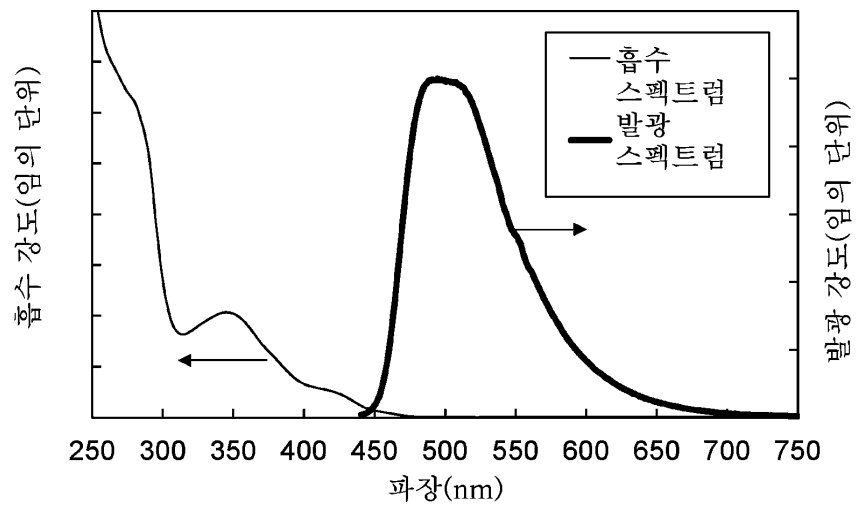
도면52



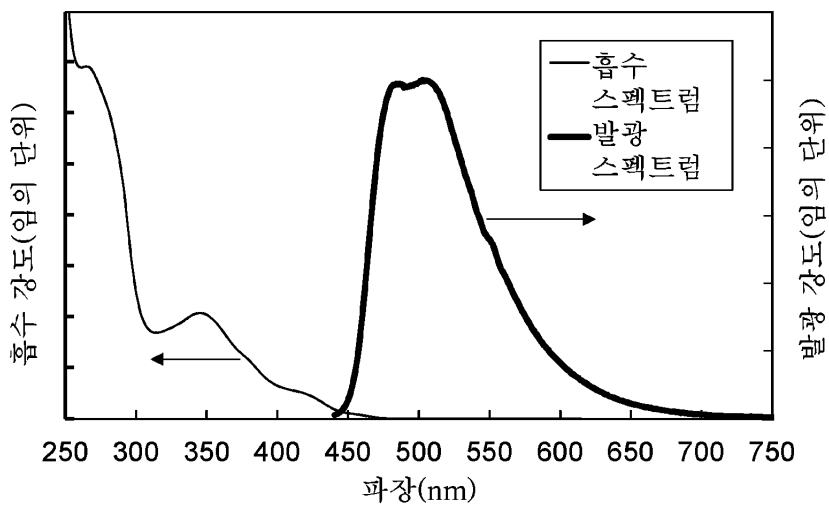
도면53



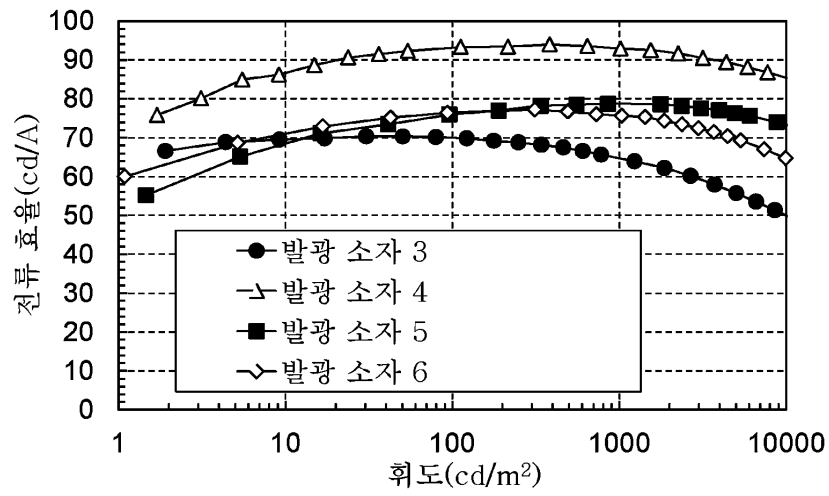
도면54



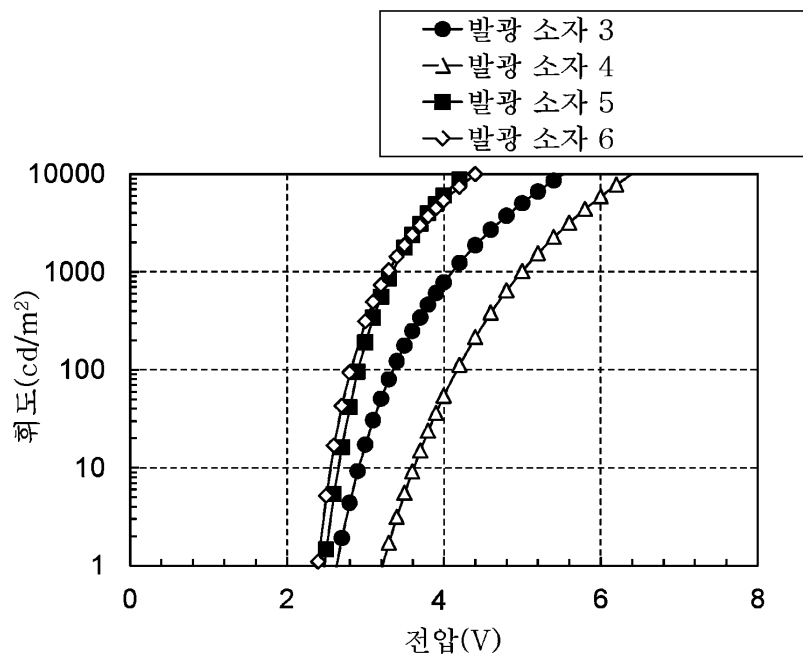
도면55



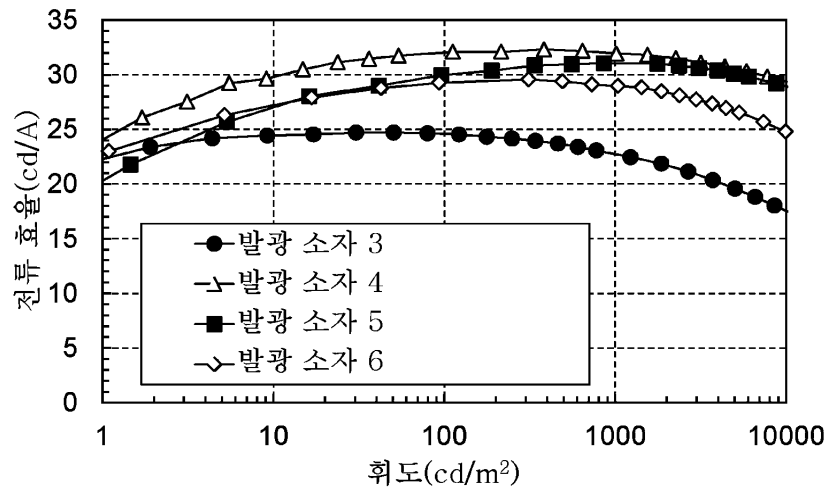
도면56



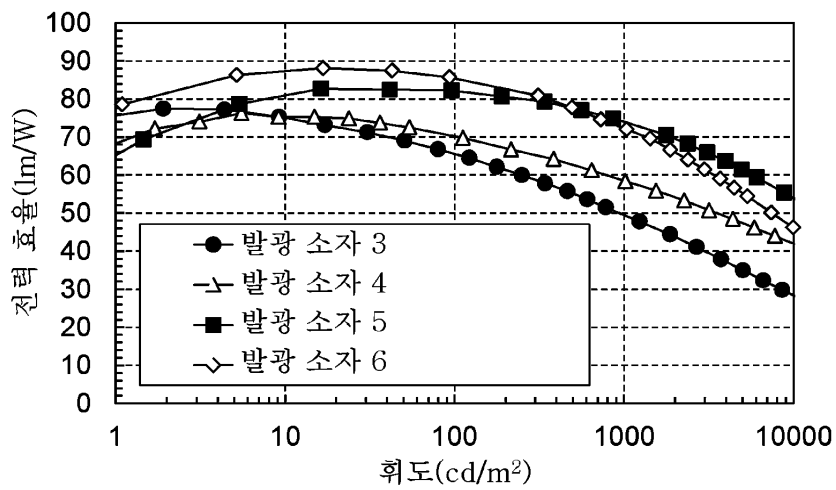
도면57



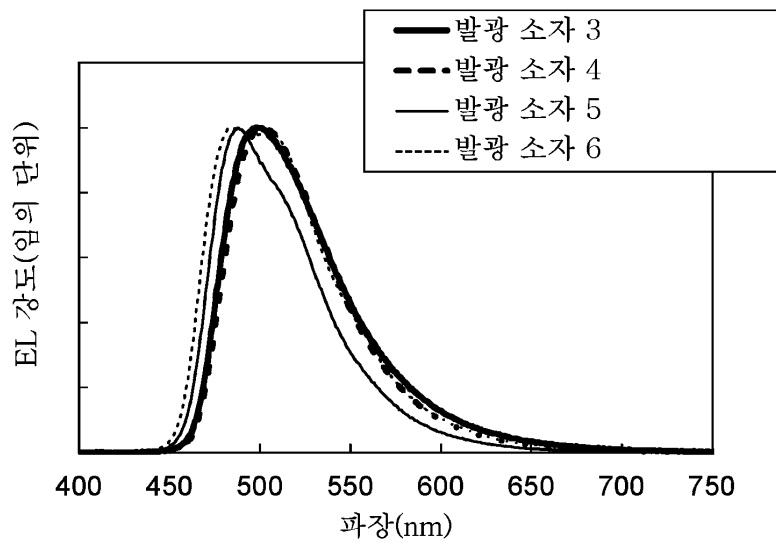
도면58



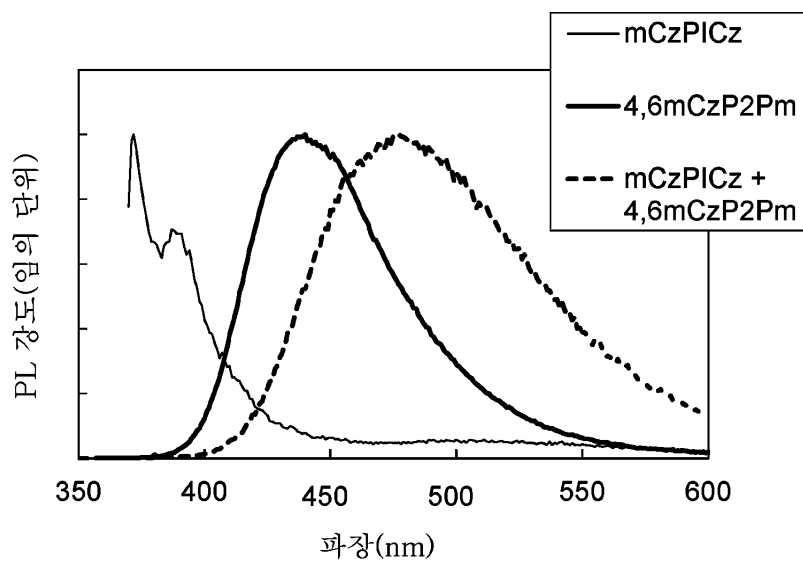
도면59



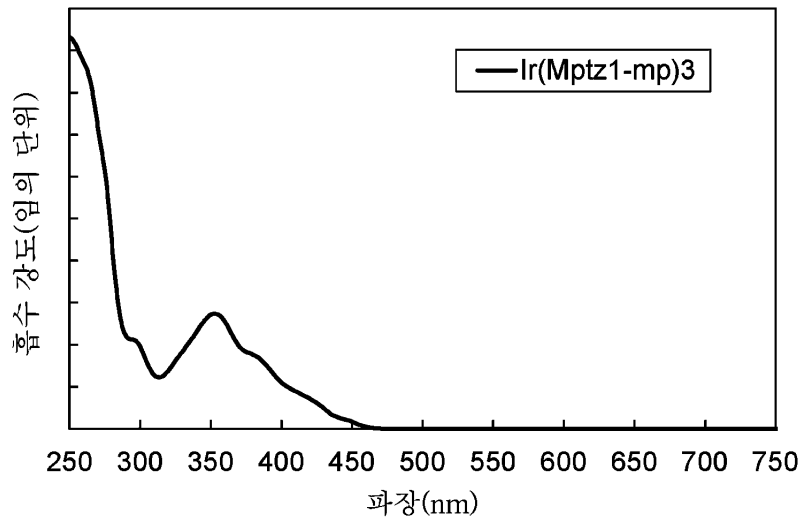
도면60



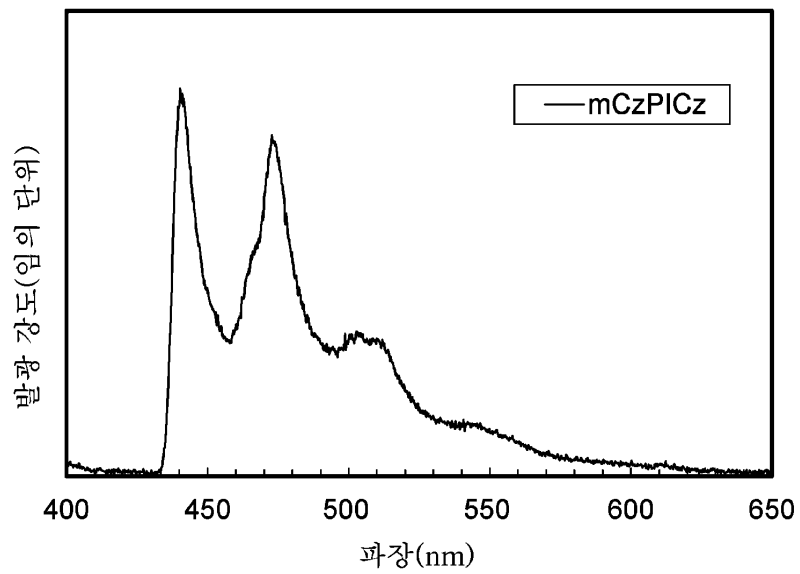
도면61



도면62

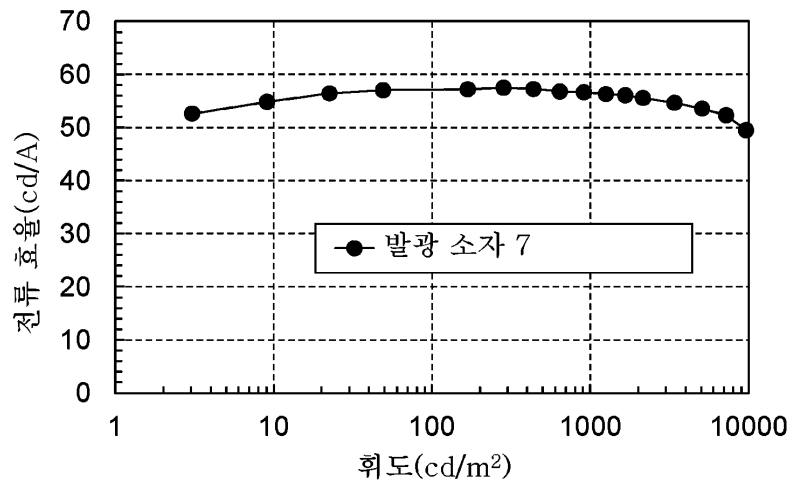


도면63

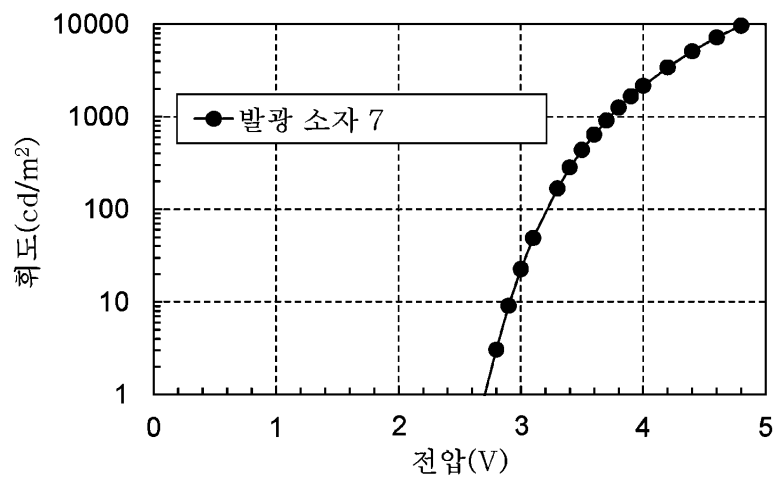




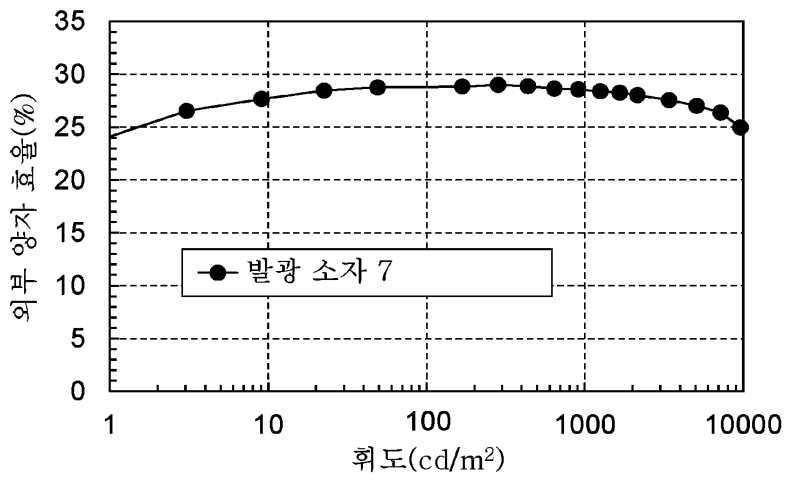
도면64



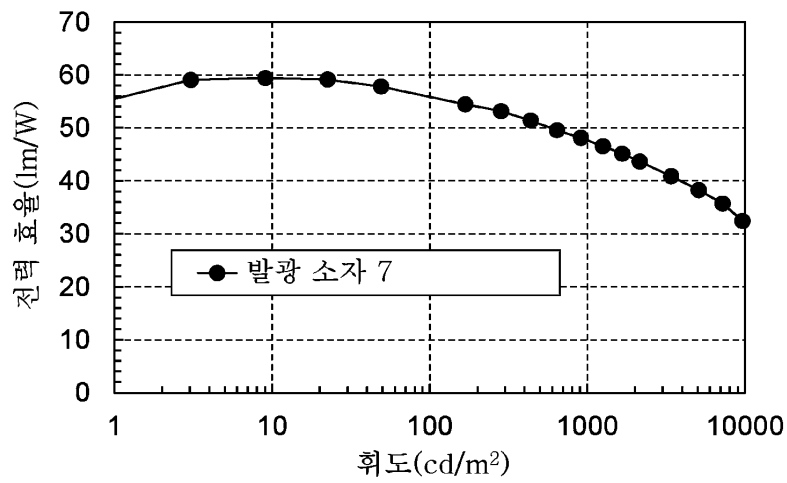
도면65



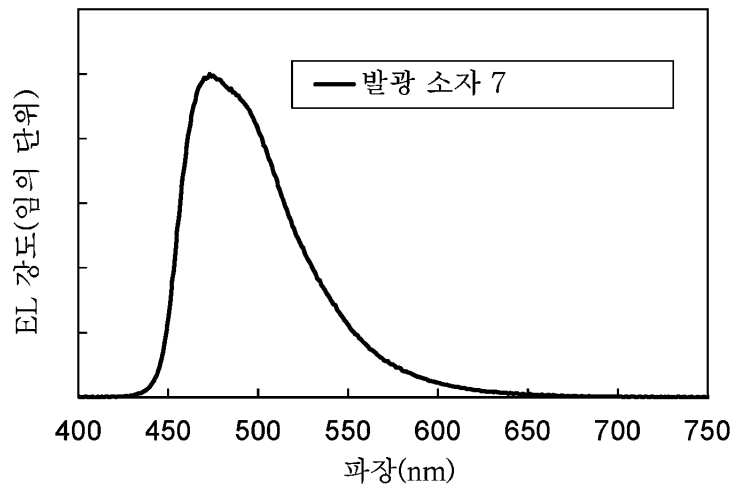
도면66



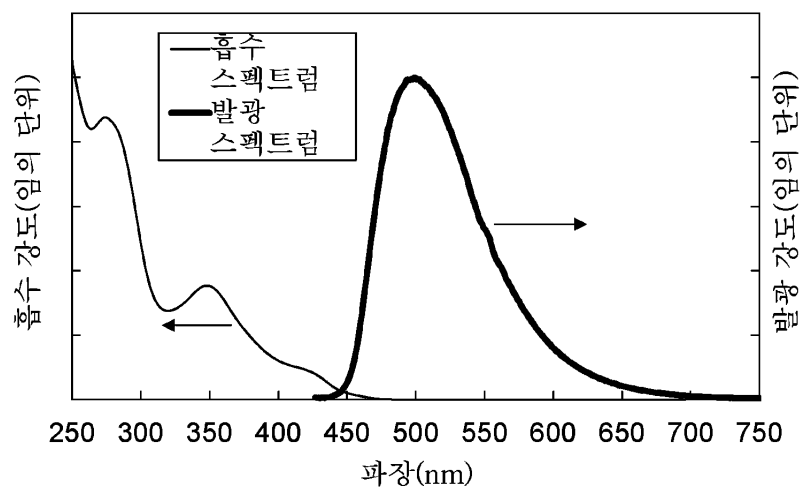
도면67



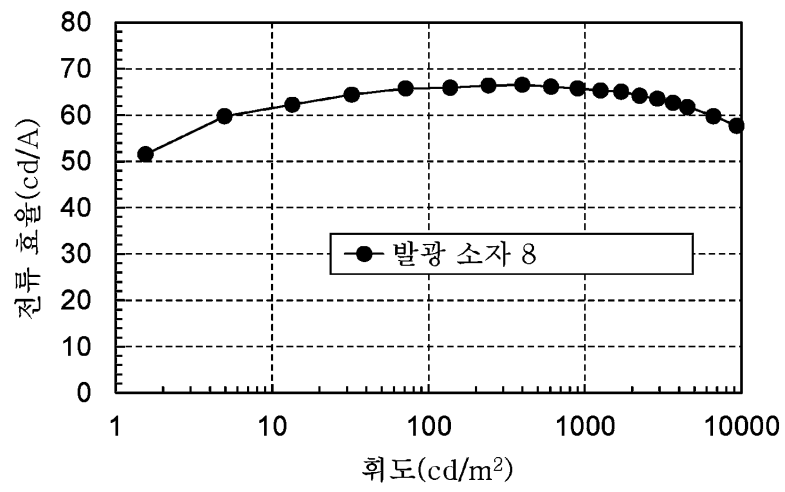
도면68



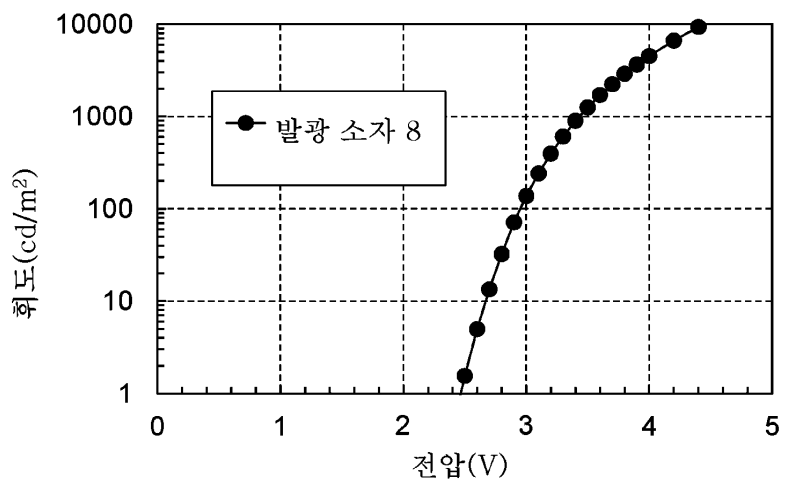
도면69



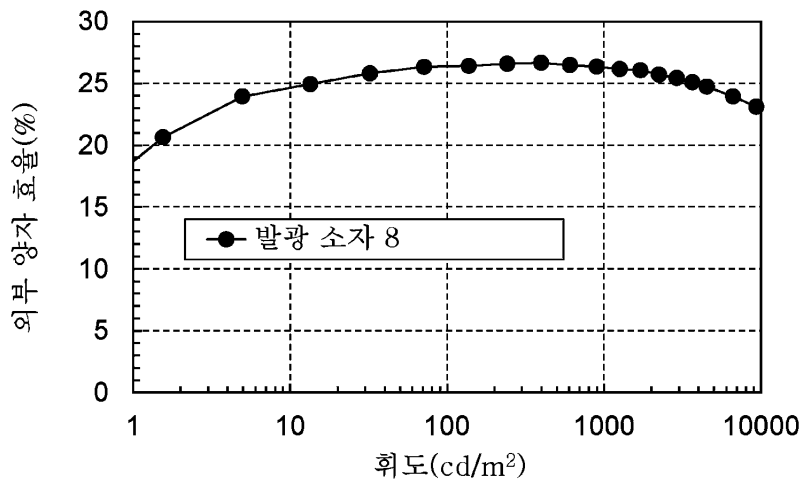
도면70



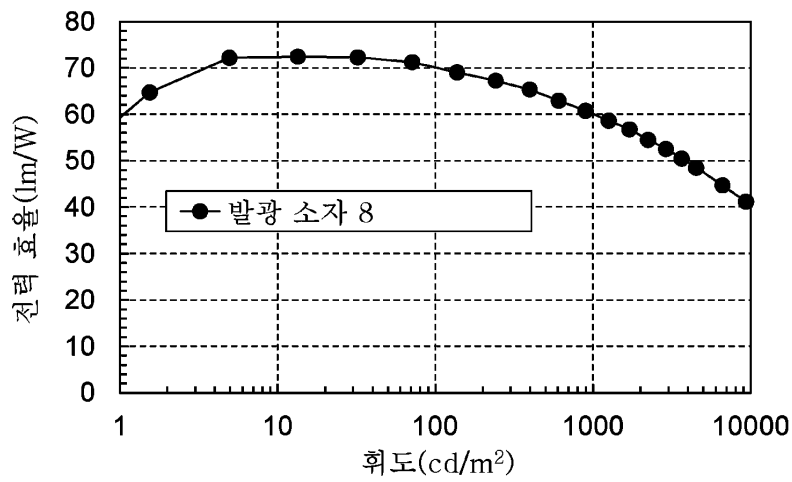
도면71



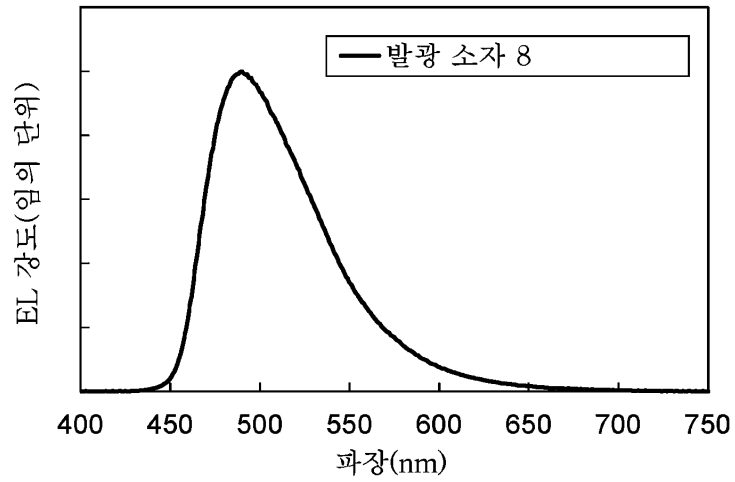
도면72



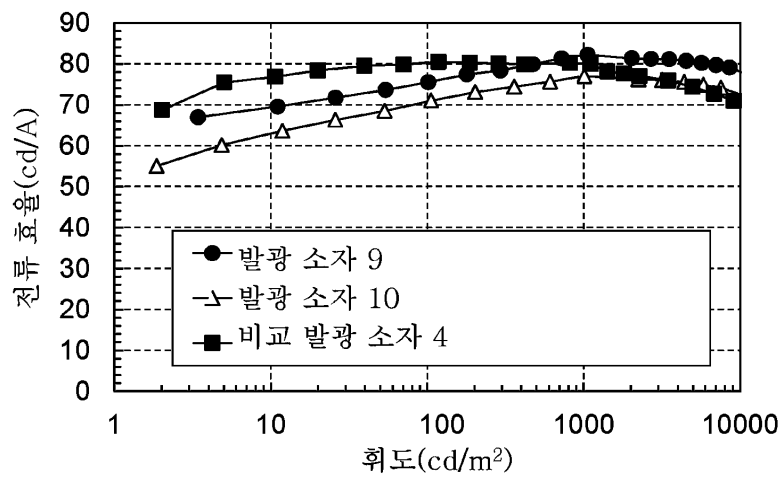
도면73



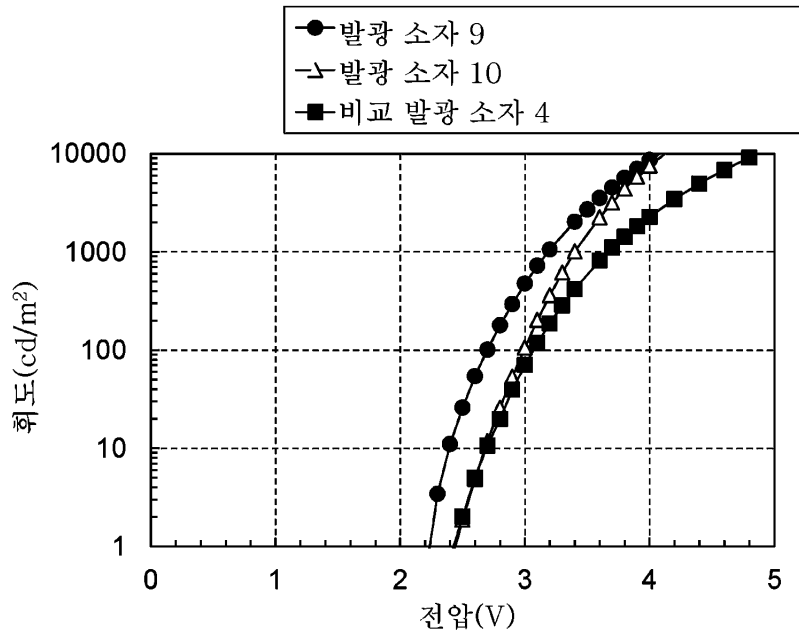
도면74



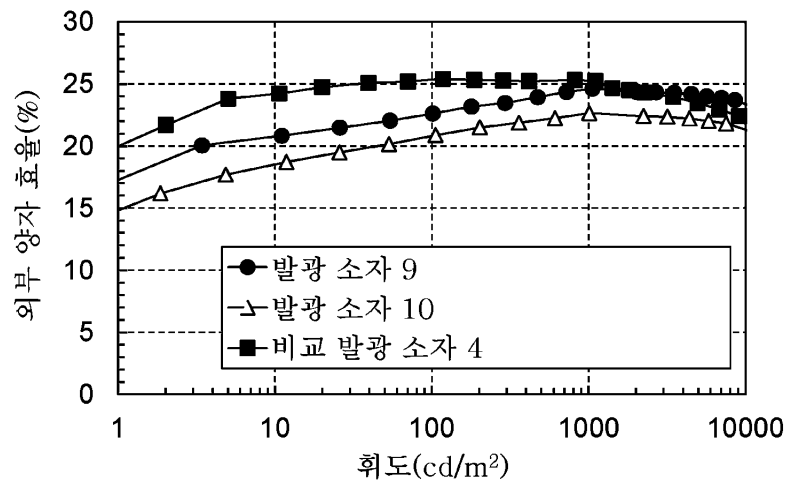
도면75



도면76

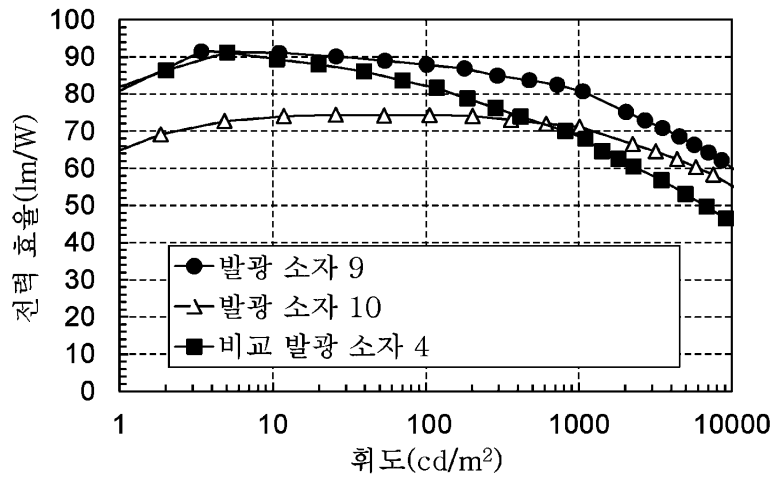


도면77

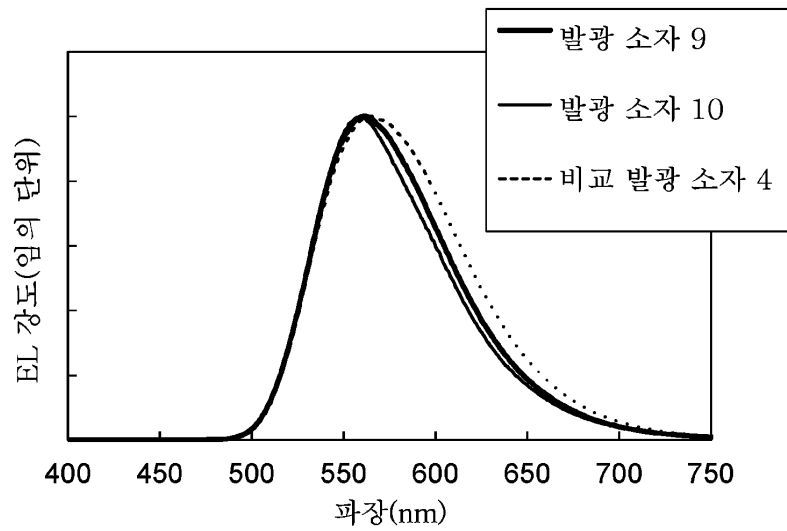




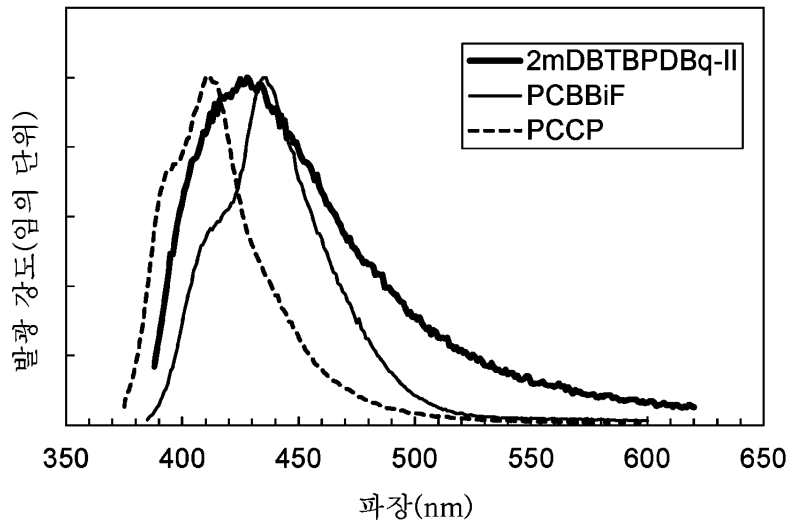
도면78



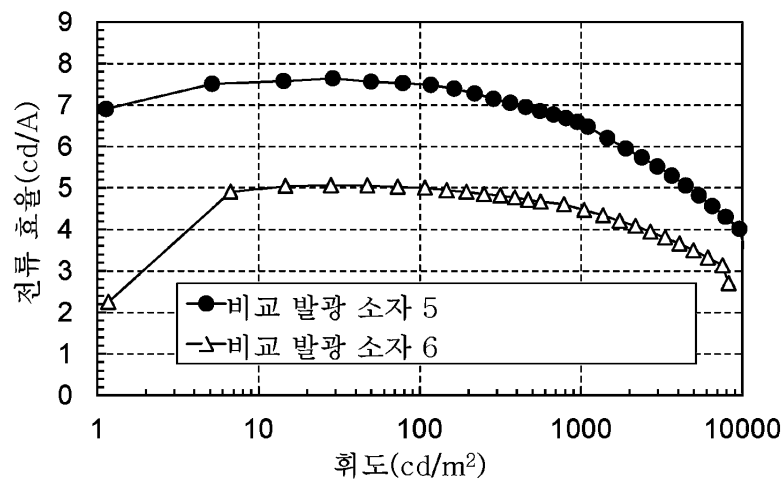
도면79



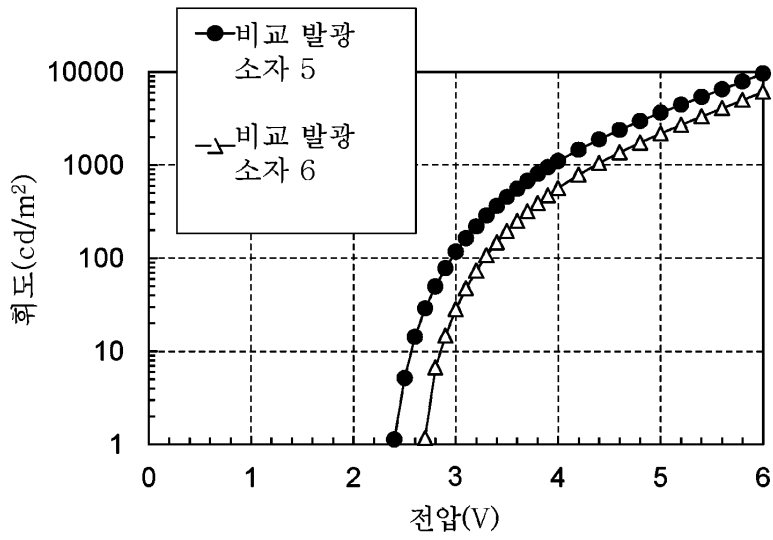
도면80



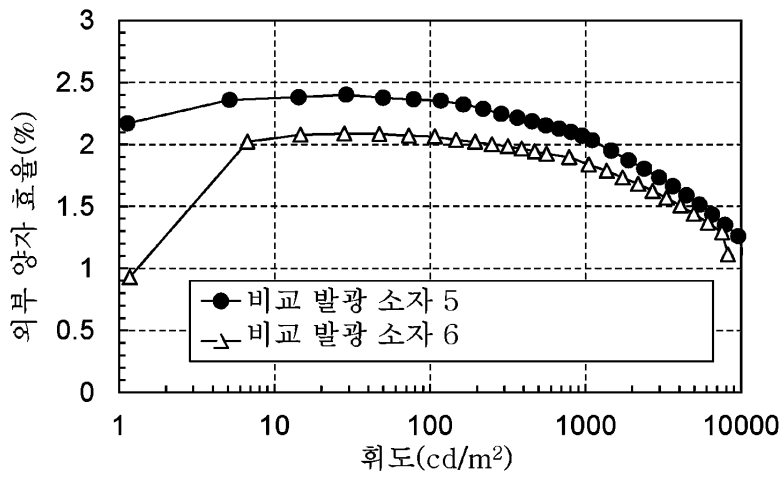
도면81



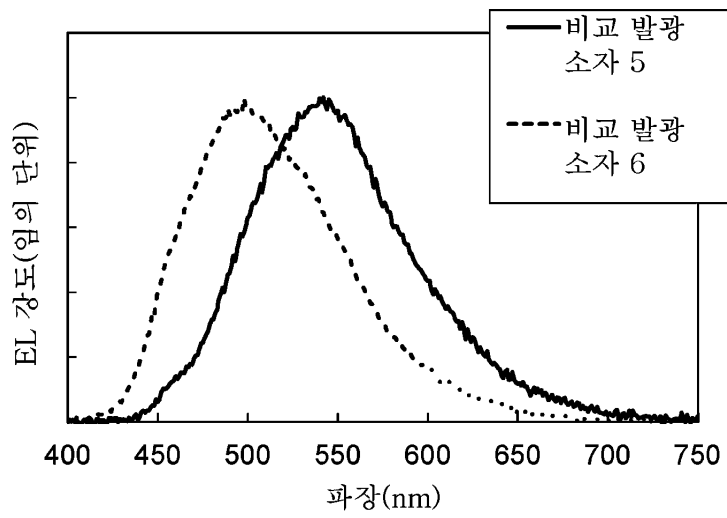
도면82



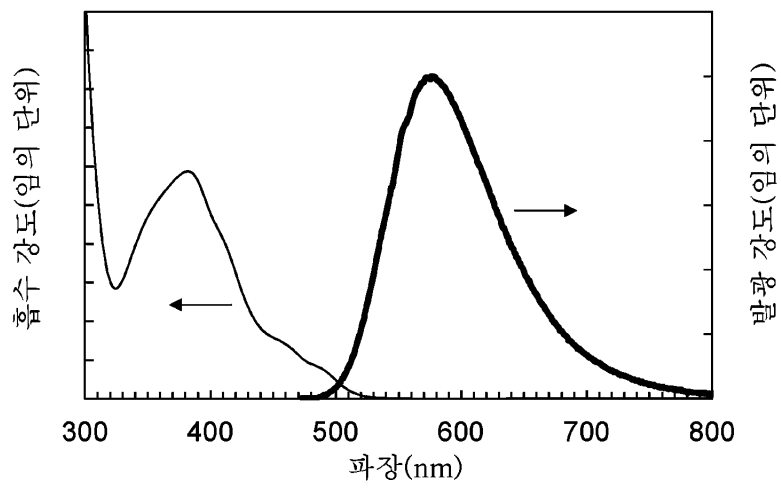
도면83



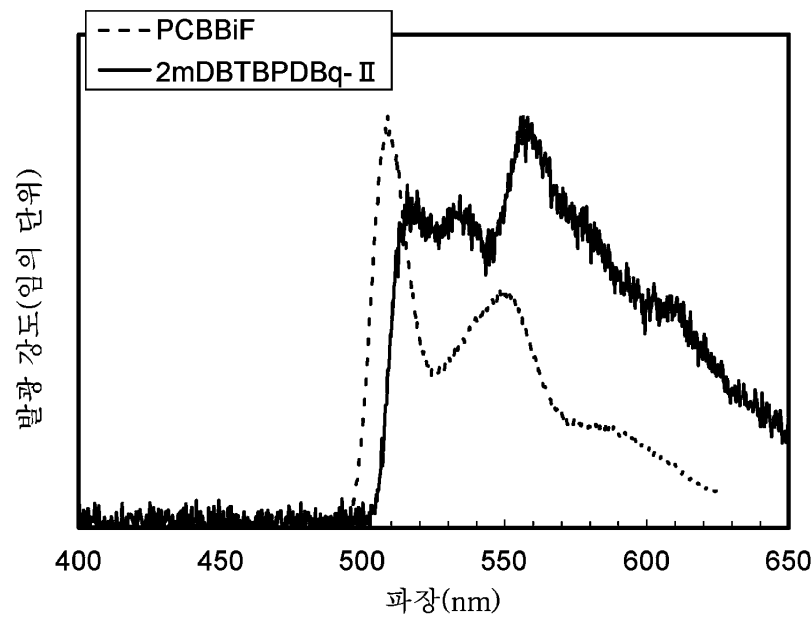
도면84



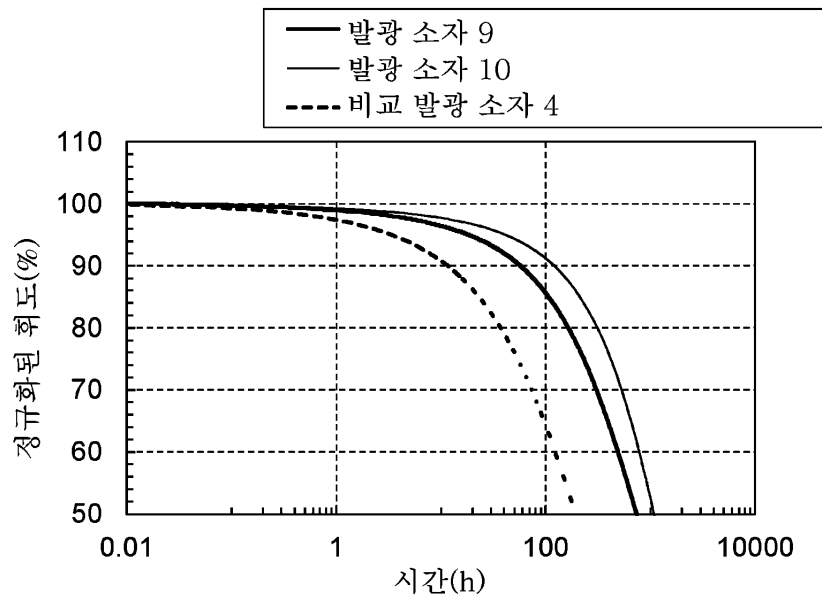
도면85



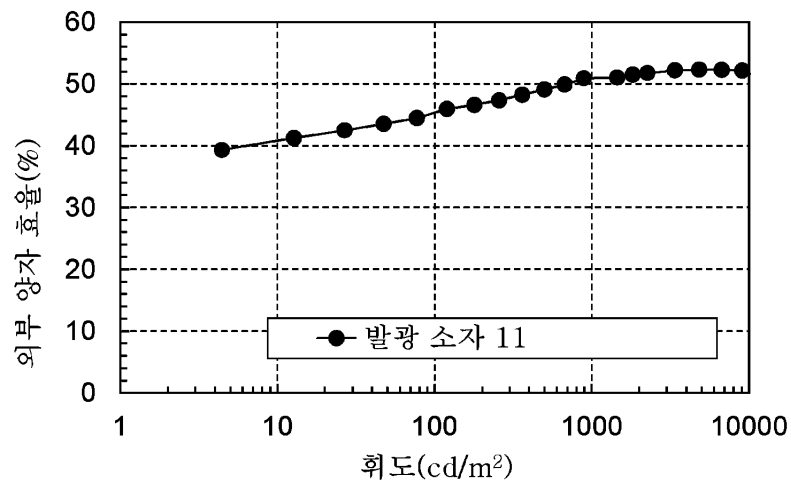
도면86



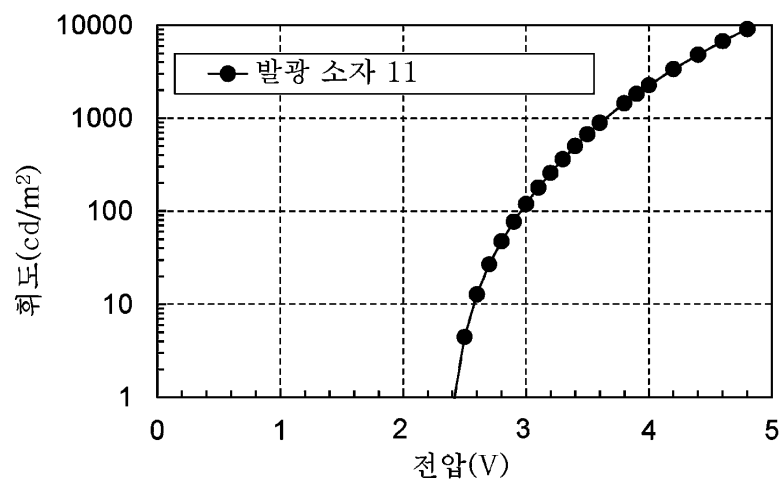
도면87



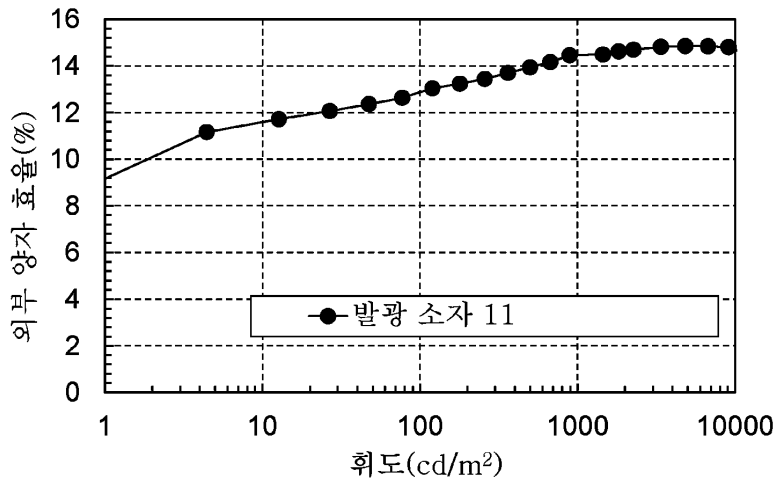
도면88



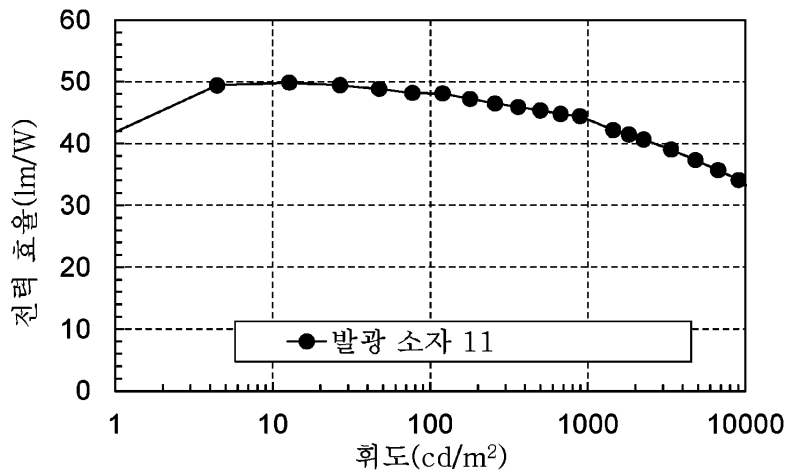
도면89



도면90

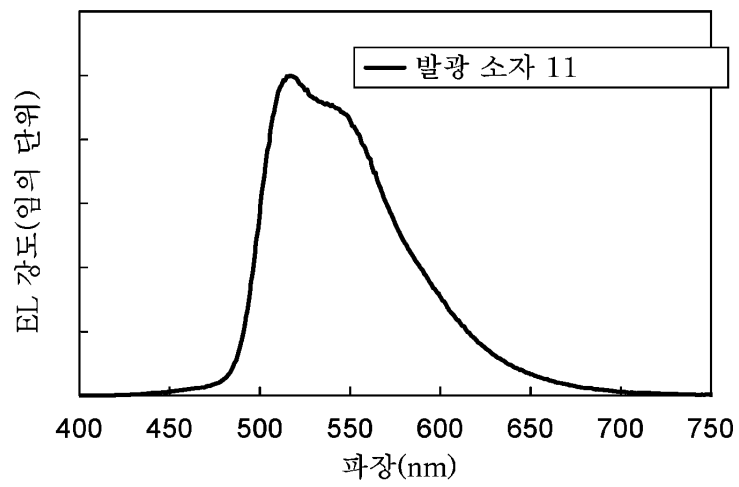


도면91





도면92



도면93

