



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월13일

(11) 등록번호 10-2694429

(24) 등록일자 2024년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 50/00 (2023.01) C09K 11/02 (2006.01)

C09K 11/06 (2006.01) H10K 50/80 (2023.01)

H10K 99/00 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 50/12 (2023.02)

C09K 11/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7011538

(22) 출원일자(국제) 2016년09월20일

심사청구일자 2021년09월14일

(85) 번역문제출일자 2018년04월24일

(65) 공개번호 10-2018-0059843

(43) 공개일자 2018년06월05일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2016/055594

(87) 국제공개번호 WO 2017/055963

국제공개일자 2017년04월06일

(30) 우선권주장

JP-P-2015-194744 2015년09월30일 일본(JP)

JP-P-2015-237266 2015년12월04일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2007251097 A

KR1020140043043 A

(73) 특허권자

가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자

세오 사토시

일본 2430036 가나가와 아쓰기시 하세 398 가부시
키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

와타베 다케요시

일본 2430036 가나가와 아쓰기시 하세 398 가부시
키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

미즈모리 사토미

일본 2430036 가나가와 아쓰기시 하세 398 가부시
키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

(74) 대리인

양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 14 항

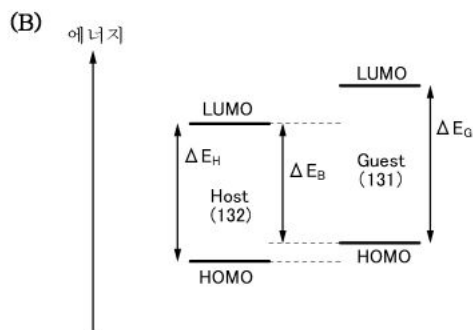
심사관 : 김상걸

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

(57) 요약

발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공한다. 발광 소자는 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함한다. 게스트 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다. 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖는다. 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이다.

대표도



(52) CPC특허분류

C09K 11/06 (2022.01)

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 50/19 (2023.02)

H10K 85/30 (2023.02)

H10K 85/346 (2023.02)

C09K 2211/1007 (2013.01)

C09K 2211/1029 (2013.01)

H10K 2101/27 (2023.02)

H10K 2101/90 (2023.02)

명세서

청구범위

청구항 1

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이의 층을 포함하고

상기 층은 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함하고,

상기 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있고,

상기 호스트 재료는 다이아진 골격 및 트리아진 골격 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 게스트 재료의 HOMO 준위는 상기 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 호스트 재료의 LUMO 준위와 상기 호스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고,

상기 호스트 재료의 상기 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상인, 발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 상기 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 상기 흡수 스펙트럼의 상기 흡수단으로부터 산출되는 상기 전이 에너지보다 0.4eV 이상 큰, 발광 소자.

청구항 3

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이의 층을 포함하고

상기 층은 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함하고,

상기 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있고,

상기 호스트 재료는 다이아진 골격 및 트리아진 골격 중 적어도 하나를 포함하고,

상기 게스트 재료의 HOMO 준위는 상기 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고,

상기 게스트 재료의 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 호스트 재료의 LUMO 준위와 상기 호스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고,

상기 호스트 재료의 상기 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 발광 에너지 이상인, 발광 소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 상기 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.4eV 이상 큰, 발광 소자.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 게스트 재료의 상기 LUMO 준위와 상기 게스트 재료의 상기 HOMO 준위의 에너지 차이는 상기 게스트 재료의 상기 발광 에너지보다 0.4eV 이상 큰, 발광 소자.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 0eV보다 크고 0.2eV 이하인, 발광 소자.

청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는 실온에서 열 활성화 지연 형광을 나타낼 수 있는, 발광 소자.

청구항 8

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는 상기 게스트 재료에 여기 에너지를 공급할 수 있는, 발광 소자.

청구항 9

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료의 발광 스펙트럼은 상기 게스트 재료의 흡수 스펙트럼에서 가장 낮은 에너지 측의 흡수대와 중첩되는 파장 영역을 포함하는, 발광 소자.

청구항 10

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 게스트 재료는 이리듐을 포함하는, 발광 소자.

청구항 11

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 게스트 재료는 발광할 수 있는, 발광 소자.

청구항 12

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는 전자 및 정공을 수송할 수 있는, 발광 소자.

청구항 13

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는 π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는, 발광 소자.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격은 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격 중 적어도 하나를 포함하는, 발광 소자.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

발명의 설명

기술 분야

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

[0002] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 야는 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 개시된 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] 근년에 들어 EL(electroluminescence)을 사용한 발광 소자에 대한 연구 개발이 광범위하게 진행되고 있다. 이러한 발광 소자의 기본적인 구조에서는, 발광성 재료를 포함하는 층(EL층)이 한 쌍의 전극 사이에 개재(介在)되어 있다. 이 소자의 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 발광성 재료로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0004] 상기 발광 소자는 자발광형이기 때문에 이 발광 소자를 사용한 표시 장치는 시인성이 높고, 백라이트가 불필요하고, 소비전력이 낮은 등의 장점을 갖는다. 또한 상기 표시 장치는 박형 경량으로 형성될 수 있고 응답 속도가 빠르다는 이점도 갖는다.

[0005] EL층이 발광 재료로서 유기 재료를 포함하며 한 쌍의 전극 사이에 제공되는 발광 소자(예를 들어 유기 EL 소자)에서, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 음극(cathode)으로부터 전자가, 그리고 양극(anode)으로부터 정공이 발광성을 갖는 EL층에 주입되기 때문에 전류가 흐른다. 주입된 전자와 정공이 재결합함으로써 발광성 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 화합물(인광성 화합물)을 포함하는 발광 소자는 형광을 방출하는 화합물(형광성 화합물)을 포함하는 발광 소자보다 발광 효율이 높다. 그러므로 근년에 들어 삼중항 여기 상태를 발광으로 변환할 수 있는 인광 재료를 포함하는 발광 소자가 활발히 개발되고 있다(예를 들어 특허문헌 1 참조).

[0007] 유기 재료를 여기시키기 위한 에너지는 유기 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 의존한다. 상기 에너지 차이는 대략 단일항 여기 에너지에 상당한다. 인광 유기 재료를 포함하는 발광 소자에서는 삼중항 여기 에너지가 발광 에너지로 변환된다. 따라서, 유기 재료의 단일항 여기 상태와 삼중항 여기 상태의 에너지 차이가 큰 경우, 유기 재료를 여기시키는 데 필요한 에너지는 상기 에너지 차이에 상당하는 양만큼 발광 에너지보다 높아진다. 유기 재료를 여기시키기 위한 에너지와 발광 에너지의 차이는 발광 소자의 소자 특성에 영향을 미친다: 발광 소자의 구동 전압이 증가된다. 구동 전압을 저감하는 기술에 대한 연구 개발이 진행되고 있다(특허문헌 2 참조).

[0008] 인광 재료를 포함하는 발광 소자 중에서 특히 청색광을 방출하는 발광 소자는 삼중항 여기 에너지 준위가 높은 안정적인 유기 재료의 개발이 어렵기 때문에 아직 실용화되지 않았다. 따라서, 발광 효율이 높은 인광을 나타내는 신뢰성이 높은 발광 소자의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2010-182699호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 특개2012-212879호

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 배위자로서 포함하는 이리듐 착체가 알려져 있다. 피리딘 골격 및 함질소 5원 복소 고리 골격은 높은 삼중항 여기 에너지를 갖지만 전자 수용성이 낮다. 그래서 이들 골격을 배위자로서 갖는 이리듐 착체의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 높고, 이리듐 착체에 정공 캐리어가 주입되기 쉬운 한편 전자 캐리어가 주입되기 어렵다. 따라서, 발광 에너지가 높은 이리듐 착체에서는 캐리어의 직접 재결합에 의한 캐리어의 여기가 어렵고, 이것은 효율적인 발광이 어려운 것을 의미한다.
- [0011] 상기 관점에서 본 발명의 일 형태의 과제는 발광 효율이 높고 인광 재료를 포함하는 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 소비전력이 낮은 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 신뢰성이 높은 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 신규 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 신규 표시 장치를 제공하는 것이다.
- [0012] 또한 상술한 과제의 기재는 다른 과제의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서 상기 과제 모두를 반드시 달성할 필요는 없다. 다른 과제는 명세서 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 형태는 인광 재료를 효율적으로 여기시킬 수 있는 호스트 재료를 포함하는 발광 소자이다.
- [0014] 본 발명의 일 형태는 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함하는 발광 소자이고, 게스트 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료의 LUMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고, 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖는다.
- [0015] 본 발명의 일 형태는 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함하는 발광 소자이고, 게스트 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료의 LUMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고, 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖고, 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상이다.
- [0016] 본 발명의 일 형태는 게스트 재료 및 호스트 재료를 포함하는 발광 소자이고, 게스트 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고, 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료의 LUMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크고, 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖고, 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이다.
- [0017] 상기 각 구성에서 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.4eV 이상 큰 것이 바람직하다. 게스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.4eV 이상 큰 것이 바람직하다.
- [0018] 상기 각 구성에서 호스트 재료는 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 0eV보다 크고 0.2eV 이하인 것이 바람직하다. 호스트 재료는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 기능을 갖는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 각 구성에서 호스트 재료는 게스트 재료에 여기 에너지를 공급하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 호스트

재료의 발광 스펙트럼은 게스트 재료의 흡수 스펙트럼에서 가장 낮은 에너지 측의 흡수대와 중첩되는 파장 영역을 포함하는 것이 바람직하다.

[0020] 상기 각 구성에서 게스트 재료는 이리듬을 포함하는 것이 바람직하다. 게스트 재료는 발광하는 것이 바람직하다.

[0021] 상기 각 구성에서 호스트 재료는 전자를 수송하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 호스트 재료는 정공을 수송하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 호스트 재료는 π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격을 포함하고, π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다. π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격은 다이아진 골격 및 트리아진 골격 중 적어도 하나를 포함하고, π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격은 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.

[0022] 본 발명의 일 형태는 상술한 구조 중 어느 것을 갖는 발광 소자와, 컬러 필터 및 트랜지스터 중 적어도 하나를 포함하는 표시 장치이다. 본 발명의 일 형태는 상술한 표시 장치와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나를 포함하는 전자 기기이다. 본 발명의 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. 그러므로 본 명세서에서는 발광 장치란 화상 표시 장치 또는 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) 방식에 의하여 집적 회로(IC)가 발광 소자에 직접 탑재된 표시 모듈도 본 발명의 일 형태이다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 형태에 의하여 발광 효율이 높고 인광 재료를 포함하는 발광 소자가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 의하여 소비전력이 낮은 발광 소자가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 의하여 신뢰성이 높은 발광 소자가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 의하여 신규 발광 소자가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 의하여 신규 발광 장치가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 의하여 신규 표시 장치가 제공된다.

[0024] 또한 상술한 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서 상기 효과 모두를 반드시 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이다.

도 2의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 발광층에서의 에너지 준위의 상관 및 에너지 밴드의 상관을 나타낸 단면 모식도이다.

도 3의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이다.

도 4의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 발광층에서의 에너지 준위의 상관 및 에너지 밴드의 상관을 나타낸 단면 모식도이다.

도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이고, 도 5의 (C)는 발광층에서의 에너지 준위의 상관을 나타낸 모식도이다.

도 6의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이고, 도 6의 (C)는 발광층에서의 에너지 준위의 상관을 나타낸 모식도이다.

도 7의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이다.

도 8의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도이다.

도 9의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면 모식도이다.

도 10의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면 모식도이다.

- 도 11의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 상면도 및 단면 모식도이다.
- 도 12의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 13은 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 14의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 각각 도시한 단면 모식도이다.
- 도 15의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 16은 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 17의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 18은 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 19의 (A) 및 (B)는 각각 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 20의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 블록도 및 회로도이다.
- 도 21의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 화소 회로를 각각 도시한 회로도이다.
- 도 22의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 화소 회로를 각각 도시한 회로도이다.
- 도 23의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 터치 패널의 일례의 사시도이다.
- 도 24의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치 및 터치 센서의 일례의 단면도이다.
- 도 25의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 터치 패널의 일례를 각각 도시한 단면도이다.
- 도 26의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 터치 센서의 블록도 및 타이밍 차트이다.
- 도 27은 본 발명의 일 형태의 터치 센서의 회로도이다.
- 도 28은 본 발명의 일 형태의 표시 모듈을 도시한 사시도이다.
- 도 29의 (A) 내지 (G)는 본 발명의 일 형태의 전자 기기를 도시한 것이다.
- 도 30의 (A) 내지 (F)는 본 발명의 일 형태의 전자 기기를 도시한 것이다.
- 도 31의 (A) 내지 (D)는 본 발명의 일 형태의 전자 기기를 도시한 것이다.
- 도 32의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 사시도이다.
- 도 33의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 도시한 사시도 및 단면도이다.
- 도 34의 (A) 내지 (D)는 각각 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 도시한 단면도이다.
- 도 35의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 전자 기기 및 조명 장치를 도시한 것이다.
- 도 36은 본 발명의 일 형태의 조명 장치를 도시한 것이다.
- 도 37은 실시예에서의 발광 소자를 도시한 단면 모식도이다.
- 도 38은 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 39는 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 40은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 41은 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 42는 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 43은 실시예에서의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 44는 실시예에서의 호스트 재료의 과도 형광 특성을 나타낸 것이다.
- 도 45는 실시예에서의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 46은 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.

- 도 47은 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 48은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 49는 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 50은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 51은 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 52는 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 53은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 54는 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 55는 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 56은 실시예에서의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 57은 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 58은 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 59는 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 60은 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 61은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 62는 실시예에서의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 63의 (A) 및 (B)는 실시예에서의 호스트 재료의 과도 형광 특성을 나타낸 것이다.
- 도 64는 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 65는 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 66은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 67은 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 68은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 69는 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 70은 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 71은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 72는 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 73은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 74는 실시예에서의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 75는 실시예에서의 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 76은 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 77은 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다.
- 도 78은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 79는 실시예에서의 발광 소자의 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.
- 도 80은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 81은 실시예에서의 호스트 재료의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 아래에서 자세히 설명한다. 그러나 본 발명은 아래의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다. 따라서 본 발명은 아래의 실시형태의 내용에 한정하여 해석되어서는 안 된다.
- [0027] 또한 도면 등에 도시된 각 구조의 위치, 크기, 또는 범위 등은 간략화를 위하여 정확히 나타내지 않은 경우가 있다. 그러므로, 개시된 발명은 반드시 도면 등에 개시된 위치, 크기, 또는 범위 등에 한정되지 않는다.
- [0028] 또한 본 명세서 등에서 "제 1" 및 "제 2" 등의 서수는 편의상 사용되며, 공정 순서 또는 층의 적층 순서를 나타내지 않는다. 그러므로 예를 들어 "제 1"을 "제 2" 또는 "제 3"으로 적절히 바뀌도 설명할 수 있다. 또한 본 명세서 등에서 서수는 본 발명의 일 형태를 특징하는 것과 반드시 같지는 않다.
- [0029] 본 명세서 등에서 도면을 참조하여 본 발명의 형태를 설명함에 있어서, 상이한 도면의 같은 구성 요소를 같은 부호로 공통적으로 나타내는 경우가 있다.
- [0030] 본 명세서 등에서 "막" 및 "층"이라는 용어는 서로 교체될 수 있다. 예를 들어 "도전층"이란 용어는 "도전막"이란 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다. 또한 "절연막"이라는 용어를 "절연층"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다.
- [0031] 본 명세서 등에서 단일항 여기 상태(S^*)란 여기 에너지를 갖는 단일항 상태를 말한다. S1 준위란 단일항 여기 에너지 준위의 가장 낮은 준위, 즉 가장 낮은 단일항 여기 상태의 여기 에너지 준위를 의미한다. 삼중항 여기 상태(T^*)란 여기 에너지를 갖는 삼중항 상태를 말한다. T1 준위란 삼중항 여기 에너지 준위의 가장 낮은 준위, 즉 가장 낮은 삼중항 여기 상태의 여기 에너지 준위를 의미한다. 또한 본 명세서 등에서 단일항 여기 상태 및 단일항 여기 에너지 준위는 각각 가장 낮은 단일항 여기 상태 및 S1 준위를 의미하는 경우가 있다. 삼중항 여기 상태 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 가장 낮은 삼중항 여기 상태 및 T1 준위를 의미하는 경우가 있다.
- [0032] 본 명세서 등에서 형광 재료란 단일항 여기 상태에서부터 기저 상태로 완화될 때 가시광 영역의 광을 방출하는 재료를 말한다. 인광 재료란 삼중항 여기 상태에서부터 기저 상태로 완화될 때 실온에서 가시광 영역의 광을 방출하는 재료를 말한다. 즉 인광 재료란 삼중항 여기 에너지를 가시광으로 변환할 수 있는 재료를 말한다.
- [0033] 인광 발광 에너지 또는 삼중항 여기 에너지는 인광 발광의 가장 단파장 측에서의 발광 피크(숄더를 포함함) 또는 상승 부분의 파장으로부터 얻을 수 있다. 또한 인광 발광은 저온(예를 들어 10K) 환경에서 시간 분해 포토루미네선스에 의하여 관찰될 수 있다. 열 활성화 지연 형광의 발광 에너지는 열 활성화 지연 형광의 가장 단파장 측에서의 발광 피크(숄더를 포함함) 또는 상승 부분의 파장으로부터 얻을 수 있다.
- [0034] 또한 본 명세서 등에서 "실온"이란 0℃ 이상 40℃ 이하의 온도를 말한다.
- [0035] 본 명세서 등에서 청색의 파장 범위란 400nm 이상 500nm 미만의 파장 범위를 말하고, 청색광은 발광 스펙트럼에서 상기 범위에 적어도 하나의 피크를 갖는다. 녹색의 파장 범위란 500nm 이상 580nm 미만의 파장 범위를 말하고, 녹색광은 발광 스펙트럼에서 상기 범위에 적어도 하나의 피크를 갖는다. 적색의 파장 범위란 580nm 이상 680nm 이하의 파장 범위를 말하고, 적색광은 발광 스펙트럼에서 상기 범위에 적어도 하나의 피크를 갖는다.
- [0036] (실시형태 1)
- [0037] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 대하여 도 1의 (A) 및 (B), 도 2의 (A) 및 (B), 도 3의 (A) 및 (B), 그리고 도 4의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 설명한다.
- [0038] <발광 소자의 구조예 1>
- [0039] 먼저 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 구조에 대하여 도 1의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 설명한다.
- [0040] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자(150)의 단면 모식도이다.
- [0041] 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.
- [0042] 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.

- [0043] 본 실시형태에서는 한 쌍의 전극의 전극(101) 및 전극(102)이 각각 양극 및 음극으로서 기능하는 것으로 가정하여 설명하지만, 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 측으로부터 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(130), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)이 이 순서대로 적층되어도 좋다.
- [0044] 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 층이 포함되는 구조를 채용하여도 좋다. 또는 EL층(100)은 예를 들어 정공 또는 전자의 주입 장벽을 낮추거나, 정공 또는 전자의 수송성을 향상시키거나, 정공 또는 전자의 수송성을 저감시키나, 또는 전극에 의한 퀀칭 현상을 억제할 수 있는 기능층을 포함하여도 좋다. 또한 기능층은 각각 단층이어도 좋고 적층이어도 좋다.
- [0045] 도 1의 (B)는 도 1의 (A)의 발광층(130)의 일례를 도시한 단면 모식도이다. 도 1의 (B)의 발광층(130)은 게스트 재료(131) 및 호스트 재료(132)를 포함한다.
- [0046] 발광층(130)에서는 호스트 재료(132)가 가장 큰 중량비로 존재하고, 게스트 재료(131)는 호스트 재료(132)에 분산된다.
- [0047] 게스트 재료(131)는 발광성 유기 재료이다. 발광성 유기 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 인광을 나타낼 수 있는 재료(이후 인광 재료라고도 함)인 것이 바람직하다. 아래의 설명에서는 인광 재료가 게스트 재료(131)로서 사용된다. 게스트 재료(131)를 인광 재료로 바꿔 말하여도 좋다.
- [0048] <발광 소자의 발광 기구 1>
- [0049] 다음으로 발광층(130)의 발광 기구에 대하여 아래에서 설명한다.
- [0050] 본 발명의 일 형태의 발광 소자(150)에서는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 전압을 인가함으로써 음극 및 양극으로부터 각각 전자 및 정공이 EL층(100)에 주입되어 전류가 흐른다. 주입된 전자와 정공이 재결합함으로써 EL층(100)의 발광층(130) 내의 게스트 재료(131)가 여기 상태가 되어 발광이 얻어진다.
- [0051] 또한 다음 2개의 과정을 거쳐 게스트 재료(131)로부터 발광을 얻을 수 있다:
- [0052] (α) 직접 재결합 과정; 및
- [0053] (β) 에너지 이동 과정.
- [0054] <<(α) 직접 재결합 과정>>
- [0055] 먼저 게스트 재료(131)에서의 직접 재결합 과정에 대하여 설명한다. 캐리어(전자 및 정공)가 게스트 재료(131)에서 재결합하여 게스트 재료(131)가 여기 상태가 된다. 이 경우, 캐리어의 직접 재결합 과정에 의하여 게스트 재료(131)를 여기시키기 위한 에너지는 게스트 재료(131)의 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 준위와 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위의 에너지 차이에 의존하고, 이 에너지 차이는 대략 단일항 여기 에너지에 상당한다. 게스트 재료(131)는 인광 재료이기 때문에 삼중항 여기 에너지가 발광으로 변환된다. 따라서 게스트 재료(131)의 단일항 여기 상태와 삼중항 여기 상태의 에너지 차이가 큰 경우, 게스트 재료(131)를 여기시키기 위한 에너지는 상기 에너지 차이에 상당하는 양만큼 발광 에너지보다 높아진다.
- [0056] 게스트 재료(131)를 여기시키기 위한 에너지와 발광 에너지의 에너지 차이는 발광 소자의 소자 특성에 영향을 미친다: 발광 소자의 구동 전압이 변화된다. 따라서 (α) 직접 재결합 과정에서 발광 소자의 발광 시작 전압은 게스트 재료(131)의 발광 에너지에 상당하는 전압보다 높아진다.
- [0057] 게스트 재료(131)의 발광 에너지가 높은 경우, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위는 높아진다. 따라서 캐리어로서의 전자의 게스트 재료(131)로의 주입이 저해되어, 게스트 재료(131)에서 캐리어(전자 및 정공)의 직접 재결합이 일어나기 어려워진다. 따라서 발광 소자에서 높은 발광 효율을 얻기 어렵다.
- [0058] <<(β) 에너지 이동 과정>>
- [0059] 다음으로 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)의 에너지 이동 과정에 대하여 설명하기 위하여 에너지 준위의 상관을 도시한 모식도를 도 2의 (A)에 나타내었다. 도 2의 (A)의 용어 및 부호가 무엇을 나타내는지 는 다음과 같다:

- [0060] Guest(131): 게스트 재료(131)(인광 재료);
- [0061] Host(132): 호스트 재료(132);
- [0062] S_G : 게스트 재료(131)(인광 재료)의 S1 준위;
- [0063] T_G : 게스트 재료(131)(인광 재료)의 T1 준위;
- [0064] S_H : 호스트 재료(132)의 S1 준위; 및
- [0065] T_H : 호스트 재료(132)의 T1 준위.
- [0066] 캐리어가 호스트 재료(132)에서 재결합하고 호스트 재료(132)의 단일항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태가 형성되는 경우, 도 2의 (A)의 Route E_1 및 Route E_2 에 나타난 바와 같이, 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지의 양쪽이 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H) 및 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)로부터 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G)로 이동하고, 게스트 재료(131)가 삼중항 여기 상태가 된다. 삼중항 여기 상태의 게스트 재료(131)로부터 인광이 얻어진다.
- [0067] 또한 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H) 및 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)의 양쪽은 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G) 이상인 것이 바람직하다. 그런 경우, 호스트 재료(132)에서 생성된 단일항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지를 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H) 및 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)로부터 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G)로 효율적으로 이동할 수 있다.
- [0068] 바꿔 말하면 발광층(130)에서는 여기 에너지가 호스트 재료(132)로부터 게스트 재료(131)로 이동한다.
- [0069] 또한 발광층(130)이 호스트 재료(132), 게스트 재료(131), 그리고 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131) 이외의 재료를 포함하는 경우, 발광층(130)에서의 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131) 이외의 재료의 삼중항 여기 에너지 준위는 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)보다 높은 것이 바람직하다. 이로써, 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지의 쿨링이 일어나기 어려워져 에너지가 게스트 재료(131)로 효율적으로 이동하게 된다.
- [0070] 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지가 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G)로 이동할 때 일어나는 에너지 손실을 저감하기 위해서는 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H)와 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)의 에너지 차이가 작은 것이 바람직하다.
- [0071] 도 2의 (B)는 게스트 재료(131) 및 호스트 재료(132)의 에너지 밴드도이다. 도 2의 (B)에서 "Guest(131)"는 게스트 재료(131)를 나타내고, "Host(132)"는 호스트 재료(132)를 나타내고, ΔE_G 는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타내고, ΔE_H 는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타내고, ΔE_B 는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이를 나타낸다.
- [0072] 파장이 짧고 발광 에너지가 높은 광을 방출하는 게스트 재료(131)로 하기 위해서는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)는 클수록 좋다. 그러나 구동 전압을 저감하기 위해서는 발광 소자(150)의 여기 에너지는 가능한 한 작은 것이 바람직하기 때문에 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 여기 상태의 여기 에너지는 작을수록 좋다. 그러므로 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)는 작은 것이 바람직하다.
- [0073] 게스트 재료(131)는 인광성 발광 재료이기 때문에 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖는다. 또한 에너지는 단일항 여기 상태에서보다 삼중항 여기 상태에서 더 안정적이다. 따라서 게스트 재료(131)는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)보다 에너지가 작은 광을 방출할 수 있다. 본 발명자들은 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)보다 큰 경우에도, 게스트 재료(131)의 발광 에너지(약칭: ΔE_{em}), 또는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(약칭: ΔE_{abs})가 ΔE_H 과 동등하거나 ΔE_H 보다

작으면, 호스트 재료(132)의 여기 상태에서부터 게스트 재료(131)로 여기 에너지를 이동할 수 있고 게스트 재료(131)로부터 발광을 얻을 수 있는 것을 발견하였다. 게스트 재료(131)의 ΔE_g 가 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em}) 또는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})보다 큰 경우에는, 게스트 재료(131)의 전기 여기를 직접 일으키기 위해서는 ΔE_g 에 상당하는 높은 전기 에너지가 필요하기 때문에 발광 소자의 구동 전압이 상승된다. 그러나 본 발명의 일 형태에서는 ΔE_H (ΔE_g 보다 작음)에 상당하는 전기 에너지로 호스트 재료(132)가 전기적으로 여기되고 그것으로부터의 에너지 이동에 의하여 게스트 재료(131)가 여기 상태가 되기 때문에 낮은 구동 전압 및 고효율로 게스트 재료(131)의 발광을 얻을 수 있다. 그러므로 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 발광 시작 전압(휘도가 1cd/m^2 를 넘을 때의 전압)을 게스트 재료의 발광 에너지(ΔE_{em})에 상당하는 전압보다 낮게 할 수 있다. 즉 ΔE_g 가 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em}) 또는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})보다 상당히 큰 경우(예를 들어 게스트 재료가 청색 발광 재료인 경우)에 본 발명의 일 형태는 특히 유용하다. 또한 발광 에너지(ΔE_{em})는 발광 스펙트럼의 가장 단파장 측에서의 발광 피크(최대값, 또는 솔더를 포함함) 또는 상승 부분의 파장으로부터 도출할 수 있다.

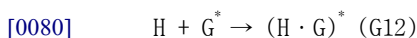
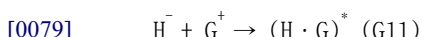
[0074] 또한 게스트 재료(131)가 중금속을 포함하는 경우, 단일항 상태와 삼중항 상태의 항간 교차는 스핀 궤도 상호 작용(전자의 스핀각 운동량과 궤도각 운동량의 상호 작용)에 의하여 촉진되고, 게스트 재료(131)의 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태의 전이가 허용되는 경우가 있다. 그러므로 게스트 재료(131)의 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태의 전이에 관한 발광 효율 및 흡수 확률을 증가시킬 수 있다. 따라서 게스트 재료(131)는 스핀 궤도 상호 작용이 큰 금속 원소, 특히, 백금족 원소(루테튬(Ru), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 또는 백금(Pt))를 포함하는 것이 바람직하다. 특히 이리듐은 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태의 직접 전이에 관한 흡수 확률을 증가시킬 수 있기 때문에 바람직하다.

[0075] 게스트 재료(131)가 높은 발광 에너지를 갖는 광(파장이 짧은 광)을 방출할 수 있게 하기 위해서는 게스트 재료(131)의 최저 삼중항 여기 에너지 준위는 높은 것이 바람직하다. 게스트 재료(131)의 최저 삼중항 여기 에너지 준위를 높게 하기 위해서는 게스트 재료(131)의 중금속 원자에 배위하는 배위자는 최저 삼중항 여기 에너지 준위가 높고, 전자 수용성이 낮고, LUMO 준위가 높은 것이 바람직하다.

[0076] 이러한 게스트 재료는 HOMO 준위가 높고 정공 수용성이 높은 분자 구조를 갖는 경향이 있다. 게스트 재료(131)가 수용성이 높은 분자 구조를 갖는 경우, 게스트 재료(131)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높아지는 경우가 있다. 또한 ΔE_g 가 ΔE_H 보다 크면, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위보다 높아진다. 이때 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 호스트 재료(132)의 LUMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료(131)의 HOMO 준위와 호스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이보다 커진다.

[0077] 여기서 게스트 재료(131)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높고, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위보다 높으면, 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자) 중에서, 발광층(130)에서 양극으로부터 주입된 정공은 게스트 재료(131)에 주입되기 쉽고, 음극으로부터 주입된 전자는 호스트 재료(132)에 주입되기 쉽다. 그러므로 게스트 재료(131) 및 호스트 재료(132)가 들뜬 복합체를 형성하는 경우가 있다. 특히 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_b)가 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})보다 작아지면, 게스트 재료(131) 및 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 들뜬 복합체의 생성이 지배적이 된다. 이러한 경우, 게스트 재료(131) 자체가 여기 상태를 형성하기 어려워지기 때문에 발광 소자의 발광 효율이 저하된다.

[0078] 상술한 반응은 일반식(G11) 또는 (G12)로 나타낼 수 있다.



[0081] 일반식(G11)은 호스트 재료(132)가 전자를 받고(H^-) 게스트 재료(131)가 정공을 받음(G^+)으로써 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131)가 들뜬 복합체($(H \cdot G)^*$)를 형성하는 반응을 나타낸 것이다. 일반식(G12)은 여기 상태의 게스트 재료(131)(G^*)와, 기저 상태의 호스트 재료(132)(H)가 상호 작용함으로써 호스트 재료(132)와 게

트 재료(131)가 들뜬 복합체((H·G)^{*})를 형성하는 반응을 나타낸 것이다. 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)에 의하여 들뜬 복합체((H·G)^{*})를 형성함으로써 게스트 재료(131) 단체의 여기 상태(G^{*})가 형성되기 어려워진다.

[0082] 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131)에 의하여 형성되는 들뜬 복합체는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_B)에 대략 상당하는 여기 에너지를 갖는다. 본 발명자들은 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_B)가 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em}) 또는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs}) 이상일 때, 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131)에 의하여 들뜬 복합체를 형성하는 반응을 억제할 수 있기 때문에, 게스트 재료(131)로부터 효율적으로 발광을 얻을 수 있다는 것을 찾아내었다. 이때, ΔE_{abs} 가 ΔE_B 보다 작기 때문에 게스트 재료(131)는 여기 에너지를 받기 쉽다. 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131)에 의하여 들뜬 복합체를 형성하는 것보다, 여기 에너지를 받아 게스트 재료(131)를 여기시키는 것이 더 낮은 에너지를 필요로 하고 더 안정적인 여기 상태가 된다.

[0083] 상술한 바와 같이, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)보다 큰 경우에도, 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})가 ΔE_H 와 동등하거나 ΔE_H 보다 작으면, 여기 에너지가 여기 상태의 호스트 재료(132)로부터 게스트 재료(131)로 효율적으로 이동한다. 그 결과, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있고, 이것은 본 발명의 일 형태의 특징이다. 이 경우, 식 $\Delta E_G > \Delta E_H \geq \Delta E_{abs}$ (ΔE_G 는 ΔE_H 보다 크고 ΔE_H 는 ΔE_{abs} 이상임)을 만족시킨다. 그러므로 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)가 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})보다 큰 경우에 본 발명의 일 형태의 기구(mechanism)는 적합하다. 구체적으로는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)가 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})보다 0.3eV 이상 큰 것이 바람직하고 0.4eV 이상 큰 것이 더 바람직하다. 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})가 ΔE_{abs} 와 동등하거나 ΔE_{abs} 보다 작기 때문에 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)가 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})보다 0.3eV 이상 큰 것이 바람직하고, 0.4eV 이상 큰 것이 더 바람직하다.

[0084] 또한 게스트 재료(131)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높은 경우에는, 식 $\Delta E_B \geq \Delta E_{abs}$ (ΔE_B 는 ΔE_{abs} 이상임), 또는 $\Delta E_B \geq \Delta E_{em}$ (ΔE_B 는 ΔE_{em} 이상임)을 만족시키는 것이 바람직하다. 따라서 식 $\Delta E_G > \Delta E_H > \Delta E_B \geq \Delta E_{abs}$ (ΔE_G 는 ΔE_H 보다 크고, ΔE_H 는 ΔE_B 보다 크고, ΔE_B 는 ΔE_{abs} 이상임) 또는 식 $\Delta E_G > \Delta E_H > \Delta E_B \geq \Delta E_{em}$ (ΔE_G 는 ΔE_H 보다 크고, ΔE_H 는 ΔE_B 보다 크고, ΔE_B 는 ΔE_{em} 이상임)을 만족시키는 것이 바람직하다. 상술한 조건도 본 발명의 일 형태에서의 중요한 발견이다.

[0085] 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)는 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H)와 동등하거나 S_H 보다 약간 크다. 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H)는 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)보다 높다. 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)는 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G) 이상이다. 그러므로 식 $\Delta E_G > \Delta E_H \geq S_H > T_H \geq T_G$ (ΔE_G 는 ΔE_H 보다 크고, ΔE_H 는 S_H 이상이고, S_H 는 T_H 보다 크고, T_H 는 T_G 이상임)를 만족시킨다. 또한 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단에 관련된 흡수가 게스트 재료(131)의 단일항 기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 전이에 관련된 경우에는, ΔT_G 는 ΔE_{abs} 와 동등하거나 ΔE_{abs} 보다 약간 작다. 그러므로 ΔE_{abs} 보다 적어도 0.3eV 이상 큰 ΔE_G 를 얻기 위해서는, S_H 와 T_H 의 에너지 차이가 ΔE_G 와 ΔE_{abs} 의 에너지 차이보다 작은 것이 바람직하다. 구체적으로는 S_H 와 T_H 의 에너지 차이가 0eV보다 크고 0.2eV 이하인 것이 바람직하고, 0eV보다 크고 0.1eV 이하인 것이 더 바람직하다.

[0086] 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작고 호스트 재료(132)로서 적합하게 사

용되는 재료의 예로서는, 열 활성화 지연 형광(TADF) 재료를 들 수 있다. 열 활성화 지연 형광 재료는 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작고, 역항간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 갖는다. 또한 본 발명의 일 형태의 호스트 재료(132)는 T_H 로부터 S_H 로의 역항간 교차 효율 및 S_H 로부터의 발광 양자 수율이 반드시 높을 필요는 없기 때문에 재료를 폭넓은 선택지에서 선택할 수 있다.

[0087] 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이를 작게 하기 위해서는, 호스트 재료(132)가 정공을 수송하는 기능(정공 수송성)을 갖는 골격 및 전자를 수송하는 기능(전자 수송성)을 갖는 골격을 포함하는 것이 바람직하다. 이 경우, 호스트 재료(132)의 여기 상태에서는, 정공 수송성을 갖는 골격이 HOMO를 포함하고, 전자 수송성을 갖는 골격이 LUMO를 포함하기 때문에 HOMO와 LUMO의 중첩이 매우 작아진다. 즉 단일 분자 내에서의 도너 역셉터 여기 상태가 형성되기 쉬워지고, 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 작아진다. 또한 호스트 재료(132)에서는 단일항 여기 에너지 준위(S_H)와 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)의 차이가 0eV보다 크고 0.2eV 이하인 것이 바람직하다.

[0088] 또한 분자 궤도란 분자 내의 전자의 공간 분포를 말하며, 전자를 발견할 확률을 나타낼 수 있다. 또한 분자 궤도에 의하여, 분자의 전자 배치(전자의 공간 분포 및 에너지)를 자세히 설명할 수 있다.

[0089] 호스트 재료(132)가 도너성이 강한 골격을 포함하는 경우에는, 발광층(130)에 주입된 정공은 호스트 재료(132)에 주입되기 쉽고 수송되기 쉽다. 호스트 재료(132)가 억셉터성이 강한 골격을 포함하는 경우에는, 발광층(130)에 주입된 전자는 호스트 재료(132)에 주입되기 쉽고 수송되기 쉽다. 정공과 전자의 양쪽이 호스트 재료(132)에 주입되면 호스트 재료(132)의 여기 상태가 형성되기 쉬워지기 때문에 바람직하다.

[0090] 게스트 재료(131)의 발광 파장이 짧을수록(발광 에너지 ΔE_{em} 이 높을수록) 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)는 커지기 때문에, 게스트 재료를 직접 및 전기적으로 여기시키기 위해서는 더 큰 에너지가 필요하다. 그러나 본 발명의 일 형태에서는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})가 ΔE_H 와 동등하거나 ΔE_H 보다 작으면, ΔE_G 보다 작은 ΔE_H 정도의 에너지로 게스트 재료(131)를 여기시킬 수 있기 때문에 발광 소자의 소비전력을 저감할 수 있다. 그러므로 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})와, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)의 에너지 차이가 큰 경우(즉, 특히, 게스트 재료가 청색 발광 재료인 경우)에, 본 발명의 일 형태의 발광 기구의 효과는 현저하게 된다.

[0091] 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})가 저감됨에 따라, 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})도 저감된다. 그런 경우, 청색 발광 등의 높은 에너지가 필요한 발광을 얻기 어렵다. 즉 ΔE_{abs} 와 ΔE_G 의 차이가 지나치게 크면, 청색 발광 등의 에너지가 높은 발광을 얻기 어렵다.

[0092] 이러한 이유로 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)는 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(ΔE_{abs})보다 0.3eV 이상 0.8eV 이하 큰 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.4eV 이상 0.8eV 이하, 더욱 바람직하게는 0.5eV 이상 0.8eV 이하이다. 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})는 ΔE_{abs} 와 동등하거나 ΔE_{abs} 보다 작기 때문에, 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)는 게스트 재료(131)의 발광 에너지(ΔE_{em})보다 0.3eV 이상 0.8eV 이하 큰 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.4eV 이상 0.8eV 이하, 더욱 바람직하게는 0.5eV 이상 0.8eV 이하이다.

[0093] 또한 게스트 재료(131)의 HOMO 준위는 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높기 때문에 게스트 재료(131)는 발광층(130)에서 정공 트랩으로서 기능한다. 이는 발광층에서의 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있어 수명이 길어지기 때문에 바람직하다. 그러나 게스트 재료(131)의 HOMO 준위가 지나치게 높으면, 상술한 ΔE_B 가 작아진다. 그래서 게스트 재료(131)의 HOMO 준위와 호스트 재료(132)의 HOMO 준위의 에너지 차이는 0.05eV 이상 0.4eV 이하인 것이 바람직하다. 또한 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 호스트 재료(132)의 LUMO 준위의 에너지 차이는 0.05eV 이상인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.1eV 이상, 더욱 바람직하게는 0.2eV 이상이며, 이것은 전자 캐리어가 호스트 재료(132)에 쉽게 주입되는 데에 적합하다.

[0094] 또한 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)가 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO

준위의 에너지 차이(ΔE_g)보다 작기 때문에, 발광층(130)에 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 형성되는 여기 상태로서는 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 여기 상태가 더 에너지적으로 안정적이다. 그러므로 캐리어의 직접 재결합에 의하여 발광층(130)에서 생성되는 여기 상태의 대부분은 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 여기 상태로서 존재한다. 따라서 본 발명의 일 형태의 구조는 호스트 재료(132)로부터 게스트 재료(131)로의 여기 에너지의 이동을 촉진하기 때문에 발광 소자의 구동 전압이 낮아지고 발광 효율이 높아진다.

[0095] 상술한 LUMO 준위와 HOMO 준위의 관계에 따르면, 게스트 재료(131)의 산화 전위는 호스트 재료(132)의 산화 전위보다 낮은 것이 바람직하다. 또한 산화 전위 및 환원 전위는 CV(cyclic voltammetry)에 의하여 측정할 수 있다.

[0096] 발광층(130)이 상술한 구조를 가지면, 발광층(130)의 게스트 재료(131)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0097] <에너지 이동 기구>

[0098] 다음으로 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131) 사이의 분자간 에너지 이동의 과정을 지배하는 인자에 대하여 설명한다. 분자간 에너지 이동의 기구로서는 2개의 기구, 즉 피르스터 기구(쌍극자-쌍극자 상호 작용)와 텍스터 기구(전자 교환 상호 작용)가 제안되고 있다.

[0099] <<피르스터 기구>>

[0100] 피르스터 기구에서는, 에너지 이동에 분자간의 직접적인 접촉이 필요하지 않고, 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131) 사이의 쌍극자 진동의 공명 현상을 통하여 에너지가 이동한다. 쌍극자 진동의 공명 현상에 의하여, 호스트 재료(132)가 게스트 재료(131)에 에너지를 제공하여 여기 상태의 호스트 재료(132)가 기저 상태가 되고 기저 상태의 게스트 재료(131)가 여기 상태가 된다. 또한 피르스터 기구의 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 는 수학식(1)으로 나타내어진다.

[0101] [수학식 1]

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

[0102]

[0103] 수학식(1)에서 ν 는 진동수를 나타내고, $f'_h(\nu)$ 는 호스트 재료(132)의 정규화된 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 인광 스펙트럼)을 나타내고, $\epsilon_g(\nu)$ 는 게스트 재료(131)의 몰 흡광 계수를 나타내고, N 은 아보가드로 수를 나타내고, n 은 매체의 굴절률을 나타내고, R 는 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131) 사이의 분자간 거리를 나타내고, τ 는 측정되는 여기 상태의 수명(형광 수명 또는 인광 수명)을 나타내고, c 는 광의 속도를 나타내고, ϕ 는 발광 양자 수율(단일항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 형광 양자 수율, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 인광 양자 수율)을 나타내고, K^2 는 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131) 사이의 전이 쌍극자 모멘트의 배향의 계수(0 내지 4)를 나타낸다. 또한 랜덤 배향에서는 $K^2=2/3$ 이다.

[0104] <<텍스터 기구>>

[0105] 텍스터 기구에서는, 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131)는 이들의 궤도가 중첩되는 접촉 유효 범위에 가깝고, 여기 상태의 호스트 재료(132)와 기저 상태의 게스트 재료(131)가 전자를 교환하여 에너지 이동이 일어난다. 또한 텍스터 기구의 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 는 수학식(2)으로 나타내어진다.

[0106] [수학식 2]

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

[0107]

[0108] 수학식(2)에서, h 는 플랑크 상수를 나타내고, K 는 에너지 차원을 갖는 상수를 나타내고, ν 는 진동수를 나타내고, $f'_h(\nu)$ 는 호스트 재료(132)의 정규화된 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 형광

스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 인광 스펙트럼)을 나타내고, $\varepsilon'_g(v)$ 는 게스트 재료(131)의 정규화된 흡수 스펙트럼을 나타내고, L 은 실효 분자 반경을 나타내고, R 는 호스트 재료(132)와 게스트 재료(131) 사이의 분자간 거리를 나타낸다.

[0109] 여기서 호스트 재료(132)로부터 게스트 재료(131)로의 에너지 이동의 효율(에너지 이동 효율 ϕ_{ET})은 수학적식(3)으로 나타내어진다. 이 수학적식에서 k_r 는 호스트 재료(132)의 발광 과정(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 형광, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 인광)의 속도 상수를 나타내고, k_n 은 호스트 재료(132)의 비발광 과정(열 불활성화 또는 항간 교차)의 속도 상수를 나타내고, τ 는 측정된 호스트 재료(132)의 여기 상태의 수명을 나타낸다.

[0110] [수학적식 3]

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

[0111]

[0112] 수학적식(3)으로부터, 에너지 이동 효율 ϕ_{ET} 는 에너지 이동의 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하여 다른 경합하는 속도 상수 $k_r + k_n (=1/\tau)$ 이 상대적으로 작아지도록 함으로써 높일 수 있는 것을 알았다.

[0113] <<에너지 이동을 촉진하기 위한 개념>>

[0114] 펄스스터 기구에 의한 에너지 이동에서는, 발광 양자 수율 ϕ (단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 형광 양자 수율, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 인광 양자 수율)가 높으면, 높은 에너지 이동 효율 ϕ_{ET} 가 얻어진다. 또한 호스트 재료(132)의 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 형광 스펙트럼)이 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼(단일항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상당하는 흡수)과 크게 중첩되는 것이 바람직하다. 또한 게스트 재료(131)의 물 흡광 계수도 높은 것이 바람직하다. 이는 호스트 재료(132)의 발광 스펙트럼이 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼에서 가장 장파장 측의 흡수대와 중첩되는 것을 의미한다.

[0115] 텍스터 기구에 의한 에너지 이동에서는, 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하기 위하여, 호스트 재료(132)의 발광 스펙트럼(단일항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서의 인광 스펙트럼)이 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼(단일항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상당하는 흡수)과 크게 중첩되는 것이 바람직하다. 그러므로 에너지 이동 효율은 호스트 재료(132)의 발광 스펙트럼을 게스트 재료(131)의 흡수 스펙트럼에서 가장 장파장 측의 흡수대와 중첩시킴으로써 최적화할 수 있다.

[0116] <발광 소자의 구조예 2>

[0117] 다음으로 도 1의 (A) 및 (B)에 도시된 구조와 상이한 구조를 갖는 발광 소자에 대하여 도 3의 (A) 및 (B)를 참조하여 아래에서 설명한다.

[0118] 도 3의 (A)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자(152)의 단면 모식도이다. 도 3의 (A)에서 도 1의 (A)와 비슷한 기능을 갖는 부분은 도 1의 (A)와 같은 해치 패턴으로 나타내고, 특별히 부호로 나타내지 않는 경우가 있다. 또한 비슷한 기능을 갖는 부분에는 공통의 부호를 사용하고, 그 부분에 대한 자세한 설명은 생략하는 경우가 있다.

[0119] 발광 소자(152)는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 및 한 쌍의 전극 사이의 EL층(100)을 포함한다. EL층(100)은 적어도 발광층(135)을 포함한다.

[0120] 도 3의 (B)는 도 3의 (A)에서의 발광층(135)을 예시한 단면 모식도이다. 도 3의 (B)에서의 발광층(135)은 적어도 게스트 재료(131), 호스트 재료(132), 및 호스트 재료(133)를 포함한다.

[0121] 발광층(135)에서는, 호스트 재료(132) 또는 호스트 재료(133)가 가장 큰 중량비로 존재하고, 게스트 재료(131)는 호스트 재료(132) 및 호스트 재료(133)에 분산된다.

[0122] <발광 소자의 발광 기구 2>

- [0123] 다음으로 발광층(135)의 발광 기구에 대하여 설명한다.
- [0124] 본 발명의 일 형태의 발광 소자(152)에서도, 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))으로부터 주입된 전자와 정공이 재결합함으로써 EL층(100)의 발광층(135) 내의 게스트 재료(131)가 여기 상태가 되어 발광이 얻어진다.
- [0125] 또한 다음 2개의 과정을 거쳐 게스트 재료(131)로부터 발광을 얻을 수 있다:
- [0126] (α) 직접 재결합 과정; 및
- [0127] (β) 에너지 이동 과정.
- [0128] 또한 (α) 직접 재결합 과정에 대해서는 발광층(130)의 발광 기구의 설명에서의 직접 재결합 과정과 비슷하기 때문에 여기서는 설명하지 않는다.
- [0129] <<(β) 에너지 이동 과정>>
- [0130] 호스트 재료(132), 호스트 재료(133), 및 게스트 재료(131)의 에너지 이동 과정에 대하여 설명하기 위하여 에너지 준위의 상관을 도시한 모식도를 도 4의 (A)에 나타내었다. 도 4의 (A)의 용어 및 부호가 무엇을 나타내는지 는 다음과 같고 도 4의 (A)의 다른 용어 및 부호는 도 2의 (A)와 비슷하다.
- [0131] Host(133): 호스트 재료(133)
- [0132] S_A: 호스트 재료(133)의 S1 준위; 및
- [0133] T_A: 호스트 재료(133)의 T1 준위.
- [0134] 캐리어가 호스트 재료(132)에서 재결합하고 호스트 재료(132)의 단일항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태가 형성 되는 경우, 도 4의 (A)의 Route E₁ 및 Route E₂에 나타난 바와 같이, 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지의 양쪽이 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H) 및 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)로부터 게스트 재료(131)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_G)로 이동하고, 게스트 재료(131)가 삼중항 여기 상태 가 된다. 삼중항 여기 상태의 게스트 재료(131)로부터 인광이 얻어진다.
- [0135] 또한 여기 에너지를 호스트 재료(132)로부터 게스트 재료(131)로 효율적으로 이동시키기 위해서는, 호스트 재료 (133)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_A)는 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_H)보다 높은 것이 바람직 하다. 이로써, 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지의 퀀칭이 일어나기 어려워져 에너지가 게스트 재료 (131)로 효율적으로 이동하게 된다.
- [0136] 도 4의 (B)에서의 에너지 밴드도에 나타난 바와 같이 게스트 재료(131)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높을 때, 상술한 발광 소자의 발광 기구 1에서 설명한 바와 같이 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)보다 큰 것이 바람직하고, ΔE_H는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_B)보다 큰 것이 바람직하다.
- [0137] 호스트 재료(133)의 LUMO 준위가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위보다 높고, 호스트 재료(133)의 HOMO 준위가 게 스트 재료(131)의 HOMO 준위보다 낮은 것이 바람직하다. 즉 호스트 재료(133)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너 지 차이는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_B)보다 크다. 이 로써, 호스트 재료(133)와 호스트 재료(132)에 의한 들뜬 복합체의 형성 반응 및 호스트 재료(133)와 게스트 재 료(131)에 의한 들뜬 복합체의 형성 반응을 억제할 수 있다. 도 4의 (B)에서, "Host(133)"는 호스트 재료(13 3)를 나타내고, 다른 용어 및 부호는 도 2의 (B)와 비슷하다.
- [0138] 또한 호스트 재료(133)의 LUMO 준위와 호스트 재료(132)의 LUMO 준위의 차이, 및 호스트 재료(133)의 HOMO 준위 와 게스트 재료(131)의 HOMO 준위의 차이는 각각 0.1eV 이상인 것이 바람직하고, 0.2eV 이상인 것이 더 바람직 하다. 이 에너지 차이는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))으로부터 주입된 전자 캐리어 및 정공 캐리어가 각각 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)에 쉽게 주입되는 데에 적합하다.
- [0139] 또한 호스트 재료(133)의 LUMO 준위는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위보다 높아도 좋고 낮아도 좋고, 호스트 재 료(133)의 HOMO 준위는 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높아도 좋고 낮아도 좋다.

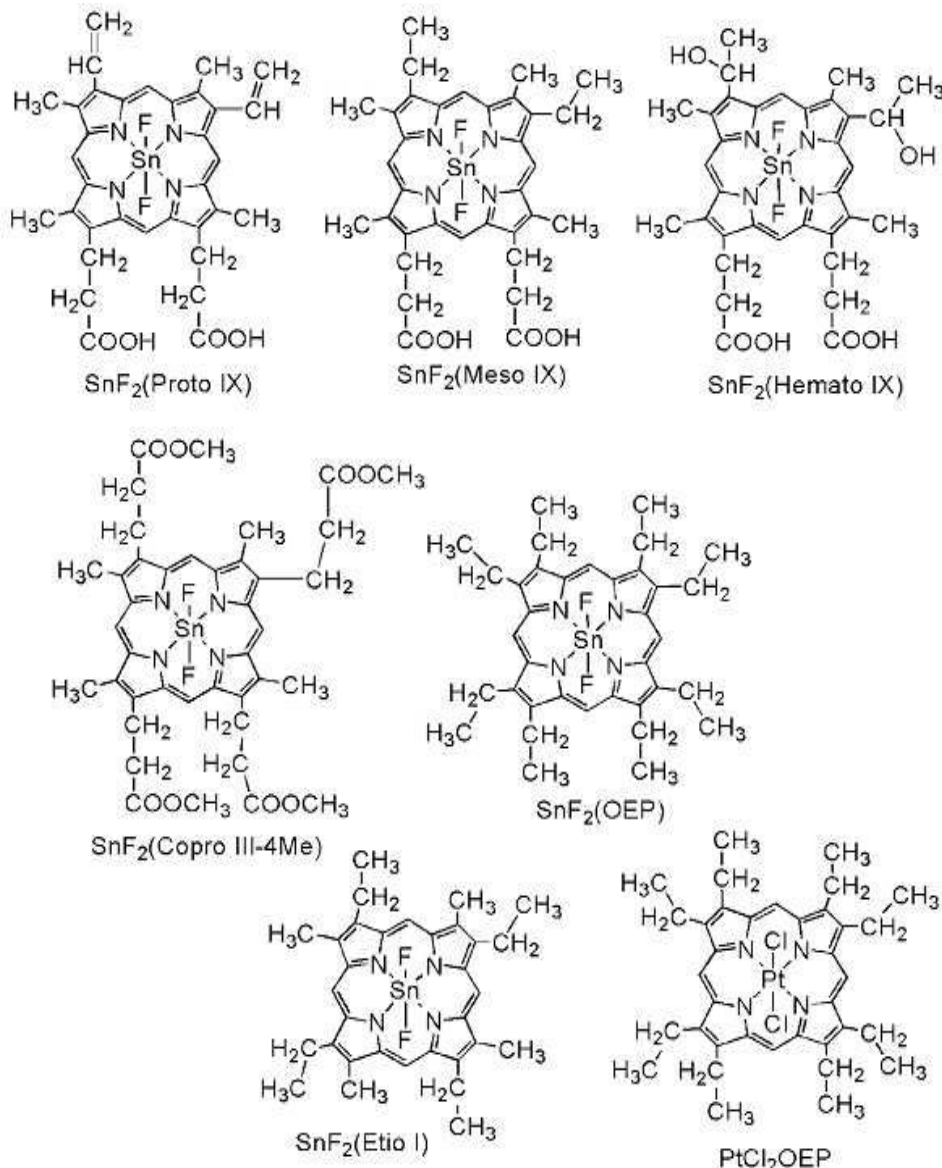
- [0140] 또한 호스트 재료(133)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)보다 큰 것이 바람직하다. 이 경우, 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_H)는 게스트 재료(131)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(ΔE_G)보다 작기 때문에, 발광층(135)에 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 형성되는 여기 상태로서는, 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 여기 상태는 호스트 재료(133)에 의하여 형성되는 여기 상태 및 게스트 재료(131)에 의하여 형성되는 여기 상태보다 에너지적으로 안정적이다. 그러므로 발광층(135)에서 캐리어의 재결합에 의하여 생성된 여기 상태의 대부분은 호스트 재료(132)에 의하여 형성되는 여기 상태로서 존재한다. 따라서 발광층(135)에서는 발광층(130)의 구조와 같이, 호스트 재료(132)의 여기 상태로부터 게스트 재료(131)로의 여기 에너지의 이동이 일어나기 쉽기 때문에, 낮은 구동 전압 및 높은 발광 효율로 발광 소자(152)를 구동할 수 있다.
- [0141] 호스트 재료(133)에서 정공 및 전자가 재결합하고 호스트 재료(133)에 의하여 여기 상태가 형성되는 경우에도, 호스트 재료(133)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크면, 호스트 재료(133)의 여기 에너지를 호스트 재료(132)로 즉시 이동시킬 수 있다. 이 후, 발광층(130)의 발광 기구의 설명과 비슷한 과정을 거쳐 여기 에너지가 게스트 재료(131)로 이동함으로써 게스트 재료(131)로부터의 발광을 얻을 수 있다. 또한 호스트 재료(133)에서도 정공과 전자가 재결합할 가능성을 고려하면, 호스트 재료(133)는 호스트 재료(132)와 같이 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작은 재료인 것이 바람직하고, 특히 열 활성화 지연 형광 재료인 것이 더 바람직하다.
- [0142] 게스트 재료(131)로부터의 발광을 효율적으로 얻기 위해서는, 호스트 재료(133)의 단일항 여기 에너지 준위(S_A)는 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위(S_H) 이상이고, 호스트 재료(133)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_A)는 호스트 재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위(T_H) 이상인 것이 바람직하다.
- [0143] 상술한 LUMO 준위와 HOMO 준위의 관계에 따르면, 호스트 재료(133)의 환원 전위는 호스트 재료(132)의 환원 전위보다 낮고, 호스트 재료(133)의 산화 전위는 게스트 재료(131)의 산화 전위보다 높은 것이 바람직하다.
- [0144] 호스트 재료(132)와 호스트 재료(133)의 조합이 정공을 수송하는 기능을 갖는 재료와 전자를 수송하는 기능을 갖는 재료의 조합인 경우, 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있다. 구체적으로는, 정공을 수송하는 기능을 갖는 재료 대 전자를 수송하는 기능을 갖는 재료의 비율이 1:9 내지 9:1(중량비)의 범위 내인 것이 바람직하다. 이 구조에 의하여 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있기 때문에 캐리어 재결합 영역도 쉽게 제어할 수 있다.
- [0145] 발광층(135)이 상술한 구조를 가지면, 발광층(135)의 게스트 재료(131)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.
- [0146] <재료>
- [0147] 다음으로 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 구성 요소에 대하여 아래에서 자세히 설명한다.
- [0148] <발광층>
- [0149] 발광층(130) 및 발광층(135)에서는 호스트 재료(132)의 중량비가 적어도 게스트 재료(131)의 중량비보다 높고, 게스트 재료(131)(인광 재료)는 호스트 재료(132)에 분산된다.
- [0150] <호스트 재료(132)>
- [0151] 호스트 재료(132)의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이는 작은 것이 바람직하고, 구체적으로는 0eV보다 크고 0.2eV 이하이다.
- [0152] 호스트 재료(132)는 정공 수송성을 갖는 골격 및 전자 수송성을 갖는 골격을 포함하는 것이 바람직하다. 또는 호스트 재료(132)는 π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격과, π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다. 이로써 분자 내에서 도너 억셉터 여기 상태가 형성되기 쉬워진다. 또한 호스트 재료(132)의 분자 내에서 도너성 및 억셉터성의 양쪽을 높이기 위해서는, 전자 수송성을 갖는 골격과 정공 수송성을 갖는 골격이 서로 직접 결합하는 구조를 포함하는 것이 바람직하다. 또는, π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격과, π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나가 직접 결합하는 구조를 포함하는 것이 바람직하다. 분자 내에서의 도너성 및 억셉터성의 양쪽을 높임으로써, 호스트 재료(132)에서 HOMO가 분포되는 영역과 LUMO가 분포되는 영역의 중첩을 작게 할 수 있고, 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이를 작게 할 수 있다. 또한 호스트

재료(132)의 삼중항 여기 에너지 준위를 높게 유지할 수 있다.

[0153] 삼중항 여기 에너지 준위와 단일항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작은 재료의 예로서 열 활성화 지연 형광 재료를 들 수 있다. 또한 열 활성화 지연 형광 재료는 삼중항 여기 에너지 준위와 단일항 여기 에너지 준위의 차이가 작기 때문에, 역항간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 갖는다. 그러므로 TADF 재료는 삼중항 여기 상태를 적은 열 에너지를 사용하여 단일항 여기 상태로 업컨버트할 수 있고(즉, 역항간 교차가 가능함), 단일항 여기 상태로부터의 발광(형광)을 효율적으로 나타낼 수 있다. TADF 재료는 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.

[0154] TADF 재료가 1종류의 재료로 구성되는 경우에는 예를 들어 다음 재료 중 어느 것을 사용할 수 있다.

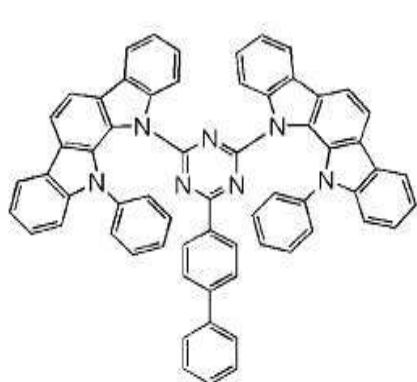
[0155] 먼저 풀러렌, 그 유도체, 프로폴라빈 등의 아크리딘 유도체, 및 에오신 등을 들 수 있다. 또한 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 포함하는 포르피린 등의 금속 함유 포르피린을 들 수 있다. 금속 함유 포르피린의 예에는 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$), 코프로포르피린 테트라메틸에스터-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{OEP})$), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$), 및 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(PtCl_2OEP)가 포함된다.



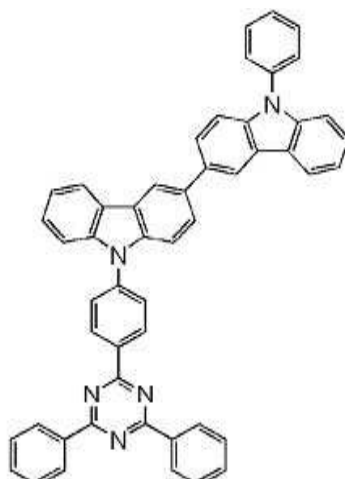
[0156]

[0157]

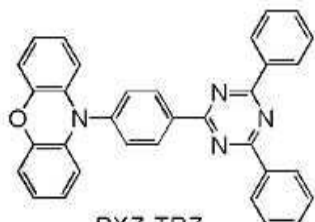
1종류의 재료로 구성되는 TADF 재료로서는 π -전자 과잉형 복소 방향 고리 및 π -전자 부족형 복소 방향 고리를 포함하는 복소 고리 화합물을 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로 [2,3-*a*]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(*N*-페닐-9*H*-카바졸-3-일)-9*H*-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10*H*-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트리아졸(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 화합물을 사용하면 π -전자 과잉형 복소 방향 고리 및 π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖기 때문에 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다. π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격 중에서 다이아진 골격(피리미딘 골격, 피라진 골격, 또는 피리다진 골격) 및 트리아진 골격은 안정성 및 신뢰성이 높고 특히 바람직하다. π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격 중에서 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격은 안정성 및 신뢰성이 높다; 그러므로, 이들 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다. 퓨란 골격으로서는 다이벤조퓨란 골격이 바람직하다. 싸이오펜 골격으로서는 다이벤조싸이오펜 골격이 바람직하다. 피롤 골격으로서는 인돌 골격, 카바졸 골격, 또는 9-페닐-3,3'-바이-9*H*-카바졸 골격이 특히 바람직하다. 또한 π -전자 과잉형 복소 방향 고리가 π -전자 부족형 복소 방향 고리에 직접 결합한 물질을 사용하면, π -전자 과잉형 복소 방향 고리의 도너성 및 π -전자 부족형 복소 방향 고리의 억셉터성의 양쪽이 높아지고 단일항 여기 상태 준위와 삼중항 여기 상태 준위의 차이가 작아지기 때문에 특히 바람직하다. π 전자 부족형 복소 방향 고리 대신에 사이아노기와 같은 전자 흡인기가 결합한 방향 고리를 사용하여도 좋다.



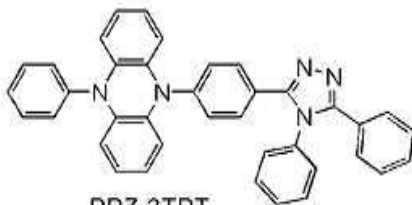
PIC-TRZ



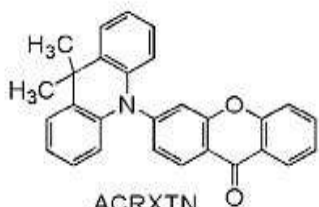
PCCzPTzn



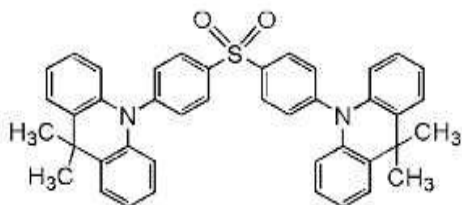
PXZ-TRZ



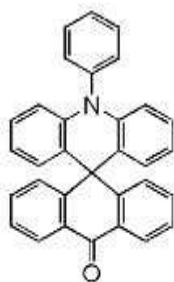
PPZ-3TPT



ACRXTN



DMAC-DPS



ACRSA

[0158]

[0159] π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격 중에서 다이아진 골격을 갖는 축합 복소 고리 골격은 안정성 및 신뢰성이 더 높기 때문에 바람직하고, 벤조퓨로피리미딘 골격 및 벤조티에노피리미딘 골격은 역선택성이 더 높기 때문에 특히 바람직하다. 벤조퓨로피리미딘 골격으로서는 예를 들어 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격을 들 수 있다. 벤조티에노피리미딘 골격으로서는 예를 들어 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격을 들 수 있다.

[0160] π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격 중에서 바이카바졸 골격은 여기 에너지, 안정성, 및 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 바이카바졸 골격으로서는 예를 들어 카바졸릴기의 2위치 내지 4위치 중 어느 것이 다른 카바졸릴기의 2위치 내지 4위치 중 어느 것과 결합된 바이카바졸 골격은 도너성이 높기 때문에 특히 바람직하다. 바이카바졸 골격으로서는 예를 들어 2,2'-바이-9*H*-카바졸 골격, 3,3'-바이-9*H*-카바졸 골격, 4,4'-바이-9*H*-카바졸 골격, 2,3'-바이-9*H*-카바졸 골격, 2,4'-바이-9*H*-카바졸 골격, 및 3,4'-바이-9*H*-카바졸 골격 등을 들 수 있다.

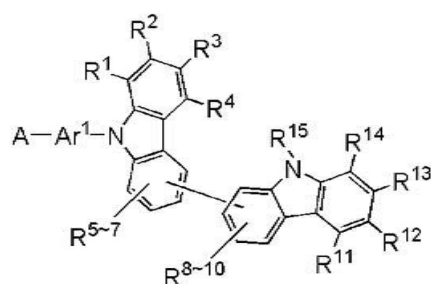
[0161] 밴드 갭을 넓히고 삼중항 여기 에너지를 높이는 관점에서는, 이 바이카바졸 골격에서의 카바졸릴기 중 하나의 9 위치가 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격과 직접 결합된 화합물이 바람직하다. 바이카바졸 골격이 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격에 직접 결합된 경우에는 비교적 저분자의 화합물이 형성되기 때문에 진공 증착에 적합한 구조(비교적 저온에서 진공 증착에 의하여 형성할 수 있는 구조)가 얻어져 바람직하다. 일반적으로 분자량이 낮으면 막 형성 후에 내열성이 저감되는 경향이 있다. 그러나 벤조퓨로피리미딘 골격, 벤조티에노피리미딘 골격, 및 바이카바졸 골격은 강성이 높기 때문에 상기 골격을 포함하는 화합물은 분자량이 비교적 낮아도 충분한 내열성을 가질 수 있다. 이 구조는 밴드 갭이 넓어지고 여기 에너지 준위가 높아지기 때문에 바람직하다.

[0162] 바이카바졸 골격이 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 바람직하게는 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 통하여 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격과 결합된 경우, 밴드 갭을 넓게 유지하고 삼중항 여기 에너지를 높게 유지할 수 있다. 또한 비교적 저분자의 화합물이 형성되기 때문에, 진공 증착에 적합한 구조(비교적 저온에서 진공 증착에 의하여 형성할 수 있는 구조)가 얻어진다.

[0163] 화합물에서 바이카바졸 골격이 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격, 바람직하게는 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격의 4위치와 직접 또는 아릴렌기를 통하여 결합된 경우, 화합물의 캐리어 수송성이 높아진다. 따라서 이 화합물을 사용한 발광 소자를 저전압으로 구동할 수 있다.

[0164] <<화합물의 예 1>>

[0165] 상술한 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용되는 화합물은 일반식(G0)으로 나타내어지는 화합물이다.



(G0)

[0166]

[0167] 일반식(G0)에서 A는 치환 또는 비치환된 벤조퓨로피리미딘 골격, 또는 치환 또는 비치환된 벤조티에노피리미딘 골격을 나타낸다. 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격이 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌릴기 등이 포함된다.

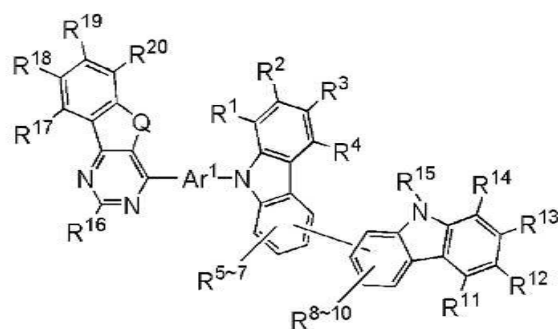
[0168] 또한 R¹ 내지 R¹⁵는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의

치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0169] 또한 Ar¹은 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단일 결합을 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는, 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0170] 일반식(G0)으로 나타내어지는 화합물에서는, 벤조퓨로피리미딘 골격이 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격인 것이 바람직하고, 벤조티에노피리미딘 골격이 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격인 것이 바람직하다.

[0171] 바이카바줄 골격에서 카바줄릴기 중 하나의 9위치가 직접 또는 아릴렌기를 통하여 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격의 4위치에 결합된, 일반식(G0)으로 나타내어지는 화합물은 도너성 및 억셉터성이 높고 밴드 갭이 넓기 때문에 청색광 등의 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용할 수 있어 바람직하다. 상술한 화합물은 일반식(G1)으로 나타내어지는 화합물이다.



(G1)

[0172]

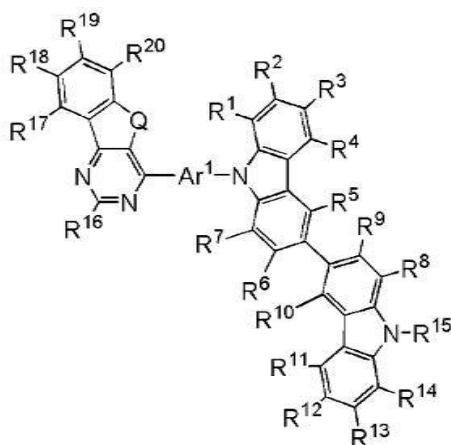
[0173] 일반식(G1)에서 Q는 산소 또는 황을 나타낸다.

[0174] 또한 R¹ 내지 R²⁰은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0175] 또한 Ar^1 은 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단일 결합을 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스퀴아로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0176] 바이카바졸 골격이 3,3'-바이-9H-카바졸 골격이고 바이카바졸 골격에서 카바졸릴기 중 하나의 9위치가 직접 또는 아릴렌기를 통하여 벤조퓨로[3,2-*d*]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-*d*]피리미딘 골격의 4위치에 결합된, 일반식(G1)으로 나타내어지는 화합물은 캐리어 수송성이 높고, 이 화합물을 포함한 발광 소자를 저전압으로 구동할 수 있어 바람직하다. 상술한 화합물은 일반식(G2)으로 나타내어지는 화합물이다.



(G2)

[0177]

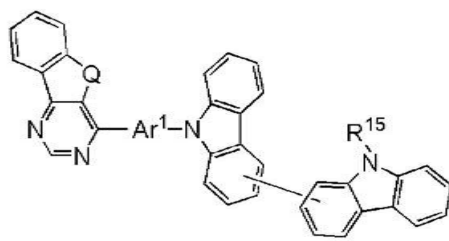
[0178] 일반식(G2)에서 Q는 산소 또는 황을 나타낸다.

[0179] 또한 R^1 내지 R^{20} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0180] 또한 Ar^1 은 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단일 결합을 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함 하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0181] 일반식(G1) 또는 일반식(G2)으로 나타내어지는 화합물에서 바이카바졸 골격이 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격과 직접 결합하는 경우에는, 이 화합물은 밴드 갭이 넓어지고 더 높은 순도로 합성될 수 있기 때문에 바람직하다. 상기 화합물은 캐리어 수송성이 우수하기 때문에 이 화합물을 포함한 발광 소자를 저전압으로 구동할 수 있어 바람직하다.

[0182] 일반식(G1) 또는 일반식(G2)에서 R^1 내지 R^{14} 및 R^{16} 내지 R^{20} 각각이 수소를 나타내는 경우, 이 화합물은 합성의 용이성 및 재료비의 관점에서 이점이 있고, 비교적 분자량이 낮아 진공 증착에 적합하기 때문에 특히 바람직하다. 상기 화합물은 일반식(G3) 또는 일반식(G4)으로 나타내어지는 화합물이다.



(G3)

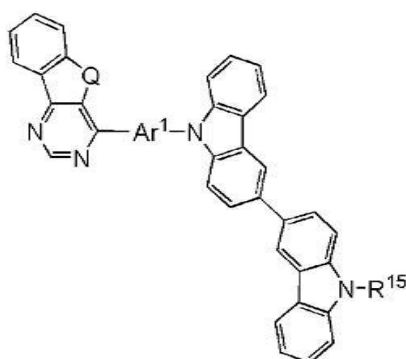
[0183]

[0184] 일반식(G3)에서 Q는 산소 또는 황을 나타낸다.

[0185] 또한 R^{15} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0186] 또한 Ar^1 은 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단일 결합을 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함 하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및

사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.



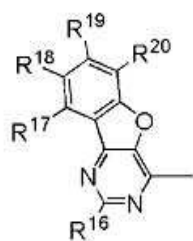
(G4)

일반식(G4)에서 Q는 산소 또는 황을 나타낸다.

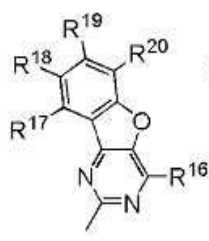
또한 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

또한 Ar¹은 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단일 결합을 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

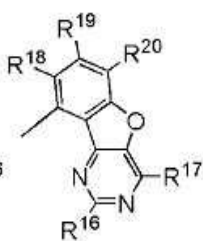
일반식(G0)에서 A로 나타내어지는 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격으로서는 예를 들어 구조식(Ht-1) 내지 구조식(Ht-24)으로 나타내어지는 구조 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 A로서 사용할 수 있는 구조는 이들에 한정되지 않는다.



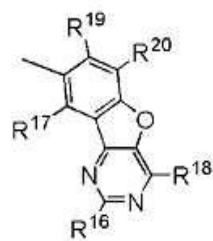
(Ht-1)



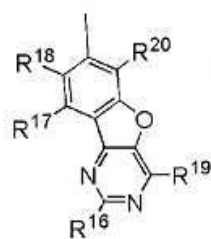
(Ht-2)



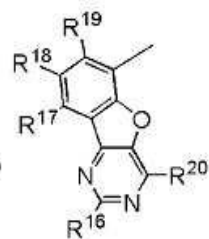
(Ht-3)



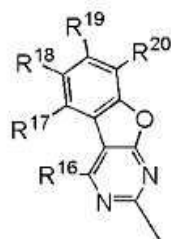
(Ht-4)



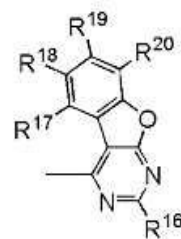
(Ht-5)



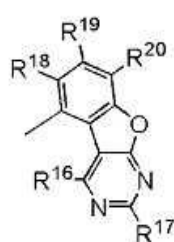
(Ht-6)



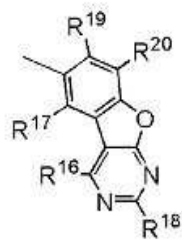
(Ht-7)



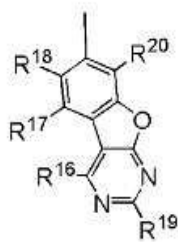
(Ht-8)



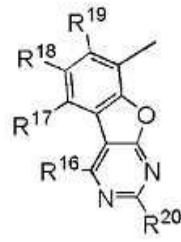
(Ht-9)



(Ht-10)

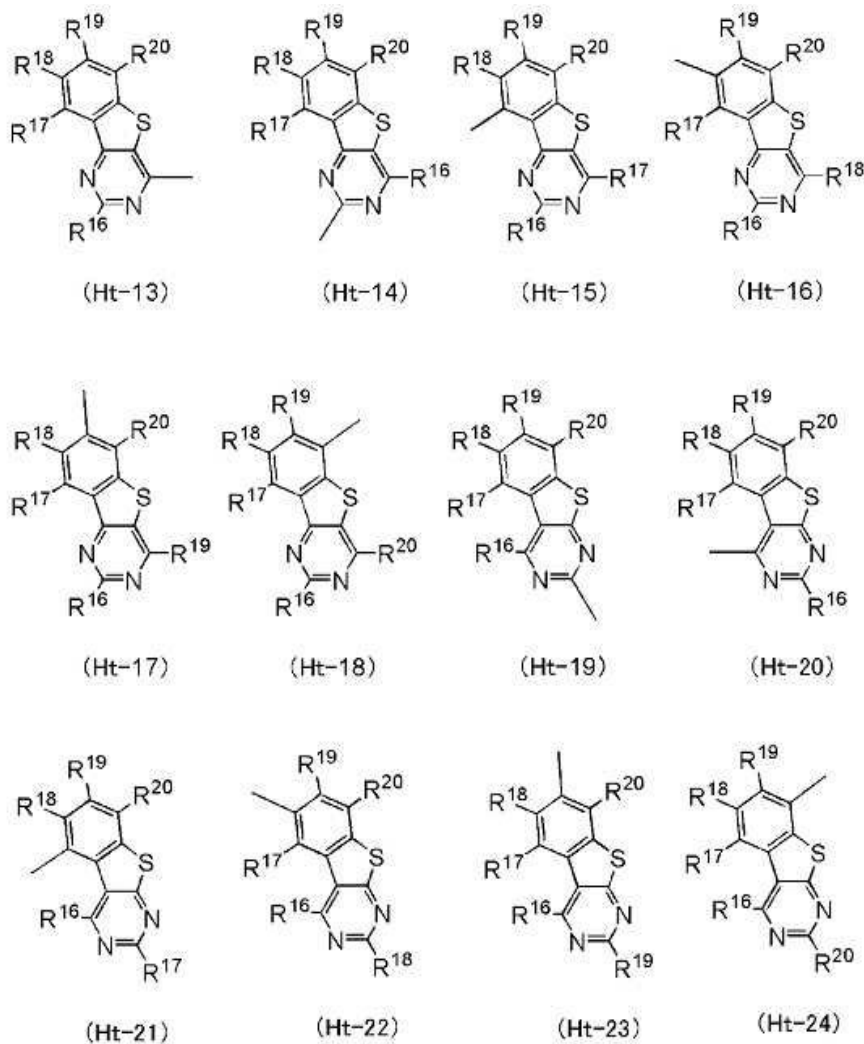


(Ht-11)



(Ht-12)

[0192]



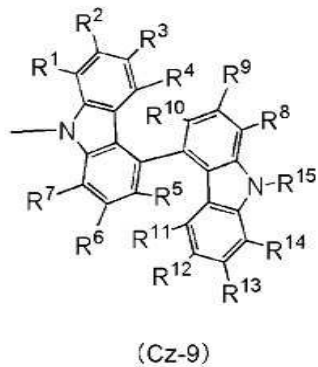
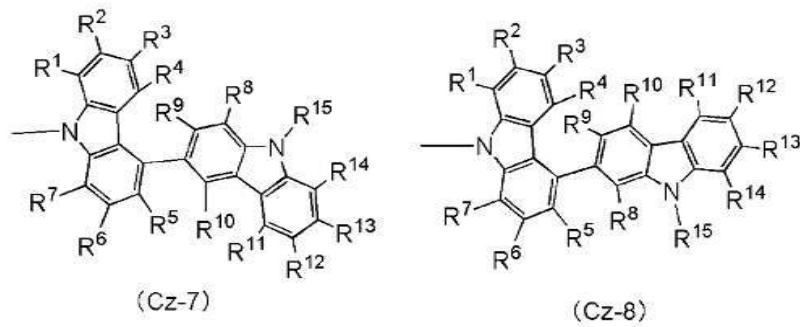
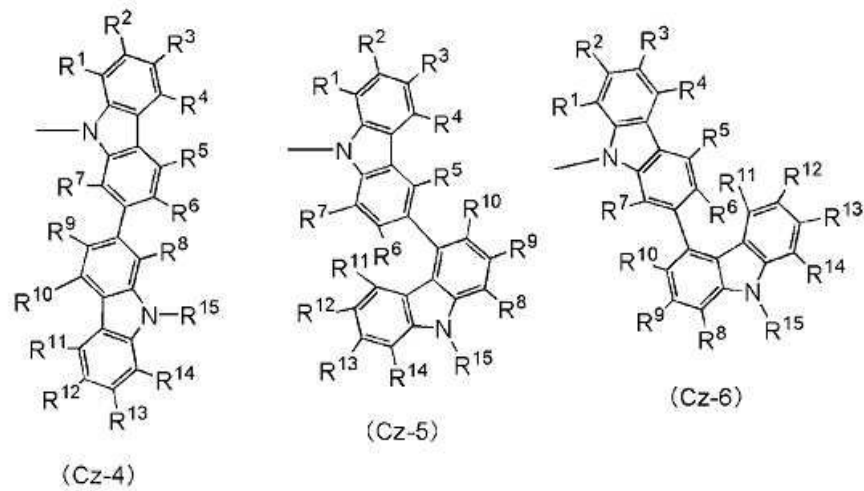
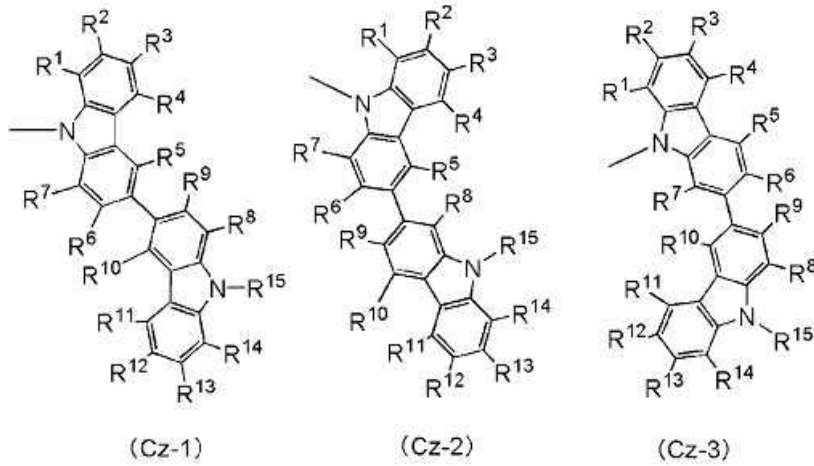
[0193]

[0194]

구조식(Ht-1) 내지 구조식(Ht-24)에서 R^{16} 내지 R^{20} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0195]

일반식(G0) 및 일반식(G1)에서 바이카바졸 골격으로서 사용할 수 있는 구조로서는 예를 들어 구조식(Cz-1) 내지 구조식(Cz-9)으로 나타내어지는 구조 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 바이카바졸 골격으로서 사용할 수 있는 구조는 이들에 한정되지 않는다.

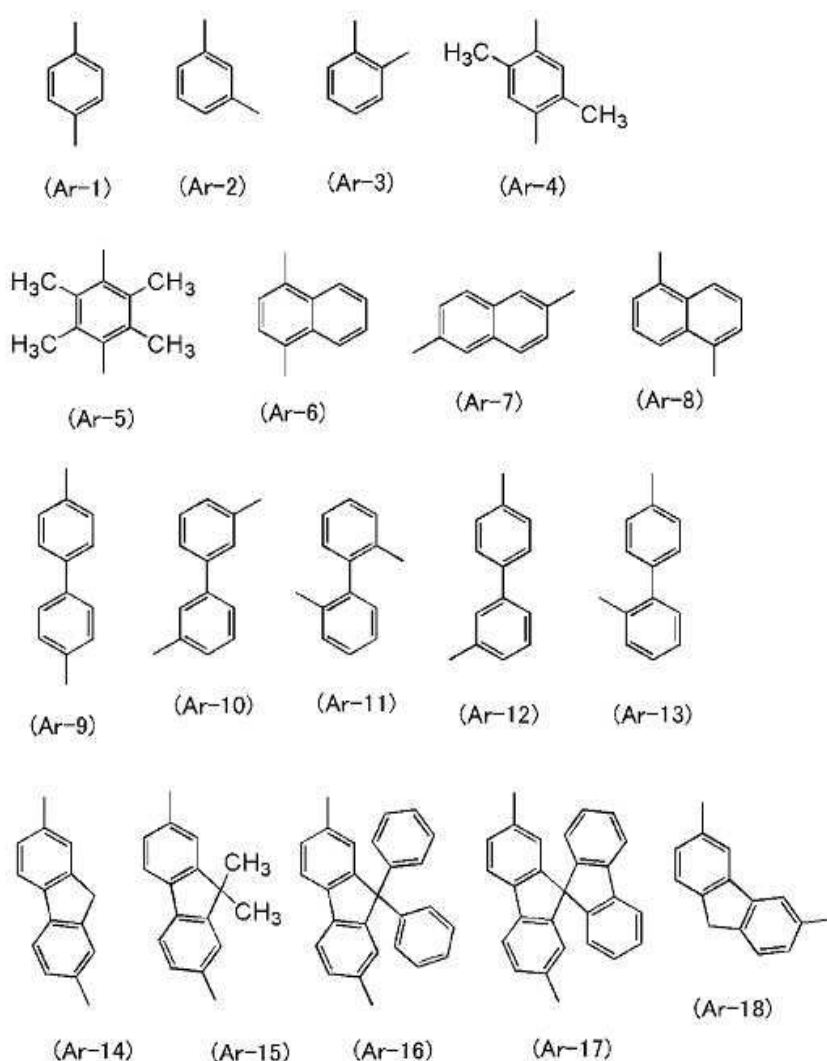


구조식(Cz-1) 내지 구조식(Cz-9)에서 R¹ 내지 R¹⁵는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이

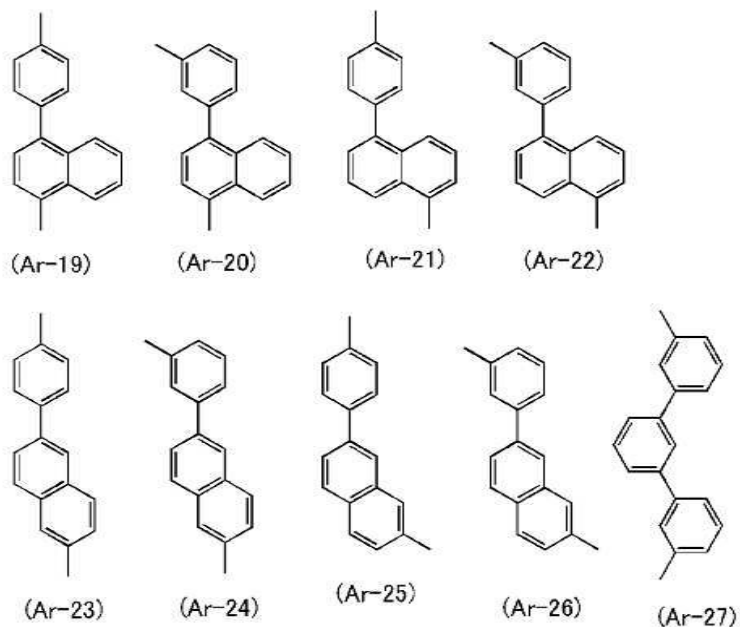
소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상기 알킬기, 사이클로알킬기, 및 아릴기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0199]

일반식(G0) 내지 일반식(G4)에서 Ar^1 로 나타내어지는 아릴렌기로서는 예를 들어 구조식(Ar-1) 내지 구조식(Ar-27)으로 나타내어지는 기 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 Ar^1 에 사용할 수 있는 기는 이들에 한정되지 않고 치환기를 포함하여도 좋다.



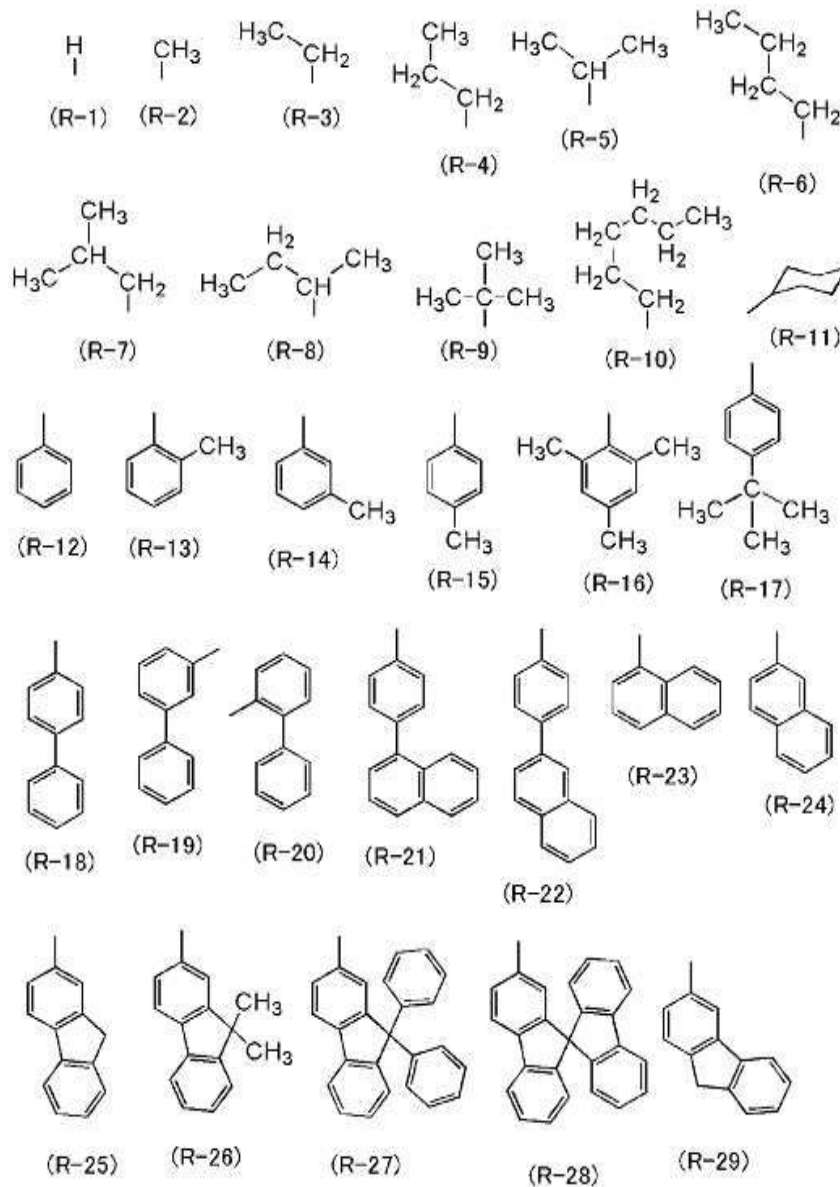
[0200]



[0201]

[0202]

예를 들어 일반식(G1) 및 일반식(G2)에서의 R^1 내지 R^{20} , 일반식(G0)에서의 R^1 내지 R^{15} , 그리고 일반식(G3) 및 일반식(G4)에서의 R^{15} 로 나타내어지는 알킬기, 사이클로알킬기, 또는 아릴기에는 구조식(R-1) 내지 구조식(R-29)으로 나타내어지는 기 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 알킬기, 사이클로알킬기, 또는 아릴기로서 사용할 수 있는 기는 이들에 한정되지 않고, 치환기를 포함하여도 좋다.



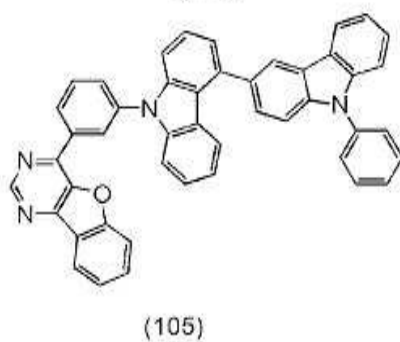
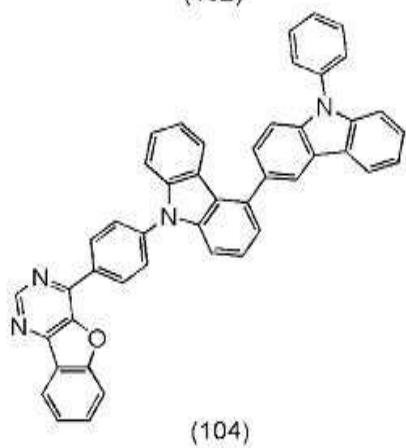
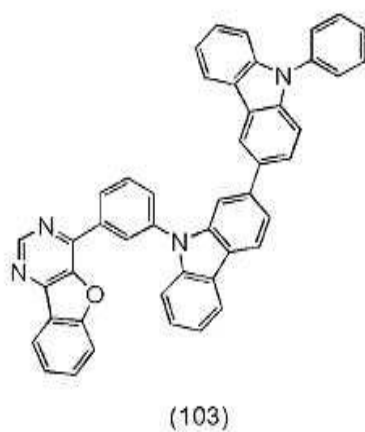
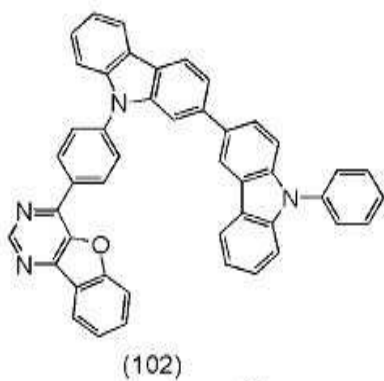
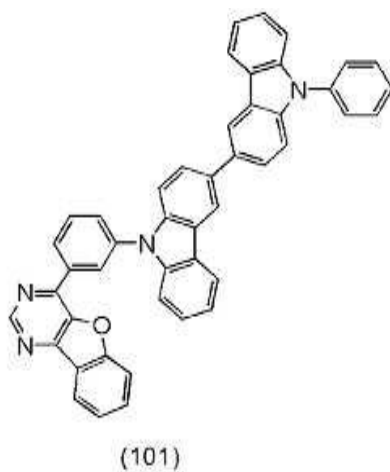
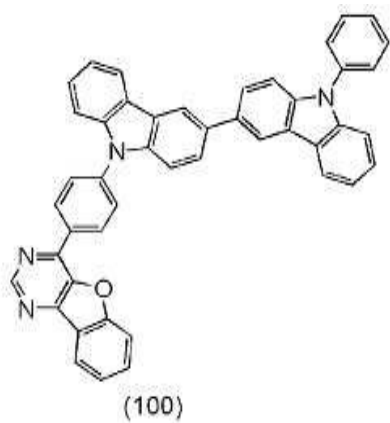
[0203]

[0204]

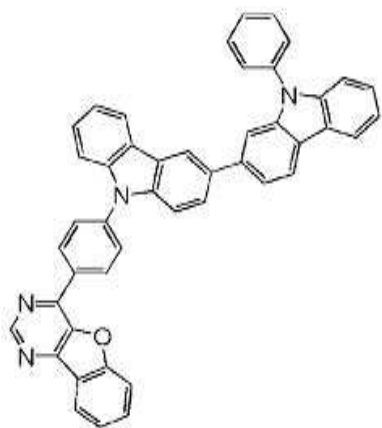
[0205]

<<화합물의 구체적인 예>>

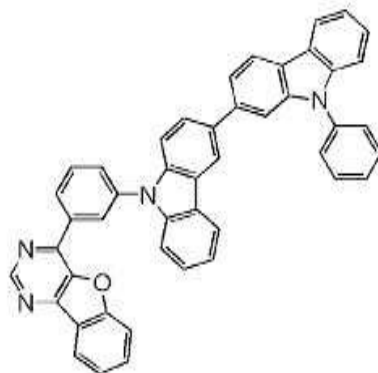
일반식(G0) 내지 일반식(G4)으로 나타내어지는 화합물의 구조의 구체적인 예에는 구조식(100) 내지 구조식(147)으로 나타내어지는 화합물이 포함된다. 또한 일반식(G0) 내지 일반식(G4)으로 나타내어지는 화합물은 다음 예에 한정되지 않는다.



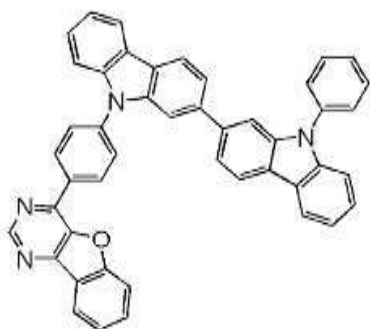
[0206]



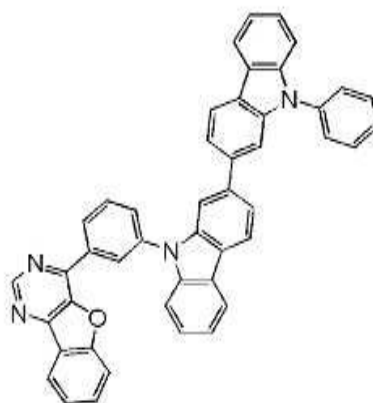
(106)



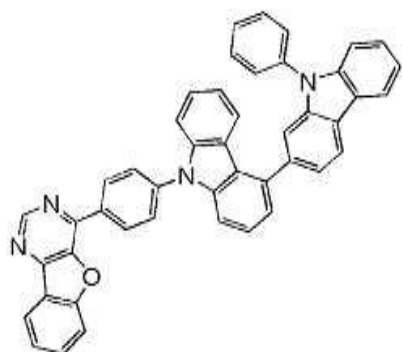
(107)



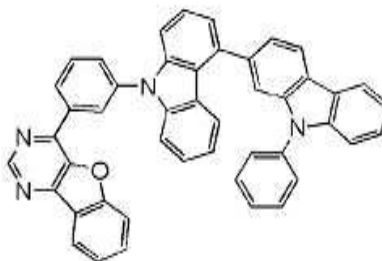
(108)



(109)

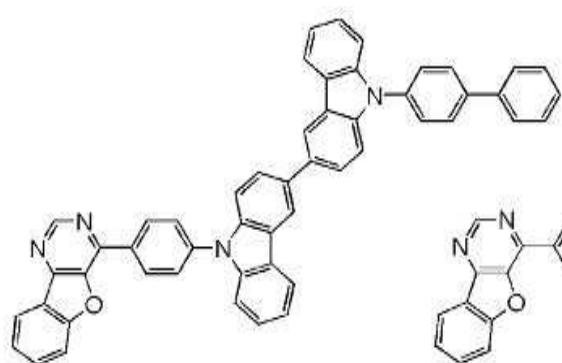


(110)

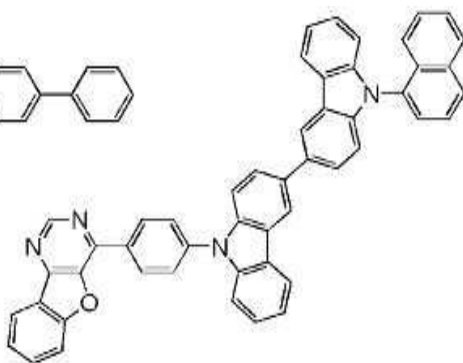


(111)

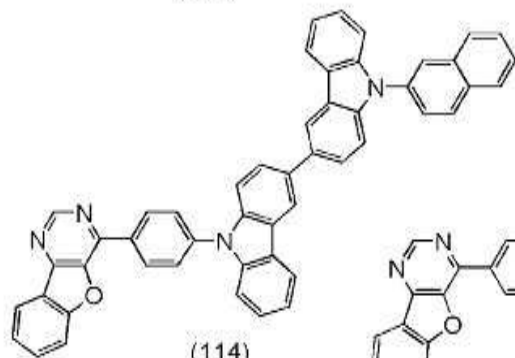
[0207]



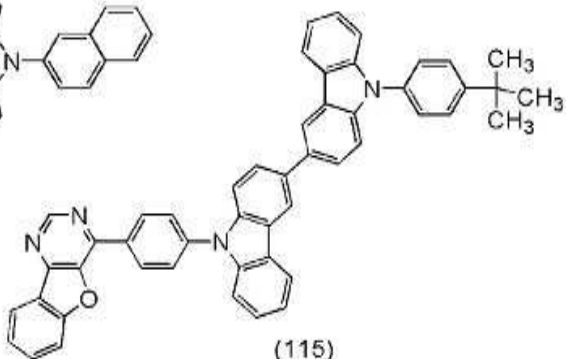
(112)



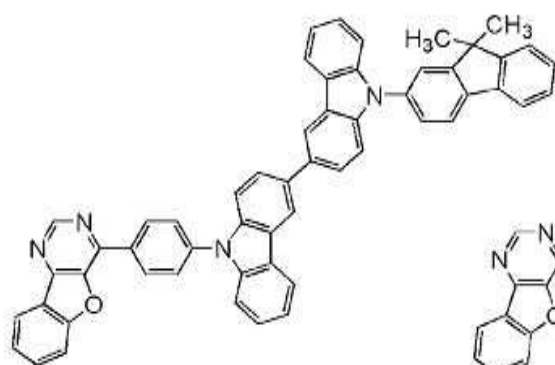
(113)



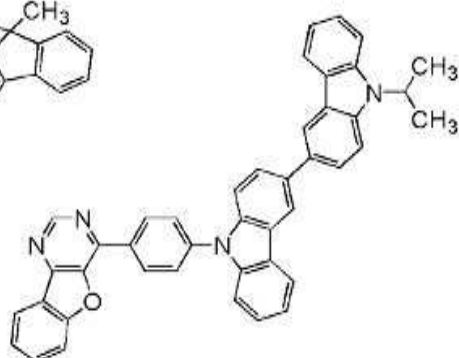
(114)



(115)

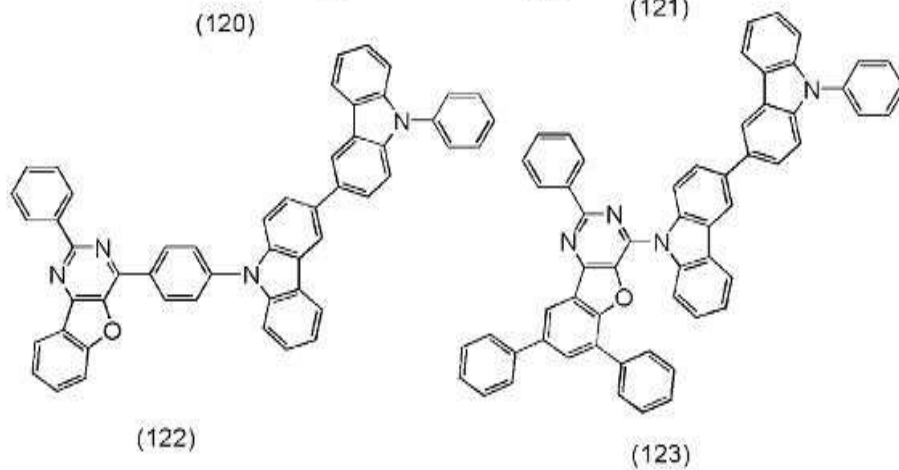
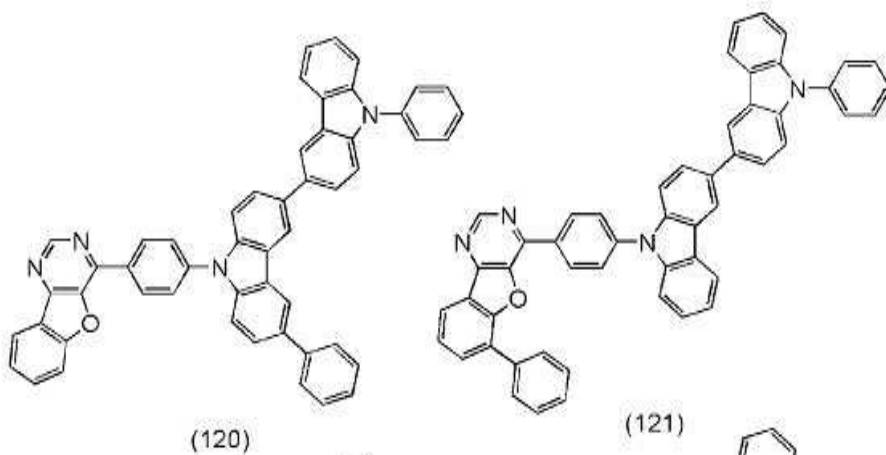
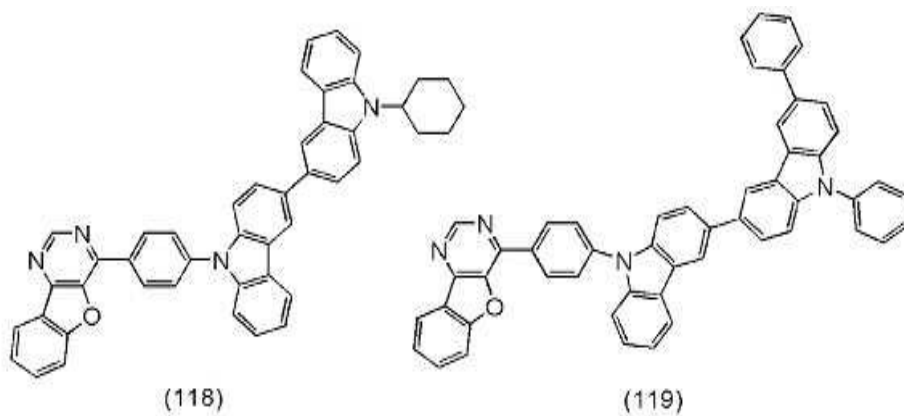


(116)

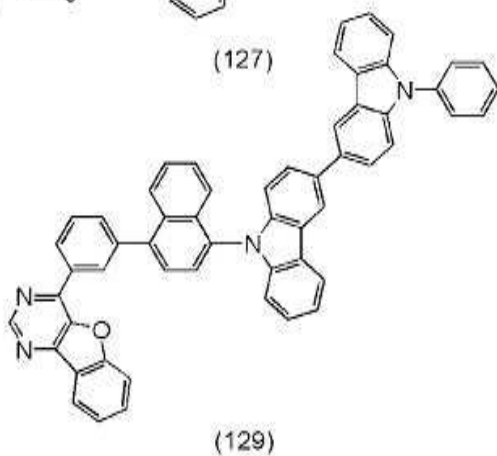
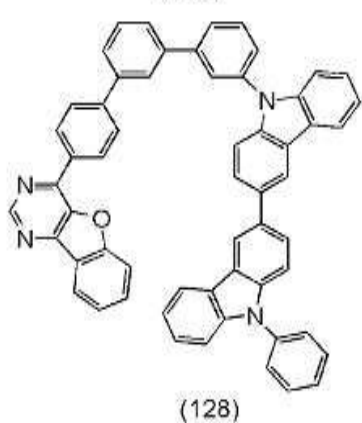
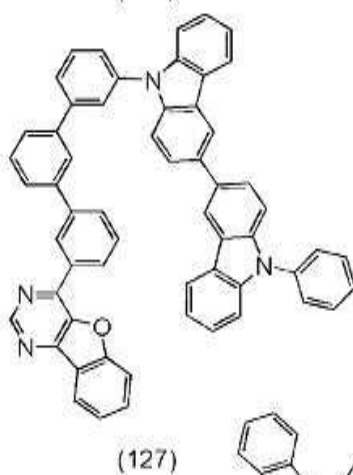
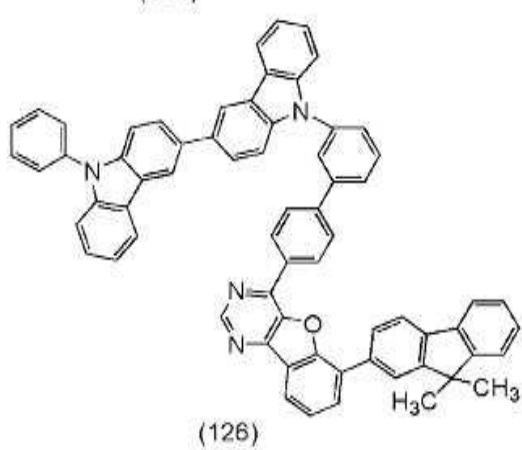
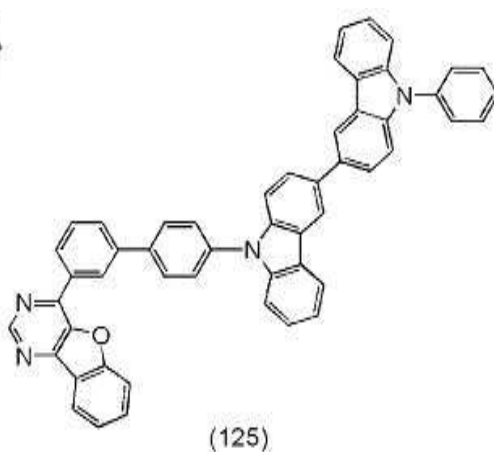
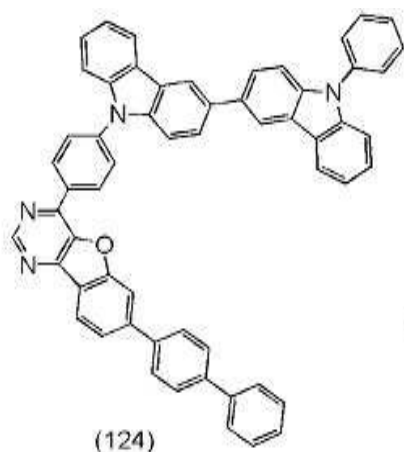


(117)

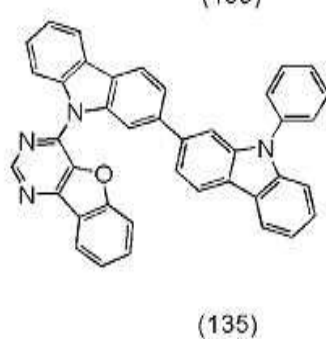
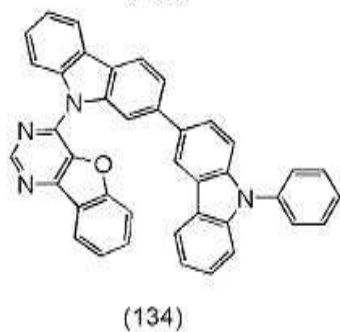
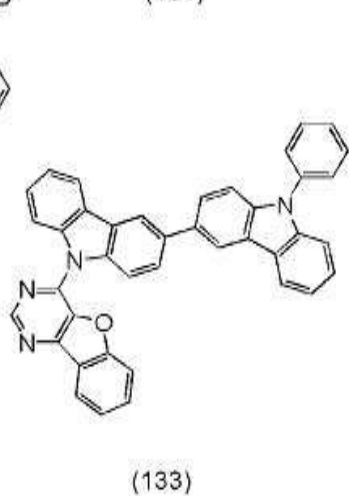
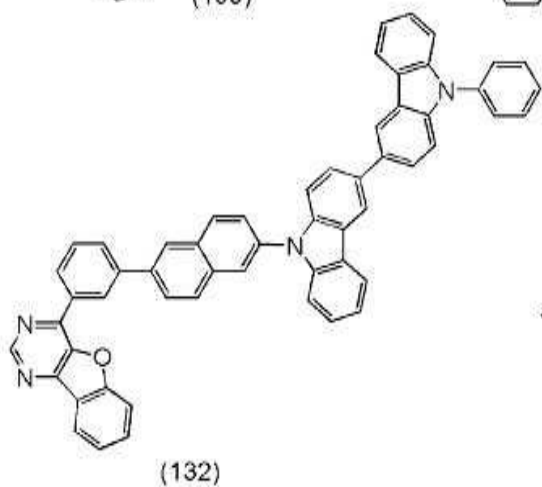
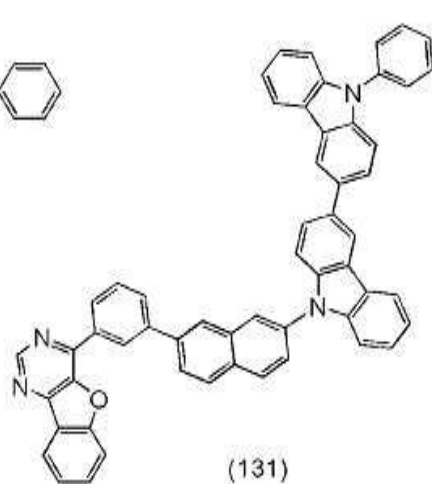
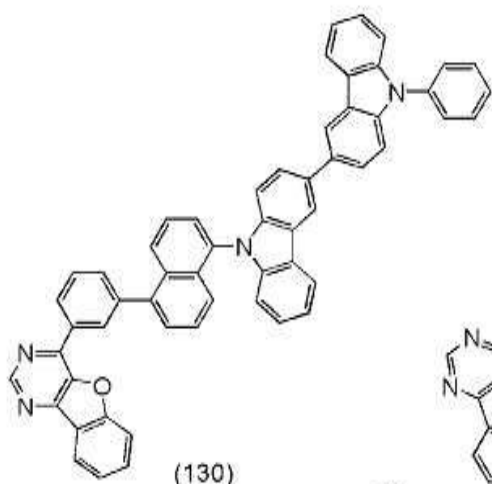
[0208]



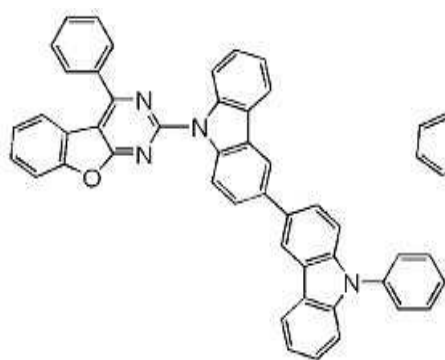
[0209]



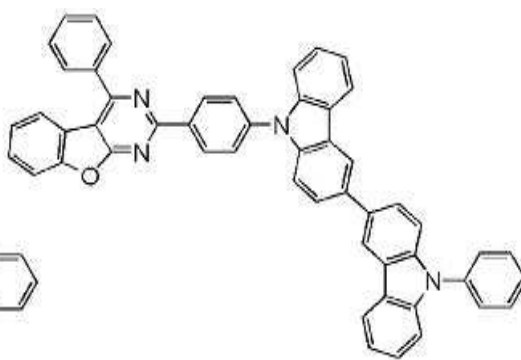
[0210]



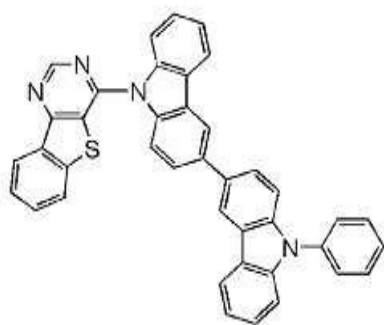
[0211]



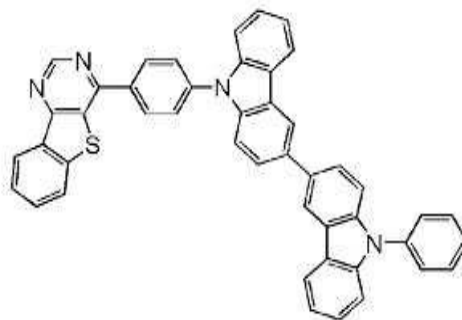
(136)



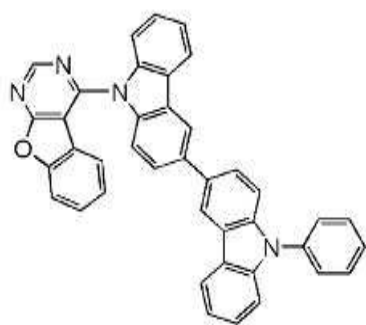
(137)



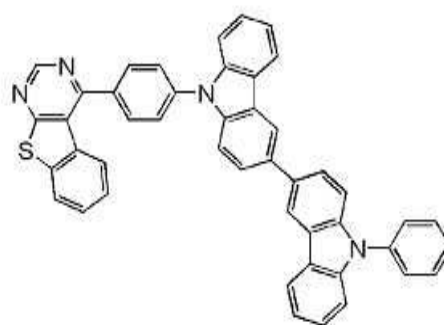
(138)



(139)

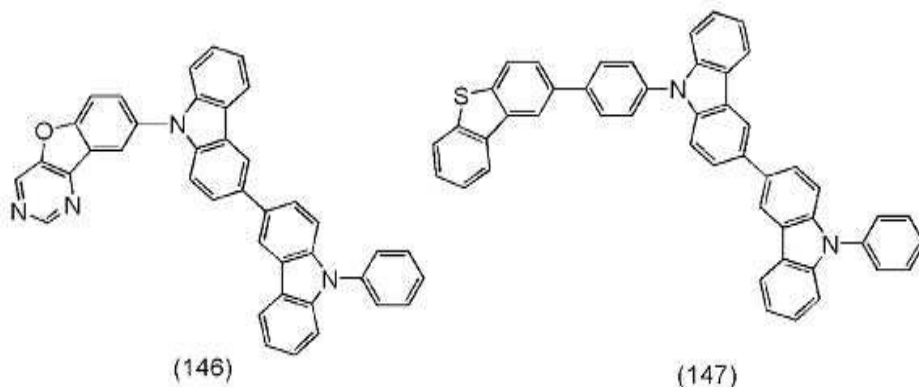
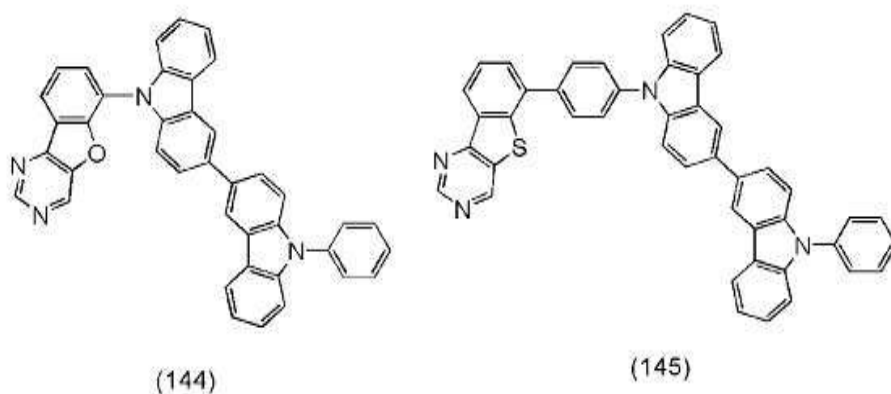
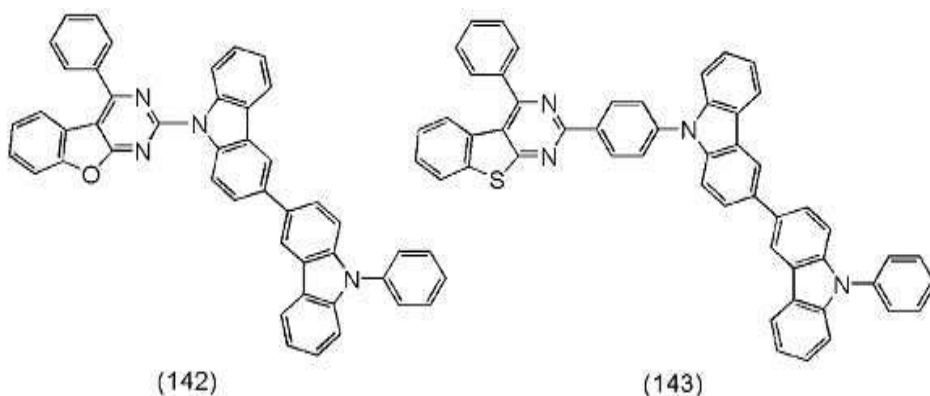


(140)



(141)

[0212]



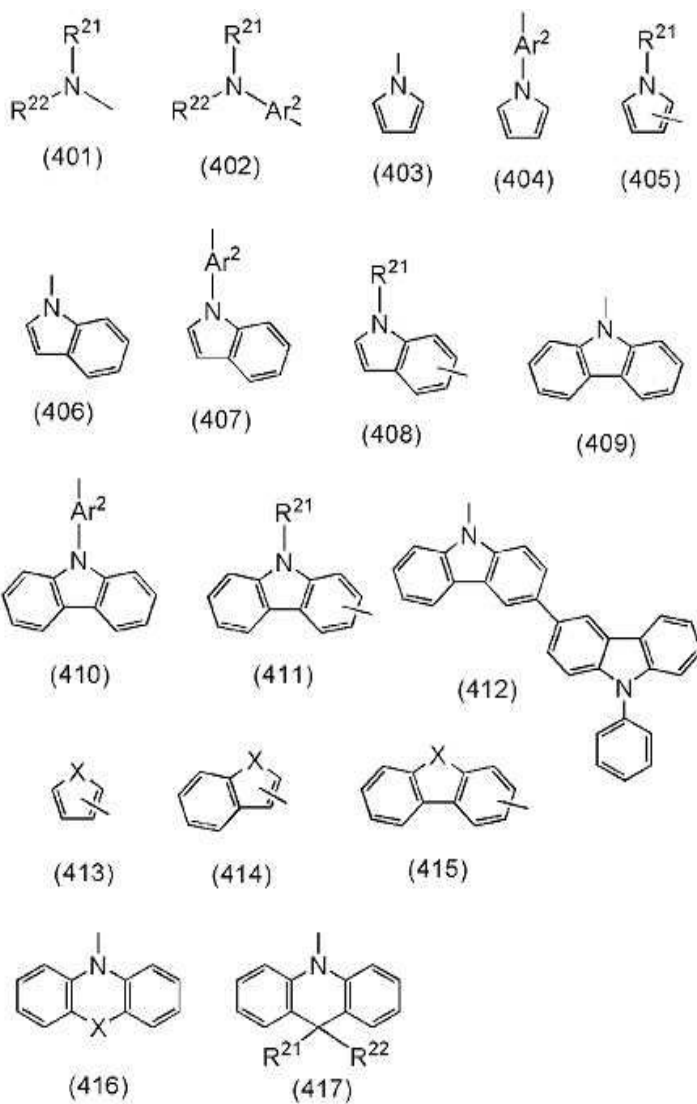
<<화합물의 예 2>>

또한 호스트 재료(132)의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이는 작은 것이 바람직하지만, 호스트 재료(132)는 반드시 높은 역향간 교차 효율, 높은 휘도 양자 수율, 또는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 기능을 가질 필요는 없다. 그런 경우, 호스트 재료(132)는 π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격과, π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나가 *m*-페닐렌기 및 *o*-페닐렌기 중 적어도 하나를 포함하는 구조를 통하여 서로 결합하는 구조를 갖는 것이 바람직하다. 또는 골격들이 바이페닐다이일기를 통하여 서로 결합하는 것이 바람직하다. 또는 호스트 재료(132)는 골격들이 *m*-페닐렌기 및 *o*-페닐렌기 중 적어도 하나를 갖는 아릴렌기를 통하여 서로 결합하는 구조를 갖는 것이 바람직하고, 상기 아릴렌기가 바이페닐다이일기인 것이 더 바람직하다. 상술한 구조를 갖는 호스트 재료(132)는 높은 T1 준위를 가질 수 있다. 또한 이 경우에도, π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격은 다이아진 골격(피리미딘 골격, 피라진 골격, 또는 피리다진 골격) 및 트리아진 골격 중 적어도 하나를 갖는 것이 바람직하다. π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격은 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다. 퓨란 골격으로서는 다이벤조퓨란 골격이 바람직하다. 싸이오펜 골격으로서는 다이벤조싸이오펜 골격이 바람직하다. 피롤 골격으로서는 인돌 골격, 카바졸 골격, 또는 9-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸 골격이 특히 바람직하다. 방향족 아민 골격으로서는 NH 결합을 포함하지 않는 3급 아민이 바람직하고, 트리아릴아민 골격이 특히 바람직하다. 트리아릴아민 골격의 아릴기로서는 고리를 형성하는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기가 바람직하고, 이들의 예에는 페닐기, 나프

틸기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0216]

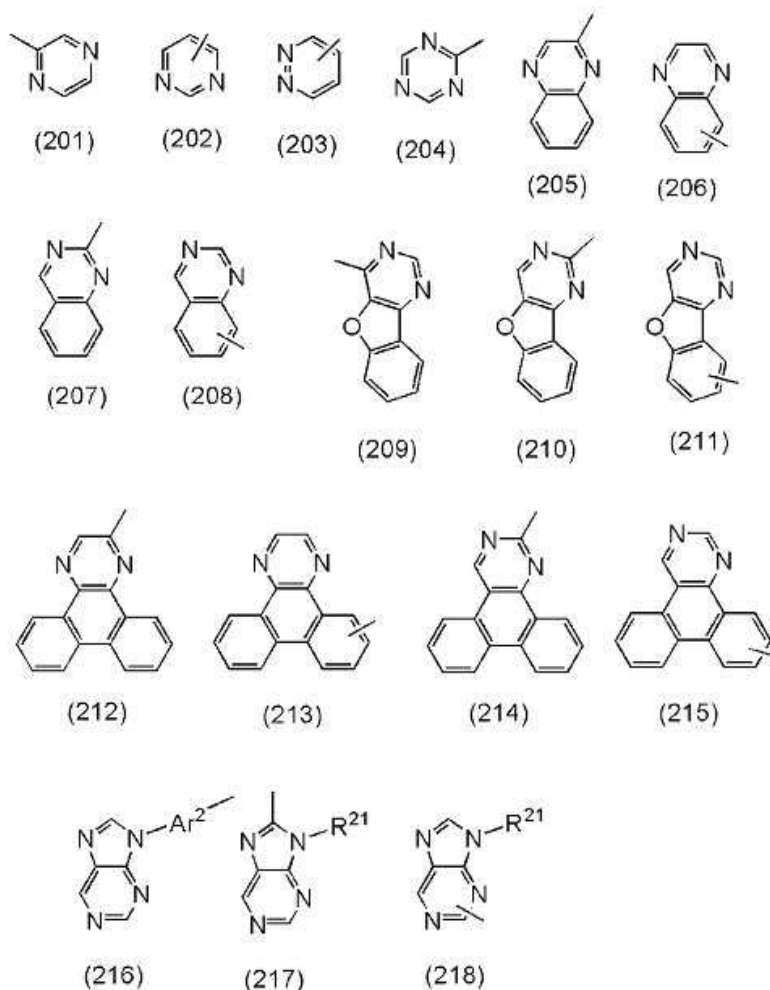
상술한 방향족 아민 골격 및 π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격의 예로서는 일반식(401) 내지 일반식(417)으로 나타내어지는 골격을 들 수 있다. 또한 일반식(413) 내지 일반식(416)에서의 X는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다



[0217]

[0218]

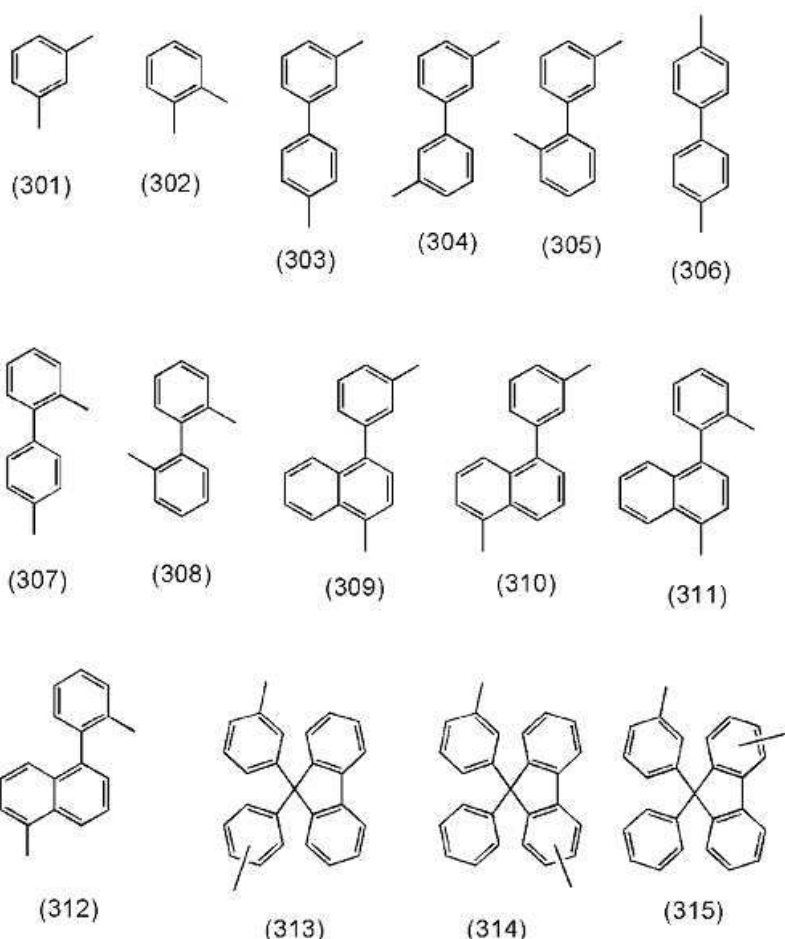
상술한 π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격의 예로서는 일반식(201) 내지 일반식(218)으로 나타내어지는 골격을 들 수 있다.



[0219]

[0220]

정공 수송성을 갖는 골격(예를 들어 π -전자 과잉형 복소 방향 고리를 갖는 골격 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나)과, 전자 수송성을 갖는 골격(예를 들어 π -전자 부족형 복소 방향 고리를 갖는 골격)이 *m*-페닐렌기 및 *o*-페닐렌기 중 적어도 하나를 포함하는 결합기를 통하여, 결합기로서 바이페닐다이일기를 통하여, 또는 *m*-페닐렌기 및 *o*-페닐렌기 중 적어도 하나를 포함하는 아릴렌기를 포함하는 결합기를 통하여 서로 결합하는 경우, 상기 결합기의 예에는 일반식(301) 내지 일반식(315)으로 나타내어지는 골격이 포함된다. 상술한 아릴렌기의 예에는 페닐렌기, 바이페닐다이일기, 나프탈렌다이일기, 플루오렌다이일기, 및 페난트렌다이일기가 포함된다.



[0221]

[0222]

상술한 방향족 아민 골격(예를 들어 트리아릴아민 골격), π -전자 과잉형 복소 방향 고리 골격(예를 들어 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격 중 적어도 하나를 포함하는 고리) 및 π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격(예를 들어 다이아진 골격 및 트리아진 골격 중 적어도 한쪽을 포함하는 고리) 또는 일반식(401) 내지 일반식(417), 일반식(201) 내지 일반식(218), 및 일반식(301) 내지 일반식(315)은 각각 치환기를 가져도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 12의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 12의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 및 바이페닐기 등이다. 상기 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌 골격에서의 9위치의 탄소 원자가 치환기로서 2개의 페닐기를 갖는 경우, 페닐기들이 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 또한 비치환된 기는 합성이 용이하고 원재료가 저렴하다는 장점을 갖는다.

[0223]

또한 Ar^2 는 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다. 아릴렌기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 예를 들어 플루오렌일기에서의 9위치의 탄소 원자는 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 페닐기들은 결합하여 스파이로플루오렌 골격을 형성한다. 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기의 구체적인 예에는 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐렌기, 및 플루오렌다이일기 등이 포함된다. 아릴렌기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 12의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 12의 아릴기의 구체적인 예는 페닐기, 나프틸기, 및 바이페닐기 등이다.

[0224]

Ar^2 로 나타내어지는 아릴렌기로서는 예를 들어 구조식(Ar-1) 내지 구조식(Ar-18)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 Ar^2 에 사용할 수 있는 기는 이들에 한정되지 않는다.

- [0225] 또한 R^{21} 및 R^{22} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 상술한 아릴기 또는 페닐기는 하나 이상의 치환기를 포함하여도 좋고, 치환기들은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 12의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기 등이 포함된다. 탄소수 6 내지 12의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 및 바이페닐기 등이 포함된다.
- [0226] 예를 들어 R^{21} 및 R^{22} 로 나타내어지는 알킬기 또는 아릴기로서는 구조식(R-1) 내지 구조식(R-29)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 알킬기 또는 아릴기로서 사용할 수 있는 기는 이에 한정되지 않는다.
- [0227] 일반식(401) 내지 일반식(417), 일반식(201) 내지 일반식(218), 일반식(301) 내지 일반식(315), Ar^2 , R^{21} , 및 R^{22} 에 포함될 수 있는 치환기로서는 예를 들어 구조식(R-1) 내지 구조식(R-24)으로 나타내어지는 알킬기 또는 아릴기를 사용할 수 있다. 또한 알킬기 또는 아릴기로서 사용할 수 있는 기는 이에 한정되지 않는다.
- [0228] 호스트 재료(132)의 발광 피크가 게스트 재료(131)(인광 재료)의 삼중항 MLCT(metal to ligand charge transfer) 전이의 흡수대, 구체적으로는 가장 장파장 측에서의 흡수대와 중첩되도록, 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)(인광 재료)를 선택하는 것이 바람직하다. 이로써 발광 효율이 극적으로 향상된 발광 소자를 제공할 수 있게 된다. 또한 인광 재료 대신에 열 활성화 지연 형광 재료를 사용하는 경우에는, 가장 장파장 측에서의 흡수대는 단일항 흡수대인 것이 바람직하다.
- [0229] <<게스트 재료(131)>>
- [0230] 게스트 재료(131)(인광 재료)로서는 이리듐계, 로듐계, 또는 백금계 유기 금속 착체 또는 금속 착체를 사용할 수 있다; 특히, 이리듐계 오쏘 금속 착체 등의 유기 이리듐 착체가 바람직하다. 오쏘 금속화되는 배위자로서는 4*H*-트리아아졸 배위자, 1*H*-트리아아졸 배위자, 이미다졸 배위자, 피리딘 배위자, 피리미딘 배위자, 피라진 배위자, 또는 아이소퀴놀린 배위자 등을 들 수 있다. 금속 착체로서는 포르피린 배위자를 갖는 백금 착체 등을 들 수 있다.
- [0231] 게스트 재료(131)(인광 재료)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높고, 게스트 재료(131)(인광 재료)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 높아지도록, 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)(인광 재료)를 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 구조로 함으로써 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0232] 녹색 또는 황색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예에는 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₃), 트리스(4-*t*-뷰틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[4-(2-노본일)-6-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(mpmpm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스{4,6-다이메틸-2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-피리미딘일-κ^{N3}]페닐-κ^C}이리듐(III)(약칭: Ir(dmppm-dmp)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(dppm)₂(acac)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)₂(acac)) 및 (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)₂(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐피리디네이트-*N,C*^{2'})이리

듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$), 비스(2-페닐피리디네이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{bzq})_3$), 트리스(2-페닐퀴놀리네이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{pq})_3$), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸레이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})$), 비스{2-[4'-(피플루오로페닐)페닐]피리디네이토- $N, C^{2'}$ }이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})$), 및 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})$) 등의 유기 금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이토)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 상술한 재료 중에서 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 두드러지게 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0233]

황색 또는 적색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예에는 (다이아이소뷰틸릴메타네이토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$), 및 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{dlnpm})_2(\text{dpm})$) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)(다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$), 및 (아세틸아세토네이토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이토]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{piq})_3$) 및 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$) 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-프로펜다이오네이토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 상술한 재료 중에서 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 두드러지게 높기 때문에 특히 바람직하다. 또한 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 양호한 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0234]

청색 또는 녹색의 파장 범위에 발광 피크를 갖는 물질의 예에는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트리아아졸-3-일- κN^2]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3$), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4*H*-1,2,4-트리아아졸레이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{Mptz})_3$), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4*H*-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{iPrptz-3b})_3$), 및 트리스[3-(5-바이페닐)-5-아이소프로필-4-페닐-4*H*-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{iPr5btz})_3$) 등의 4*H*-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (OC-6-22)-트리스{5-사이아노-2-[4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-(2-메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트리아아졸-3-일- κN^2]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $\text{fac-Ir}(\text{mpCNptz-diPrp})_3$), (OC-6-21)-트리스{5-사이아노-2-[4-(2,6-다이아이소프로필페닐)-5-(2-메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트리아아졸-3-일- κN^2]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $\text{mer-Ir}(\text{mpCNptz-diPrp})_3$), 및 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이아이소뷰틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트리아아졸-3-일- κN^2]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$) 등의 전자 흡인기를 갖는 4*H*-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1*H*-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{Mptz1-mp})_3$) 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1*H*-1,2,4-트리아아졸레이토)이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{Prptz1-Me})_3$) 등의 1*H*-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; *fac*-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1*H*-이미다졸]이리듐(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{iPrpmi})_3$) 및 트리

스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-*f*]페난트리디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(dmpimt-Me)₃) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-*N*,*C*^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-*N*,*C*^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이트-*N*,*C*^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-*N*,*C*^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기 금속 이리듐 착체가 포함된다. 상술한 물질 중에서 4*H*-트리아아졸 골격, 1*H*-트리아아졸 골격, 또는 이미다졸 골격 등의 질소 함질소 5원 복소 고리 골격을 포함하는 유기 금속 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지, 신뢰성, 및 발광 효율이 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0235] 4*H*-트리아아졸 골격, 1*H*-트리아아졸 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 HOMO 준위가 높아지기 쉽기 때문에 이들 착체는 본 발명의 일 형태에 적합하다.

[0236] 상기 함질소 5원 복소 고리 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체 중에서 적어도 사이아노기를 포함하는 치환기를 갖는 이리듐 착체는 사이아노기의 높은 전자 흡인성으로 인하여 LUMO 준위 및 HOMO 준위가 적절하게 저하되기 때문에 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있다. 또한 상기 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위가 높기 때문에 이 이리듐 착체를 포함한 발광 소자는 높은 발광 효율로 청색광을 방출할 수 있다. 상기 이리듐 착체는 산화 및 환원의 반복에 대하여 높은 내성을 갖기 때문에 이 이리듐 착체를 포함한 발광 소자의 구동 수명을 길게 할 수 있다.

[0237] 또한 소자 특성의 안정성 및 신뢰성의 관점에서는, 상기 이리듐 착체는 사이아노기를 포함하는 아릴기가 함질소 5원 복소 고리 골격과 결합한 배위자를 포함하고, 이 아릴기의 탄소수가 6 내지 13인 것이 바람직하다. 그런 경우, 상기 이리듐 착체는 비교적 저온에서 진공 증착될 수 있으므로 증착 시에 열분해 등으로 인하여 열화되기 어렵다.

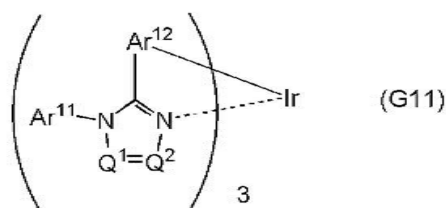
[0238] 함질소 5원 복소 고리 골격의 질소 원자에 아릴렌기를 통하여 사이아노기가 결합한 배위자를 포함하는 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위를 높게 유지할 수 있기 때문에 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있다. 이리듐 착체를 포함한 발광 소자는 사이아노기를 포함하지 않는 발광 소자보다 청색광 등 에너지가 높은 광을 더 높은 효율로 방출할 수 있다. 또한 상술한 바와 같이, 특정한 위치에 사이아노기를 결합시킴으로써 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 신뢰성이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 함질소 5원 복소 고리 골격 및 사이아노기는 페닐렌기 등의 아릴렌기를 통하여 결합하는 것이 바람직하다.

[0239] 상기 아릴렌기의 탄소수가 6 내지 13인 경우, 상기 이리듐 착체는 분자량이 비교적 낮은 화합물이기 때문에 진공 증착에 적합하다(비교적 저온에서 진공 증착될 수 있음). 일반적으로 분자량이 낮은 화합물은 막 형성 후에 내열성이 낮아지는 경향이 있다. 그러나 상기 이리듐 착체는 복수의 배위자를 포함하기 때문에 분자량이 낮더라도 충분한 내열성을 확보할 수 있다는 장점을 갖는다.

[0240] 즉 상기 이리듐 착체는 증착의 용이성 및 전기 화학적 안정성에 더하여 삼중항 여기 에너지 준위가 높다는 특징을 갖는다. 그러므로 본 발명의 일 형태의 발광 소자에서 특히 청색 발광 소자에서 이 이리듐 착체를 발광층의 게스트 재료로서 사용하는 것이 바람직하다.

[0241] <<이리듐 착체의 예>>

[0242] 상술한 이리듐 착체는 일반식(G11)으로 나타내어진다.



[0243]

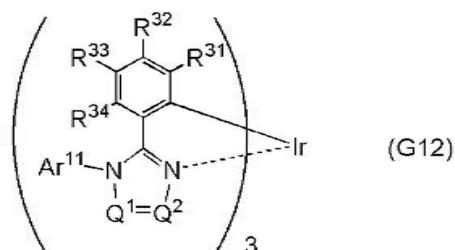
[0244] 일반식(G11)에서 Ar¹¹ 및 Ar¹²는 각각 독립적으로 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다.

탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0245] Q^1 및 Q^2 는 각각 독립적으로 N 또는 C-R를 나타내고, R는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. Q^1 및 Q^2 중 적어도 하나는 C-R를 포함한다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이여도 좋고 2개 이상이여도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0246] Ar^{11} 및 Ar^{12} 로 나타내어지는 아릴기 및 R로 나타내어지는 아릴기 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0247] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 오쏘 금속 착체인 것이 바람직하다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G12)으로 나타내어진다.



[0248]

[0249] 일반식(G12)에서 Ar^{11} 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

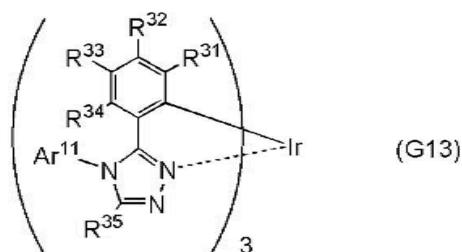
[0250] R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유

리하다.

[0251] Q^1 및 Q^2 는 각각 독립적으로 N 또는 C-R를 나타내고, R는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. Q^1 및 Q^2 중 적어도 하나는 C-R를 포함한다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0252] Ar^{11} , R^{31} 내지 R^{34} , 및 R로 나타내어지는 아릴기 및 R^{31} 내지 R^{34} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0253] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체가 배위자로서 4H-트리아아졸 골격을 포함하면, 이 이리듐 착체는 높은 삼중항 여기 에너지 준위를 가질 수 있고, 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있기 때문에 바람직하다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G13)으로 나타내어진다.



[0254]

[0255] 일반식(G13)에서 Ar^{11} 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

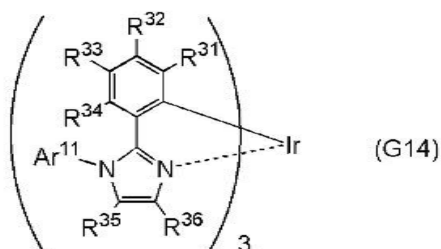
[0256] R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0257] R^{35} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0258] Ar^{11} 및 R^{31} 내지 R^{35} 로 나타내어지는 아릴기 및 R^{31} 내지 R^{34} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0259] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체가 배위자로서 이미다졸 골격을 포함하면, 이 이리듐 착체는 높은 삼중항 여기 에너지 준위를 가질 수 있고, 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있기 때문에 바람직하다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G14)으로 나타내어진다.



[0260]

[0261] 일반식(G14)에서 Ar^{11} 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

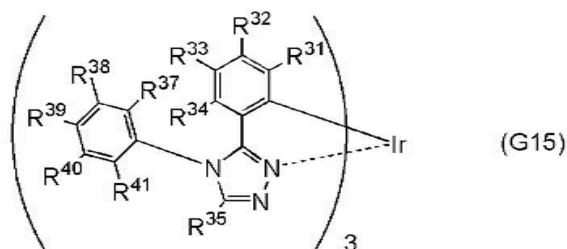
[0262] R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0263] R^{35} 및 R^{36} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌

일기가 포함된다. 아틸기는 치환기를 가져도 좋고, 아틸기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아틸기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아틸기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0264] Ar^{11} 및 R^{31} 내지 R^{36} 으로 나타내어지는 아틸기 및 R^{31} 내지 R^{34} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0265] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체는 합질소 5원 복소 고리 골격을 포함하고, 이 골격의 질소에 결합된 아틸기는 치환 또는 비치환된 페닐기인 것이 바람직하다. 그런 경우, 상기 이리듐 착체는 비교적 저온에서 진공 증착될 수 있고 높은 삼중항 여기 에너지 준위를 가질 수 있기 때문에 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 사용될 수 있다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G15) 또는 일반식(G16)으로 나타내어진다.



[0266]

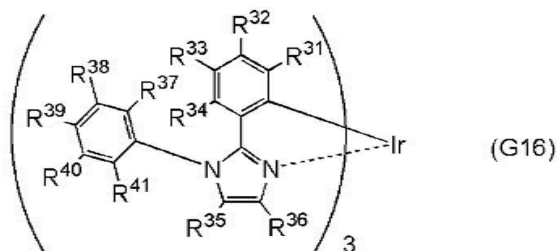
[0267] 일반식(G15)에서 R^{37} 및 R^{41} 은 각각 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고, R^{37} 및 R^{41} 은 같은 구조를 갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다.

[0268] R^{38} 내지 R^{40} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한 R^{38} 내지 R^{40} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0269] R^{31} 내지 R^{34} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아틸기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아틸기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0270] R^{35} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아틸기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아틸기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 아틸기는 치환기를 가져도 좋고, 아틸기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아틸기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸

기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로부틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.



[0271]

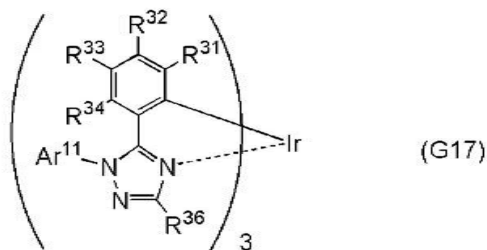
[0272] 일반식(G16)에서 R^{37} 및 R^{41} 은 각각 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고, R^{37} 및 R^{41} 은 같은 구조를 갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, 아이소부틸기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다.

[0273] R^{38} 내지 R^{40} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, 아이소부틸기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로부틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한 R^{38} 내지 R^{40} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함하는 것이 바람직하다.

[0274] R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, 아이소부틸기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로부틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0275] R^{35} 및 R^{36} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, 아이소부틸기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기는 적어도 하나의 수소가 제 17족 원소(플루오린, 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 아스타틴)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, 아이소부틸기, *tert*-부틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로부틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0276] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있는 이리듐 착체가 각각 배위자로서 1*H*-트리아졸 골격을 포함하면, 이 이리듐 착체는 높은 삼중항 여기 에너지 준위를 가질 수 있고, 청색광 등 에너지가 높은 광을 방출하는 발광 소자에 적합하게 사용될 수 있기 때문에 바람직하다. 상기 이리듐 착체는 일반식(G17) 및 일반식(G18)으로 나타내어진다.



[0277]

[0278]

일반식(G17)에서 Ar^{11} 은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 나타낸다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다. 아릴기가 치환기를 갖는 경우에는 치환기로서 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기 등이 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기 등이 포함된다.

[0279]

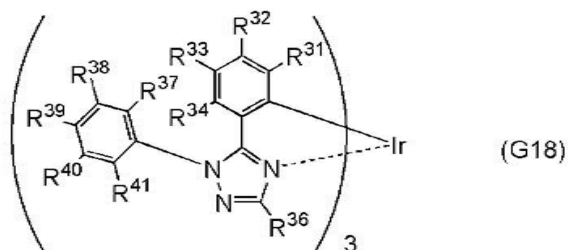
R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0280]

R^{36} 은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0281]

Ar^{11} , R^{31} 내지 R^{34} , 및 R^{36} 으로 나타내어지는 아릴기 및 R^{31} 내지 R^{34} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.



[0282]

[0283]

일반식(G18)에서 R^{37} 및 R^{41} 은 각각 독립적으로 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내고, R^{37} 및 R^{41} 은 같은 구조를

갖는다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다.

[0284] R^{38} 내지 R^{40} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 페닐기, 또는 사이아노기를 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 또한 R^{38} 내지 R^{40} 중 적어도 하나는 사이아노기를 포함한다.

[0285] R^{31} 내지 R^{34} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. R^{31} 내지 R^{34} 모두가 수소인 경우에는 합성의 용이성 및 재료비에서 유리하다.

[0286] R^{36} 은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 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)로 치환된 알킬기이다. 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기의 예에는 플루오린화 알킬기, 염화 알킬기, 브로민화 알킬기, 및 아이오딘화 알킬기가 포함된다. 이들의 구체적인 예에는 플루오린화 메틸기, 염화 메틸기, 플루오린화 에틸기, 및 염화 에틸기가 포함된다. 또한 이들의 할로젠 원소의 개수 및 종류는 하나이어도 좋고 2개 이상이어도 좋다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다. 아릴기는 치환기를 가져도 좋고, 아릴기의 치환기는 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 또는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 선택할 수도 있다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 및 *n*-헥실기가 포함된다. 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 및 사이클로헥실기가 포함된다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 및 플루오렌일기가 포함된다.

[0287] 일반식(G12) 내지 일반식(G18)에서 R^{31} 내지 R^{34} 로 나타내어지는 알킬기 및 아릴기로서는 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.

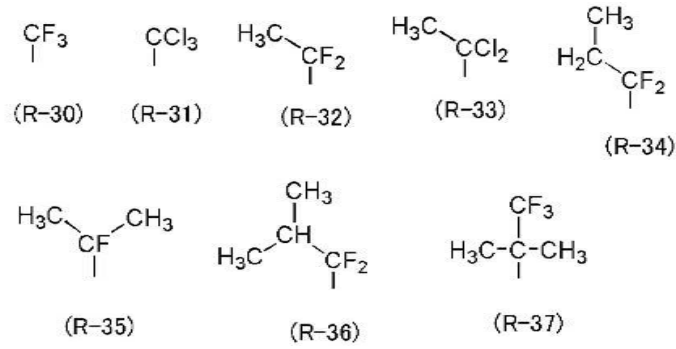
[0288] 일반식(G11) 내지 일반식(G14) 및 일반식(G17)에서 Ar^{11} 으로 나타내어지는 아릴기 및 일반식(G11)에서 Ar^{12} 로 나타내어지는 아릴기로서는 예를 들어 구조식(R-12) 내지 구조식(R-29)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 Ar^{11} 및 Ar^{12} 로서 사용할 수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.

[0289] 일반식(G15), 일반식(G16), 및 일반식(G18)에서 R^{37} 및 R^{41} 로 나타내어지는 알킬기로서는 예를 들어 구조식(R-1) 내지 구조식(R-10)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 알킬기로서 사용할 수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.

[0290] 일반식(G15), 일반식(G16), 및 일반식(G18)에서의 R^{38} 내지 R^{40} 으로 나타내어지는 알킬기, 또는 치환 또는 비치환된 페닐기로서는 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.

[0291] 일반식(G13) 내지 일반식(G16)에서의 R^{35} , 그리고 일반식(G14) 및 일반식(G16) 내지 일반식(G18)에서의 R^{36} 으로 나타내어지는 알킬기, 아릴기, 및 할로알킬기로서는 예를 들어 구조식(R-1) 내지 구조식(R-29) 및 구조식(R-30) 내지 구조식(R-37)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 알킬기, 아릴기, 또는 할로알킬기로서 사용할

수 있는 기는 이들 기에 한정되지 않는다.



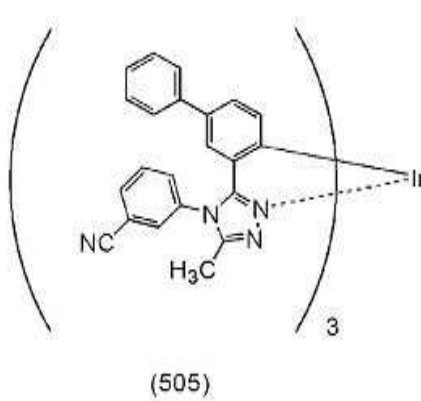
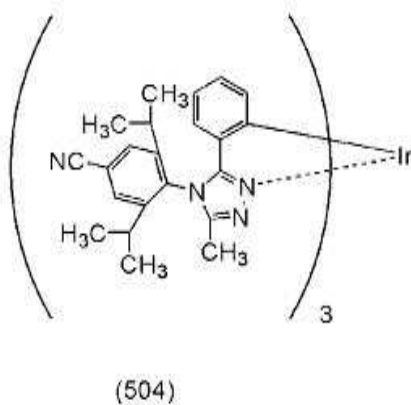
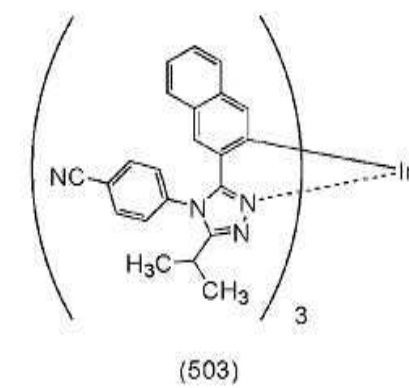
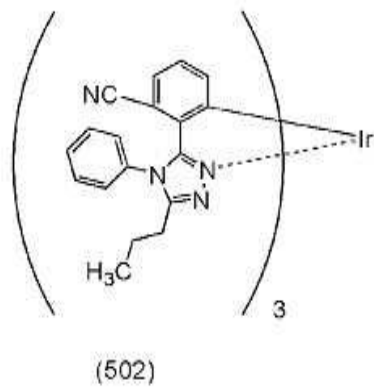
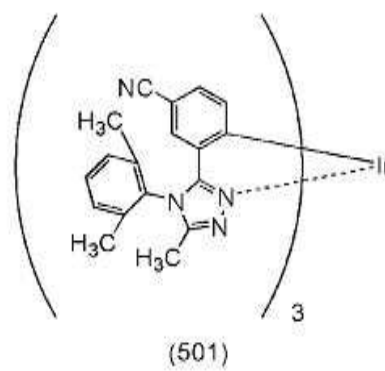
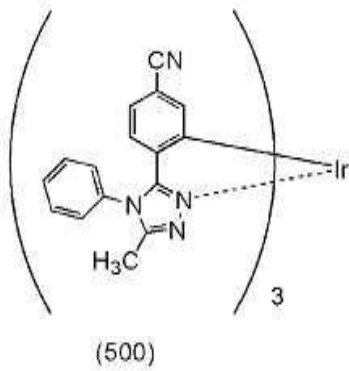
[0292]

[0293]

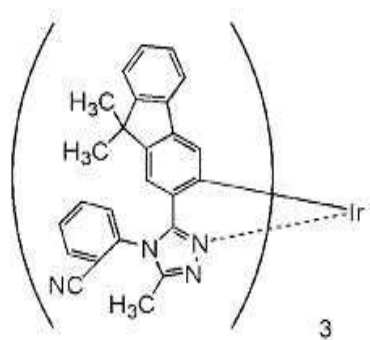
<<이리듐 착체의 구체적인 예>>

[0294]

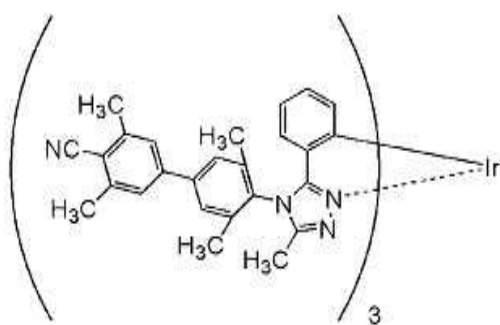
일반식(G11) 내지 일반식(G18)으로 나타내어지는 이리듐 착체의 구조의 구체적인 예는 구조식(500) 내지 구조식(534)으로 나타내어지는 화합물이다. 또한 일반식(G11) 내지 일반식(G18)으로 나타내어지는 이리듐 착체는 아래에 나타내는 예에 한정되지 않는다.



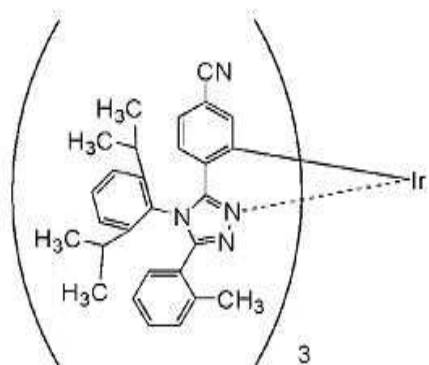
[0295]



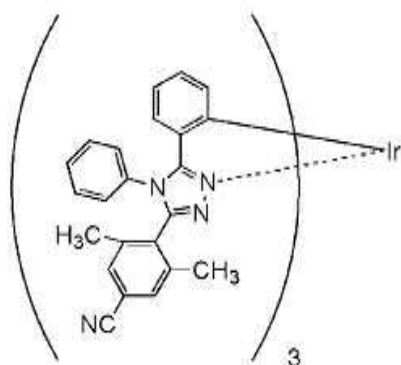
(506)



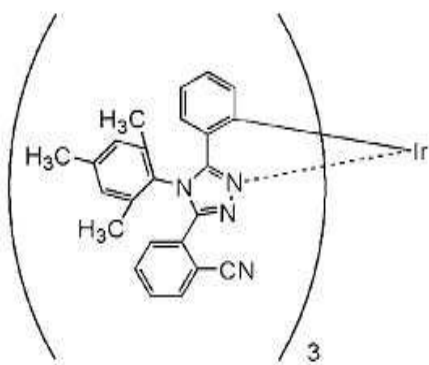
(507)



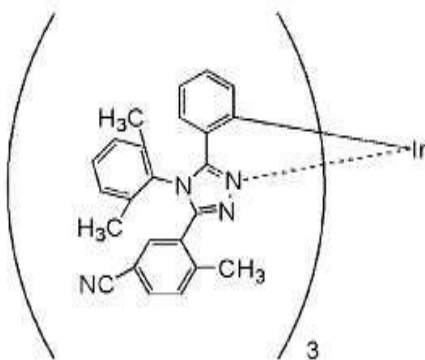
(508)



(509)

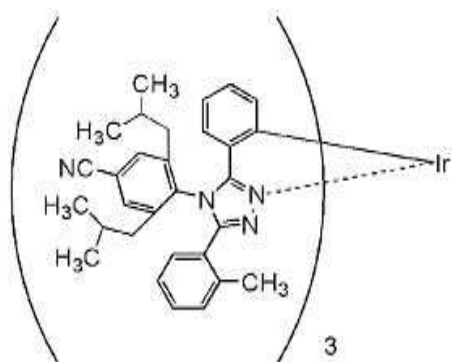


(510)

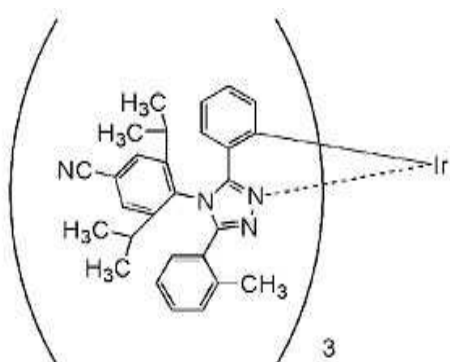


(511)

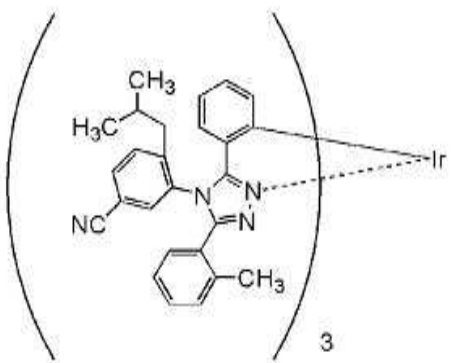
[0296]



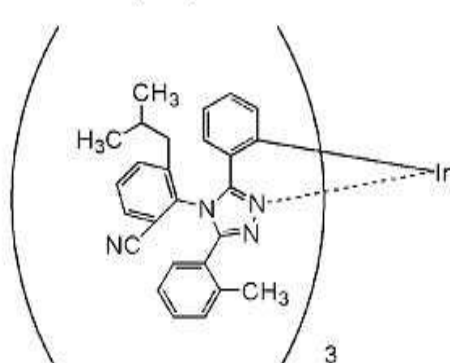
(512)



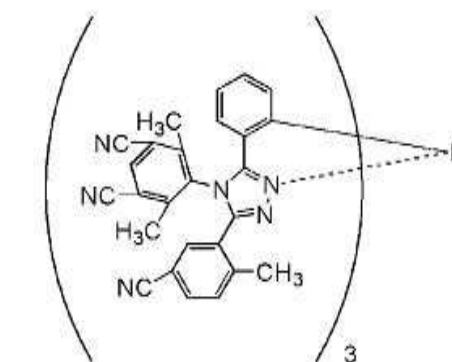
(513)



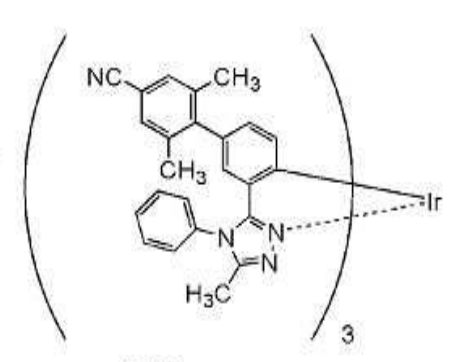
(514)



(515)

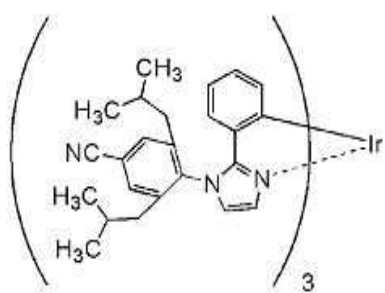


(516)

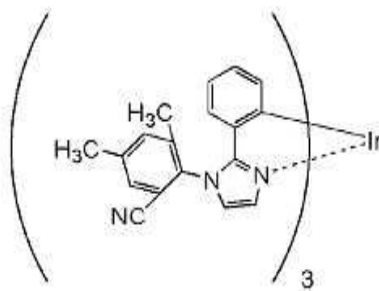


(517)

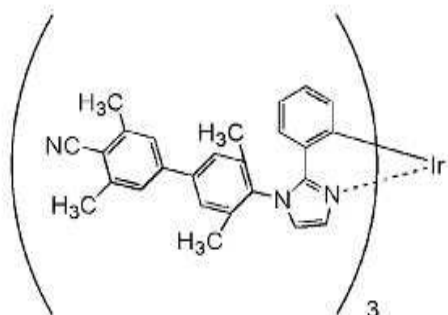
[0297]



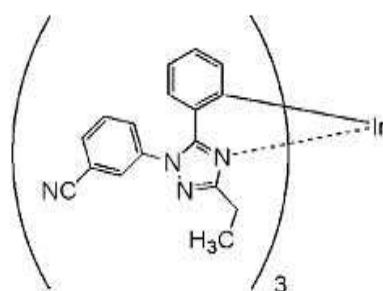
(518)



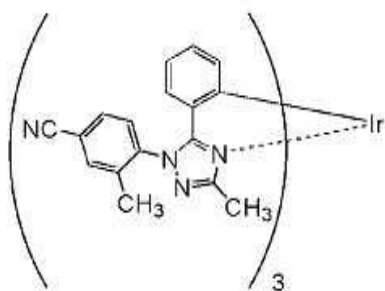
(519)



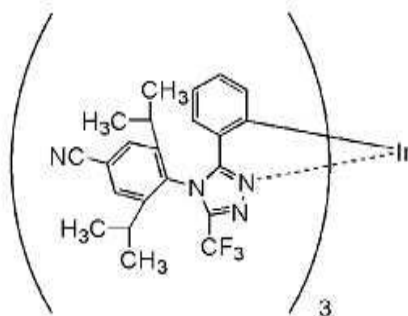
(520)



(521)

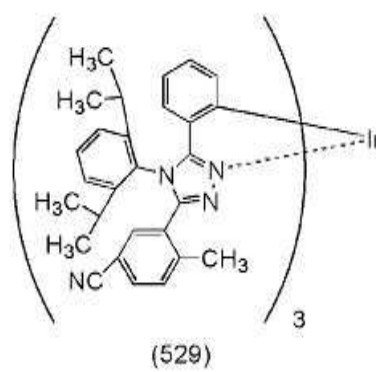
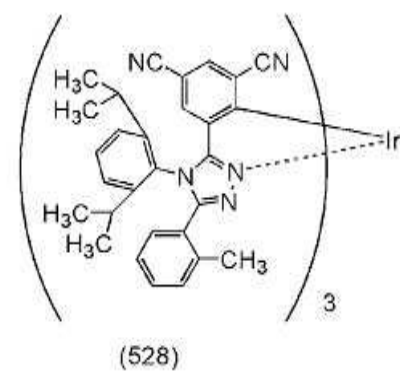
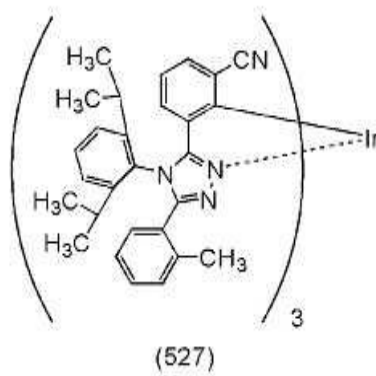
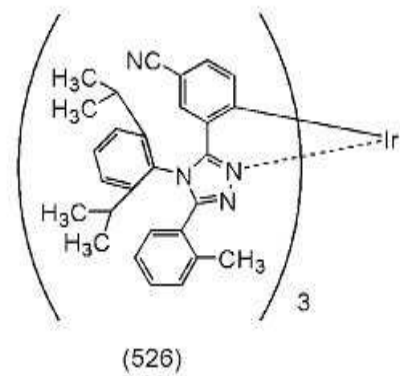
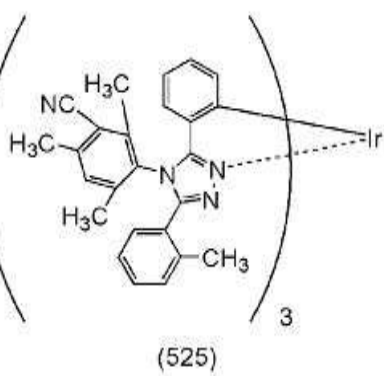
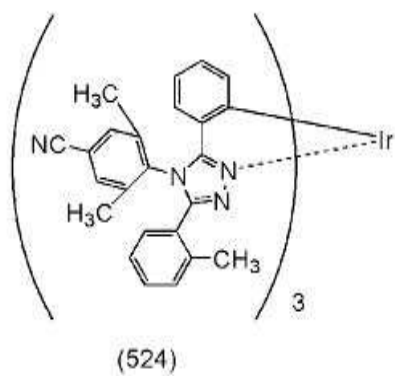


(522)

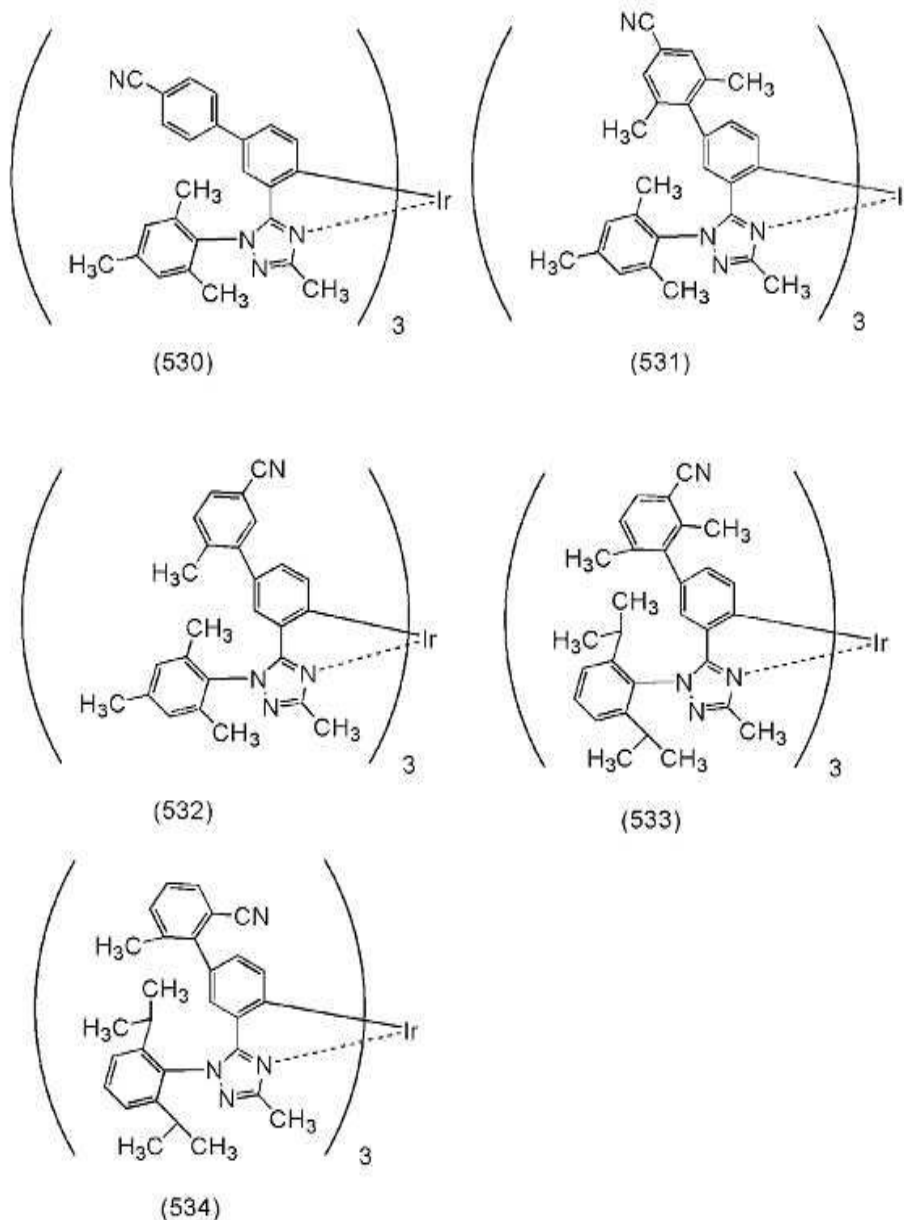


(523)

[0298]



[0299]



[0300]

[0301]

상술한 바와 같이 상기에서 예시한 이리듐 착체는 HOMO 준위 및 LUMO 준위가 비교적 낮기 때문에 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 게스트 재료로서 바람직하다. 그런 경우, 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 또한 상기에서 예시한 이리듐 착체는 삼중항 여기 에너지 준위가 높기 때문에 특히 청색 발광 소자의 게스트 재료로서 바람직하다. 그런 경우, 청색 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 또한 상기에서 예시한 이리듐 착체는 산화 및 환원의 반복에 대한 내성이 높기 때문에 이 이리듐 착체를 포함한 발광 소자는 긴 구동 수명을 가질 수 있다. 그러므로 본 발명의 일 형태의 이리듐 착체는 발광 소자에 사용하기에 적합한 재료이다.

[0302]

발광층(130) 및 발광층(135)에 포함되는 발광 재료로서는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료이기만 하면 임의의 재료를 사용할 수 있다. 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료의 예로서는 인광 재료에 더하여 열 활성화 지연 형광 재료를 들 수 있다. 그러므로 설명에서의 "인광 재료"라는 용어를 "열 활성화 지연 형광 재료"라는 용어로 바꿀 수 있다.

[0303]

<<호스트 재료(133)>>

[0304]

호스트 재료(133)의 LUMO 준위가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위보다 높고 호스트 재료(133)의 HOMO 준위가 게스트 재료(131)의 HOMO 준위보다 낮아지도록 호스트 재료(133), 호스트 재료(132), 및 게스트 재료(131)를 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 구조로 함으로써 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 호스트 재료(132)의 예로서 설명한 재료를 호스트 재료(133)로서 사용하여도 좋다.

[0305]

정공보다 전자를 많이 수송하는 성질을 갖는 재료를 호스트 재료(133)로서 사용할 수 있고, 전자 이동도가 $1 \times$

$10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 재료가 바람직하다. 전자를 받기 쉬운 재료(전자 수송성을 갖는 재료)로서는 예를 들어 합질소 복소 방향족 화합물 등의 π -전자 부족형 복소 방향 고리 골격을 포함하는 화합물, 또는 아연계 또는 알루미늄계 금속 착체를 사용할 수 있다. 구체적인 예에는 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체, 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴놀살린 유도체, 다이벤조퀴놀살린 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체, 및 트리아진 유도체가 포함된다.

[0306]

구체적인 예에는 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq₂), 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 착체 등이 포함된다. 또는, 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnPBO) 또는 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 옥사졸계 또는 싸이아졸계 배위자를 갖는 금속 착체를 사용할 수 있다. 이러한 금속 착체 이외에, 다음 중 어느 것을 사용할 수 있다: 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-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), 바소페난트롤린(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: 2mDBTPDBq-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: 2CzBPDBq-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: 4,6mDBTP2Pm-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-트리아진(약칭: PCzPTzn) 등의 트리아진 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 중에서 트리아진 골격, 다이아진 골격(피리미딘, 피라진, 피리다진), 및 피리딘 골격 중 적어도 하나를 갖는 복소 고리 화합물은 신뢰성이 높고 안정적이기 때문에 바람직하게 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) 등의 고분자 화합물을 사용할 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.

[0307]

호스트 재료(133)로서는 아래에 든 정공 수송성을 갖는 재료를 사용할 수 있다.

[0308]

정공 수송 재료로서는 전자보다 정공을 많이 수송하는 성질을 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 스틸벤 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한 정공 수송 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.

[0309]

정공 수송성이 높은 재료의 예는 N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌다이아민(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) 등이다.

[0310]

카바졸 유도체의 구체적인 예는 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-페닐카

바줄(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[*N*-(9-페닐카바줄-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바줄(약칭: PCzPCA2), 및 3-[*N*-(1-나프틸)-*N*-(9-페닐카바줄-3-일)아미노]-9-페닐카바줄(약칭: PCzPCN1) 등이다.

[0311] 카바줄 유도체의 다른 예는 4,4'-다이(*N*-카바줄릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N*-카바줄릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바줄(약칭: CzPA), 및 1,4-비스[4-(*N*-카바줄릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등이다.

[0312] 방향족 탄화수소의 예에는 2-*tert*-뷰틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-뷰틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-다이페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 및 2,5,8,11-테트라(*tert*-뷰틸)페릴렌 등이 포함된다. 이 이외에, 펜타센 또는 코로넨 등을 사용할 수도 있다. 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상이고 탄소수가 14 내지 42인 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.

[0313] 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 갖는 방향족 탄화수소로서는 예를 들어 다음 것들을 들 수 있다: 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi) 및 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등.

[0314] 또한 폴리(*N*-바이닐카바줄)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTTPA), 폴리[*N*-(4-{*N*-(4-(4-다이페닐아미노)페닐)페닐-*N'*-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 또는 폴리[*N,N'*-비스(4-뷰틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘(약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0315] 정공 수송성이 높은 재료의 예에는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α -NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4'-트리스(카바줄-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*-카바줄-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 4-페닐다이페닐-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)아민(약칭: PCA1BP), *N,N'*-비스(9-페닐카바줄-3-일)-*N,N'*-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭: PCA2B), *N,N',N'*-트라이페닐-*N,N',N'*-트리스(9-페닐카바줄-3-일)벤젠-1,3,5-트라이아민(약칭: PCA3B), *N*-(4-바이페닐)-*N*-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)-9-페닐-9*H*-카바줄-3-아민(약칭: PCBiF), *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바줄-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF), 2-[*N*-(9-페닐카바줄-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-(9*H*-카바줄-9-일)페닐]-*N*-(4-페닐)페닐아닐린(약칭: YGA1BP), 및 *N,N'*-비스[4-(카바줄-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F) 등의 방향족 아민 화합물이 포함된다. 다른 예는 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바줄(약칭: PCPN), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바줄(약칭: PCPPn), 3,3'-비스(9-페닐-9*H*-카바줄)(약칭: PCCP), 1,3-비스(*N*-카바줄릴)벤젠(약칭: mCP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바줄(약칭: CzTP), 3,6-다이(9*H*-카바줄-9-일)-9-페닐-9*H*-카바줄(약칭: PhCzGI), 2,8-다이(9*H*-카바줄-9-일)-다이벤조싸이오렌(약칭: Cz2DBT), 4-{3-[3-(9-페닐-9*H*-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(다이벤조싸이오렌-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 등이다. 상술한 화합물 중에서 피롤 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 또는 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는 화합물은 안정성 및 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 또한 이러한 골격을 갖는 화합물은 정공 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0316] 발광층(130) 및 발광층(135)은 2층 이상의 층이 적층된 구조를 가질 수 있다. 예를 들어 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측으로부터 이 순서대로 적층시켜 발광층(130) 또는 발광층(135)을 형성하는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 갖는 재료를 호스트 재료로서 사용하여 형성하고, 제 2 발광층은 전자 수송성을 갖는 재료를 호스트 재료로서 사용하여 형성한다. 제 1 발광층에 포함되는 발광 재료는 제 2 발광층에 포함되는 발광 재료와 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 상기 재료는 같은 색깔의 광 또는 서로 다른 색깔의 광을 방출하는 기능을 가져도 좋다. 서로 다른 색깔의 광을 방출하는 기능을 갖는 2종류의 발광 재료를 2개의 발광층에 사용함으로써 복수의 발광색의 광을 동시에 얻을 수 있다. 2개의 발광층으로부터의 발광을 조합함으로써 백색광을 얻을 수 있도록 발광층의 발광 재료를 선택하는 것이 특히 바람직하다.

[0317] 발광층(130)은 호스트 재료(132) 및 게스트 재료(131)에 더하여 다른 재료를 포함하여도 좋다. 발광층(135)은 호스트 재료(133), 호스트 재료(132), 및 게스트 재료(131)에 더하여 다른 재료를 포함하여도 좋다.

[0318] 또한 발광층(130) 및 발광층(135)은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비아 인쇄 등에 의하여 형성할 수 있다. 상술한 재료 이외에, 양자 도트(quantum dot) 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 사용하여도 좋다.

[0319] 《양자 도트》

[0320] 양자 도트는 크기가 수nm 내지 수십nm인 반도체 나노 결정이고, 약 1×10^3 내지 1×10^6 개의 원자를 포함한다. 양자 도트는 그 크기에 의존하여 에너지 시프트하기 때문에, 같은 물질로 구성된 양자 도트는 그 크기에 의존하여 파장이 다른 광을 방출하므로, 양자 도트의 크기를 변경함으로써 발광 파장을 쉽게 조정할 수 있다.

[0321] 양자 도트는 피크가 좁은 발광 스펙트럼을 갖기 때문에 색순도가 높은 발광을 얻을 수 있다. 또한 양자 도트의 이론적 내부 양자 효율은 100%라고 하고, 형광 유기 화합물의 이론적 내부 양자 효율 즉 25%를 크게 웃돌고, 인광 유기 화합물의 이론적 내부 양자 효율과 동등하다. 그러므로 양자 도트를 발광 재료로서 사용함으로써 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 무기 재료인 양자 도트는 그 본질적인 안정성이 높기 때문에 수명의 관점에서도 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0322] 양자 도트의 재료의 예에는 제 14족 원소, 제 15족 원소, 제 16족 원소, 복수의 제 14족 원소로 구성된 화합물, 제 4족 내지 제 14족 중 어느 것에 속하는 원소와 제 16족 원소의 화합물, 제 2족 원소와 제 16족 원소의 화합물, 제 13족 원소와 제 15족 원소의 화합물, 제 13족 원소와 제 17족 원소의 화합물, 제 14족 원소와 제 15족 원소의 화합물, 제 11족 원소와 제 17족 원소의 화합물, 산화 철류, 산화 타이타늄류, 칼코게나이드스피넬류, 및 반도체 클러스터가 포함된다.

[0323] 구체적인 예에는 셀레늄화 카드뮴; 황화 카드뮴; 텔루륨화 카드뮴; 셀레늄화 아연; 산화 아연; 황화 아연; 텔루륨화 아연; 황화 수은; 셀레늄화 수은; 텔루륨화 수은; 비화 인듐; 인화 인듐; 비화 갈륨; 인화 갈륨; 질화 인듐; 질화 갈륨; 안티모니화 인듐; 안티모니화 갈륨; 인화 알루미늄; 비화 알루미늄; 안티모니화 알루미늄; 셀레늄화 납; 텔루륨화 납; 황화 납; 셀레늄화 인듐; 텔루륨화 인듐; 황화 인듐; 셀레늄화 갈륨; 황화 비소; 셀레늄화 비소; 텔루륨화 비소; 황화 안티모니; 셀레늄화 안티모니; 텔루륨화 안티모니; 황화 비스무트; 셀레늄화 비스무트; 텔루륨화 비스무트; 실리콘; 탄소화 실리콘; 저마늄; 주석; 셀레늄; 텔루륨; 붕소; 탄소; 인; 질화 붕소; 인화 붕소; 비화 붕소; 질화 알루미늄; 황화 알루미늄; 황화 바륨; 셀레늄화 바륨; 텔루륨화 바륨; 황화 갈륨; 셀레늄화 갈륨; 텔루륨화 갈륨; 황화 베릴륨; 셀레늄화 베릴륨; 텔루륨화 베릴륨; 황화 마그네슘; 셀레늄화 마그네슘; 황화 저마늄; 셀레늄화 저마늄; 텔루륨화 저마늄; 황화 주석; 셀레늄화 주석; 텔루륨화 주석; 산화 납; 플루오린화 구리; 염화 구리; 브로민화 구리; 아이오딘화 구리; 산화 구리; 셀레늄화 구리; 산화 니켈; 산화 코발트; 황화 코발트; 산화 철; 황화 철; 산화 망가니즈; 황화 몰리브데넘; 산화 바나듐; 산화 텅스텐; 산화 탄탈럼; 산화 타이타늄; 산화 지르코늄; 질화 실리콘; 질화 저마늄; 산화 알루미늄; 타이타늄산 바륨; 셀레늄과 아연과 카드뮴의 화합물; 인듐과 비소와 인의 화합물; 카드뮴과 셀레늄과 황의 화합물; 카드뮴과 셀레늄과 텔루륨의 화합물; 인듐과 갈륨과 비소의 화합물; 인듐과 갈륨과 셀레늄의 화합물; 인듐과 셀레늄과 황의 화합물; 구

리와 인듐과 황의 화합물; 및 이들의 조합이 포함되지만, 이들에 한정되지 않는다. 조성이 임의의 비율로 나타내어지는, 소위 합금형 양자 도트를 사용하여도 좋다. 예를 들어 카드뮴과 셀레늄과 황의 합금형 양자 도트는 원소의 함유 비율을 변경시킴으로써 발광 파장을 변경할 수 있기 때문에 청색광을 얻는데 유효한 수단이다.

[0324] 양자 도트로서는 코어형 양자 도트, 코어 셸 양자 도트, 및 코어 멀티셸 양자 도트 등 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 더 넓은 밴드 갭을 갖는 다른 무기 재료로 형성되는 셸로 코어가 덮이면, 나노 결정의 표면에 존재하는 결함 및 dangling 본드의 영향을 저감시킬 수 있다. 이러한 구조는 발광의 양자 효율을 크게 향상시킬 수 있기 때문에 코어 셸 또는 코어 멀티셸 양자 도트를 사용하는 것이 바람직하다. 셸의 재료의 예에는 황화 아연 및 산화 아연이 포함된다.

[0325] 양자 도트는 표면 원자의 비율이 높기 때문에 반응성이 높고 응집하기 쉽다. 이러한 이유로 양자 도트의 표면에는 보호제가 부착되거나 또는 보호기가 제공되는 것이 바람직하다. 상기 보호제가 부착되거나 또는 상기 보호기가 제공됨으로써 응집을 방지하고 용매에 대한 용해성을 높일 수 있다. 반응성을 저감시키고 전기적 안정성을 향상시킬 수도 있다. 보호제(또는 보호기)의 예에는 폴리옥시에틸렌라우릴에터, 폴리옥시에틸렌스테아릴에터, 및 폴리옥시에틸렌올레일에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬에터류; 트라이프로필포스핀, 트라이부틸포스핀, 트라이헥실포스핀, 및 트라이옥틸포스핀 등의 트라이알킬포스핀류; 폴리옥시에틸렌 n-옥틸페닐에터 및 폴리옥시에틸렌 n-노닐페닐에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬페닐에터류; 트라이(n-헥실)아민, 트라이(n-옥틸)아민, 및 트라이(n-데실)아민 등의 3급 아민류; 트라이프로필포스핀옥사이드, 트라이부틸포스핀옥사이드, 트라이헥실포스핀옥사이드, 트라이옥틸포스핀옥사이드, 및 트라이데실포스핀옥사이드 등의 유기 인 화합물; 폴리에틸렌글라이콜다이아우레이트 및 폴리에틸렌글라이콜다이스테아레이트 등의 폴리에틸렌글라이콜다이에스터류; 예를 들어 피리딘류, 루티딘류, 콜리딘류, 및 퀴놀린류 등의 함질소 방향족 화합물 등의 유기 질소 화합물; 헥실아민, 옥틸아민, 데실아민, 도데실아민, 테트라데실아민, 헥사데실아민, 및 옥타데실아민 등의 아미노알케인류; 다이부틸설퍼아이드 등의 다이알킬설퍼아이드류; 다이메틸설퍼아이드 및 다이부틸설퍼아이드 등의 다이알킬설퍼아이드류; 예를 들어 싸이오펜 등의 함황 방향족 화합물 등의 유기황 화합물; 팔미트산, 스테아르산, 및 오레산 등의 고급지방산; 알코올류; 소르비탄 지방산 에스터류; 지방산 변성 폴리에스터류; 3급 아민 변성 폴리우레탄류; 및 폴리에틸렌이민류가 포함된다.

[0326] 양자 도트의 크기가 작아질수록 그 밴드 갭이 커지기 때문에 원하는 파장의 광을 얻을 수 있도록 그 크기를 적절히 조정한다. 결정 크기가 작아질수록 양자 도트로부터의 발광은 청색 측, 즉 고에너지 측으로 시프트하기 때문에, 양자 도트의 크기를 변경함으로써 자외 영역, 가시 영역, 및 적외 영역의 스펙트럼의 파장 영역에 걸쳐 양자 도트의 발광 파장을 조정할 수 있다. 보통 사용되는 양자 도트의 크기(직경)는 0.5nm 내지 20nm, 바람직하게는 1nm 내지 10nm이다. 양자 도트의 크기 분포가 작을수록 발광 스펙트럼이 더 좁아지기 때문에 색순도가 높은 발광을 얻을 수 있다. 양자 도트의 형상은 특별히 한정되지 않고, 구상형(spherical shape), 막대 형상, 또는 원반 형상 등이어도 좋다. 막대 형상의 양자 도트인 양자 로드에는 지향성의 광을 방출하는 기능을 갖기 때문에 양자 로드를 발광 재료로서 사용함으로써 외부 양자 효율이 더 높은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0327] 대부분의 유기 EL 소자에서는 발광 재료를 호스트 재료에 분산시켜 발광 재료의 농도 소광을 억제함으로써 발광 효율을 향상시킨다. 호스트 재료는 발광 재료 이상의 단일항 여기 에너지 준위 또는 삼중항 여기 에너지 준위를 갖는 재료일 필요가 있다. 발광 재료로서 청색 인광 재료를 사용하는 경우, 삼중항 여기 에너지 준위가 청색 인광 재료 이상이며 수명의 관점에서 우수한 호스트 재료를 개발하는 것이 특히 어렵다. 호스트 재료를 사용하지 않고 양자 도트로 발광층을 구성하더라도 양자 도트는 발광 효율을 확보할 수 있기 때문에 수명의 관점에서도 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다. 발광층이 양자 도트로 구성되는 경우에는 양자 도트는 코어셸 구조(코어 멀티셸 구조를 포함함)를 갖는 것이 바람직하다.

[0328] 발광층의 발광 재료로서 양자 도트를 사용하는 경우, 발광층의 두께는 3nm 내지 100nm, 바람직하게는 10nm 내지 100nm로 하고, 발광층의 양자 도트의 함유율을 1volume% 내지 100volume%로 한다. 다만 발광층은 양자 도트로 구성되는 것이 바람직하다. 발광 재료로서 양자 도트를 호스트 재료에 분산시킨 발광층을 형성하기 위해서는, 호스트 재료에 양자 도트를 분산시키거나, 또는 호스트 재료와 양자 도트를 적절한 액체 매체에 용해 또는 분산시킨 후 웨트 프로세스(예를 들어 스핀 코팅법, 캐스트법, 다이 코팅법, 블레이드 코팅법, 롤 코팅법, 잉크젯법, 인쇄법, 스프레이 코팅법, 커튼 코팅법, 또는 랭뮤어-블라젯법(Langmuir-Blodgett method))를 이용하면 좋다. 인광 재료를 포함한 발광층에 대해서는, 상기 웨트 프로세스에 더하여, 진공 증착법도 적합하게 이용할 수 있다.

[0329] 웨트 프로세스에 사용되는 액체 매체의 예는 메틸에틸케톤 및 사이클로헥산 등의 케톤류; 아세트산에틸 등의

지방산에스터류; 다이클로로벤젠 등의 할로젠화 탄화수소류; 톨루엔, 자일렌, 메시틸렌, 및 사이클로헥실벤젠 등의 방향족 탄화수소류; 사이클로헥세인, 데칼린, 및 도데케인 등의 지방족 탄화수소류; 다이메틸폼아마이드 (DMF); 또는 다이메틸설폭사이드(DMSO) 등의 유기 용매이다.

[0330] <<정공 주입층>>

[0331] 정공 주입층(111)은 한 쌍의 전극 중 하나(전극(101) 또는 전극(102))로부터의 정공 주입의 장벽을 저감하여 정공 주입을 촉진하는 기능을 갖고, 예를 들어 전이 금속 산화물, 프탈로사이아닌 유도체, 또는 방향족 아민을 사용하여 형성된다. 전이 금속 산화물로서는 산화 몰리브데넘, 산화 바나듐, 산화 루테튬, 산화 텅스텐, 또는 산화 망가니즈 등을 들 수 있다. 프탈로사이아닌 유도체로서는 프탈로사이아닌 또는 금속 프탈로사이아닌 등을 들 수 있다. 방향족 아민으로서는 벤지딘 유도체 또는 페닐렌디아민 유도체 등을 들 수 있다. 폴리싸이오펜 또는 폴리아릴린 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있고, 그 대표적인 예는 자기 도핑된 폴리싸이오펜인 폴리(에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌설포산)이다.

[0332] 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 예는 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐, 또는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-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 tantalum, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 또는 산화 레늄 등을 사용할 수 있다. 특히, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.

[0333] 정공 수송 재료로서는 전자보다 정공을 많이 수송하는 성질을 갖는 재료를 사용할 수 있고, 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 재료가 바람직하다. 구체적으로는 발광층에 사용할 수 있는 정공 수송 재료로서 예시한 방향족 아민, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 스티벤 유도체 등 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 정공 수송 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.

[0334] <<정공 수송층>>

[0335] 정공 수송층(112)은 정공 수송 재료를 포함하는 층이며 정공 주입층(111)의 재료로서 예시한 정공 수송 재료 중 어느 것을 사용하여 형성할 수 있다. 정공 수송층(112)이 정공 주입층(111)에 주입된 정공을 발광층에 수송하는 기능을 갖기 위해서는, 정공 수송층(112)의 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위가 정공 주입층(111)의 HOMO 준위와 동등하거나 가까운 것이 바람직하다.

[0336] 정공 수송 재료로서는 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 물질 이외에, 전자보다 정공을 많이 수송하는 성질을 갖는 임의의 물질을 사용하여도 좋다. 정공 수송성이 높은 물질을 포함하는 층은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 포함하는 2층 이상의 적층을 포함하여도 좋다.

[0337] <<전자 수송층>>

[0338] 전자 수송층(118)은 전자 주입층(119)을 통하여 한 쌍의 전극 중 다른 하나(전극(101) 또는 전극(102))로부터 주입된 전자를 발광층에 수송하는 기능을 갖는다. 전자 수송 재료로서는 정공보다 전자를 많이 수송하는 성질을 갖는 재료를 사용할 수 있고, 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 재료가 바람직하다. 전자를 받기 쉬운 화합물(전자 수용성을 갖는 재료)로서는 함질소 복소 방향족 화합물 등의 π -전자 부족형 복소 방향족 화합물 또는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는 발광층에 사용할 수 있는 전자 수송 재료로서 기재한 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체를 들 수 있다. 또한 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴놀살린 유도체, 다이벤조퀴놀살린 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 전자 수송성이 정공 수송성보다 높은 물질이라면, 상기 물질 이외의 임의의 물질을 사용하여도 좋다. 전자 수송층(118)은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 포함하는 2층 이상의 적층을 포함하여도 좋다.

- [0339] 전자 수송층(118)과 발광층 사이에는 전자 캐리어의 수송을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 상기 층은 상술한 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 소량 첨가함으로써 형성되고, 이 층은 전자 캐리어의 이동을 억제함으로써 캐리어 밸런스를 조절할 수 있다. 이러한 구조는 전자가 발광층을 통과할 때 발생하는 문제(소자 수명의 저하 등)를 방지하는 데에 매우 효과적이다.
- [0340] n형 화합물 반도체를 사용하여도 좋고, 예를 들어 산화 타이타늄, 산화 아연, 산화 실리콘, 산화 주석, 산화 텅스텐, 산화 탄탈럼, 타이타늄산 바륨, 지르콘산 바륨, 산화 지르코늄, 산화 하프늄, 산화 알루미늄, 산화 이트륨, 또는 규산 지르코늄 등의 산화물; 질화 실리콘 등의 질화물; 황화 카드뮴; 셀레늄화 아연; 및 황화 아연 등도 사용할 수 있다.
- [0341] <<전자 주입층>>
- [0342] 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 형성할 수 있다. 또는 전자 수송 재료(상술되었음)와, 전자 수송 재료에 대하여 전자를 공여하는 성질을 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, 플루오린화 소듐, 플루오린화 세슘, 플루오린화 칼슘, 또는 리튬 산화물 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 그것의 화합물을 사용할 수 있다. 또는 플루오린화 어븀과 같은 희토류 금속 화합물을 사용할 수 있다. 전자 주입층(119)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물의 예에는 산화 칼슘-산화 알루미늄에 높은 농도로 전자를 첨가한 물질이 포함된다. 전자 주입층(119)은 전자 수송층(118)에 사용할 수 있는 물질을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0343] 전자 주입층(119)에는 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에서 전자가 발생하기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물은 발생한 전자의 수송이 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, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 및 바륨 산화물 등을 들 수 있다. 산화 마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 테트라싸이아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0344] 또한 상술한 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비아 인쇄법 등에 의하여 형성할 수 있다. 상술한 재료 이외에도, 상기 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층에는 양자 도트 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 사용하여도 좋다.
- [0345] <<한 쌍의 전극>>
- [0346] 전극(101 및 102)은 각 발광 소자의 양극 및 음극으로서 기능한다. 전극(101 및 102)은 금속, 합금, 또는 도전성 화합물, 또는 그것의 혼합물 또는 적층 등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0347] 전극(101) 및 전극(102) 중 하나는 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 도전 재료의 예에는 알루미늄(Al) 및 Al을 포함하는 합금 등이 포함된다. Al을 포함하는 합금의 예에는 Al 및 L(L은 타이타늄(Ti), 네오디뮴(Nd), 니켈(Ni), 및 란타넘(La) 중 하나 이상을 나타냄)을 포함하는 합금이 포함되고, Al 및 Ti를 포함하는 합금 및 Al, Ni, 및 La를 포함하는 합금 등이다. 알루미늄은 저항이 낮고 광의 반사율이 높다. 알루미늄은 지각(地殼)에 대량으로 포함되고 저렴하기 때문에 알루미늄을 사용하여 발광 소자의 제작 비용을 저감할 수 있다. 또는 은(Ag), Ag과 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), 및 금(Au) 중 하나 이상을 나타냄) 등을 사용할 수 있다. 은을 포함하는 합금의 예에는 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 이외에 텅스텐, 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 구리, 또는 타이타늄 등의 전이 금속을 사용할 수 있다.
- [0348] 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.

[0349] 전극(101 및 102) 각각은 광을 투과시키는 기능 및 광을 반사하는 기능을 갖는 도전 재료를 사용하여 형성하여도 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(이후 ITO라고 함), 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO), 산화 인듐-산화 아연(indium zinc oxide), 타이타늄을 포함하는 산화 인듐-주석 산화물, 인듐-타이타늄 산화물, 또는 산화 텅스텐 및 산화 아연을 포함하는 산화 인듐 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 광을 투과시키는 두께(바람직하게는 1nm 이상 30nm 이하의 두께)의 금속 박막을 사용할 수도 있다. 금속으로서는 Ag, Ag와 Al의 합금, Ag와 Mg의 합금, Ag와 Au의 합금, 또는 Ag와 Yb의 합금 등을 사용할 수 있다.

[0350] 본 명세서 등에서는 광을 투과시키는 재료로서 가시광을 투과시키고 도전성을 갖는 재료를 사용한다. 상기 재료의 예에는 상술한 ITO로 대표되는 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체, 및 유기 물질을 포함하는 유기 도전체가 포함된다. 유기 물질을 포함하는 유기 도전체의 예에는 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.

[0351] 또는 전극(101) 및/또는 전극(102)은 이들 재료 중 2개 이상을 적층시켜 형성하여도 좋다.

[0352] 광 추출 효율을 향상시키기 위하여, 광을 투과시키는 기능을 갖는 전극보다 굴절률이 높은 재료를 상기 전극과 접촉시켜 형성하여도 좋다. 상기 재료는 가시광을 투과시키는 기능을 갖기만 하면 도전성을 가져도 좋고 도전성을 갖지 않아도 된다. 상술한 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체 및 유기 물질을 상기 재료의 예로서 들 수 있다. 유기 물질의 예에는 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층의 재료가 포함된다. 또는 무기 탄소계 재료 또는 광이 투과될 정도로 얇은 금속막을 사용할 수 있다. 또는 각각이 굴절률이 높은 재료를 사용하여 형성되고 두께가 수nm 내지 수십nm인 복수의 층을 적층시켜도 좋다.

[0353] 전극(101) 또는 전극(102)이 음극으로서 기능하는 경우, 전극은 일함수가 낮은(3.8eV 이하) 재료를 포함하는 것이 바람직하다. 이 예에는 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.

[0354] 전극(101) 또는 전극(102)을 양극으로서 사용할 때에는 일함수가 높은(4.0eV 이상) 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

[0355] 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 광을 공진시키고 강화시키도록 광로의 길이를 조정하는 기능을 가질 수 있기 때문에 바람직하다.

[0356] 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.

[0357] <<기관>>

[0358] 본 발명의 일 형태의 발광 소자는 유리 또는 플라스틱 등의 기관 위에 형성시켜도 좋다. 기관 위에 적층하는 방법으로서의 층들을 전극(101) 측으로부터 순차적으로 적층하여도 좋고 전극(102) 측으로부터 순차적으로 적층시켜도 좋다.

[0359] 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 형성할 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 만들어진 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 발광

소자 또는 광학 소자를 보호하는 기능을 갖기만 하면, 다른 재료를 사용하여도 좋다.

[0360] 본 명세서 등에서 발광 소자는 예를 들어 다양한 기관 중 어느 것을 사용하여 형성할 수 있다. 기관의 종류는 특별히 한정되지 않는다. 기관의 예에는 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, 및 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 및 기재 필름 등이 포함된다. 유리 기관의 예로서는 바륨 붕규산 유리 기관, 알루미늄붕규산 유리 기관, 및 소다 석회 유리 기관 등을 들 수 있다. 플렉시블 기관, 접합 필름, 및 기재 필름 등의 예는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리에터 설펜(PES), 및 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 대표되는 플라스틱의 기관이다. 다른 예는 아크릴 등의 수지이다. 또한 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화 바이닐, 및 폴리염화 바이닐을 예로 들 수 있다. 다른 예는 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 및 종이 등이다.

[0361] 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 때 사용할 수 있다. 이러한 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.

[0362] 바꿔 말하면, 기관을 사용하여 발광 소자를 형성한 후에 발광 소자를 다른 기관으로 전치하여도 좋다. 발광 소자를 전치하는 기관의 예는 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), 및 재생 섬유(예를 들어 아세테이트, 큐프라, 레이온, 또는 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기관, 및 고무 기관 등이다. 이러한 기관을 사용하면, 내구성이 높고, 내열성이 높고, 가볍고, 또는 얇은 발광 소자를 형성할 수 있다.

[0363] 발광 소자(150)는 예를 들어 상술한 어느 기관 중 어느 것 위에 형성된 전계 효과 트랜지스터(FET)에 전기적으로 접속된 전극 위에 형성되어도 좋다. 이에 따라, FET가 발광 소자(150)의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 표시 장치를 제작할 수 있다.

[0364] 실시형태 1에서는 본 발명의 일 형태를 설명하였다. 본 발명의 다른 실시형태는 실시형태 2 내지 실시형태 9에서 설명한다. 다만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 즉 실시형태 1 및 실시형태 2 내지 실시형태 9에는 본 발명의 다양한 실시형태가 개시되어 있기 때문에, 본 발명의 일 형태는 특정한 형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태를 발광 소자에 사용한 예를 설명하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태는 반드시 발광 소자에 사용할 필요는 없다. 본 발명의 일 형태는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 게스트 재료, 및 적어도 하나의 호스트 재료를 포함하고, 게스트 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 큰 예를 나타내었지만, 이에 한정되지 않는다. 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태에서는 예를 들어 게스트 재료는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 기능을 갖지 않아도 된다. 또는 게스트 재료의 HOMO 준위는 반드시 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높을 필요는 없다. 또는 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 반드시 커질 필요는 없다. 본 발명의 일 형태에서는 호스트 재료의, 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 0eV보다 높고 0.2eV 이하인 예를 나타내었지만, 이에 한정되지 않는다. 경우 또는 상황에 따라서는 예를 들어 본 발명의 일 형태에서의 호스트 재료의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 차이가 0.2eV보다 반드시 높을 필요는 없다.

[0365] 본 실시형태에서 상술한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0366] (실시형태 2)

[0367] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 구조와 상이한 구조를 갖는 발광 소자, 및 발광 소자의 발광 기구에 대하여 이하에서 도 5의 (A) 내지 (C), 그리고 도 6의 (A) 내지 (C)를 참조하여 설명한다. 도 5의 (A) 및 도 6의 (A)에서, 도 1의 (A)에서의 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.

[0368] <발광 소자의 구조예 1>

- [0369] 도 5의 (A)는 발광 소자(250)의 단면 모식도이다.
- [0370] 도 5의 (A)에 도시된 발광 소자(250)는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 복수의 발광 유닛(도 5의 (A)에서는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108))을 포함한다. 발광 유닛들 중 하나는 EL층(100)과 같은 구조를 갖는 것이 바람직하다. 즉, 도 1의 (A) 및 (B)에서의 발광 소자(150), 및 도 3의 (A) 및 (B)에서의 발광 소자(152)는 각각 하나의 발광 유닛을 포함하고, 발광 소자(250)는 복수의 발광 유닛을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 발광 소자(250)에 대한 이후의 설명에서, 전극(101)은 양극으로서 기능하고 전극(102)은 음극으로서 기능하지만, 발광 소자(250)에서 상기 기능들이 교체되어도 좋다.
- [0371] 도 5의 (A)에 도시된 발광 소자(250)에서는, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108)이 적층되어 있고, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108) 사이에 전하 발생층(115)이 제공되어 있다. 또한, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)은 같은 구조를 가져도 좋고 상이한 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 발광 유닛(106)에 EL층(100)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0372] 발광 소자(250)는 발광층(120) 및 발광층(170)을 포함한다. 발광 유닛(106)은 발광층(170)에 더하여, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(113), 및 전자 주입층(114)을 포함한다. 발광 유닛(108)은 발광층(120)에 더하여, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)을 포함한다.
- [0373] 전하 발생층(115)은, 정공 수송 재료에 전자 수용체인 엑셉터 물질이 첨가된 구조를 가져도 좋고, 전자 수송 재료에 전자 공여체인 도너 물질이 첨가된 구조를 가져도 좋다. 또는, 이들 양쪽의 구조가 적층되어도 좋다.
- [0374] 전하 발생층(115)이 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 경우, 상기 복합 재료에는, 실시형태 1에서 설명한 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 복합 재료를 사용할 수 있다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(올리고머, 텐드리머, 또는 폴리머 등) 등 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 유기 화합물로서는, 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 전자보다 정공을 더 많이 수송하는 성질을 갖는 것이지만 하면, 다른 임의의 재료를 사용하여도 좋다. 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료는 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동 또는 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한, 발광 유닛의 양극 측의 면이 전하 발생층(115)에 접촉하는 경우, 전하 발생층(115)은 상기 발광 유닛의 정공 주입층 또는 정공 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 상기 발광 유닛에 정공 주입층 또는 정공 수송층이 포함되지 않아도 된다. 발광 유닛의 음극 측의 면이 전하 발생층(115)에 접촉하는 경우, 전하 발생층(115)은 상기 발광 유닛의 전자 주입층 또는 전자 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 상기 발광 유닛에 전자 주입층 또는 전자 수송층이 포함되지 않아도 된다.
- [0375] 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)은, 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 전자 공여성 물질들 중에서 선택된 하나의 화합물 및 전자 수송성이 높은 화합물을 포함하는 층의 조합을 사용하여 형성하여도 좋다. 또한, 전하 발생층(115)은, 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 투명 도전막을 포함하는 층의 조합을 사용하여 형성하여도 좋다.
- [0376] 발광 유닛(106)과 발광 유닛(108) 사이에 제공되는 전하 발생층(115)은, 전극(101)과 전극(102) 사이에 전압을 인가한 경우에, 한쪽의 발광 유닛에 전자가 주입되고, 다른 쪽 발광 유닛에 정공이 주입될 수 있지만 하면, 어떤 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 도 5의 (A)에서, 전극(101)의 전위가 전극(102)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가하였을 때, 전하 발생층(115)은 발광 유닛(106)에 전자를 주입하고, 발광 유닛(108)에 정공을 주입한다.
- [0377] 또한, 광 추출 효율의 관점에서, 전하 발생층(115)은 가시광 투광성(구체적으로는, 40% 이상의 가시광 투광성)을 갖는 것이 바람직하다. 전하 발생층(115)은, 한 쌍의 전극(전극(101) 및 102))보다 도전율이 낮더라도 기능한다.
- [0378] 또한, 상술한 재료 중 임의의 것을 사용하여 전하 발생층(115)을 형성함으로써, 발광층의 적층에 의하여 일어나는 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.
- [0379] 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 도 5의 (A)를 참조하여 설명하였지만, 3개 이상의 발광 유닛이 적층된 발광 소자에 비슷한 구조를 적용할 수 있다. 발광 소자(250)에서와 같이, 복수의 발광 유닛이 한 쌍의 전극 사이에서 전하 발생층에 의하여 분할되어 있음으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 휘도가 높은 광을 방출할 수 있고, 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다. 소비전력이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있다.

- [0380] 복수의 유닛 중 적어도 하나에 실시형태 1에서 설명한 구조를 사용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0381] 발광 유닛(106)의 발광층(170)이 실시형태 1에서 설명한 발광층(130) 또는 발광층(135)의 구조를 갖는 경우, 발광 소자(250)의 발광 효율이 적합하게 높아지기 때문에 바람직하다.
- [0382] 발광 유닛(108)에 포함되는 발광층(120)은 도 5의 (B)에 도시된 바와 같은 게스트 재료(121) 및 호스트 재료(122)를 포함한다. 또한, 이하에서는 게스트 재료(121)가 형광 재료인 것으로 하여 설명한다.
- [0383] <<발광층(120)의 발광 기구>>
- [0384] 발광층(120)의 발광 기구에 대하여 이하에서 설명한다.
- [0385] 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 또는 전하 발생층으로부터 주입된 전자 및 정공이 발광층(120)에서 재결합함으로써, 여기자가 형성된다. 호스트 재료(122)의 양은 게스트 재료(121)의 양보다 많기 때문에, 여기자의 생성에 의하여 호스트 재료(122)가 여기 상태가 된다.
- [0386] 또한, "여기자"라는 말은 캐리어(전자 및 정공)쌍을 말한다. 여기자는 에너지를 갖기 때문에, 여기자가 생성된 재료는 여기 상태가 된다.
- [0387] 형성된 호스트 재료(122)의 여기 상태가 단일항 여기 상태인 경우, 호스트 재료(122)의 S1 준위로부터 게스트 재료(121)의 S1 준위로 단일항 여기 에너지가 이동함으로써, 게스트 재료(121)의 단일항 여기 상태가 형성된다.
- [0388] 게스트 재료(121)는 형광 재료이기 때문에, 게스트 재료(121)에서 단일항 여기 상태가 형성될 때, 게스트 재료(121)는 즉시 광을 방출한다. 이 경우, 높은 발광 효율을 얻기 위해서는, 게스트 재료(121)의 형광 양자 수율이 높은 것이 바람직하다. 게스트 재료(121)에서 캐리어의 재결합에 의하여 단일항 여기 상태가 형성되는 경우도 마찬가지로일 수 있다.
- [0389] 다음으로 캐리어의 재결합이 호스트 재료(122)의 삼중항 여기 상태를 형성하는 경우에 대하여 설명한다. 이 경우의 호스트 재료(122)와 게스트 재료(121)의 에너지 준위의 상관관계를 도 5의 (C)에 나타내었다. 이하는 도 5의 (C)에서의 용어 및 부호가 무엇을 나타내는 것인지를 설명한 것이다. 또한, 호스트 재료(122)의 T1 준위가 게스트 재료(121)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하기 때문에, 도 5의 (C)에는 이 바람직한 경우를 나타내었다. 그러나, 호스트 재료(122)의 T1 준위가 게스트 재료(121)의 T1 준위보다 높아도 좋다.
- [0390] Guest(121): 게스트 재료(121)(형광 재료);
- [0391] Host(122): 호스트 재료(122);
- [0392] S_{FG}: 게스트 재료(121)(형광 재료)의 S1 준위;
- [0393] T_{FG}: 게스트 재료(121)(형광 재료)의 T1 준위;
- [0394] S_{FH}: 호스트 재료(122)의 S1 준위; 및
- [0395] T_{FH}: 호스트 재료(122)의 T1 준위.
- [0396] 도 5의 (C)에 도시된 바와 같이, 삼중항-삼중항 소멸(TTA: triplet-triplet annihilation), 즉, 캐리어의 재결합에 의하여 형성된 삼중항 여기자들이 상호 작용하고, 여기 에너지가 이동하고 스핀 각운동량이 교환되고, 결과적으로 삼중항 여기자가 호스트 재료(122)의 S1 준위(S_{FH})의 에너지를 갖는 단일항 여기자로 변환되는 반응이 일어난다(도 5의 (C)에서의 TTA 참조). 호스트 재료(122)의 단일항 여기 에너지가 S_{FH}로부터 S_{FH}보다 에너지가 낮은 게스트 재료(121)의 S1 준위(S_{FG})로 이동하여(도 5의 (C)에서의 Route E₅ 참조), 게스트 재료(121)의 단일항 여기 상태가 형성됨으로써, 게스트 재료(121)가 광을 방출한다.
- [0397] 또한, 발광층(120)에서 삼중항 여기자의 밀도가 충분히 높은 경우(예를 들어, $1 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-3}$ 이상)에는, 단일의 삼중항 여기자의 불활성화를 무시하고, 서로 가까운 2개의 삼중항 여기자의 반응만을 생각할 수 있다.
- [0398] 게스트 재료(121)의 삼중항 여기 상태가 캐리어의 재결합에 의하여 형성되는 경우, 게스트 재료(121)의 삼중항 여기 상태는 열 불활성화되고, 발광에 이용하기 어렵다. 그러나, 호스트 재료(122)의 T1 준위(T_{FH})가 게스트 재

료(121)의 T1 준위(T_{FG})보다 낮은 경우, 게스트 재료(121)의 삼중항 여기 에너지는 게스트 재료(121)의 T1 준위(T_{FG})로부터 호스트 재료(122)의 T1 준위(T_{FH})로 이동(도 5의 (C)에서의 Route E₆ 참조)할 수 있고, 그 후 TTA에 이용된다.

[0399] 바뀌 말하면, 호스트 재료(122)는 TTA에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 이로써 발광층(120)에서 생성된 삼중항 여기 에너지를 부분적으로 호스트 재료(122)에서의 TTA에 의하여 단일항 여기 에너지로 변환할 수 있다. 단일항 여기 에너지는 게스트 재료(121)로 이동하여, 형광으로서 추출할 수 있다. 이를 달성하기 위하여, 호스트 재료(122)의 S1 준위(S_{FH})는 게스트 재료(121)의 S1 준위(S_{FG})보다 높은 것이 바람직하다. 또한, 호스트 재료(122)의 T1 준위(T_{FH})는 게스트 재료(121)의 T1 준위(T_{FG})보다 낮은 것이 바람직하다.

[0400] 또한, 특히 게스트 재료(121)의 T1 준위(T_{FG})가 호스트 재료(122)의 T1 준위(T_{FH})보다 낮은 경우에는 호스트 재료(122)에 대한 게스트 재료(121)의 중량비는 낮은 것이 바람직하다. 구체적으로는, 호스트 재료(122)에 대한 게스트 재료(121)의 중량비를 0보다 크고 0.05 이하로 하면, 게스트 재료(121)에서의 캐리어 재결합의 확률을 저감시킬 수 있으므로 바람직하다. 또한, 호스트 재료(122)의 T1 준위(T_{FH})로부터 게스트 재료(121)의 T1 준위(T_{FG})로의 에너지 이동의 확률을 저감시킬 수 있다.

[0401] 또한, 호스트 재료(122)는 단일의 화합물로 구성되어도 좋고 복수의 화합물로 구성되어도 좋다.

[0402] 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108)이 발광색이 상이한 게스트 재료를 포함하는 경우, 발광층(120)으로부터 방출되는 광은 발광층(170)으로부터 방출되는 광보다 단파장 측에 피크를 갖는 것이 바람직하다. 삼중항 여기 에너지 준위가 높은 재료를 사용한 발광 소자의 휘도는 빨리 열화될 경향이 있다. 파장이 짧은 광을 방출하는 발광층에 TTA를 이용함으로써 휘도의 열화가 적은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0403] <발광 소자의 구조에 2>

[0404] 도 6의 (A)는 발광 소자(252)의 단면 모식도이다.

[0405] 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(252)는 상술한 발광 소자(250)와 같이, 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 복수의 발광 유닛(도 6의 (A)에서는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110))을 포함한다. 발광 유닛들 중 적어도 하나는 EL층(100)과 비슷한 구조를 갖는다. 또한, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110)은 같은 구조를 가져도 좋고 상이한 구조를 가져도 좋다.

[0406] 도 6의 (A)에 도시된 발광 소자(252)에서는, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110)이 적층되어 있고, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110) 사이에 전하 발생층(115)이 제공되어 있다. 예를 들어, 발광 유닛(106)에 EL층(100)을 사용하는 것이 바람직하다.

[0407] 발광 소자(252)는 발광층(140) 및 발광층(170)을 포함한다. 발광 유닛(106)은 발광층(170)에 더하여, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(113), 및 전자 주입층(114)을 포함한다. 발광 유닛(110)은 발광층(140)에 더하여, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)을 포함한다.

[0408] 복수의 유닛 중 적어도 하나에 실시형태 1에서 설명한 구조를 이용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0409] 발광 유닛(110)의 발광층은 인광 재료를 포함하는 것이 바람직하다. 바뀌 말하면, 발광 유닛(110)에 포함되는 발광층(140)은 인광 재료를 포함하고, 발광 유닛(106)에 포함되는 발광층(170)은 실시형태 1에서 설명한 발광층(130) 또는 발광층(135)의 구조를 갖는 것이 바람직하다. 이 경우의 발광 소자(252)의 구조에 대하여 이하에서 설명한다.

[0410] 도 6의 (B)에 도시된 바와 같이, 발광 유닛(110)에 포함되는 발광층(140)은 게스트 재료(141) 및 호스트 재료(142)를 포함한다. 호스트 재료(142)는 유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2)을 포함한다. 이하의 설명에서, 발광층(140)에 포함되는 게스트 재료(141)는 인광 재료인 것으로 한다.

[0411] <<발광층(140)의 발광 기구>>

[0412] 다음으로 발광층(140)의 발광 기구에 대하여 이하에서 설명한다.

- [0413] 발광층(140)에 포함되는 유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2)은 들뜬 복합체를 형성한다.
- [0414] 유기 화합물(142_1)과 유기 화합물(142_2)의 조합이 들뜬 복합체를 형성할 수 있으면 적합하지만, 한쪽이 정공 수송성을 갖는 화합물이고 다른 쪽이 전자 수송성을 갖는 화합물인 것이 바람직하다.
- [0415] 도 6의 (C)는 발광층(140)에서의 유기 화합물(142_1), 유기 화합물(142_2), 및 게스트 재료(141)의 에너지 준위의 상관관계를 나타낸 것이다. 도 6의 (C)에서의 용어 및 부호가 무엇을 나타내는 것인지는 다음과 같다.
- [0416] Guest(141): 게스트 재료(141)(인광 재료);
- [0417] Host(142_1): 유기 화합물(142_1)(호스트 재료);
- [0418] Host(142_2): 유기 화합물(142_2)(호스트 재료);
- [0419] T_{PG} : 게스트 재료(141)(인광 재료)의 T1 준위;
- [0420] S_{PH1} : 유기 화합물(142_1)(호스트 재료)의 S1 준위;
- [0421] T_{PH1} : 유기 화합물(142_1)(호스트 재료)의 T1 준위;
- [0422] S_{PH2} : 유기 화합물(142_2)(호스트 재료)의 S1 준위;
- [0423] T_{PH2} : 유기 화합물(142_2)(호스트 재료)의 T1 준위;
- [0424] S_{PE} : 들뜬 복합체의 S1 준위; 및
- [0425] T_{PE} : 들뜬 복합체의 T1 준위.
- [0426] 유기 화합물(142_1)과 유기 화합물(142_2)은 들뜬 복합체를 형성하고, 들뜬 복합체의 S1 준위(S_{PE})와 T1 준위(T_{PE})는 서로 인접한 에너지 준위이다(도 6의 (C)에서의 Route E₇ 참조).
- [0427] 유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2) 중 한쪽이 정공을 받고 다른 쪽이 전자를 받아 즉시 들뜬 복합체를 형성한다. 또는, 한쪽 유기 화합물이 여기 상태가 되면, 다른 쪽이 상기 한쪽과 즉시 작용하여 들뜬 복합체를 형성한다. 그 결과, 발광층(140)에서의 여기자의 대부분이 들뜬 복합체로서 존재한다. 들뜬 복합체의 여기 에너지 준위(S_{PE} 및 T_{PE})는 들뜬 복합체를 형성하는 호스트 재료(유기 화합물(142_1 및 142_2))의 S1 준위(S_{PH1} 및 S_{PH2})보다 낮기 때문에, 호스트 재료(142)의 여기 상태를 더 낮은 여기 에너지에 의하여 형성할 수 있다. 이에 의하여 발광 소자의 구동 전압을 저감할 수 있다.
- [0428] 그리고, 들뜬 복합체의 S_{PE} 및 T_{PE} 의 에너지 양쪽을 게스트 재료(141)(인광 재료)의 T1 준위로 이동시키면, 발광이 얻어진다(도 6의 (C)의 Route E₈ 및 E₉ 참조).
- [0429] 또한, 들뜬 복합체의 T1 준위(T_{PE})는 게스트 재료(141)의 T1 준위(T_{PG})보다 높은 것이 바람직하다. 이로써, 형성된 들뜬 복합체의 단일항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지를 들뜬 복합체의 S1 준위(S_{PE}) 및 T1 준위(T_{PE})로부터 게스트 재료(141)의 T1 준위(T_{PG})로 이동시킬 수 있다.
- [0430] 또한 여기 에너지를 들뜬 복합체로부터 게스트 재료(141)로 효율적으로 이동시키기 위해서는, 들뜬 복합체의 T1 준위(T_{PE})가 들뜬 복합체를 형성하는 유기 화합물(유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2))의 T1 준위(T_{PH1} 및 T_{PH2}) 이하인 것이 바람직하다. 이로써, 유기 화합물(유기 화합물(142_1 및 142_2))로 인한 들뜬 복합체의 삼중항 여기 에너지의 퀀칭이 일어나기 어려워지고, 결과적으로 들뜬 복합체로부터 게스트 재료(141)로 에너지가 효율적으로 이동한다.
- [0431] 유기 화합물(142_1)과 유기 화합물(142_2)에 의하여 효율적으로 들뜬 복합체를 형성하기 위해서는, 유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2) 중 한쪽의 HOMO 준위가 다른 쪽 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고, 유기 화합물(142_1) 및 유기 화합물(142_2) 중 상기 한쪽의 LUMO 준위가 다른 쪽 유기 화합물의 LUMO 준위보다 높은 것을 만족하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 유기 화합물(142_1)이 정공 수송성을 갖고 유기 화합물(142_2)이 전자 수송성을 가질 때, 유기 화합물(142_1)의 HOMO 준위는 유기 화합물(142_2)의 HOMO 준위보다 높고, 유기 화합물

(142_1)의 LUMO 준위는 유기 화합물(142_2)의 LUMO 준위보다 높은 것이 바람직하다. 또는, 유기 화합물(142_2)이 정공 수송성을 갖고 유기 화합물(142_1)이 전자 수송성을 가질 때, 유기 화합물(142_2)의 HOMO 준위는 유기 화합물(142_1)의 HOMO 준위보다 높고, 유기 화합물(142_2)의 LUMO 준위는 유기 화합물(142_1)의 LUMO 준위보다 높은 것이 바람직하다. 구체적으로, 유기 화합물(142_1)의 HOMO 준위와 유기 화합물(142_2)의 HOMO 준위의 에너지 차이는 바람직하게는 0.05eV 이상, 더 바람직하게는 0.1eV 이상, 더욱 바람직하게는 0.2eV 이상이다. 또는, 유기 화합물(142_1)의 LUMO 준위와 유기 화합물(142_2)의 LUMO 준위의 에너지 차이는 바람직하게는 0.05eV 이상, 더 바람직하게는 0.1eV 이상, 더욱 바람직하게는 0.2eV 이상이다.

[0432] 유기 화합물(142_1 및 142_2)의 조합이 정공 수송성을 갖는 화합물과 전자 수송성을 갖는 화합물의 조합인 경우, 혼합비를 조정함으로써 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 구조에 의하여 캐리어 밸런스를 용이하게 제어할 수 있기 때문에, 캐리어 재결합 영역도 용이하게 제어할 수 있다.

[0433] 또한, 호스트 재료(142)(들뜬 복합체)와 게스트 재료(141)의 분자간 에너지 이동 과정의 기구는, 실시형태 1에 서와 마찬가지로 2개의 기구, 즉 피르스터 기구(쌍극자-쌍극자 상호 작용) 및 텍스터 기구(전자 교환 상호 작용)를 사용하여 설명할 수 있다. 피르스터 기구 및 텍스터 기구에 관해서는 실시형태 1을 참조할 수 있다.

[0434] 호스트 재료(들뜬 복합체)의 단일항 여기 상태에서부터 에너지 역셉터로서 기능하는 게스트 재료(141)의 삼중항 여기 상태로의 에너지 이동을 용이하게 하기 위해서는, 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼이 게스트 재료(141)의 가장 장파장 측(가장 낮은 에너지 측)에 있는 흡수대와 중첩되는 것이 바람직하다. 이로써 게스트 재료(141)의 삼중항 여기 상태의 생성 효율을 높일 수 있다.

[0435] 발광층(140)이 상술한 구조를 가지면, 발광층(140)의 게스트 재료(141)(인광 재료)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0436] 또한 상술한 Route E₇, E₈, 및 E₉을 통한 과정을 본 명세서 등에서 ExTET(exciplex-triplet energy transfer)라고 하여도 좋다. 바꿔 말하면, 발광층(140)에서 여기 에너지가 들뜬 복합체로부터 게스트 재료(141)로 이동한다. 이 경우, T_{PE}로부터 S_{PE}로의 역항간 교차 효율 및 S_{PE}로부터의 발광 양자 수율이 반드시 높지 않아도 되기 때문에, 폭넓은 선택지 중에서 재료를 선택할 수 있다.

[0437] 또한 발광층(170)으로부터 방출되는 광은 발광층(140)으로부터 방출되는 광보다 단파장 측에 피크를 갖는 것이 바람직하다. 짧은 파장의 광을 방출하는 인광 재료를 사용한 발광 소자의 휘도는 빨리 열화될 경향이 있기 때문에, 짧은 파장의 형광을 채용함으로써 휘도의 열화가 적은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0438] 또한, 상술한 각 구조에서, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108) 또는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에 사용되는 게스트 재료의 발광색은 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108) 또는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에 같은 색의 광을 방출하는 같은 게스트 재료를 사용하는 경우, 발광 소자(250) 및 발광 소자(252)는 적은 전류값으로 높은 발광 휘도를 나타낼 수 있기 때문에 바람직하다. 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(108) 또는 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에 상이한 색의 광을 방출하는 게스트 재료를 사용하는 경우, 발광 소자(250) 및 발광 소자(252)는 다색(多色) 발광을 나타낼 수 있기 때문에 바람직하다. 이 경우, 발광층들(120 및 170) 중 한쪽 또는 이들 양쪽, 또는 발광층들(140 및 170) 중 한쪽 또는 이들 양쪽에 발광 파장이 상이한 복수의 발광 재료를 사용함으로써, 발광 피크가 상이한 광이 발광 소자(250) 및 발광 소자(252)로부터의 발광과 합성된다. 즉, 발광 소자(250)의 발광 스펙트럼은 적어도 2개의 최대값을 갖는다.

[0439] 상기 구조는 백색 발광을 얻기 위해서도 적합하다. 발광층(120) 및 발광층(170) 또는 발광층(140) 및 발광층(170)이 보색의 광을 방출하는 경우, 백색 발광을 얻을 수 있다. 특히, 연색성이 높은 백색 발광, 또는 적어도 적색, 녹색, 및 청색의 발광을 얻을 수 있도록 게스트 재료를 선택하는 것이 바람직하다.

[0440] 발광층들(120, 140, 및 170) 중 적어도 하나를 층들로 분할하고, 상기 분할한 층 각각이 상이한 발광 재료를 포함하여도 좋다. 즉, 발광층들(120, 140, 및 170) 중 적어도 하나는 2개 이상의 층으로 이루어져도 좋다. 예를 들어, 제 1 발광층 및 제 2 발광층을 정공 수송층 측으로부터 이 순서대로 적층하여 발광층을 형성하는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 갖는 재료를 호스트 재료로서 사용하여 형성하고, 제 2 발광층은 전자 수송성을 갖는 재료를 호스트 재료로서 사용하여 형성한다. 이 경우, 제 1 발광층에 포함되는 발광 재료는 제 2 발광층에 포함되는 발광 재료와 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 또한, 상기 재료는 같은 색의 광 또는 상이한 색의 광을 방출하는 기능을 가져도 좋다. 상이한 색의 광을 방출하는 복수의 발광 재료를 사용함으로써, 3원색 또는 4

가지 이상의 색으로 이루어지는 연색성이 높은 발광을 얻을 수 있다.

[0441]

<발광층에 사용할 수 있는 재료>

[0442]

다음으로 발광층(120, 140, 및 170)에 사용할 수 있는 재료에 대하여 설명한다.

[0443]

<<발광층(120)에 사용할 수 있는 재료>>

[0444]

발광층(120)에서는 호스트 재료(122)가 중량비로 가장 많이 존재하고, 게스트 재료(121)(형광 재료)는 호스트 재료(122) 내에 분산된다. 호스트 재료(122)의 S1 준위는 게스트 재료(121)(형광 재료)의 S1 준위보다 높은 한편, 호스트 재료(122)의 T1 준위는 게스트 재료(121)(형광 재료)의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다.

[0445]

발광층(120)에서, 게스트 재료(121)는 안트라센 유도체, 테트라센 유도체, 크리센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 페릴렌 유도체, 스틸벤 유도체, 아크리돈 유도체, 쿠마린 유도체, 페녹사진 유도체, 또는 페노싸이아진 유도체 등이 바람직하지만 이들에 한정되지 않고, 예를 들어 다음 재료 중 임의의 재료를 사용할 수 있다.

[0446]

예에는 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*-부틸페닐)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'*-다이페닐스티렌-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), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), *N,N''*-(2-*tert*-부틸안트라센-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*-부틸-5,11-비스(4-*tert*-부틸페닐)-6,12-다이페닐테트라센(약칭: TBRb), Nile Red, 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*-부틸-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]인테노[1,2,3-*cd*:1',2',3'-*lm*]페릴렌이 포함된다.

[0447]

발광층(120)의 호스트 재료(122)로서 사용할 수 있는 재료에 특별한 한정성은 없지만, 다음 재료 중 임의의 재료를 사용할 수 있으며, 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이토)베릴륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 및 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 복합체;

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), 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-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: C011) 등의 복소 고리 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 화합물이 있다. 또한, 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 및 다이벤조[*g,p*]크리센 유도체 등의 축합 다환 방향족 화합물을 들 수 있으며, 구체적인 예로서는 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-안트릴)트라이페닐아민(약칭: DPhPA), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), *N*,9-다이페닐-*N*-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), *N*,9-다이페닐-*N*-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), *N*,9-다이페닐-*N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-9*H*-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-테트라아민(약칭: DBC1), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 3,6-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-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-피렌일)벤젠(약칭: TPB3) 등이다. 이들 물질 및 공지의 물질 중에서, 게스트 재료(121)의 에너지 갭보다 넓은 에너지 갭을 갖는 하나 이상의 물질을 선택하는 것이 바람직하다.

[0448] 발광층(120)은 2층 이상이 적층된 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측으로부터 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.

[0449] 발광층(120)에서, 호스트 재료(122)는 1종류의 화합물 또는 복수의 화합물로 구성되어도 좋다. 또는, 발광층(120)은 호스트 재료(122) 및 게스트 재료(121)에 더하여, 다른 재료를 포함하여도 좋다.

[0450] <<발광층(140)에 사용할 수 있는 재료>>

[0451] 발광층(140)에서는 호스트 재료(142)가 중량비로 가장 많이 존재하고, 게스트 재료(141)(인광 재료)는 호스트 재료(142) 내에 분산된다. 발광층(140)에서의 호스트 재료(142)(유기 화합물(142_1 및 142_2))의 T1 준위는 발광층(140)에서의 게스트 재료(141)의 T1 준위보다 높은 것이 바람직하다.

[0452] 유기 화합물(142_1)의 예에는 아연 또는 알루미늄계 금속 착체, 옥사다리아졸 유도체, 트리아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴녹살린 유도체, 다이벤조퀴녹살린 유도체, 다이벤조싸이오펜 유도체, 다이벤조퓨란 유도체, 피리미딘 유도체, 트리아진 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 및 페난트롤린 유도체가 포함된다. 다른 예에는 방향족 아민 및 카바졸 유도체가 있다. 구체적으로는 실시형태 1에 기재된 전자 수송 재료 및 정공 수송 재료를 사용할 수 있다.

[0453] 유기 화합물(142_2)로서는, 유기 화합물(142_1)과 함께 들뜬 복합체를 형성할 수 있는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 실시형태 1에 기재된 전자 수송 재료 및 정공 수송 재료를 사용할 수 있다. 그 경우, 유기 화합물(142_1)과 유기 화합물(142_2)에 의하여 형성되는 들뜬 복합체의 발광 피크가, 게스트 재료(141)(인광 재료)의 삼중항 MLCT(metal to ligand charge transfer) 전이의 흡수대, 더 구체적으로는 가장 장파장 측의 흡수대와 중첩되도록, 유기 화합물(142_1), 유기 화합물(142_2), 및 게스트 재료(141)(인광 재료)를 선택하는 것이 바람직하다. 이에 의하여, 발광 효율이 극적으로 향상된 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한, 인광 재료 대신에 열활성화 지연 형광 재료를 사용하는 경우, 가장 장파장 측의 흡수대는 단일항 흡수대인 것이 바람직하다.

[0454] 게스트 재료(141)(인광 재료)로서는, 이리듐계, 로듐계, 또는 백금계 유기 금속 착체, 또는 금속 착체를 사용할 수 있고, 특히, 이리듐계 오쏘 금속 착체 등의 유기 이리듐 착체가 바람직하다. 오쏘 금속화한 배위자로서는 4*H*-트리아졸 배위자, 1*H*-트리아졸 배위자, 이미다졸 배위자, 피리딘 배위자, 피리미딘 배위자, 피라진 배위자, 및 아이스퀴놀린 배위자 등을 들 수 있다. 금속 착체로서는, 포르피린 배위자를 갖는 백금 착체 등을 들 수 있다. 구체적으로는, 실시형태 1에 게스트 재료(131)의 예로서 기재된 재료를 사용할 수 있다.

- [0455] 발광층(140)에 포함되는 발광 재료로서는, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료이기만 하면 임의의 재료를 사용할 수 있다. 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료의 예로서는 인광 재료에 더하여, 열 활성화 지연 형광 재료를 들 수 있다. 따라서, 설명에서의 "인광 재료"를 "열활성화 지연 형광 재료"로 바꿔도 좋다.
- [0456] 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료는 역항간 교차에 의하여 삼중항 여기 상태에서부터 단일항 여기 상태를 형성할 수 있는 재료이어도 좋고, 들뜬 복합체를 형성하는 복수의 재료의 조합이어도 좋다.
- [0457] 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료가 1종류의 재료로 형성되는 경우, 구체적으로는 실시형태 1에 기재된 열 활성화 지연 형광 재료 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0458] 열활성화 지연 형광 재료를 호스트 재료로서 사용하는 경우, 들뜬 복합체를 형성하는 2종류의 화합물의 조합을 사용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 상술한 들뜬 복합체를 형성하는 쉽게 전자를 받는 화합물과 쉽게 정공을 받는 화합물의 조합을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0459] <<발광층(170)에 사용할 수 있는 재료>>
- [0460] 발광층(170)에 사용할 수 있는 재료로서는, 실시형태 1의 발광층에 사용할 수 있는 재료를 사용할 수 있고, 이에 의하여 발광 효율이 높은 발광 소자를 형성할 수 있다.
- [0461] 발광층(120, 140, 및 170)에 포함되는 발광 재료의 발광색에 한정은 없으며, 이들은 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 발광 재료로부터 방출된 광은 혼합되고 소자 외부로 추출되기 때문에, 예를 들어 발광색이 보색인 경우, 발광 소자는 백색광을 방출할 수 있다. 발광 소자의 신뢰성을 고려하면, 발광층(120)에 포함되는 발광 재료의 발광 피크의 파장은 발광층(170)에 포함되는 발광 재료보다 짧은 것이 바람직하다.
- [0462] 또한, 발광 유닛(106, 108, 및 110), 및 전하 발생층(115)은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 코팅법, 또는 그라비어 인쇄 등에 의하여 형성할 수 있다.
- [0463] 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0464] (실시형태 3)
- [0465] 본 실시형태에서는 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 것과는 다른 구조를 갖는 발광 소자의 예에 대하여 도 7의 (A) 및 (B), 도 8의 (A) 및 (B), 도 9의 (A) 내지 (C), 그리고 도 10의 (A) 내지 (C)를 참조하여 이하에서 설명한다.
- [0466] <발광 소자의 구조에 1>
- [0467] 도 7의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 각각 도시한 단면도이다. 도 7의 (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.
- [0468] 도 7의 (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.
- [0469] 각 발광 소자(260a 및 260b)가 보텀 이미션 구조를 갖는 경우, 전극(101)은 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 전극(102)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또는, 각 발광 소자(260a 및 260b)가 톱 이미션 구조를 갖는 경우, 전극(101)은 광을 반사하는 기능을 갖는 것이 바람직하고, 전극(102)은 광을 투과시키는 기능을 갖는 것이 바람직하다.
- [0470] 각 발광 소자(260a 및 260b)는 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.
- [0471] 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.

- [0472] 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)을 형성하는 공정에서의 에칭에 의한 패터닝을 용이하게 행할 수 있으므로 바람직하다.
- [0473] 발광 소자(260b)에 있어서 전극(101)은 도전층(101b) 및 도전층(101c) 중 하나를 포함하여도 좋다.
- [0474] 전극(101)에 포함되는 각 도전층(101a, 101b, 및 101c)에는 실시형태 1에 기재된 전극(101 또는 102)의 구조 및 재료를 사용할 수 있다.
- [0475] 도 7의 (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 기관(200) 위에 제공된 전극(101)을 섬형상으로 분할할 수 있다.
- [0476] 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.
- [0477] 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.
- [0478] 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 함유하는 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 함유하는 것이 바람직하다.
- [0479] 발광층(123R, 123G, 및 123B)은 상이한 색의 광을 방출하는 기능을 갖는 발광 재료를 함유하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 발광층(123R)이 적색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 함유하는 경우, 영역(221R)은 적색의 광을 방출한다. 발광층(123G)이 녹색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 함유하는 경우, 영역(221G)은 녹색의 광을 방출한다. 발광층(123B)이 청색을 나타내는 기능을 갖는 발광 재료를 함유하는 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.
- [0480] 발광층(123B), 발광층(123G), 및 발광층(123R) 중 하나 이상이 실시형태 1에 기재된 발광층들(130 및 135)의 구조 중 적어도 하나를 갖는 것이 바람직하다. 이로써 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0481] 발광층들(123B, 123G, 및 123R) 중 하나 이상이, 적층된 2개 이상의 층을 포함하여도 좋다.
- [0482] 적어도 하나의 발광층이 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 발광층을 포함하고, 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.
- [0483] 광이 추출되는 전극의 광 추출 측에 광학 소자(예를 들어, 컬러 필터, 편광판, 및 반사 방지막)를 제공함으로써, 각 발광 소자(260a 및 260b)의 색 순도를 향상시킬 수 있다. 이에 따라, 발광 소자(260a 또는 260b)를 포함하는 표시 장치의 색 순도를 향상시킬 수 있다. 또는, 각 발광 소자(260a 및 260b)에 의한 외광의 반사를 저감할 수 있다. 그러므로, 발광 소자(260a 또는 260b)를 포함하는 표시 장치의 콘트라스트비를 향상시킬 수 있다.
- [0484] 발광 소자(260a 및 260b)의 다른 구성 요소에 대해서는, 실시형태 1 및 실시형태 2의 발광 소자의 구성 요소를 참조할 수 있다.
- [0485] <발광 소자의 구조예 2>
- [0486] 다음으로 도 7의 (A) 및 (B)에 도시된 발광 소자와는 다른 구조예에 대하여 도 8의 (A) 및 (B)를 참조하여 이하

에서 설명한다.

- [0487] 도 8의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 단면도이다. 도 8의 (A) 및 (B)에서, 도 7의 (A) 및 (B)의 부분과 비슷한 기능을 갖는 부분은 도 7의 (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.
- [0488] 도 8의 (A) 및 (B)는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자의 구조예를 도시한 것이다. 도 8의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)는 기판(200)과는 반대의 방향으로 광이 추출되는 톱 이미션 구조를 갖고, 도 8의 (B)에 도시된 발광 소자(262b)는 기판(200) 측으로 광이 추출되는 보텀 이미션 구조를 갖는다. 그러나, 본 발명의 일 형태는 이들 구조에 한정되지 않고, 발광 소자로부터 방출되는 광이, 발광 소자가 형성되는 기판(200)에 대하여 상하 양쪽의 방향으로 추출되는 듀얼 이미션 구조를 가져도 좋다.
- [0489] 각 발광 소자(262a 및 262b)는 기판(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.
- [0490] 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.
- [0491] 도 8의 (A)에 도시된 발광 소자(262a) 및 도 8의 (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 기판(200) 위에 제공된 전극을 섬 형상으로 분리할 수 있다.
- [0492] 전하 발생층(115)은, 정공 수송 재료에 전자 수용체(억셉터)를 첨가하여 얻어지는 재료, 또는 전자 수송 재료에 전자 공여체(도너)를 첨가하여 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 일어날 수 있다. 인접한 화소로부터의 이러한 잘못된 발광을 방지하기 위하여, 전하 발생층(115)을 한 쌍의 전극보다 도전율이 낮은 재료로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0493] 각 발광 소자(262a 및 262b)는 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 기판(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.
- [0494] 각 광학 소자(224B, 224G, 및 224R)는 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.
- [0495] 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, 입사광보다 긴 파장을 갖는 광으로 변환하는 광학 소자이다. 색 변환 소자로서는 퀀텀닷 소자를 적합하게 사용할 수 있다. 퀀텀닷을 사용함으로써 표시 장치의 색재현성을 높일 수 있다.
- [0496] 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.

- [0497] 또한, 도 8의 (A) 및 (B)에서는 광학 소자를 통하여 영역으로부터 방출되는 청색의 광(B), 녹색의 광(G), 및 적색의 광(R)을 파선의 화살표로 모식적으로 나타내었다.
- [0498] 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.
- [0499] 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 함유하는 수지, 카본 블랙, 금속 산화물, 또는 복수의 금속 산화물의 고용체를 함유하는 복합 산화물 등을 사용할 수 있다.
- [0500] 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.
- [0501] 기관(200), 그리고 광학 소자가 제공되는 기관(220)의 구조에 대해서는 실시형태 1을 참조할 수 있다.
- [0502] 또한, 발광 소자(262a 및 262b)는 마이크로캐비티 구조를 갖는다.
- [0503] <<마이크로캐비티 구조>>
- [0504] 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.
- [0505] 각 발광 소자(262a 및 262b)에서 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 하나 또는 전자 주입층(119) 및 전자 수송층(118) 중 적어도 하나의 두께를 영역들간에서 상이하게 하여 발광층(170 및 190)으로부터 방출되는 광을 강화시켜도 좋다.
- [0506] 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 λ_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 $m_g \lambda_G / 2$ (m_g 는 자연수이고 λ_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 λ_R 는 영역(222R)에서 강화되는 광의 파장임)가 되도록 한다.
- [0507] 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) 및 발광층(190)으로부터 방출되는 광의 강도를 높이기 위한 광로의 길이를 도출하여도 좋다.
- [0508] 상술한 식으로, 각 영역에서의 한 쌍의 전극 사이의 광로의 길이를 조정하는 마이크로캐비티 구조에 의하여, 전극 부근에서의 광의 산란 및 흡수를 억제할 수 있고, 이에 따라 광 추출 효율이 높아진다.
- [0509] 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 공정에서의 에칭에 의한 패터닝을 용이하게 행할 수 있으므로 바람직하다. 각 도전층(101b, 103b, 및 104b)은 2층 이상의 적층 구조를 가져도 좋다.

- [0510] 도 8의 (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.
- [0511] 도 8의 (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.
- [0512] 각 발광 소자(262a 및 262b)에 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, 각 도전층(101a, 103a, 및 104a)은 2개 이상의 층을 포함하는 적층 구조를 가져도 좋다.
- [0513] 발광 소자(262a 및 262b)에 포함되는 발광층(170 및 190) 중 적어도 하나에 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 구조 중 적어도 하나를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 발광 소자의 발광 효율을 높일 수 있다.
- [0514] 발광층들(170 및 190) 중 한쪽 또는 양쪽 모두는 예를 들어 발광층(190a 및 190b)과 같이 2개의 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 상이한 색의 광을 방출하기 위하여 2종류의 발광 재료(제 1 화합물 및 제 2 화합물)를 2개의 발광층에 사용하여, 복수의 색의 광을 동시에 얻을 수 있다. 발광층(170 및 190)으로부터의 발광을 조합하여 백색의 광이 얻어질 수 있도록, 발광층의 발광 재료를 선택하는 것이 특히 바람직하다.
- [0515] 발광층들(170 및 190) 중 한쪽 또는 양쪽 모두는, 3층 이상으로 이루어지는 적층 구조를 가져도 좋고, 발광 재료를 포함하지 않는 층을 포함하여도 좋다.
- [0516] 상술한 식으로, 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 구조 중 적어도 하나를 갖는 발광층을 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.
- [0517] 발광 소자(262a 및 262b)의 다른 구성 요소에 대해서는, 발광 소자(260a 또는 260b), 또는 실시형태 1 및 실시형태 2의 발광 소자의 구성 요소를 참조할 수 있다.
- [0518] <발광 소자의 제작 방법>
- [0519] 다음으로 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법에 대하여 도 9의 (A) 내지 (C) 및 도 10의 (A) 내지 (C)를 참조하여 이하에서 설명한다. 여기서는 도 8의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)의 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0520] 도 9의 (A) 내지 (C) 및 도 10의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작 방법을 도시한 단면도이다.
- [0521] 이하에서 설명하는 발광 소자(262a)의 제작 방법은 제 1 내지 제 7 단계를 포함한다.
- [0522] <<제 1 단계>>
- [0523] 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 9의 (A) 참조).
- [0524] 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.
- [0525] 또한 제 1 단계 전에, 기판(200) 위에 복수의 트랜지스터를 형성하여도 좋다. 복수의 트랜지스터는 도전층(101a, 103a, 및 104a)에 전기적으로 접속되어도 좋다.
- [0526] <<제 2 단계>>
- [0527] 제 2 단계에서는, 전극(101)의 도전층(101a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 투명 도전층(101b)을 형성하고, 전극(103)의 도전층(103a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 투명 도전층(103b)을 형성하고, 전극(104)의 도전

층(104a) 위에 광을 투과시키는 기능을 갖는 투명 도전층(104b)을 형성한다(도 9의 (B) 참조).

- [0528] 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.
- [0529] 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 마이 크로캐비티 구조가 실현되는 두께로 형성할 수 있다.
- [0530] <<제 3 단계>>
- [0531] 제 3 단계에서는, 발광 소자의 전극들의 단부를 덮는 격벽(145)을 형성한다(도 9의 (C) 참조).
- [0532] 격벽(145)은 전극과 중첩되는 개구를 포함한다. 개구에 의하여 노출된 도전막은 발광 소자의 양극으로서 기능 한다. 본 실시형태에서는 격벽(145)으로서 폴리이미드계 수지를 사용한다.
- [0533] 제 1 내지 제 3 단계에서는, EL층(유기 화합물을 함유하는 층)을 손상시킬 가능성이 없기 때문에 다양한 막 형 성 방법 및 미세 기계 가공 기술을 채용할 수 있다. 본 실시형태에서는, 스퍼터링법에 의하여 반사성 도전층을 형성하고, 리소그래피법에 의하여 도전층 위에 패턴을 형성한 다음, 건식 에칭법 또는 습식 에칭법에 의하여 도 전층을 섬 형상으로 가공함으로써, 전극(101)의 도전층(101a), 전극(103)의 도전층(103a), 및 전극(104)의 도전 층(104a)을 형성한다. 그리고, 스퍼터링법에 의하여 투명 도전막을 형성하고, 리소그래피법에 의하여 투명 도 전막 위에 패턴을 형성한 다음, 습식 에칭법에 의하여 투명 도전막을 섬 형상으로 가공함으로써, 전극(101, 103, 및 104)을 형성한다.
- [0534] <<제 4 단계>>
- [0535] 제 4 단계에서는, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(190), 전자 수송층(113), 전자 주입층(114), 및 전하 발생층(115)을 형성한다(도 10의 (A) 참조).
- [0536] 정공 주입층(111)은 정공 수송 재료 및 엑셉터 물질을 함유하는 재료를 공중착함으로써 형성할 수 있다. 또한, 공중착법이란, 상이한 복수의 물질을 각각 상이한 증발원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다. 정공 수송층 (112)은 정공 수송 재료를 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0537] 발광층(190)은 보라색, 청색, 청록색, 녹색, 황록색, 황색, 주황색, 및 적색 중에서 선택된 적어도 하나의 색의 광을 방출하는 게스트 재료를 증착시킴으로써 형성할 수 있다. 게스트 재료로서는, 형광성 또는 인광성의 유기 화합물을 사용할 수 있다. 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조를 채용하는 것이 바람직하다. 발광층(190)은 2층 구조를 가져도 좋다. 이러한 경우, 2개의 발광층의 각각은 다른 색의 광을 방출하는 발광 재료를 함유하는 것이 바람직하다.
- [0538] 전자 수송층(113)은 전자 수송성이 높은 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다. 전자 주입층(114)은 전자 주입 성이 높은 물질을 증착함으로써 형성할 수 있다.
- [0539] 전하 발생층(115)은, 정공 수송 재료에 전자 수용체(엑셉터)를 첨가하여 얻어지는 재료, 또는 전자 수송 재료에 전자 공여체(도너)를 첨가하여 얻어지는 재료로 형성될 수 있다.
- [0540] <<제 5 단계>>
- [0541] 제 5 단계에서는, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 발광층(170), 전자 수송층(118), 전자 주입층(119), 및 전극(102)을 형성한다(도 10의 (B) 참조).
- [0542] 정공 주입층(116)은 정공 주입층(111)과 비슷한 재료 및 방법을 사용하여 형성할 수 있다. 정공 수송층(117)은 정공 수송층(112)과 비슷한 재료 및 방법을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0543] 발광층(170)은 보라색, 청색, 청록색, 녹색, 황록색, 황색, 주황색, 및 적색 중에서 선택된 적어도 하나의 색의 광을 방출하는 게스트 재료를 증착시킴으로써 형성할 수 있다. 게스트 재료로서는, 형광성 또는 인광성의 유기 화합물을 사용할 수 있다. 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재된 발광층의 구조를 채용하는 것이 바람직하다. 또한, 발광층(170) 및 발광층(190) 중 적어도 하나는 실시형태 1에 기재된 발광층의 구조를 갖는 것이 바람직하 다. 발광층(170) 및 발광층(190)은 다른 색의 광을 나타내는 발광성 유기 화합물을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0544] 전자 수송층(118)은 전자 수송층(113)과 비슷한 재료 및 방법을 사용하여 형성할 수 있다. 전자 주입층(119)은

전자 주입층(114)과 비슷한 재료 및 방법을 사용하여 형성할 수 있다.

- [0545] 전극(102)은 반사성 도전막과 투광성 도전막을 적층함으로써 형성할 수 있다. 전극(102)은 단층 구조 또는 적층 구조를 가져도 좋다.
- [0546] 상술한 공정을 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.
- [0547] <<제 6 단계>>
- [0548] 제 6 단계에서는, 기판(220) 위에 차광층(223), 광학 소자(224B), 광학 소자(224G), 및 광학 소자(224R)를 형성한다(도 10의 (C) 참조).
- [0549] 차광층(223)으로서는, 흑색 안료를 함유하는 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 함유하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다. 광학 소자(224G)로서는, 녹색 안료를 함유하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다. 광학 소자(224R)로서는, 적색 안료를 함유하는 수지막을 원하는 영역에 형성한다.
- [0550] <<제 7 단계>>
- [0551] 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).
- [0552] 상술한 공정을 거쳐 도 8의 (A)에 도시된 발광 소자(262a)를 형성할 수 있다.
- [0553] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조들 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0554] (실시형태 4)
- [0555] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 표시 장치에 대하여 도 11의 (A) 및 (B), 도 12의 (A) 및 (B), 도 13, 도 14의 (A) 및 (B), 도 15의 (A) 및 (B), 도 16, 도 17의 (A) 및 (B), 도 18, 그리고 도 19의 (A) 및 (B)를 참조하여 이하에서 설명하기로 한다.
- [0556] <표시 장치의 구조에 1>
- [0557] 도 11의 (A)는 표시 장치(600)를 도시한 상면도이고, 도 11의 (B)는 도 11의 (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 소자로부터의 발광을 제어하는 기능을 갖는다.
- [0558] 표시 장치(600)는 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 실란트(605), 실란트(605)로 둘러싸인 영역(607), 리드 배선(608), 및 FPC(609)도 포함한다.
- [0559] 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 인쇄 배선판(PWB: printed wiring board)이 제공되어 있어도 좋다.
- [0560] 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.
- [0561] 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.
- [0562] 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 μ m 내지 3 μ m)을 갖는 곡면을 갖는 것이 바람직하다. 격벽(614)으로서는, 네거티브형 감광성 수지

또는 포지티브형 감광성 수지를 사용할 수 있다.

- [0563] 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 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 이들 트랜지스터에는 n채널 및 p채널 트랜지스터를 사용하여도 좋고, n채널 트랜지스터 및 p채널 트랜지스터 중 어느 한쪽을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 트랜지스터에 사용되는 반도체막의 결정성에 특별한 한정은 없다. 예를 들어, 비정질 반도체막 또는 결정성 반도체막을 사용하여도 좋다. 반도체 재료의 예에는 제 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))이 포함된다.
- [0564] 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.
- [0565] 또한, EL층(616)은 증착 마스크를 이용한 증착법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법 등의 다양한 방법에 의하여 형성된다. EL층(616)에 포함되는 다른 재료로서는 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머 또는 덴드리머를 포함함)을 사용하여도 좋다.
- [0566] 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 구조 중 임의의 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.
- [0567] 실란트(605)로 밀봉 기관(604)과 소자 기관(610)을 서로 접합하면, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실란트(605)로 둘러싸인 영역(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 영역(607)에는 충전재가 충전되어 있다. 영역(607)에는 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등)가 충전되거나, 또는 실란트(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 기관에 오목부를 제공하고, 오목부에 건조제를 제공하면 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있으므로 바람직하다.
- [0568] 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.
- [0569] 실란트(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.
- [0570] 상술한 바와 같이 하여, 실시 형태 1 내지 실시 형태 3에 기재된 임의의 발광 소자 및 광학 소자를 포함하는 표시 장치를 얻을 수 있다.
- [0571] <표시 장치의 구조에 2>
- [0572] 다음으로 표시 장치의 또 다른 예에 대하여 도 12의 (A) 및 (B) 그리고 도 13을 참조하여 설명한다. 또한 도 12의 (A) 및 (B) 그리고 도 13의 각각은 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 단면도이다.
- [0573] 도 12의 (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 실란트(1032) 등이 도시되어 있다.
- [0574] 도 12의 (A)에서는 광학 소자의 예로서, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(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(103

6)으로 덮여 있다. 도 12의 (A)의 구조에서는, 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광이 착색층을 투과하므로 3색의 화소를 사용하여 화상을 표시할 수 있다.

[0575] 도 12의 (B)는 광학 소자의 예로서 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))을 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공하는 예를 도시한 것이다. 이 구조에서와 같이 착색층은 기판(1001)과 밀봉 기판(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0576] 도 13은 광학 소자의 예로서 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))을 제 1 층간 절연막(1020)과 제 2 층간 절연막(1021) 사이에 제공하는 예를 도시한 것이다. 이 구조에서와 같이 착색층은 기판(1001)과 밀봉 기판(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0577] 상술한 표시 장치는 트랜지스터가 형성되어 있는 기판(1001) 측으로부터 광을 추출하는 구조(보텀 이미션 구조)를 갖지만, 밀봉 기판(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조(탑 이미션 구조)를 가져도 좋다.

[0578] <표시 장치의 구조에 3>

[0579] 도 14의 (A) 및 (B)의 각각은 탑 이미션 구조를 갖는 표시 장치의 단면도의 예이다. 또한, 도 14의 (A) 및 (B)의 각각은 본 발명의 일 형태의 표시 장치를 도시한 단면도이고, 도 12의 (A) 및 (B) 그리고 도 13에 도시된 구동 회로부(1041) 및 주변부(1042) 등은 도시되어 있지 않다.

[0580] 이 경우, 기판(1001)으로서는 광을 투과시키지 않는 기판을 사용할 수 있다. 트랜지스터와 발광 소자의 양극을 접속하는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은, 보텀 이미션 구조를 갖는 표시 장치와 비슷한 식으로 행한다. 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.

[0581] 여기서는 발광 소자의 하부 전극들(1024R, 1024G, 및 1024B)의 각각이 양극으로서 기능하지만, 음극으로서 기능하여도 좋다. 또한, 도 14의 (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.

[0582] 도 14의 (A)에 도시된 바와 같은 탑 이미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공되어 있는 밀봉 기판(1031)으로 밀봉을 행할 수 있다. 밀봉 기판(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 차광층(1035)을 제공하여도 좋다. 또한, 밀봉 기판(1031)으로서는 투광성 기판이 바람직하게 사용된다.

[0583] 도 14의 (A)는 발광 소자들 및 상기 발광 소자들을 위한 착색층들을 제공하는 구조를 예시한 것이지만, 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 14의 (B)에 나타난 바와 같이, 적색 착색층(1034R) 및 청색 착색층(1034B)을 포함하고 녹색 착색층을 포함하지 않는 구조를 채용하여, 적색, 녹색, 및 청색의 3색으로 풀컬러 표시를 구현하여도 좋다. 발광 소자들에 착색층들을 제공하는 도 14의 (A)에 도시된 바와 같은 구조는, 외광 반사를 억제하는 데 효과적이다. 한편, 발광 소자에 적색 착색층 및 청색 착색층을 제공하고 녹색 착색층이 없는 도 14의 (B)에 도시된 바와 같은 구조는, 녹색의 발광 소자로부터 방출되는 광의 에너지 손실이 적기 때문에 소비전력을 저감하는 데 효과적이다.

[0584] <표시 장치의 구조에 4>

[0585] 위에서는 3색(적색, 녹색, 및 청색)의 부화소를 포함하는 표시 장치에 대하여 설명하였지만, 부화소의 색의 수는 4개(적색, 녹색, 청색, 및 황색, 또는 적색, 녹색, 청색, 및 백색)이어도 좋다. 도 15의 (A) 및 (B), 도 16, 그리고 도 17의 (A) 및 (B)는 하부 전극(1024R, 1024G, 1024B, 및 1024Y)을 각각 포함하는 표시 장치들의 구조를 도시한 것이다. 도 15의 (A) 및 (B) 그리고 도 16의 각각은 트랜지스터가 형성되어 있는 기판(1001) 측으로부터 광을 추출하는 구조(보텀 이미션 구조)를 갖는 표시 장치를 도시한 것이고, 도 17의 (A) 및 (B)의 각각은 밀봉 기판(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조(탑 이미션 구조)를 갖는 표시 장치를 도시한 것이다.

[0586] 도 15의 (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 15의 (B)는 광학 소자(착색층(1034R), 착색층(1034G), 착색층(1034B), 및 착색층(1034Y))가 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공되

어 있는 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 16은 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.

[0587] 착색층(1034R)은 적색 광을 투과시키고, 착색층(1034G)은 녹색 광을 투과시키고, 착색층(1034B)은 청색 광을 투과시킨다. 착색층(1034Y)은 황색 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)으로부터 방출되는 광은 백색 광이어도 좋다. 황색 또는 백색 광을 투과시키는 발광 소자는 발광 효율이 높기 때문에, 착색층(1034Y)을 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.

[0588] 도 17의 (A) 및 (B)에 도시된 톱 이미션 표시 장치에서는, 하부 전극(1024Y)을 포함하는 발광 소자가 도 14의 (A)에 도시된 표시 장치와 같이, 하부 전극(1024Y)과 상부 전극(1026) 사이에 마이크로캐비티 구조를 갖는 것이 바람직하다. 도 17의 (A)에 도시된 표시 장치에서는, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B), 및 황색 착색층(1034Y))이 제공되어 있는 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 행할 수 있다.

[0589] 마이크로캐비티 및 황색 착색층(1034Y)을 통하여 방출되는 광은 황색의 영역에 발광 스펙트럼을 갖는다. 황색은 시감도가 높은 색이기 때문에, 황색 광을 방출하는 발광 소자는 발광 효율이 높다. 그러므로, 도 17의 (A)의 표시 장치는 소비전력을 저감할 수 있다.

[0590] 도 17의 (A)는 발광 소자들 및 상기 발광 소자들을 위한 착색층들을 제공하는 구조를 예시한 것이지만, 구조는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 17의 (B)에 나타난 바와 같이, 적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B)을 포함하고 황색 착색층을 포함하지 않는 구조를 채용하여, 적색, 녹색, 청색, 및 황색, 또는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4색으로 풀컬러 표시를 구현하여도 좋다. 발광 소자들에 착색층들을 제공하는 도 17의 (A)에 도시된 바와 같은 구조는, 외광 반사를 억제하는 데 효과적이다. 한편, 발광 소자에 적색 착색층, 녹색 착색층, 및 청색 착색층을 제공하고 황색 착색층이 없는 도 17의 (B)에 도시된 바와 같은 구조는, 황색 또는 백색의 발광 소자로부터 방출되는 광의 에너지 손실이 적기 때문에 소비전력을 저감하는 데 효과적이다.

[0591] <표시 장치의 구조에 5>

[0592] 다음으로 본 발명의 다른 일 형태의 표시 장치에 대하여 도 18을 참조하여 설명한다. 도 18은 도 11의 (A)의 일점쇄선 A-B 및 일점쇄선 C-D를 따라 취한 단면도이다. 또한, 도 18에서 도 11의 (B)의 부분과 비슷한 기능을 갖는 부분에는 도 11의 (B)와 같은 부호를 부여하고, 그 부분에 대한 자세한 설명은 생략한다.

[0593] 도 18의 표시 장치(600)는 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실란트(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, 반드시 실란트(605)를 제공할 필요는 없다.

[0594] 또는, 밀봉층(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 등의 불순물이 표시 장치 내부에 있는 발광 소자(618)에 들어가는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 수지와 무기 재료를 적층하는 것이 바람직하다.

[0595] <표시 장치의 구조에 6>

[0596] 본 실시형태의 구조에 1 내지 구조에 4의 표시 장치의 각각은 광학 소자를 포함하는 구조를 갖지만, 본 발명의 일 형태는 반드시 광학 소자를 포함할 필요는 없다.

[0597] 도 19의 (A) 및 (B)의 각각은 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광을 추출하는 구조를 갖는 표시 장치(톱 이미션 표시 장치)를 도시한 것이다. 도 19의 (A)는 발광층(1028R), 발광층(1028G), 및 발광층(1028B)을 포함하는 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 19의 (B)는 발광층(1028R), 발광층(1028G), 발광층(1028B), 및 발광층(1028Y)을 포함하는 표시 장치의 예를 도시한 것이다.

- [0598] 발광층(1028R)은 적색 광을 나타내는 기능을 갖고, 발광층(1028G)은 녹색 광을 나타내는 기능을 갖고, 발광층(1028B)은 청색 광을 나타내는 기능을 갖는다. 발광층(1028Y)은 황색 광을 나타내는 기능을 갖거나, 또는 청색, 녹색, 및 적색 중에서 선택되는 복수의 색의 광을 나타내는 기능을 갖는다. 발광층(1028Y)은 백색 광을 나타내어도 좋다. 황색 또는 백색 광을 나타내는 발광 소자는 발광 효율이 높기 때문에 발광층(1028Y)을 포함하는 표시 장치는 소비전력이 저감될 수 있다.
- [0599] 도 19의 (A) 및 (B)의 각 표시 장치는, 상이한 색의 광을 나타내는 EL층이 부화소에 포함되기 때문에, 반드시 광학 소자로서 기능하는 착색층을 포함할 필요는 없다.
- [0600] 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.
- [0601] 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 등 불순물이 표시 장치 내부에 들어가는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 밀봉층이 다층 구조를 갖는 경우, 수지와 무기 재료를 적층하는 것이 바람직하다.
- [0602] 또한, 밀봉 기판(1031)은 발광 소자를 보호하는 기능을 갖는다. 그러므로, 밀봉 기판(1031)에는 플렉시블 기판 또는 필름을 사용할 수 있다.
- [0603] 본 실시형태에 기재된 구조는 본 실시형태 및 다른 실시형태의 다른 구조 중 임의의 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0604] (실시형태 5)
- [0605] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 장치에 대하여 도 20의 (A) 및 (B), 도 21의 (A) 및 (B), 그리고 도 22 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0606] 도 20의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치를 도시한 블록도이고, 도 20의 (B)는 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치의 화소 회로를 도시한 회로도이다.
- [0607] <표시 장치의 설명>
- [0608] 도 20의 (A)에 도시된 표시 장치는, 표시 소자의 화소들을 포함하는 영역(이하, 이 영역을 화소부(802)라고 함), 화소부(802) 외측에 제공되며 화소들을 구동시키기 위한 회로를 포함하는 회로부(이하, 이 부분을 구동 회로부(804)라고 함), 소자를 보호하는 기능을 갖는 회로(이하, 이 회로를 보호 회로(806)라고 함), 및 단자부(807)를 포함한다. 또한, 보호 회로(806)를 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0609] 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를, 화소부(802)가 형성되는 기판 위에 형성하는 것이 바람직하고, 이 경우 부품 수와 단자 수를 줄일 수 있다. 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를, 화소부(802)가 형성되는 기판 위에 형성하지 않는 경우, 구동 회로부(804)의 일부 또는 전체를 COG 또는 TAB(tape automated bonding)에 의하여 실장할 수 있다.
- [0610] 화소부(802)는, X 행(X 는 2 이상의 자연수) Y 열(Y 는 2 이상의 자연수)로 배치된 표시 소자들을 구동시키기 위한 복수의 회로(이하, 이러한 회로들을 화소 회로들(801)이라고 함)를 포함한다. 구동 회로부(804)는, 화소를 선택하기 위하여 신호(주사 신호)를 공급하기 위한 회로(이하, 이 회로를 주사선 구동 회로(804a)라고 함) 및 화소의 표시 소자를 구동시키기 위하여 신호(데이터 신호)를 공급하기 위한 회로(이하, 이 회로를 신호선 구동 회로(804b)라고 함) 등의 구동 회로를 포함한다.
- [0611] 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 배선(이하, 이러한 배선을 주사선(GL₁ 내지 GL _{X})이라고 함)의 전위를 제어하는 기능을 갖는다. 또한, 주사선(GL₁ 내지 GL _{X})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.

- [0612] 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(화상 신호)를 받는다. 신호선 구동 회로(804b)는, 화소 회로(801)에 기록될, 화상 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 배선(이후, 이러한 배선을 데이터 라인(DL₁ 내지 DL_{*Y*})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.
- [0613] 신호선 구동 회로(804b)는 예를 들어, 복수의 아날로그 스위치 등을 포함한다. 신호선 구동 회로(804b)는, 복수의 아날로그 스위치를 순차적으로 온으로 함으로써, 화상 신호를 시분할하여 얻어지는 신호를, 데이터 신호로서 출력할 수 있다. 신호선 구동 회로(804b)는 시프트 레지스터 등을 포함하여도 좋다.
- [0614] 주사 신호를 공급받는 복수의 주사선(GL) 중 하나 및 데이터 신호를 공급받는 복수의 데이터 라인(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*열째(*m*은 *X* 이하의 자연수이고, *n*은 *Y* 이하의 자연수임)의 화소 회로(801)에는, 주사선(GL_{*m*})을 통하여 주사선 구동 회로(804a)로부터 펄스 신호가 입력되고, 주사선(GL_{*m*})의 전위에 따라 데이터 라인(DL_{*n*})을 통하여 신호선 구동 회로(804b)로부터 데이터 신호가 입력된다.
- [0615] 도 20의 (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 데이터 라인(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 화상 신호를 입력하기 위한 단자를 갖는 부분을 의미한다.
- [0616] 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.
- [0617] 도 20의 (A)에 도시된 바와 같이, 화소부(802) 및 구동 회로부(804)에 보호 회로(806)를 접속함으로써, 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.
- [0618] 도 20의 (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, 별도로 준비된, 신호선 구동 회로가 형성된 기관(예를 들어, 단결정 반도체막 또는 다결정 반도체막으로 형성된 구동 회로 기관)을 실장하여도 좋다.
- [0619] <화소 회로의 구조예>
- [0620] 도 20의 (A)에서의 복수의 화소 회로(801)의 각각은 예를 들어 도 20의 (B)에 도시된 구조를 가질 수 있다.
- [0621] 도 20의 (B)에 도시된 화소 회로(801)는, 트랜지스터(852 및 854), 용량 소자(862), 및 발광 소자(872)를 포함한다.
- [0622] 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 한쪽은, 데이터 신호를 공급받는 배선(데이터 라인(DL_{*n*}))에 전기적으로 접속된다. 트랜지스터(852)의 게이트 전극은, 게이트 신호를 공급받는 배선(주사선(GL_{*m*}))에 전기적으로 접속된다.
- [0623] 트랜지스터(852)는 데이터 신호를 기록할지 여부를 제어하는 기능을 갖는다.
- [0624] 용량 소자(862)의 한 쌍의 전극 중 한쪽은 전위가 공급되는 배선(이후, 전위 공급선(VL_a)이라고 함)에 전기적으로 접속되고, 다른 쪽은 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.

- [0625] 용량 소자(862)는 기록된 데이터를 저장하기 위한 유지 용량으로서 기능한다.
- [0626] 트랜지스터(854)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 한쪽은 전위 공급선(VL_a)에 전기적으로 접속된다. 또한, 트랜지스터(854)의 게이트 전극은 트랜지스터(852)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.
- [0627] 발광 소자(872)의 양극 및 음극 중 한쪽은 전위 공급선(VL_b)에 전기적으로 접속되고, 다른 쪽은 트랜지스터(854)의 소스 전극 및 드레인 전극 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다.
- [0628] 발광 소자(872)로서는, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 기재된 발광 소자들 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0629] 또한, 전위 공급선(VL_a) 및 전위 공급선(VL_b) 중 한쪽에는 고전원 전위(VDD)가 공급되고, 다른 쪽에는 저전원 전위(VSS)가 공급된다.
- [0630] 도 20의 (B)의 화소 회로(801)를 포함하는 표시 장치에서는 예를 들어, 도 20의 (A)의 주사선 구동 회로(804a)에 의하여 행마다 순차적으로 화소 회로(801)를 선택함으로써, 트랜지스터(852)를 온으로 하고 데이터 신호를 기록한다.
- [0631] 트랜지스터(852)가 오프가 되면, 데이터가 기록된 화소 회로(801)는 유지 상태가 된다. 또한, 트랜지스터(854)의 소스 전극과 드레인 전극 사이에 흐르는 전류량은, 기록된 데이터 신호의 전위에 따라 제어된다. 발광 소자(872)는 흐르는 전류량에 대응하는 휘도로 광을 방출한다. 이 동작을 행마다 순차적으로 행함으로써, 화상이 표시된다.
- [0632] 또는, 화소 회로는 트랜지스터의 문턱 전압 등의 변동을 보정하는 기능을 가질 수 있다. 도 21의 (A) 및 (B) 그리고 도 22의 (A) 및 (B)는 화소 회로의 예를 도시한 것이다.
- [0633] 도 21의 (A)에 도시된 화소 회로는 6개의 트랜지스터(트랜지스터(303₁ 내지 303₆)), 용량 소자(304), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 21의 (A)에 도시된 화소 회로는 배선(301₁ 내지 301₅) 및 배선(302₁ 및 302₂)에 전기적으로 접속되어 있다. 또한, 트랜지스터(303₁ 내지 303₆)로서는 예를 들어 p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0634] 도 21의 (B)에 나타난 화소 회로는 도 21의 (A)에 나타난 화소 회로에 트랜지스터(303₇)를 추가한 구성을 갖는다. 도 21의 (B)에 도시된 화소 회로는 배선(301₆ 및 301₇)에 전기적으로 접속되어 있다. 배선들(301₅ 및 301₆)은 서로 전기적으로 접속되어 있어도 좋다. 또한, 트랜지스터(303₇)로서는 예를 들어 p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0635] 도 22의 (A)에 나타난 화소 회로는 6개의 트랜지스터(트랜지스터(308₁ 내지 308₆)), 용량 소자(304), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 22의 (A)에 도시된 화소 회로는 배선(306₁ 내지 306₃) 및 배선(307₁ 내지 307₃)에 전기적으로 접속되어 있다. 배선(306₁ 및 306₃)은 서로 전기적으로 접속되어 있어도 좋다. 또한, 트랜지스터(308₁ 내지 308₆)로서는 예를 들어 p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0636] 도 22의 (B)에 도시된 화소 회로는 2개의 트랜지스터(트랜지스터(309₁ 및 309₂)), 2개의 용량 소자(용량 소자(304₁ 및 304₂)), 및 발광 소자(305)를 포함한다. 도 22의 (B)에 도시된 화소 회로는 배선(311₁ 내지 311₃) 및 배선(312₁ 및 312₂)에 전기적으로 접속되어 있다. 도 22의 (B)에 도시된 화소 회로의 구성에 의하여, 화소 회로를 전압 입력 전류 구동 방식(CVCC라고도 함)에 의하여 구동시킬 수 있다. 또한, 트랜지스터(309₁ 및 309₂)로서는 예를 들어 p채널 트랜지스터를 사용할 수 있다.
- [0637] 본 발명의 일 형태의 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.
- [0638] 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.
- [0639] 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 향상

시킬 수 있어, 예를 들어 소비전력을 저감할 수 있거나 또는 고휘도화를 달성할 수 있다.

[0640] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[0641] (실시형태 6)

[0642] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 장치, 및 상기 표시 장치에 입력 장치가 제공된 전자 기기에 대하여 도 23의 (A) 및 (B), 도 24의 (A) 내지 (C), 도 25의 (A) 및 (B), 도 26의 (A) 및 (B), 그리고 도 27을 참조하여 설명한다.

[0643] <터치 패널의 설명 1>

[0644] 본 실시형태에서는 전자 기기의 예로서 표시 장치와 입력 장치를 포함하는 터치 패널(2000)에 대하여 설명한다. 또한, 입력 장치로서 터치 센서를 포함하는 예에 대하여 설명한다.

[0645] 도 23의 (A) 및 (B)는 터치 패널(2000)의 사시도이다. 또한, 간략화를 위하여 도 23의 (A) 및 (B)는 터치 패널(2000)의 주된 구성 요소만을 도시하고 있다.

[0646] 터치 패널(2000)은 표시 장치(2501) 및 터치 센서(2595)를 포함한다(도 23의 (B) 참조). 또한, 터치 패널(2000)은 기판(2510), 기판(2570), 및 기판(2590)을 포함한다. 기판(2510), 기판(2570), 및 기판(2590)의 각각은 가요성을 갖는다. 또한, 기판들(2510, 2570, 및 2590) 중 하나 또는 모두가 가요성을 갖지 않아도 된다.

[0647] 표시 장치(2501)는 기판(2510) 위의 복수의 화소, 및 화소들에 신호를 공급하는 복수의 배선(2511)을 포함한다. 복수의 배선(2511)은 기판(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.

[0648] 기판(2590)은 터치 센서(2595), 및 터치 센서(2595)에 전기적으로 접속된 복수의 배선(2598)을 포함한다. 복수의 배선(2598)은 기판(2590)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2598)의 일부는 단자를 형성한다. 단자는 FPC(2509(2))에 전기적으로 접속된다. 또한, 도 23의 (B)에서는 명료화를 위하여, 기판(2590)의 후면 측(기판(2510)과 마주 보는 쪽)에 제공되는 터치 센서(2595)의 전극 및 배선 등을 실선으로 나타내었다.

[0649] 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.

[0650] 투영형 정전 용량 터치 센서의 예로서는, 주로 구동 방법에 차이가 있는 자기 용량 터치 센서와 상호 용량 터치 센서가 있다. 상호 용량형을 사용하면, 여러 지점을 동시에 검지할 수 있게 되므로 바람직하다.

[0651] 또한, 도 23의 (B)에 도시된 터치 센서(2595)는 투영형 정전 용량 터치 센서를 사용한 예이다.

[0652] 또한, 터치 센서(2595)로서는, 손가락 등 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있는 다양한 센서를 사용할 수 있다.

[0653] 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.

[0654] 전극들(2592)의 각각은 도 23의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같이, 사변형의 한 모서리가 다른 사변형의 한 모서리에 연결되어 있는, 복수의 사변형이 하나의 방향으로 배열된 형상을 갖는다.

[0655] 전극들(2591)의 각각은 사변형의 형상을 갖고, 전극(2592)이 연장되는 방향과 교차되는 방향으로 배열된다.

[0656] 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 휘도 편차를 저감할 수 있다.

[0657] 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.

- [0658] <표시 장치의 설명>
- [0659] 다음으로 표시 장치(2501)에 대하여 도 24의 (A)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 24의 (A)는 도 23의 (B)의 일점쇄선 X1-X2를 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0660] 표시 장치(2501)는 매트릭스로 배열된 복수의 화소를 포함한다. 화소들의 각각은 표시 소자와, 표시 소자를 구동하는 화소 회로를 포함한다.
- [0661] 이하의 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.
- [0662] 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.
- [0663] 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.
- [0664] 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 등의 실록산 결합을 갖는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.
- [0665] 기관(2510)과 기관(2570) 사이에는 밀봉층(2560)이 제공된다. 밀봉층(2560)은 대기보다 높은 굴절률을 갖는 것이 바람직하다. 도 24의 (A)에 도시된 바와 같이, 광이 밀봉층(2560) 측으로 추출되는 경우에는 밀봉층(2560)은 광학 접착층으로도 기능할 수 있다.
- [0666] 밀봉층(2560)의 외주부에 실란트를 형성하여도 좋다. 실란트를 사용함으로써, 기관(2510), 기관(2570), 밀봉층(2560), 및 실란트로 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. 실란트로서는 에폭시계 수지 또는 유리 프리트(glass frit)를 사용하는 것이 바람직하다. 실란트에 사용하는 재료로서는 수분 및 산소를 투과시키지 않는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0667] 표시 장치(2501)는 화소(2502R)를 포함한다. 화소(2502R)는 발광 모듈(2580R)을 포함한다.
- [0668] 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.
- [0669] 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.
- [0670] 하부 전극과 상부 전극 사이에 마이크로캐비티 구조를 채용하여 특정한 파장의 광의 강도를 높여도 좋다.
- [0671] 밀봉층(2560)이 광 추출 측에 제공되는 경우, 밀봉층(2560)은 발광 소자(2550R) 및 착색층(2567R)과 접촉된다.
- [0672] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩되는 영역에 위치한다. 따라서, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광의 일부는 착색층(2567R)을 통과하여 도면에서 화살표로 나타낸 바와 같이 발광 모듈(2580R)의 외부로 방출된다.
- [0673] 표시 장치(2501)는 광 추출 측에 차광층(2567BM)을 포함한다. 차광층(2567BM)은 착색층(2567R)을 둘러싸도록 제공되어 있다.
- [0674] 착색층(2567R)은 특정 파장 영역의 광을 투과시키는 기능을 갖는 착색층이다. 예를 들어, 적색 파장 영역의 광

을 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.

[0675] 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.

[0676] 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.

[0677] 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.

[0678] 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.

[0679] 또한, 표시 장치(2501)에는 다양한 구조 중 임의의 것의 트랜지스터를 사용할 수 있다. 도 24의 (A)는 보텀 게이트 트랜지스터를 사용하는 예를 도시한 것이지만 본 발명은 이 예에 한정되지 않고, 도 24의 (B)에 도시된 바와 같이 톱 게이트 트랜지스터를 표시 장치(2501)에 사용하여도 좋다.

[0680] 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 제 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.

[0681] <터치 센서의 설명>

[0682] 다음으로 터치 센서(2595)에 대하여 도 24의 (C)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 24의 (C)는 도 23의 (B)의 일점쇄선 X3-X4를 따라 취한 단면도에 상당한다.

[0683] 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 서로 전기적으로 접속시키는 배선(2594)을 포함한다.

[0684] 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 함유하는 막을 환원하여 형성할 수 있다. 환원 방법으로서, 가열 등의 방법을 채용할 수 있다.

[0685] 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.

[0686] 절연층(2593)의 재료의 예에는, 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지, 실리콘 등의 실록산 결합을 갖는 수지, 및 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 또는 산화 알루미늄 등의 무기 절연 재료가 있다.

[0687] 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 높은 도전성

을 갖는 재료를 적합하게 사용할 수 있다.

- [0688] 하나의 전극(2592)이 한 방향으로 연장되고, 복수의 전극(2592)이 스트라이프 형상으로 제공된다. 배선(2594)은 전극(2592)과 교차한다.
- [0689] 인접한 전극들(2591)이 하나의 전극(2592)을 사이에 개재하여 제공된다. 배선(2594)은 인접한 전극들(2591)을 전기적으로 접속시킨다.
- [0690] 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.
- [0691] 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 함유하는 합금 재료를 사용할 수 있다.
- [0692] 또한, 절연층(2593) 및 배선(2594)을 덮는 절연층을 제공하여 터치 센서(2595)를 보호하여도 좋다.
- [0693] 배선(2598)과 FPC(2509(2))는 접속층(2599)에 의하여 전기적으로 접속된다.
- [0694] 접속층(2599)으로서는, 이방성 도전 필름(ACF: anisotropic conductive film) 또는 이방성 도전 페이스트(ACP: anisotropic conductive paste) 등 중 임의의 것을 사용할 수 있다.
- [0695] <터치 패널의 설명 2>
- [0696] 다음으로 터치 패널(2000)에 대하여 도 25의 (A)를 참조하여 자세하게 설명한다. 도 25의 (A)는 도 23의 (A)의 일점쇄선 X5-X6을 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0697] 도 25의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)에서는, 도 24의 (A)를 참조하여 설명한 표시 장치(2501)와 도 24의 (C)를 참조하여 설명한 터치 센서(2595)가 서로 접합되어 있다.
- [0698] 도 25의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)은 도 24의 (A) 및 (C)를 참조하여 설명한 구성 요소에 더하여 접착층(2597) 및 반사 방지층(2567p)을 포함한다.
- [0699] 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.
- [0700] 반사 방지층(2567p)은 화소와 중첩되는 영역에 배치된다. 반사 방지층(2567p)으로서는, 예를 들어 원편광판을 사용할 수 있다.
- [0701] 다음으로, 도 25의 (A)에 도시된 구조와 다른 구조를 갖는 터치 패널에 대하여 도 25의 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0702] 도 25의 (B)는 터치 패널(2001)의 단면도이다. 도 25의 (B)에 도시된 터치 패널(2001)은 표시 장치(2501)에 대한 터치 센서(2595)의 위치가, 도 25의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)과 다르다. 이하에서는 상이한 부분에 대하여 자세하게 설명하고, 그 외의 비슷한 부분에 대해서는 상술한 터치 패널(2000)의 설명을 참조한다.
- [0703] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩되는 영역에 배치된다. 도 25의 (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 25의 (B)에서 화살표로 나타낸 바와 같이 발광 모듈(2580R)의 외부로 방출된다.
- [0704] 터치 센서(2595)는 표시 장치(2501)의 기관(2510) 측에 제공된다.
- [0705] 접착층(2597)은 기관(2510)과 기관(2590) 사이에 제공되며, 터치 센서(2595)를 표시 장치(2501)에 접합시킨다.
- [0706] 도 25의 (A) 또는 (B)에 도시된 바와 같이, 광은 발광 소자로부터 기관(2510) 및 기관(2570) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 방출되어도 좋다.
- [0707] <터치 패널의 구동 방법의 설명>
- [0708] 다음으로, 터치 패널의 구동 방법의 예에 대하여 도 26의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.

- [0709] 도 26의 (A)는 상호 용량 터치 센서의 구조를 도시한 블록도이다. 도 26의 (A)에는 펄스 전압 출력 회로(2601) 및 전류 검지 회로(2602)를 도시하였다. 또한, 도 26의 (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 26의 (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.
- [0710] 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)(상호 용량)에서 변화가 일어난다. 이 변화를 이용하여, 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0711] 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.
- [0712] 도 26의 (B)는 도 26의 (A)에 도시된 상호 용량 터치 센서에서의 입출력 파형을 나타낸 타이밍 차트이다. 도 26의 (B)에서는 1프레임 기간에 모든 행렬에서 검지 대상의 검지가 행해진다. 도 26의 (B)는 검지 대상이 검지되지 않는 기간(비(非)터치) 및 검지 대상이 검지되는 기간(터치)을 나타낸 것이다. 도 26의 (B)에서, 검지된 배선(Y1 내지 Y6)의 전류 값은 전압 값의 파형으로서 나타내었다.
- [0713] 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 균일하게 변화된다. 검지 대상이 근접 또는 접촉되는 부분에서는 전류 값이 감소되기 때문에 전압 값의 파형이 변화된다.
- [0714] 이런 식으로 상호 용량의 변화를 검출함으로써 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0715] <센서 회로의 설명>
- [0716] 도 26의 (A)에는 터치 센서로서 배선들의 교차부에 용량 소자(2603)만을 제공한 패시브 매트릭스형 터치 센서를 도시하였지만 트랜지스터 및 용량 소자를 포함하는 액티브 매트릭스형 터치 센서를 사용하여도 좋다. 도 27은 액티브 매트릭스형 터치 센서에 포함되는 센서 회로의 예를 도시한 것이다.
- [0717] 도 27의 센서 회로는 용량 소자(2603) 및 트랜지스터(2611, 2612, 및 2613)를 포함한다.
- [0718] 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.
- [0719] 다음으로, 도 27의 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.
- [0720] 그리고, 손가락 등 검지 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 용량 소자(2603)의 상호 용량이 변화됨에 따라 노드(n)의 전위가 VRES에서 변화된다.
- [0721] 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.
- [0722] 각 트랜지스터(2611, 2612, 및 2613)에는 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.

[0723] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[0724] (실시형태 7)

[0725] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 모듈 및 전자 기기에 대하여 도 28, 도 29의 (A) 내지 (G), 도 30의 (A) 내지 (F), 도 31의 (A) 내지 (D), 그리고 도 32의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.

[0726] <표시 모듈>

[0727] 도 28의 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 기관(8010), 및 배터리(8011)가 제공되어 있다.

[0728] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 예를 들어, 표시 장치(8006)에 사용될 수 있다.

[0729] 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.

[0730] 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.

[0731] 프레임(8009)은 표시 장치(8006)를 보호하고, 또한 인쇄 기관(8010)의 동작에 의하여 발생하는 전자기파를 차단하기 위한 전자기 실드로도 기능한다. 프레임(8009)은 방열판(radiator plate)으로서 기능하여도 좋다.

[0732] 인쇄 기관(8010)은 전원 회로와, 비디오 신호 및 클럭 신호를 출력하기 위한 신호 처리 회로를 가진다. 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.

[0733] 표시 모듈(8000)에, 편광판, 위상차판, 또는 프리즘 시트 등의 부재를 추가적으로 제공할 수 있다.

[0734] <전자 기기>

[0735] 도 29의 (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, 기온기, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정 또는 감지하는 기능을 가지는 센서), 및 마이크 로폰(9008) 등을 포함할 수 있다. 또한, 센서(9007)는 맥박 센서 및 지문 센서와 같이 생체 정보를 측정하는 기능을 가져도 좋다.

[0736] 도 29의 (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 29의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기에 제공될 수 있는 기능은 상술한 것에 한정되지 않고, 전자 기기는 다양한 기능을 가질 수 있다. 도 29의 (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.

[0737] 도 29의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기에 대하여 이하에서 자세히 설명한다.

[0738] 도 29의 (A)는 휴대 정보 단말기(9100)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9100)의 표시부(9001)는 플렉시블하다. 따라서, 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 행할 수 있다. 예를 들어, 표시부(9001)에 표시된 아이콘을 터치하여 애플리케이션을 기동할 수 있다.

- [0739] 도 29의 (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. 구체적으로는, 휴대 정보 단말기는 스마트폰으로서 사용할 수 있다. 또한, 도 29의 (B)에 도시되지 않은 스피커(9003), 접속 단자(9006), 및 센서(9007) 등을, 도 29의 (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 전파 등의 수신된 신호의 강도를 가리키는 표시가 포함된다. 정보(9051)가 표시되는 위치에, 정보(9051) 대신에 조작 버튼(9050) 등을 표시하여도 좋다.
- [0740] 하우징(9000)의 재료로서는, 합금, 플라스틱, 세라믹, 또는 탄소 섬유를 포함하는 재료를 사용할 수 있다. 탄소 섬유를 포함하는 재료로서, CFRP(carbon fiber reinforced plastic)는 경량이며 부식하지 않는다는 이점이 있다; 그러나, 흑색이기 때문에, 하우징의 외관 및 디자인이 제한된다. CFRP를 강화된 플라스틱의 일종으로 간주할 수 있고, 유리 섬유 또는 아라미드 섬유를 사용하여도 좋다. 강한 충격에 의하여 섬유가 수지로부터 분리될 수 있기 때문에, 합금이 바람직하다. 합금으로서, 알루미늄 합금 및 마그네슘 합금을 들 수 있다. 지르코늄, 구리, 니켈, 및 타이타늄을 포함하는 비정질 합금(금속 유리라고도 함)의 탄성 강도는 특히 높다. 이 비정질 합금은 실온에서 유리 전이 영역을 가지고, 벌크 응고 비정질 합금이라고도 하고 실질적으로 비정질 원자 구조를 가진다. 응고 주조법에 의하여, 적어도 하우징의 일부의 주형(鑄型) 내에 합금 재료를 부어 넣고 응고 시킴으로써, 하우징의 일부가 벌크 응고 비정질 합금으로 형성된다. 비정질 합금은 지르코늄, 구리, 니켈, 및 타이타늄에 더하여, 베릴륨, 실리콘, 나이오븀, 붕소, 갈륨, 몰리브데넘, 텅스텐, 망가니즈, 철, 코발트, 이트륨, 바나듐, 인, 또는 탄소 등을 포함하여도 좋다. 비정질 합금을 응고 주조법 대신에, 진공 증착법, 스퍼터링법, 전기 도금법, 또는 무전해 도금법에 의하여 형성하여도 좋다. 비정질 합금은 전체로서 장거리 질서(주기 구조)가 없는 상태를 유지하기만 하면, 미결정 또는 나노 결정을 포함하여도 좋다. 또한, 합금이라는 용어는 단일 고체상 구조를 가지는 완전 고용체 합금, 및 2개 이상의 상을 가지는 부분 용액 양쪽을 포함한다. 비정질 합금을 사용하는 하우징(9000)은 높은 탄성 강도를 가질 수 있다. 휴대 정보 단말기(9101)가 낙하하고 그 충격으로 일시적으로 변형되더라도, 하우징(9000)에 비정질 합금을 사용함으로써 원래의 형상으로 되돌아갈 수 있다; 그러므로, 휴대 정보 단말기(9101)의 충격에 대한 저항을 향상시킬 수 있다.
- [0741] 도 29의 (C)는 휴대 정보 단말기(9102)의 사시도이다. 휴대 정보 단말기(9102)는 표시부(9001)의 3개 이상의 면에 정보를 표시하는 기능을 가진다. 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. 그러므로 사용자는, 휴대 정보 단말기(9102)를 포켓에서 꺼내지 않고 표시를 보고, 전화를 받을지 여부를 결정할 수 있다.
- [0742] 도 29의 (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 행할 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 행하여도 좋다.
- [0743] 도 29의 (E), (F), 및 (G)는 폴더블 휴대 정보 단말기(9201)의 사시도이다. 도 29의 (E)는 펼친 휴대 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다. 도 29의 (F)는 펼치고 있는 중 또는 접고 있는 중의 휴대 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다. 도 29의 (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.

- [0744] 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), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 및 파친코기 등의 대형 게임기가 있다.
- [0745] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기는 이차 전지를 포함하여도 좋다. 이차 전지는 비접촉 전력 전송에 의하여 충전될 수 있는 것이 바람직하다.
- [0746] 이차 전지의 예에는 젤 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.
- [0747] 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.
- [0748] 도 30의 (A)는 하우징(7101), 하우징(7102), 표시부(7103 및 7104), 마이크론(7105), 스피커(7106), 조작 키(7107), 및 스타일러스(7108) 등을 포함하는 휴대 게임기를 도시한 것이다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치가 표시부(7103 또는 7104)로서 사용되면 품질이 열화되기 어려우며 사용하기 쉬운 휴대 게임기를 제공할 수 있다. 도 30의 (A)에 도시된 휴대 게임기는 표시부(7103) 및 표시부(7104)의 2개의 표시부를 포함하지만, 휴대 게임기에 포함되는 표시부의 개수는 2개에 한정되지 않는다.
- [0749] 도 30의 (B)는 하우징(7701), 하우징(7702), 표시부(7703), 조작 키(7704), 렌즈(7705), 및 연결부(7706) 등을 포함하는 비디오 카메라를 도시한 것이다. 조작 키(7704) 및 렌즈(7705)는 하우징(7701)에 제공되고, 표시부(7703)는 하우징(7702)에 제공된다. 하우징(7701)과 하우징(7702)은 연결부(7706)로 서로 접속되고, 하우징(7701)과 하우징(7702) 사이의 각도는 연결부(7706)에 의하여 변경될 수 있다. 표시부(7703)에 표시되는 화상을 하우징(7701)과 하우징(7702) 사이의 연결부(7706)의 각도에 따라 전환하여도 좋다.
- [0750] 도 30의 (C)는 하우징(7121), 표시부(7122), 키보드(7123), 및 포인팅 디바이스(7124) 등을 포함하는 노트북형 퍼스널 컴퓨터를 도시한 것이다. 또한, 표시부(7122)는 소형 또는 주형이지만 화소 밀도 및 해상도가 매우 높기 때문에, 8k를 표시할 수 있어 매우 선명한 화상을 얻을 수 있다.
- [0751] 도 30의 (D)는 헤드 마운티드 디스플레이(7200)의 외관도이다.
- [0752] 헤드 마운티드 디스플레이(7200)는 장착부(7201), 렌즈(7202), 본체(7203), 표시부(7204), 및 케이블(7205) 등을 포함한다. 장착부(7201)는 배터리(7206)를 포함한다.
- [0753] 케이블(7205)을 통하여 배터리(7206)로부터 본체(7203)에 전력을 공급한다. 본체(7203)는 무선 수신기 등을 포함하여 화상 데이터 등의 영상 정보를 수신하고 그것을 표시부(7204)에 표시한다. 본체(7203)의 카메라에 의하여 사용자의 눈알 및 눈꺼풀의 움직임을 파악하고 나서, 그 파악한 데이터를 사용하여 사용자가 보고 있는 시점의 좌표를 산출하여 사용자의 시점을 입력 수단으로서 이용한다.
- [0754] 장착부(7201)는 사용자와 접촉하도록 복수의 전극을 포함하여도 좋다. 본체(7203)는 사용자의 눈알의 움직임에 따라 전극을 흐르는 전류를 검지함으로써 사용자의 눈의 방향을 인식하여도 좋다. 본체(7203)는 상기 전극을 흐르는 전류를 검지함으로써 사용자의 맥박을 모니터링하여도 좋다. 장착부(7201)는 사용자의 생체 정보를 표시부(7204)에 표시할 수 있도록, 온도 센서, 압력 센서, 또는 가속도 센서 등의 센서를 포함하여도 좋다. 본체(7203)는 사용자의 머리 등의 움직임을 검지하여 사용자의 머리의 움직임 등에 동기시켜서 표시부(7204)에 표시하는 화상을 움직여도 좋다.
- [0755] 도 30의 (E)는 카메라(7300)의 외관도이다. 카메라(7300)는 하우징(7301), 표시부(7302), 조작 버튼(7303), 셔터 버튼(7304), 및 결합부(7305) 등을 포함한다. 카메라(7300)에는 렌즈(7306)를 장착할 수 있다.
- [0756] 결합부(7305)는 스트로보 장치 또는 아래에서 설명하는 파인더(7400) 등을 접속하는 전극을 포함한다.
- [0757] 여기서는 카메라(7300)의 렌즈(7306)는 교환을 위하여 하우징(7301)으로부터 떼어낼 수 있지만 렌즈(7306)는 하우징(7301)에 포함되어도 좋다.
- [0758] 셔터 버튼(7304)을 터치하여 화상을 찍을 수 있다. 또한 터치 센서를 포함하는 표시부(7302)를 조작함으로써

화상을 찍을 수 있다.

- [0759] 표시부(7302)에는, 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치, 또는 터치 센서를 사용할 수 있다.
- [0760] 도 30의 (F)는 파인더(7400)가 접속된 카메라(7300)를 나타낸 것이다.
- [0761] 파인더(7400)는 하우징(7401), 표시부(7402), 및 버튼(7403)을 포함한다.
- [0762] 하우징(7401)은 카메라(7300)의 결합부(7305)와 연결하기 위한 결합부를 포함하여, 파인더(7400)를 카메라(7300)에 접속할 수 있다. 상기 결합부는 전극을 포함하고 전극을 통하여 카메라(7300)로부터 수신한 화상 등을 표시부(7402)에 표시할 수 있다.
- [0763] 버튼(7403)은 전원 버튼으로서의 기능을 가지고, 버튼(7403)으로 표시부(7402)를 온 및 오프로 할 수 있다.
- [0764] 도 30의 (E) 및 (F)에서는 카메라(7300)와 파인더(7400)는 분리되어 있고 탈착 가능한 전자 기기이지만, 카메라(7300)의 하우징(7301)은 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치, 또는 터치 센서를 가지는 파인더를 포함하여도 좋다.
- [0765] 도 31의 (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.
- [0766] 도 31의 (A)에 도시된 텔레비전 장치(9300)는 하우징(9000)의 조작 스위치 또는 별체의 리모컨(9311)으로 조작될 수 있다. 표시부(9001)는 터치 센서를 포함하여도 좋다. 텔레비전 장치(9300)는 손가락 등으로 표시부(9001)를 터치함으로써 조작될 수 있다. 리모컨(9311)에는 상기 리모컨(9311)으로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부가 제공되어 있어도 좋다. 리모컨(9311)의 조작 키 또는 터치 패널에 의하여, 채널 또는 음량을 제어할 수 있고, 표시부(9001)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다.
- [0767] 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 행할 수 있다.
- [0768] 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기 또는 조명 장치는 가요성을 가지기 때문에, 집 또는 빌딩의 내벽/외벽의 곡면, 또는 자동차의 내장/외장의 곡면을 따라 제공될 수 있다.
- [0769] 도 31의 (B)는 자동차(9700)의 외관도이다. 도 31의 (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 31의 (C)에 도시된 표시부(9710 내지 9715)에 본 발명의 일 형태에 따른 표시 장치 또는 발광 장치 등을 사용할 수 있다.
- [0770] 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 가지는 트랜지스터를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0771] 표시부(9712)는 필러 부분에 제공된 표시 장치이다. 예를 들어, 차체에 제공된 활상 수단에 의하여 취득된 화상을 표시부(9712)에 표시함으로써, 필러 부분에 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, 대시보드에 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 용이하게 또한 편하게 안전을 확인할 수 있다.
- [0772] 도 31의 (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, 도어에 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.

- [0773] 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.
- [0774] 도 32의 (A) 및 (B)에 도시된 표시 장치(9500)는 복수의 표시 패널(9501), 힌지(9511), 및 베어링(9512)을 포함한다. 복수의 표시 패널(9501)의 각각은 표시 영역(9502) 및 광 투과 영역(9503)을 포함한다.
- [0775] 복수의 표시 패널(9501)의 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 가지는 표시 장치를 얻을 수 있다. 이 표시 장치는 용도에 따라 표시 패널(9501)을 말 수 있기 때문에 범용성이 높다.
- [0776] 또한, 도 32의 (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.
- [0777] 본 실시형태에 기재된 전자 기기들의 각각은 어떤 종류의 데이터를 표시하기 위한 표시부를 포함한다. 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는, 표시부를 가지지 않는 전자 기기에도 사용될 수 있다. 본 실시형태에 기재된 전자 기기의 표시부가 플렉시블하고, 구부러진 표시면에 표시를 행할 수 있는 구조, 또는 전자 기기의 표시부가 폴더블인 구조를 예시하였지만, 구조는 이에 한정되지 않고, 전자 기기의 표시부가 플렉시블하지 않고 평면부에 표시를 행하는 구조를 채용하여도 좋다.
- [0778] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 임의의 실시형태에 기재된 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0779] (실시형태 8)
- [0780] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대하여 도 33의 (A) 내지 (C) 및 도 34의 (A) 내지 (D)를 참조하여 설명한다.
- [0781] 도 33의 (A)는 본 실시형태에 나타난 발광 장치(3000)의 사시도이고, 도 33의 (B)는 도 33의 (A)의 일점쇄선 E-F를 따라 취한 단면도이다. 또한, 도 33의 (A)에서는 도면의 복잡함을 피하기 위하여 구성 요소의 일부를 파선으로 표시하였다.
- [0782] 도 33의 (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.
- [0783] 광은 발광 소자(3005)로부터 기관(3001) 및 기관(3003) 중 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 방출된다. 도 33의 (A) 및 (B)에는 발광 소자(3005)로부터 광이 아래쪽(기관(3001) 측)으로 방출되는 구조를 도시하였다.
- [0784] 도 33의 (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 가진다. 이중 밀봉 구조에 의하여, 외부로부터 발광 소자(3005)에 불순물(예를 들어, 물 및 산소 등)이 들어가는 것을 바람직하게 억제할 수 있다. 또한, 반드시 제 1 밀봉 영역(3007) 및 제 2 밀봉 영역(3009)의 양쪽 모두를 제공할 필요는 없다. 예를 들어, 제 1 밀봉 영역(3007)만을 제공하여도 좋다.
- [0785] 또한, 도 33의 (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.
- [0786] 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.
- [0787] 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.

[0788] 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 로튬, 산화 철, 산화 구리, 이산화 망가니즈, 산화 몰리브데넘, 산화 나ियो븀, 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.

[0789] 상술한 유리 프리트로서는, 예를 들어 기관에 프리트 페이스트를 도포하고, 가열 처리 또는 레이저 광 조사 등을 행한다. 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.

[0790] 상술한 수지를 포함하는 재료로서는, 예를 들어 폴리에스터, 폴리올레핀, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론, 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트, 아크릴 수지, 폴리우레탄, 또는 에폭시 수지를 사용할 수 있다. 또는, 실리콘(silicone) 등의 실록산 결합을 가지는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.

[0791] 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 기관(3001)과 가까운 열 팽창률을 가지는 것이 바람직하다. 상술한 구조에 의하여 열응력으로 인하여 유리를 포함하는 재료 또는 기관(3001)에 크랙이 생기는 것을 억제할 수 있다.

[0792] 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.

[0793] 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 등에 의한 변형이 커진다. 그러므로, 발광 장치(3000)를 더 큰 변형이 생기는 발광 장치(3000)의 외주부, 즉 제 2 밀봉 영역(3009)에 수지를 포함하는 재료를 사용하여 밀봉하고, 제 2 밀봉 영역(3009)보다 내측에 제공되는 제 1 밀봉 영역(3007)에 유리를 포함하는 재료를 사용하여 발광 장치(3000)를 밀봉함으로써, 외력 등으로 인한 변형이 생겨도 발광 장치(3000)는 손상되기 어려워진다.

[0794] 또한, 도 33의 (B)에 도시된 바와 같이 제 1 영역(3011)은 기관(3001), 기관(3003), 제 1 밀봉 영역(3007), 및 제 2 밀봉 영역(3009)으로 둘러싸인 영역에 상당한다. 제 2 영역(3013)은 기관(3001), 기관(3003), 발광 소자(3005), 및 제 1 밀봉 영역(3007)으로 둘러싸인 영역에 상당한다.

[0795] 제 1 영역(3011) 및 제 2 영역(3013)은 예를 들어, 희가스 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.

[0796] 도 33의 (C)는 도 33의 (B)의 구조의 변형예를 도시한 것이다. 도 33의 (C)는 발광 장치(3000)의 변형예를 도시한 단면도이다.

[0797] 도 33의 (C)는 기관(3003)의 일부에 제공된 오목부에 건조제(3018)를 제공하는 구조를 도시한 것이다. 그 외의 구성 요소는 도 33의 (B)에 도시된 구조와 같다.

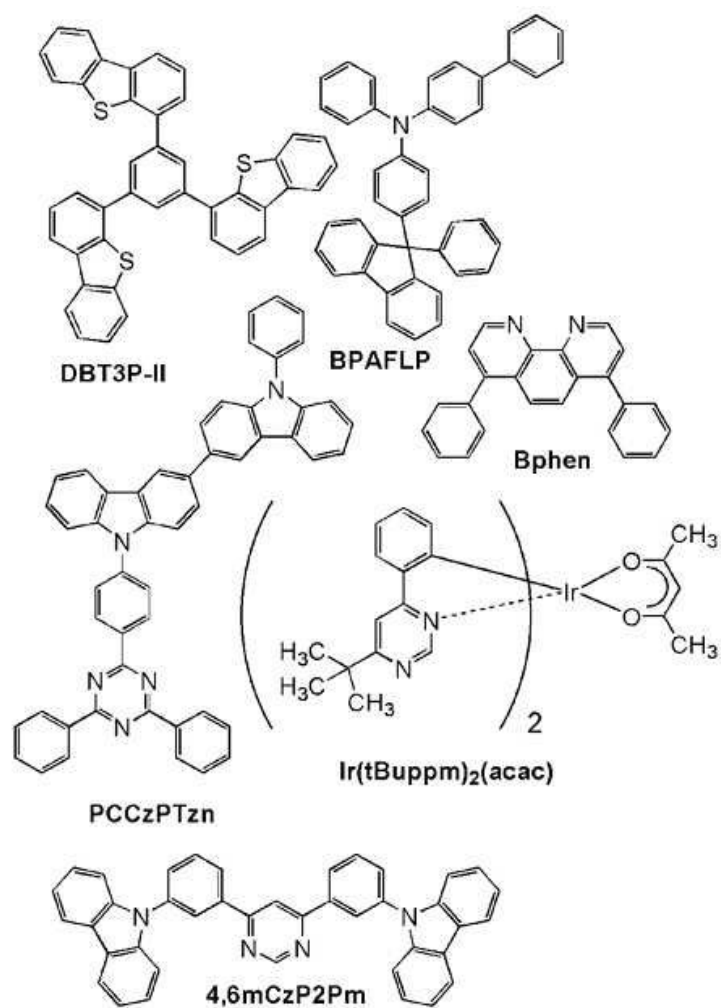
[0798] 건조제(3018)로서는, 화학 흡착에 의하여 수분 등을 흡착하는 물질 또는 물리 흡착에 의하여 수분 등을 흡착하는 물질을 사용할 수 있다. 건조제(3018)로서 사용할 수 있는 물질의 예에는 알칼리 금속 산화물, 알칼리 토금속 산화물(예를 들어, 산화 칼슘 및 산화 바륨 등), 황산염, 금속 할로젠화물, 과염소산염, 제올라이트, 및 실리카 겔 등이 포함된다.

[0799] 다음에, 도 33의 (B)에 도시된 발광 장치(3000)의 변형예에 대하여 도 34의 (A) 내지 (D)를 참조하여 설명한다.

또한, 도 34의 (A) 내지 (D)는 도 33의 (B)에 도시된 발광 장치(3000)의 변형예를 도시한 단면도이다.

- [0800] 도 34의 (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 34의 (A) 내지 (D)에 도시된 발광 장치들의 각각에서는, 도 33의 (B)에 도시된 제 2 영역(3013) 대신에 영역(3014)이 제공되어 있다.
- [0801] 영역(3014)에는, 예를 들어 폴리에스터, 폴리올레핀, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론, 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트, 아크릴 수지, 폴리우레탄, 또는 에폭시 수지를 사용할 수 있다. 또는, 실리콘(silicone) 등의 실록산 결합을 가지는 수지를 포함하는 재료를 사용할 수 있다.
- [0802] 영역(3014)에 상술한 재료를 사용하면, 소위 고체 밀봉의 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0803] 도 34의 (B)에 도시된 발광 장치에서는 도 34의 (A)에 도시된 발광 장치의 기관(3001) 측에 기관(3015)이 제공되어 있다.
- [0804] 도 34의 (B)에 도시된 바와 같이 기관(3015)은 요철을 가진다. 요철을 가지는 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 34의 (B)에 도시된 요철을 가지는 구조 대신에, 확산판으로서의 기능을 가지는 기관을 제공하여도 좋다.
- [0805] 도 34의 (C)에 도시된 발광 장치에서는, 광이 기관(3001) 측을 통하여 추출되는 도 34의 (A)에 도시된 발광 장치와 달리, 광이 기관(3003) 측을 통하여 추출된다.
- [0806] 도 34의 (C)에 도시된 발광 장치는 기관(3003) 측에 기관(3015)을 포함한다. 그 외의 구성 요소는 도 34의 (B)에 도시된 발광 장치와 같다.
- [0807] 도 34의 (D)에 도시된 발광 장치에서는, 도 34의 (C)에 도시된 발광 장치에 포함되는 기관(3003) 및 기관(3015)이 제공되지 않고, 기관(3016)이 제공되어 있다.
- [0808] 기관(3016)은 발광 소자(3005)에 가깝게 위치하는 제 1 요철 및 발광 소자(3005)로부터 떨어져 위치하는 제 2 요철을 포함한다. 도 34의 (D)에 도시된 구조에 의하여 발광 소자(3005)로부터의 광의 추출 효율을 더 향상시킬 수 있다.
- [0809] 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.
- [0810] 또한, 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 임의의 실시형태에 기재된 구조와 적절히 조합될 수 있다.
- [0811] (실시형태 9)
- [0812] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 다양한 조명 장치 및 전자 기기에 사용하는 예에 대하여 도 35의 (A) 내지 (C) 및 도 36을 참조하여 설명한다.
- [0813] 가요성을 가지는 기관 위에 제작된 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 사용하여, 곡면을 가진 발광 영역을 가지는 전자 기기 또는 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0814] 또한, 본 발명의 일 형태를 적용한 발광 장치는 자동차의 조명에도 적용될 수 있고, 그 예에는 대시보드, 앞유리, 및 천장 등의 조명이 있다.
- [0815] 도 35의 (A)는 다기능 단말기(3500)의 하나의 면을 도시한 사시도이고, 도 35의 (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.
- [0816] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 포함하는 조명(3508)은 먼 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 행할 수 있다. 조명(3508)은 먼 광원으로서 기능하기 때문에 자연광 하에서 찍은 듯한 사진을 찍을 수 있다.
- [0817] 또한, 도 35의 (A) 및 (B)에 도시된 다기능 단말기(3500)는 도 29의 (A) 내지 (G)에 도시된 전자 기기와 같이 다양한 기능을 가질 수 있다.

- [0818] 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 가지는 센서), 및 마이크로폰 등을 포함할 수 있다. 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 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.
- [0819] 표시부(3504)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(3504)가 손바닥 또는 손가락으로 터치되었을 때에 잠문 또는 지문 등의 화상을 찍음으로써, 개인 인증을 행할 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.
- [0820] 도 35의 (C)는 보안등(3600)의 사시도이다. 보안등(3600)은 하우징(3602) 외측에 조명(3608)을 포함하고, 하우징(3602)에는 스피커(3610) 등이 제공되어 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 조명(3608)에 사용할 수 있다.
- [0821] 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 조절할 수 있는 회로이어도 좋다. 조명(3608)으로부터의 발광과 동시에 스피커(3610)로부터 대음량의 음향 경보가 출력되도록 하는 회로가 제공되어도 좋다.
- [0822] 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.
- [0823] 도 36은 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 가지는 하우징을 사용함으로써, 발광 영역이 곡면을 가지는 조명 장치(8502)를 형성할 수도 있다. 본 실시형태에 기재된 발광 소자는 박막 형태이기 때문에 하우징을 더 자유로이 설계하는 것이 가능하다. 따라서, 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.
- [0824] 또한, 발광 소자를 테이블 표면 측에 사용하면 테이블로서의 기능을 가지는 조명 장치(8504)를 얻을 수 있다. 발광 소자를 다른 가구의 일부로서 사용하면 그 가구로서의 기능을 가지는 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0825] 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 전자 기기에 사용될 수 있다.
- [0826] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0827] (실시예 1)
- [0828] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 제작예에 대하여 설명한다. 도 37은 본 실시예에서 제작한 발광 소자들 각각의 단면 모식도이고, 표 1은 자세한 소자 구조를 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 이하에서 제시한다.



[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	40	PCCzPTzn : Ir(tBuppm) ₂ (acac)	1:0.06
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
발광 소자 2	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160	40	PCCzPTzn	-
	정공 수송층	112	20	BPAFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

<발광 소자의 제작>

<<발광 소자 1의 제작>>

- [0834] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)로 하였다.
- [0835] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(MoO_3)을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II: MoO_3 =1:0.5가 되도록, 또한 두께 60nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.
- [0836] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP)을 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.
- [0837] 발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 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) 및 (아세틸아세테네이트)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₂(acac))을, 퇴적한 층의 중량비가 PCCzPTzn:Ir(tBuppm)₂(acac)=1:0.06이 되도록, 또한 두께 40nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(tBuppm)₂(acac)는 게스트 재료에 상당하고, PCCzPTzn은 호스트 재료에 상당한다.
- [0838] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6-비스[3-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 및 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 각각 두께 20nm 및 10nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.
- [0839] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.
- [0840] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 발광 소자 1을 밀봉하였다. 구체적으로는, 기판(200) 위의 유기 재료를 둘러싸도록 실란트를 도포하고 기판(200)을 기판(220)에 접합한 후에, $6\text{J}/\text{cm}^2$ 로 파장 365nm의 자외광 조사 및 80℃에서 1시간 동안의 가열 처리를 행하였다. 상술한 단계를 거쳐 발광 소자 1을 얻었다.
- [0841] <<발광 소자 2의 제작>>
- [0842] 비교를 위하여, 게스트 재료를 포함하지 않고 PCCzPTzn을 발광 재료로서 포함하는 발광 소자 2를 제작하였다. 발광 소자 2는, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하고는 발광 소자 1과 같은 단계를 거쳐 제작하였다.
- [0843] 발광 소자 2의 발광층(160)으로서, PCCzPTzn을 두께 40nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적시켰다.
- [0844] <발광 소자의 특성>
- [0845] 그리고, 제작한 발광 소자 1 및 2의 특성을 측정하였다. 휘도 및 CIE 색도는 색채 휘도계(BM-5A, TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION 제조)로 측정하고, 전계 발광 스펙트럼은 다채널 분광기(PMA-11, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)로 측정하였다.
- [0846] 도 38은 발광 소자 1 및 2의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 39는 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 40은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 41은 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.
- [0847] 표 2는 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 부근에서의 발광 소자 1 및 2의 소자 특성을 나타내고 있다.
- [0848] [표 2]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm^2)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m^2)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 1	2.70	1.56	(0.423, 0.569)	1190	76.4	88.9	21.1
발광 소자 2	3.00	5.23	(0.265, 0.458)	972	18.6	19.5	7.08

- [0849]
- [0850] 도 42는 발광 소자 1 및 2에 전류 밀도 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 로 전류를 공급하였을 때의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- [0851] 도 38 내지 도 41 및 표 2에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 높고, 발광 소자

1의 외부 양자 효율은 21%보다 높은, 우수한 값이다.

- [0852] 도 42에 나타난 바와 같이, 발광 소자 1은 녹색광을 방출한다. 발광 소자 1의 전체 발광 스펙트럼은 파장 547nm에 피크를 가지고 반값 전폭이 77nm이다. 또한, 발광 소자 2의 발광 스펙트럼의 반값 전폭은 111nm로 넓다. 그러므로, 게스트 재료를 포함하는 발광 소자 1은 발광 소자 2보다 높은 색 순도 및 좋은 색도를 나타낸다.
- [0853] 발광 소자 1은 1000cd/m^2 부근에서 2.7V로 매우 낮은 전압으로 구동되기 때문에, 높은 전력 효율을 나타내었다. 또한, 발광 소자 1의 발광 개시 전압(휘도가 1cd/m^2 를 초과할 때의 전압)은 2.4V이었다. 이 전압은 후술하는 게스트 재료 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 낮다. 이 결과, 발광 소자 1의 발광이 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의하여 얻어지는 것이 아니라, 에너지 갭이 더 작은 호스트 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것임을 시사한다.
- [0854] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>
- [0855] 제작한 발광 소자 1에서는 PCCzPTzn을 호스트 재료로서 사용하였다. 도 43은 PCCzPTzn의 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [0856] 발광 스펙트럼의 측정을 위하여, 석영 기판 위에 진공 증착법에 의하여 박막 샘플을 형성하였다. 발광 스펙트럼의 측정은 HORIBA, Ltd. 제조의 PL 현미경인 LabRAM HR-PL, 여기광으로서 He-Cd 레이저(파장: 325nm), 및 CCD 검출기를 사용하여 측정 온도 10K에서 행하였다. 측정에 의하여 얻어진 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크(숄더를 포함함) 및 단파장측의 상승 부분으로부터, S1 준위 및 T1 준위를 산출하였다. 측정에 사용한 샘플을 다음과 같이 제작하였다; 석영 기판 위에 두께 50nm의 박막을 형성하고, 그 석영 기판에 대하여, 질소 분위기에서 막 형성 표면 측으로부터 다른 석영 기판을 접착하였다.
- [0857] 또한, 발광 스펙트럼의 측정에서는, 통상의 발광 스펙트럼의 측정에 더하여 수명이 긴 발광에 착안하는 시간 분해 발광 스펙트럼의 측정도 행하였다. 본 발광 스펙트럼의 측정 방법에서는, 측정 온도를 저온(10K)으로 하였기 때문에, 통상의 발광 스펙트럼의 측정에서는, 주된 발광 성분인 형광에 더하여 인광이 관측되었다. 또한, 수명이 긴 발광에 착안하는 시간 분해 발광 스펙트럼의 측정에서는 주로 인광이 관측되었다. 즉, 통상의 발광 스펙트럼의 측정에서는 광의 형광 성분이 주로 관측되고, 시간 분해 발광 스펙트럼의 측정에서는 광의 인광 성분이 주로 관측되었다.
- [0858] 도 43에 나타난 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 PCCzPTzn의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크(숄더를 포함함) 파장은 각각 472nm 및 491nm이다. 그러므로, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 S1 준위 및 T1 준위는 각각 2.63eV 및 2.53eV이다. 즉, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 PCCzPTzn의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이는 0.1eV로 매우 작다.
- [0859] 또한, 도 43에 나타난 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 PCCzPTzn의 발광 스펙트럼의 단파장측의 상승 부분의 파장은 각각 450nm 및 477nm이다. 그러므로, 상승 부분의 파장으로부터 산출된 S1 준위 및 T1 준위는 각각 2.76eV 및 2.60eV이다. 즉, PCCzPTzn의 발광 스펙트럼의 상승 부분의 파장으로부터 산출된 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이도 0.16eV로 매우 작다. 또한, 발광 스펙트럼의 단파장측의 상승 부분의 파장은, 스펙트럼에서의 접선의 기울기가 최대값을 가지는 지점에서의 가로축과 상기 접선의 교차점의 파장이다.
- [0860] 상술한 바와 같이, 발광 스펙트럼의 가장 단파장측에서의 피크(숄더를 포함함)로부터 산출되는 PCCzPTzn의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이, 및 발광 스펙트럼의 단파장측에서의 상승 부분의 파장으로부터 산출되는 PCCzPTzn의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이는 각각 0eV보다 크고 0.2eV 이하로 매우 작다. 따라서, PCCzPTzn은 역향간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 가질 수 있다.
- [0861] 인광 성분을 가리키는 PCCzPTzn의 발광의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크 파장은, 발광 소자 1의 게스트 재료($\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$)의 전체 발광 스펙트럼보다 짧다. 게스트 재료로서 작용하는 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 은 인광 재료이기 때문에, 삼중항 여기 상태에서부터 광이 방출된다. 즉, PCCzPTzn의 T1 준위는 게스트 재료의 T1 준위보다 높다.
- [0862] 또한, 후술하는 바와 같이 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 500nm 부근이고, PCCzPTzn의 발광 스펙트럼과 중첩되는 영역을 가진다. 따라서, PCCzPTzn을 호스트 재료로서

사용한 발광 소자 1에서는 호스트 재료로부터 여기 에너지가 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.

[0863] <호스트 재료의 과도(過渡) 형광 특성>

[0864] 다음에, 시간 분해 발광 측정을 사용하여 PCCzPTzn의 과도 형광 특성을 측정하였다.

[0865] 시간 분해 발광 측정은, 석영 기관 위에 PCCzPTzn을 두께 50nm가 되도록 퇴적한 박막 샘플에 대하여 행하였다.

[0866] 측정에는 피코초 형광 수명 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)을 사용하였다. 본 측정에서는 박막의 형광 발광의 수명을 측정하기 위하여, 박막에 펄스 레이저를 조사하고, 레이저 조사로부터 감쇄되는 박막의 발광에 대하여 스트리크(streak) 카메라를 사용한 시간 분해 측정을 행하였다. 펄스 레이저로서 파장 337nm의 질소 가스 레이저를 사용하였다. 박막에는 펄스 폭 500ps의 펄스 레이저를 10Hz의 반복률로 조사하였다. 반복적인 측정에 의하여 얻어진 데이터를 적산함으로써 S/N비가 높은 데이터를 얻었다. 측정은 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[0867] 도 44는 측정에 의하여 얻어진 PCCzPTzn의 과도 형광 특성을 나타낸 것이다.

[0868] 도 44에 나타낸 감쇄 곡선을 식(4)으로 피팅하였다.

[0869] [식 4]

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right)$$

[0870]

[0871] 식(4)에서 L 및 t 는 각각 정규화된 발광 강도 및 경과 시간을 나타낸다. 이 피팅 결과는, PCCzPTzn의 박막 샘플의 발광 성분은 적어도 발광 수명이 0.015 μ s인 형광 성분 및 발광 수명이 1.5 μ s인 지연 형광 성분을 포함하는 것을 나타낸다. 바꿔 말하면, PCCzPTzn은 실온에서 지연 형광을 나타내는 열 활성화 지연 형광 재료인 것을 알았다.

[0872] 도 38 내지 도 41 및 표 2에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2는 게스트 재료로서 인광 재료를 포함하지 않음에도 불구하고, 발광 소자 2의 외부 양자 효율의 최대값은 8.6%로 높은 값이다. 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의한 단일항 여기자의 형성 확률은 최대로 25%이기 때문에, 외부로의 광 추출 효율이 25%인 경우, 외부 양자 효율은 최대로 6.25%이다. 발광 소자 2의 외부 양자 효율이 6.25%보다 높은 이유는, 상술한 바와 같이, PCCzPTzn이 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작고 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료이기 때문에, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광 이외에, 역항간 교차에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광을 방출하는 기능을 가지기 때문이다.

[0873] 또한, 도 42에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 507nm로, 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장보다 짧다. 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 인광에서 유래하는 광을 가리킨다. 발광 소자 2의 전계 발광 스펙트럼은 PCCzPTzn의 형광 및 열 활성화 지연 형광에서 유래하는 광을 가리킨다. 또한, 상술한 바와 같이, PCCzPTzn의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이는 0.1eV로 작다. 따라서, 상술한 발광 소자 1 및 2의 전계 발광 스펙트럼의 측정 결과는 PCCzPTzn의 T1 준위가 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 T1 준위보다 높고, PCCzPTzn을 발광 소자 1의 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있는 것도 나타낸다.

[0874] <CV 측정의 결과>

[0875] 발광 소자 1의 게스트 재료 및 호스트 재료로서 사용되는 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 조사하였다. 또한, 측정을 위하여, 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하고, 각 화합물을 *N,N*-다이메틸폼아마이드(약칭: DMF)에 용해시킴으로써 얻어진 용액을 측정하였다. 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 적절한 범위 내에서 변화시킴으로써, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위를 얻었다. 또한, -4.94eV로 추정된 참조 전극의 산화 환원 전위 및 얻어진 피크 전위로부터 각 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 산출하였다.

[0876] 표 3은 CV 측정에 의하여 얻어진 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정결과로부터 산출된 화합물의 HOMO 준

위 및 LUMO 준위를 나타내고 있다.

[표 3]

약칭	산화 전위(V)	환원 전위(V)	산화 전위로부터 산출된 HOMO 준위 (eV)	환원 전위로부터 산출된 LUMO 준위 (eV)
Ir(tBuppm) ₂ (acac)	0.62	-2.21	-5.56	-2.73
PCCzPTzn	0.70	-1.97	-5.64	-2.97

표 3에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1에서, 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 환원 전위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 산화 전위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 산화 전위보다 낮다. 따라서, 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 LUMO 준위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 HOMO 준위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다.

<게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>

도 45는 상기 발광 소자 1의 게스트 재료인 Ir(tBuppm)₂(acac)의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정에는 Ir(tBuppm)₂(acac)를 용해시킨 다이클로로메테인 용액을 준비하고, 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 그리고, 측정된 샘플의 스펙트럼으로부터 석영 셀의 흡수 스펙트럼을 뺐다. 또한, 용액의 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)로 측정하였다. 측정은 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

도 45에 나타낸 바와 같이, Ir(tBuppm)₂(acac)의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 500nm 부근이다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터로부터 얻어지고, 전이 에너지는 직접 전이를 가정하여 추산하였다. 그 결과, Ir(tBuppm)₂(acac)의 흡수단은 526nm이고 전이 에너지는 2.36eV로 산출되었다.

Ir(tBuppm)₂(acac)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.83eV이었다. 이 값은 표 3에 나타낸 CV 측정 결과로부터 산출되었다.

즉, Ir(tBuppm)₂(acac)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 Ir(tBuppm)₂(acac)의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.47eV 크다.

도 42에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크 파장은 547nm이다. 이에 따라 Ir(tBuppm)₂(acac)의 발광 에너지는 2.27eV로 산출되었다.

즉, Ir(tBuppm)₂(acac)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.56eV 컸다.

따라서, 발광 소자 1의 게스트 재료에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 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 게스트 재료에서 직접 재결합될 때에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉, 높은 전압이 필요하다.

한편, 발광 소자 1에서의 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 3으로부터 2.67eV로 산출되었다. 즉, 발광 소자 1의 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료(Ir(tBuppm)₂(acac))의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.83eV)보다 작고, 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.36eV)보다 크고, 발광 에너지(2.27eV)보다 크다. 따라서, 발광 소자 1에서는, 게스트 재료

에서 캐리어가 직접 재결합되지 않고, 호스트 재료의 여기 상태를 거친 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있음으로써, 구동 전압을 낮출 수 있다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 소비전력은 저감될 수 있다.

[0890] 표 3에서의 CV 측정 결과에 따르면, 발광 소자 1의 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중에서, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료(PCCzPTzn)에 주입되기 쉽지만, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료($\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$)에 주입되기 쉽다. 즉, 들뜬 복합체는 호스트 재료 및 게스트 재료에 의하여 형성될 가능성이 있다.

[0891] 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 게스트 재료($\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$)의 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 3에 나타난 CV 측정 결과로부터 산출되고, 2.59eV인 것을 알았다.

[0892] 이들 결과로부터, 발광 소자 1에서, 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 게스트 재료($\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$)의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.59eV)는 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.36eV) 이상이다. 또한, 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.59eV)는 게스트 재료에 의하여 방출되는 광의 에너지(2.27eV) 이상이다. 따라서, 호스트 재료 및 게스트 재료에 의한 들뜬 복합체의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 이 관계가 효율적인 발광을 위한 본 발명의 일 형태의 특징이다.

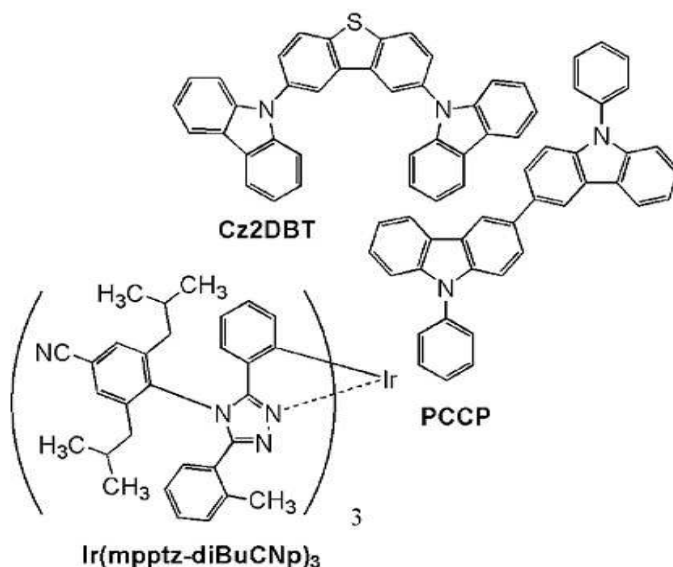
[0893] 상술한 발광 소자 1과 같이, 게스트 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 큰 경우, 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상, 또는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이면, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 또는 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.4eV 이상 큰 경우, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0894] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0895] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시형태 및 실시예 중 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[0896] (실시예 2)

[0897] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 3 및 발광 소자 4) 및 비교 발광 소자(비교 발광 소자 1)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 37에 나타난 것과 비슷하다. 표 4 및 표 5는 자세한 소자 구조를 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 이하에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상기 실시예를 참조할 수 있다.



[0898]

[0899] [표 4]

	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	PCCzPTzn	-
	발광층	160	40	PCCzPTzn : Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-
발광 소자 4	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	PCCzPTzn	-
	발광층	160(2)	20	PCCzPTzn : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	0.85:0.15:0.06
		160(1)	20	PCCzPTzn : PCCP : Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	0.75:0.25:0.06
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[0900]

[0901] [표 5]

	층	부호	두께 (nm)	재료	중량비
비교 발광 소자 1	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118	30	BPhen	-
	발광층	160	30	Cz2DBT : PCCzPTzn	0.9:0.1
	정공 수송층	112	20	Cz2DBT	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	110	ITSO	-

[0902]

<발광 소자의 제작>

[0903]

<<발광 소자 3의 제작>>

[0904]

전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm²(2mm×2mm)로 하였다.

[0905]

정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 20nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

[0906]

정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP)을 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0907]

발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 PCCzPTzn 및 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이아이소뷰틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN']페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-diBuCNp)₃)을, 퇴적한 층의 중량비가 PCCzPTzn:Ir(mpptz-diBuCNp)₃=1:0.06이 되도록, 또한 두께 40nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(mpptz-diBuCNp)₃은 게스트 재료에 상당하고, PCCzPTzn은 호스트 재료에 상당한다.

[0908]

전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 PCCzPTzn 및 BPhen을 각각 두께 10nm 및 15nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0909]

전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.

[0910]

다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 발광 소자 3을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 발광 소자 1에 관한 설명

[0911]

을 참조할 수 있다.

[0912] <<발광 소자 4의 제작>>

[0913] 발광 소자 4는, 발광층(160)의 형성 단계를 제외하고는 발광 소자 3과 같은 단계를 거쳐 제작하였다.

[0914] 발광 소자 4의 발광층(160)으로서, PCCzPTzn, PCCP, 및 Ir(mpptz-diBuCNp)₃을 퇴적한 층의 중량비가 PCCzPTzn:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)₃=0.75:0.25:0.06이 되도록, 또한 두께 20nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하고 나서, PCCzPTzn, PCCP, 및 Ir(mpptz-diBuCNp)₃을 퇴적한 층의 중량비가 PCCzPTzn:PCCP:Ir(mpptz-diBuCNp)₃=0.85:0.15:0.06이 되도록, 또한 두께 20nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(mpptz-diBuCNp)₃은 게스트 재료에 상당하고, PCCzPTzn은 호스트 재료에 상당하고, PCCP는 캐리어 밸런스를 조정하기 위한 재료에 상당한다.

[0915] <<비교 발광 소자 1의 제작>>

[0916] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITS막을 두께 110nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm²(2mm×2mm)로 하였다.

[0917] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 60nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 2,8-다이(9H-카바졸-9-일)-다이벤조싸이오펜(약칭: Cz2DBT)을 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0918] 발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 Cz2DBT와 PCCzPTzn을, 퇴적한 층의 중량비가 Cz2DBT:PCCzPTzn=0.9:0.1이 되도록, 또한 두께 30nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

[0919] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 BPhen을 두께 30nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 LiF를 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0920] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 퇴적하였다.

[0921] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 비교 발광 소자 1을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 발광 소자 1에 관한 설명을 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐 비교 발광 소자 1을 얻었다.

[0922] <발광 소자의 특성>

[0923] 도 46은 발광 소자 3 및 4의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 47은 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 48은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 49는 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[0924] 표 6은 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 3 및 4의 소자 특성을 나타내고 있다.

[0925] [표 6]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 3	2.70	1.52	(0.206, 0.517)	828	54.3	63.2	20.7
발광 소자 4	2.80	1.76	(0.202, 0.513)	1110	63.1	70.8	24.2

[0926]

[0927] 도 50은 발광 소자 3 및 4에 2.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 발광 소자 3 및 4의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0928] 도 46 내지 도 49 및 표 6에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 3 및 4의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 높다. 또한, 발광 소자 4의 외부 양자 효율의 최대값은 24.8%로 우수한 값이다. 발광 소자 3보다 발광 소자 4의 효율이

높은 이유는, 발광 소자 4의 발광층에 포함되는 PCCP에 의하여 캐리어 밸런스가 개선되기 때문이다.

[0929] 또한, 도 50에 나타난 바와 같이, 발광 소자 3 및 4의 전계 발광 스펙트럼은 서로 크게 중첩되어 있고 거의 같다. 발광 소자 3은 청색광을 방출한다. 발광 소자 3의 전계 발광 스펙트럼은 피크 파장이 499nm이고 반값 전 폭이 71nm이다.

[0930] 발광 소자 3 및 4는 1000cd/m^2 부근에서 3V 이하로 매우 낮은 전압으로 구동되기 때문에, 높은 전력 효율을 나타내었다. 또한, 발광 소자 3 및 4의 발광 개시 전압(휘도가 1cd/m^2 를 초과할 때의 전압)은 2.3V이었다. 이들 전압은 후술하는 게스트 재료 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 낮다. 이 결과는, 발광 소자 3 및 4의 발광이 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의하여 얻어지는 것이 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것임을 시사한다.

[0931] 실시예 1의 도 43에 나타난 바와 같이, 인광 성분을 가리키는 PCCzPTzn(즉, 제작한 발광 소자 3 및 4의 호스트 재료)의 박막의 발광의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측에서의 피크 파장(491nm)은 발광 소자 3 및 4의 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 전계 발광 스펙트럼보다 짧다. 게스트 재료로서 작용하는 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 은 인광 재료이기 때문에, 삼중항 여기 상태에서부터 광이 방출된다. 즉, PCCzPTzn의 삼중항 여기 에너지는 게스트 재료의 삼중항 여기 에너지보다 높다.

[0932] 또한, 후술하는 바와 같이, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 450nm 부근이고, PCCzPTzn의 발광 스펙트럼과 중첩되는 영역을 가진다. 따라서, PCCzPTzn을 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서는 여기 에너지가 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.

[0933] 도 43에 나타난 바와 같이, PCCzPTzn은 실온에서 지연 형광을 나타내는 열 활성화 지연 형광 물질이다.

[0934] <비교 발광 소자의 특성>

[0935] 도 51은 PCCzPTzn을 발광 소자로서 사용한 비교 발광 소자 1의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 52는 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 53은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 54는 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 측정은, 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[0936] 표 7은 1000cd/m^2 부근에서의 비교 발광 소자 1의 소자 특성을 나타내고 있다.

[0937] [표 7]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
비교 발광 소자 1	4.00	4.73	(0.186, 0.284)	1010	21.4	16.8	11.9

[0938]

[0939] 도 55는 비교 발광 소자 1에 2.5mA/cm^2 의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 비교 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0940] 도 51 내지 도 54 및 표 7에 나타난 바와 같이, 비교 발광 소자 1의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 높다. 비교 발광 소자 1의 외부 양자 효율의 최대값은 23.4%로 우수한 값이다. 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의한 단일항 여기자의 형성 확률은 최대로 25%이기 때문에, 외부로의 광 추출 효율이 25%인 경우, 외부 양자 효율은 최대로 6.25%이다. 비교 발광 소자 1의 외부 양자 효율이 6.25%보다 높은 이유는, 상술한 바와 같이, PCCzPTzn이 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작고 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료이기 때문에, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광 이외에, 역항간 교차에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광을 방출하는 기능을 가지기 때문이다.

[0941] 또한, 도 55에 나타난 바와 같이, 비교 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 472nm로, 발광 소자 3 및 4의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장보다 짧다. 발광 소자 3 및 4의 전계 발광 스펙트럼은 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 인광에서 유래하는 광을 가리킨다. 비교 발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼은 PCCzPTzn의 형광 및 열 활성화 지연 형광에서 유래하는 광을 가리킨다. 또한, 상기 예에서 설명한 바와 같이, PCCzPTzn의 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이는 0.1eV로 작다. 따라서, 상술한 발광 소자 3 및 4, 그리고 비교

발광 소자 1의 전계 발광 스펙트럼의 측정 결과는 PCCzPTzn의 T1 준위가 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 T1 준위보다 높고, PCCzPTzn을 발광 소자 3 및 4의 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있는 것도 나타낸다.

[0942] <CV 측정의 결과>

[0943] 발광 소자의 게스트 재료 및 호스트 재료로서 사용되는 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 조사하였다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷한 방법이었다.

[0944] PCCzPTzn 및 PCCP의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성의 측정에는, *N,N*-다이메틸폼아마이드(약칭: DMF)에 재료를 용해시킴으로써 얻어진 용액을 사용하였다. 일반적으로, 유기 EL 소자에 사용되는 유기 화합물은 약 1.7 내지 1.8의 굴절률을 가지고, 그 비유전율은 약 3이다. 극성이 높은 용매인 DMF(비유전율: 38)가, 사이아노기 등 극성이 높은(특히 전자 흡인성이 높은) 치환기를 포함하는 화합물의 산화 반응 특성의 측정에 사용되면, 정확성이 저하될 수 있다. 이 이유로, 본 실시예에서는 극성이 낮은 클로로폼(비유전율: 4.8)에 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)를 용해시킴으로써 얻어진 용액을 산화 반응 특성의 측정에 사용하였다. 게스트 재료의 환원 반응 특성의 측정에는, DMF에 게스트 재료를 용해시킴으로써 얻어진 용액을 사용하였다.

[0945] 표 8은 CV 측정에 의하여 얻어진 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정결과로부터 산출된 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타내고 있다.

[0946] [표 8]

약칭	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위로부터 산출된 HOMO 준위 (eV)	환원 전위로부터 산출된 LUMO 준위 (eV)
Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	0.46	-2.46	-5.40	-2.49
PCCzPTzn	0.70	-1.97	-5.64	-2.97
PCCP	0.69	-2.98	-5.63	-1.96

[0947]

[0948] 표 8에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 3 및 4에서, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 환원 전위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 산화 전위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 산화 전위보다 낮다. 따라서, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 LUMO 준위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 HOMO 준위는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다.

[0949] 또한, PCCP의 환원 전위는 PCCzPTzn의 환원 전위보다 낮고, PCCP의 산화 전위는 PCCzPTzn의 산화 전위와 동등하다. PCCP의 LUMO 준위는 PCCzPTzn의 LUMO 준위보다 높고, PCCP의 HOMO 준위는 PCCzPTzn의 HOMO 준위와 동등하다. 따라서, PCCP는 호스트 재료로서 PCCzPTzn을 포함하는 발광층에서 정공을 수송하는 기능을 가진다. 따라서, 발광 소자 3과 비교하여, 발광 소자 4는 캐리어 밸런스가 개선되고 발광 효율이 더 높아진다.

[0950] PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위를 산출하기 위하여, 인광 스펙트럼을 측정하였다. PCCP의 인광 스펙트럼의 가장 단파장측에서의 피크 파장은 467nm이기 때문에, 삼중항 여기 에너지 준위는 2.66eV로 산출되었다. 즉, PCCP는 삼중항 여기 에너지 준위가 PCCzPTzn의 삼중항 여기 에너지 준위보다 높은 재료이었다. 또한, PCCP의 인광 스펙트럼의 측정 방법은 상술한 PCCzPTzn의 경우와 비슷한 측정 방법이었다. PCCP의 삼중항 여기 에너지 준위는 인광 스펙트럼의 피크 파장으로부터 산출되었다.

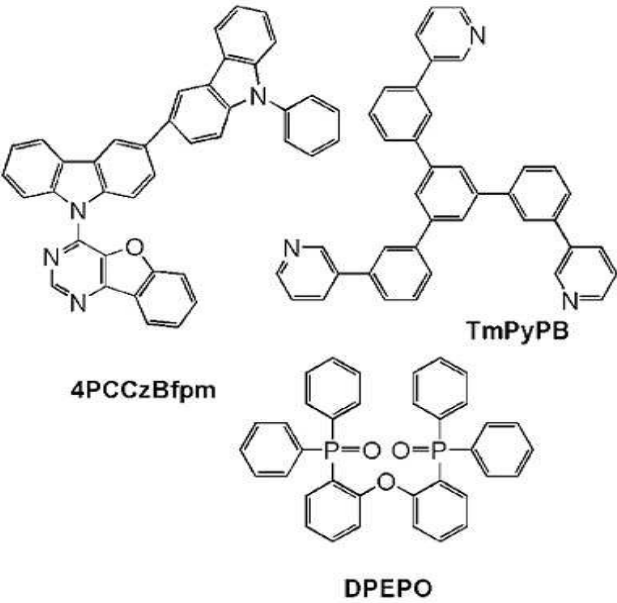
[0951] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>

[0952] 도 56은 상기 발광 소자의 게스트 재료인 Ir(mpptz-diBuCNp)₃의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0953] 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정에는 Ir(mpptz-diBuCNp)₃을 용해시킨 다이클로로메테인 용액을 준비하고, 석영 셀을 사용하였다. 흡수 스펙트럼은 자외-가시 분광 광도계(V-550, JASCO Corporation 제조)를

사용하여 측정하였다. 그리고, 측정한 샘플의 스펙트럼으로부터 석영 셀의 흡수 스펙트럼을 뺀다. 또한, 용액의 발광 스펙트럼은 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics K.K. 제조)로 측정하였다. 측정은 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

- [0954] 도 56에 나타난 바와 같이, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 450nm 부근이다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터로부터 얻어지고, 전이 에너지는 직접 전이를 가정하여 추산하였다. 그 결과, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 흡수단은 478nm이고 전이 에너지는 2.59eV로 산출되었다.
- [0955] $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 2.92eV이었다. 이 값은 표 8에 나타난 CV 측정 결과로부터 산출되었다.
- [0956] 즉, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.33eV 크다.
- [0957] 도 50에 나타난 바와 같이, 발광 소자 3의 전계 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크 파장은 499nm이다. 이에 따라 $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 발광 에너지는 2.48eV로 산출되었다.
- [0958] 즉, $\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.44eV 컸다.
- [0959] 따라서, 발광 소자의 게스트 재료에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 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 게스트 재료에서 직접 재결합될 때에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉, 높은 전압이 필요하다.
- [0960] 한편, 발광 소자 3 및 4에서의 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 8로부터 2.67eV로 산출되었다. 즉, 발광 소자 3 및 4의 호스트 재료(PCCzPTzn)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.92eV)보다 작고, 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.59eV)보다 크고, 발광 에너지(2.48eV)보다 크다. 따라서, 발광 소자 3 및 4에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않고, 호스트 재료의 여기 상태를 거친 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있음으로써, 구동 전압을 낮출 수 있다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 소비전력은 저감될 수 있다.
- [0961] 발광 소자 3 및 4와 같이, 게스트 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 큰 경우, 호스트 재료의 LUMO 준위와 게스트 재료의 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상, 또는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이면, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 또는 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.3eV 이상 큰 경우, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0962] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있고, 발광 효율이 높고 청색광을 방출하는 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0963] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시형태 및 실시예 중 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0964] (실시예 3)
- [0965] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 5) 및 비교 발광 소자(비교 발광 소자 2)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 37에 나타난 것과 비슷하다. 표 9 및 표 10은 자세한 소자 구조를 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 이하에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상기 실시예를 참조할 수 있다.



[표 9]

	층	부호	두께 (nm)	재료	중량비
발광 소자 5	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	BPhen	-
		118(1)	10	4,6mCzP2Pm	-
	발광층	160	40	4PCCzBfpm : Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	1:0.06
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[표 10]

	층	부호	두께 (nm)	재료	중량비
비교 발광 소자 2	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	40	TmPyPB	-
		118(1)	5	DPEPO	-
	발광층	160	15	DPEPO : 4PCCzBfpm	0.85:0.15
	정공 수송층	112	20	Cz2DBT	-
	정공 주입층	111	20	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

<발광 소자의 제작>

<<발광 소자 5의 제작>>

전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm²(2mm×2mm)로 하였다.

정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 15nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 PCCP를 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 4-(9'-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4PCCzBfpm) 및 Ir(mpptz-diBuCNp)₃을, 퇴적한 층의 중량비가 4PCCzBfpm:Ir(mpptz-diBuCNp)₃=1:0.06이 되도록

록, 또한 두께 40nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(mpptz-diBuCNp)₃은 게스트 재료에 상당하고, 4PCCzBfpm은 호스트 재료에 상당한다.

[0977] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4,6mCzP2Pm 및 BPhen을 각각 두께 10nm 및 15nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 LiF를 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0978] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.

[0979] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 발광 소자 5를 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 발광 소자 1에 관한 설명을 참조할 수 있다. 상기 공정을 거쳐, 발광 소자 5를 얻었다.

[0980] <<비교 발광 소자 2의 제작>>

[0981] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITS막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 $4\text{mm}^2 (2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.

[0982] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 20nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

[0983] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 Cz2DBT를 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[0984] 발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 비스[2-(다이페닐포스포노)페닐]에터옥사이드(약칭: DPEPO)와 4PCCzBfpm을, 퇴적한 층의 중량비가 DPEPO:4PCCzBfpm=0.85:0.15가 되도록, 또한 두께 15nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

[0985] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 DPEPO 및 1,3,5-트리스[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB)을 각각 두께 5nm 및 40nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 그리고, 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 LiF를 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 전자 수송층(118)의 DPEPO는 여기자 블로킹층으로서의 기능도 가진다, 즉, 발광층(160)에서 생성된 여기자가 전극(102) 측으로 확산되는 것을 방지한다.

[0986] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.

[0987] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 비교 발광 소자 2를 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 발광 소자 1에 관한 설명을 참조할 수 있다. 상술한 단계를 거쳐 비교 발광 소자 2를 얻었다.

[0988] <발광 소자의 특성>

[0989] 도 57은 발광 소자 5의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 58은 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 59는 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 60은 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[0990] 표 11은 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 5의 소자 특성을 나타내고 있다.

[0991] [표 11]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 5	3.00	1.38	(0.196, 0.495)	923	66.8	70.0	26.5

[0992]

[0993] 도 61은 발광 소자 5에 2.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 발광 소자 5의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0994] 도 57 내지 도 60 및 표 11에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 5의 전류 효율은 높고 외부 양자 효율은 매우 높다. 또한, 발광 소자 5의 외부 양자 효율의 최대값은 27.3%로 우수한 값이다.

- [0995] 도 61에 나타난 바와 같이, 발광 소자 5의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 489nm이고, 반값 전폭은 68nm이고, 발광 소자 5는 청색광을 방출한다. 얻어진 발광 스펙트럼은 광이 게스트 재료로서의 Ir(mpptz-diBuCNp)₃으로부터 방출되는 것을 밝힌다.
- [0996] 발광 소자 5는 1000cd/m² 부근에서 3.0V로 매우 낮은 전압으로 구동되기 때문에, 높은 전력 효율을 나타내었다. 또한, 발광 소자 5의 발광 개시 전압(휘도가 1cd/m²를 초과할 때의 전압)은 2.4V이었다. 이들 전압은 실시예 2에서 설명한, 게스트 재료 Ir(mpptz-diBuCNp)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 낮다. 이 결과는, 발광 소자 5의 발광이 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의하여 얻어지는 것이 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것임을 시사한다.
- [0997] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>
- [0998] 제작한 발광 소자(발광 소자 5)에서는 4PCCzBfpm을 호스트 재료로서 사용하였다. 도 62는 4PCCzBfpm의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 또한, 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷하다.
- [0999] 도 62에 나타난 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 4PCCzBfpm의 발광 스펙트럼의 단파장측의 피크(숄더를 포함함) 파장은 각각 455nm 및 480nm이다. 그러므로, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 단일항 여기 에너지 준위 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 2.72eV 및 2.58eV이다. 즉, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 4PCCzBfpm의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이는 0.14eV로 매우 작다.
- [1000] 또한, 도 62에 나타난 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 4PCCzBfpm의 발광 스펙트럼의 단파장측의 상승 부분의 파장은 각각 435nm 및 464nm이다. 그러므로, 상승 부분의 파장으로부터 산출된 단일항 여기 에너지 준위 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 2.85eV 및 2.67eV이다. 즉, 4PCCzBfpm의 발광 스펙트럼의 상승 부분의 파장으로부터 산출된 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이도 0.18eV로 매우 작다.
- [1001] 인광 성분을 가리키는 4PCCzBfpm의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크 파장은, 발광 소자 5의 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 전계 발광 스펙트럼보다 짧다. 게스트 재료로서 작용하는 Ir(mpptz-diBuCNp)₃은 인광 재료이기 때문에, 삼중항 여기 상태에서부터 광이 방출된다. 즉, 4PCCzBfpm의 삼중항 여기 에너지는 게스트 재료의 삼중항 여기 에너지보다 높다.
- [1002] 또한, 실시예 2에서 설명한 바와 같이, Ir(mpptz-diBuCNp)₃의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 450nm 부근이고, 4PCCzBfpm의 형광 스펙트럼과 중첩되는 영역을 가진다. 따라서, 4PCCzBfpm을 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서는 여기 에너지가 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다.
- [1003] <호스트 재료의 과도 형광 특성>
- [1004] 다음에, 시간 분해 발광 측정을 사용하여 4PCCzBfpm의 과도 형광 특성을 측정하였다.
- [1005] 시간 분해 발광 측정은 석영 기관 위에 DPEPO와 4PCCzBfpm을, 퇴적한 층의 중량비가 DPEPO:4PCCzBfpm=0.8:0.2가 되도록, 또한 두께 50nm가 되도록 공중각에 의하여 퇴적한 박막 샘플에서 행하였다. 또한, 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷하다.
- [1006] 도 63의 (A) 및 (B)는 측정에 의하여 얻어진 4PCCzBfpm의 과도 형광 특성을 나타낸 것이다. 도 63의 (A)는 발광 수명이 짧은 발광 성분의 측정 결과를 나타낸 것이고, 도 63의 (B)는 발광 수명이 긴 발광 성분의 측정 결과를 나타낸 것이다.
- [1007] 도 63의 (A) 및 (B)에 나타난 감쇄 곡선을 식(4)으로 피팅하였다. 이 피팅 결과는, 4PCCzBfpm의 박막 샘플의 발광 성분은 적어도 형광 수명이 11.7μs인 즉시 형광 성분, 형광 수명이 217μs로 가장 긴 지연 형광 성분을 포함하는 것을 나타낸다. 바꿔 말하면, 4PCCzBfpm은 실온에서 지연 형광을 나타내는 열 활성화 지연 형광 재료인 것을 알았다.
- [1008] <발광 소자의 특성>
- [1009] 도 64는 4PCCzBfpm을 발광 소자로서 사용한 비교 발광 소자 2의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 65는 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 66은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 67은 그 전력

효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 측정은, 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

표 12는 100cd/m² 부근에서의 비교 발광 소자 2의 소자 특성을 나타내고 있다.

[표 12]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
비교 발광 소자 2	3.7	0.40	(0.17, 0.26)	93	23	20	14

도 68은 비교 발광 소자 2에 2.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 비교 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 64 내지 도 67 및 표 12에 나타난 바와 같이, 비교 발광 소자 2의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 높다. 비교 발광 소자 2의 외부 양자 효율의 최대값은 23.9%로 우수한 값이다. 비교 발광 소자 2의 외부 양자 효율이 6.25%보다 높은 이유는, 상술한 바와 같이, 4PCCzBfpm이 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이가 작고 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료이기 때문에, 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광 이외에, 역항간 교차에 의하여 생성되는 단일항 여기자에서 유래하는 광을 방출하는 기능을 가지기 때문이다.

또한, 도 68에 나타난 바와 같이, 비교 발광 소자 2의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 476nm로, 발광 소자 5의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장보다 짧다. 이것은 4PCCzBfpm의 삼중항 여기 에너지 준위가 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 삼중항 여기 에너지보다 높고(4PCCzBfpm의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 작은 에너지 차이 0.1eV에서 유래함), 4PCCzBfpm을 발광 소자 5의 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있다.

<CV 측정의 결과>

발광 소자의 호스트 재료로서 사용되는 4PCCzBfpm의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 조사하였다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷한 방법이었다.

표 13은 CV 측정에 의하여 얻어진 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정결과로부터 산출된 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타내고 있다. 또한, 표 13은 실시예 2에 나타난 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 산화 전위, 환원 전위, HOMO 준위, LUMO 준위도 나타내고 있다.

[표 13]

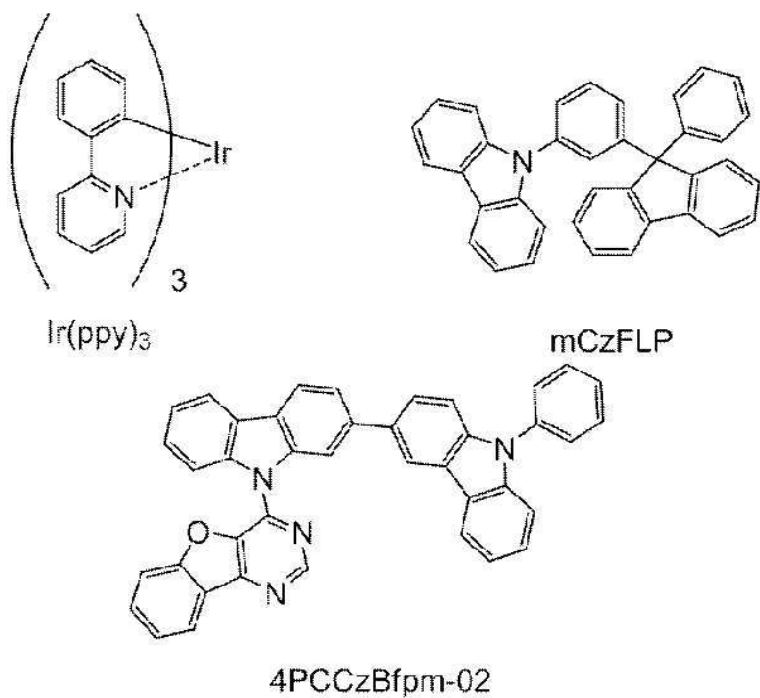
약칭	산화 전위 (V)	환원 전위 (V)	산화 전위로부터 산 출된 HOMO 준위 (eV)	환원 전위로부터 산 출된 LUMO 준위 (eV)
Ir(mpptz-diBuCNp) ₃	0.46	-2.46	-5.40	-2.49
4PCCzBfpm	0.76	-2.10	-5.70	-2.84

표 13에 나타난 바와 같이, 발광 소자 5에서, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 환원 전위는 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 산화 전위는 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 산화 전위보다 낮다. 따라서, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 LUMO 준위는 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 HOMO 준위는 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료(Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다.

따라서, 실시예 2에서 설명한 바와 같이, 발광 소자 5의 게스트 재료에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 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 게스트 재료에서 직접 재결합될 때에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉, 높은 전압이

필요하다.

- [1023] 한편, 발광 소자 5에서의 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 13으로부터 2.86eV로 산출되었다. 즉, 발광 소자 5의 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(2.92eV)보다 작고, 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.59eV)보다 크고, 발광 에너지(2.48eV)보다 크다. 따라서, 발광 소자 5에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않고, 호스트 재료의 여기 상태를 거친 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있음으로써, 구동 전압을 낮출 수 있다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 소비 전력은 저감될 수 있다.
- [1024] 표 13에서의 CV 측정 결과에 따르면, 발광 소자 5의 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중에서, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료(4PCCzBfpm)에 주입되기 쉽지만, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)에 주입되기 쉽다. 즉, 들뜬 복합체는 호스트 재료 및 게스트 재료에 의하여 형성될 가능성이 있다.
- [1025] 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 13에 나타난 CV 측정 결과로부터 산출되고, 2.56eV인 것을 알았다.
- [1026] 이들 결과로부터, 발광 소자 5에서, 호스트 재료(4PCCzBfpm)의 LUMO 준위와 게스트 재료($\text{Ir}(\text{mpptz-diBuCNp})_3$)의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.56eV)는 게스트 재료에 의하여 방출되는 광의 에너지(2.48eV) 이상이다. 따라서, 호스트 재료 및 게스트 재료에 의한 들뜬 복합체의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 이 관계가 효율적인 발광을 위한 본 발명의 일 형태의 특징이다.
- [1027] 발광 소자 5와 같이, 게스트 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 큰 경우, 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상, 또는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이면, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 또는 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.3eV 이상 큰 경우, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [1028] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있고, 발광 효율이 높고 청색광을 방출하는 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [1029] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시형태 및 실시예 중 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [1030] (실시예 4)
- [1031] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 6)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 37에 나타난 것과 비슷하다. 표 14는 자세한 소자 구조를 나타낸 것이다. 또한, 여기서 사용한 화합물의 구조 및 약칭을 이하에서 제시한다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상기 실시예를 참조할 수 있다.



[표 14]

	층	부호	두께 (nm)	재료	중량비
발광 소자 6	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	20	4PCCzBfpm-02	-
	발광층	160	40	4PCCzBfpm-02 : Ir(ppy) ₃	0.9:0.1
	정공 수송층	112	20	mCzFLP	-
	정공 주입층	111	60	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

<발광 소자의 제작>

<<발광 소자 6의 제작>>

전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITO막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm²(2mm×2mm)로 하였다.

정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 60nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 9-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: mCzFLP)을 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4PCCzBfpm-02) 및 Ir(ppy)₃을, 퇴적한 층의 중량비가 4PCCzBfpm-02:Ir(ppy)₃=0.9:0.1이 되도록, 또한 두께 40nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(ppy)₃은 게스트 재료에 상당하고, 4PCCzBfpm-02는 호스트 재료에 상당한다.

전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4PCCzBfpm-02 및 BPhen을 각각 두께 20nm 및 10nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[1042] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.

[1043] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기관(200)에 기관(220)을 고정시킴으로써, 발광 소자 6을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 발광 소자 1에 관한 설명을 참조할 수 있다. 상기 공정을 거쳐, 발광 소자 6을 얻었다.

[1044] <발광 소자의 특성>

[1045] 도 69는 발광 소자 6의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 70은 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 71은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 72는 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[1046] 표 15는 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 6의 소자 특성을 나타내고 있다.

[1047] [표 15]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 6	4.40	1.98	(0.347, 0.616)	1220	61.6	44.0	17.2

[1048]

[1049] 도 73은 발광 소자 6에 2.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 발광 소자 6의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[1050] 도 69 내지 도 72 및 표 15에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 6의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 매우 높다. 또한, 발광 소자 6의 외부 양자 효율의 최대값은 17.7%로 우수한 값이다.

[1051] 도 73에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 6의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 519nm이고, 반값 전폭은 83nm이고, 발광 소자 6은 녹색광을 방출한다. 얻어진 발광 스펙트럼은 광이 게스트 재료로서의 Ir(ppy)₃으로부터 방출되는 것을 밝힌다.

[1052] 발광 소자 6은 1000cd/m² 부근에서 4.4V로 낮은 전압으로 구동되기 때문에, 높은 전력 효율을 나타내었다. 또한, 발광 소자 6의 발광 개시 전압(휘도가 1cd/m²를 초과할 때의 전압)은 2.7V이었다. 이들 전압은 후술하는, 게스트 재료 Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 낮다. 이 결과는, 발광 소자 6의 발광이 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의하여 얻어지는 것이 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것임을 시사한다.

[1053] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>

[1054] 제작한 발광 소자(발광 소자 6)에서는 4PCCzBfpm-02를 호스트 재료로서 사용하였다. 도 74는 4PCCzBfpm-02의 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 또한, 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷하다.

[1055] 도 74에 나타낸 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 4PCCzBfpm-02의 발광 스펙트럼의 단파장측의 피크(숄더를 포함함) 파장은 각각 458nm 및 495nm이다. 그러므로, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 단일항 여기 에너지 준위 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 2.71eV 및 2.51eV이다. 즉, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 4PCCzBfpm-02의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이는 0.20eV로 매우 작다.

[1056] 인광 성분을 가리키는 4PCCzBfpm-02의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측의 피크 파장은, 발광 소자 6의 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 전계 발광 스펙트럼보다 짧다. 게스트 재료로서 작용하는 Ir(ppy)₃은 인광 재료이기 때문에, 삼중항 여기 상태에서부터 광이 방출된다. 즉, 4PCCzBfpm-02의 삼중항 여기 에너지는 게스트 재료의 삼중항 여기 에너지보다 높다.

[1057] <게스트 재료의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼>

[1058] 도 75는 상기 발광 소자의 게스트 재료인 Ir(ppy)₃의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 또한, 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷하다.

[1059] 도 75에 나타낸 바와 같이, Ir(ppy)₃의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 500nm 부근이다. 흡수단은 흡수 스펙트럼의 데이터로부터 얻어지고, 전이 에너지는 직접 전이를 가정하여 추산하였다. 그 결과, Ir(ppy)₃의 흡수단은 508nm이고 전이 에너지는 2.44eV로 산출되었다.

[1060] 상술한 바와 같이, Ir(ppy)₃의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 500nm 부근이고, 4PCCzBfpm-02의 발광 스펙트럼의 형광 성분과 중첩되는 영역을 가진다. 따라서, 4PCCzBfpm-02를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서는 여기 에너지가 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다. 이것은 4PCCzBfpm-02가 발광 소자 6의 호스트 재료로서 적합하게 사용되는 것을 시사한다.

[1061] <CV 측정의 결과>

[1062] 발광 소자의 게스트 재료 및 호스트 재료로서 사용되는 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 조사하였다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷한 방법이었다.

[1063] 표 16은 CV 측정에 의하여 얻어진 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정결과로부터 산출된 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타내고 있다.

[1064] [표 16]

약칭	산화 전위(V)	환원 전위(V)	산화 전위로부터 산출된 HOMO 준위(eV)	환원 전위로부터 산출된 LUMO 준위(eV)
Ir(ppy) ₃	0.38	-2.63	-5.32	-2.31
4PCCzBfpm-02	0.82	-2.10	-5.76	-2.84

[1065]

[1066] 표 16에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 6에서, 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 환원 전위는 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 산화 전위는 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 산화 전위보다 낮다. 따라서, 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 LUMO 준위는 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 HOMO 준위는 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 크다.

[1067] Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.01eV이었다. 이 값은 표 16에 나타낸 CV 측정 결과로부터 산출되었다.

[1068] 상술한 바와 같이, Ir(ppy)₃의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 Ir(ppy)₃의 전이 에너지는 2.44eV이고, Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.57eV 크다.

[1069] 도 75에 나타낸 Ir(ppy)₃의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측에서의 피크 파장은 518nm이었다. 이에 따라 Ir(ppy)₃의 발광 에너지는 2.39eV로 산출되었다.

[1070] 즉, Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.62eV 컸다.

[1071] 따라서, 발광 소자의 게스트 재료에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 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 게스트 재료에서 직접 재결합될 때에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 높은 에너지가 필요하고, 즉, 높은 전압이 필요하다.

[1072] 한편, 발광 소자 6에서의 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 16으로부터

2.92eV로 산출되었다. 즉, 발광 소자 6의 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(3.01eV)보다 작고, 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.44eV)보다 크고, 발광 에너지(2.39eV)보다 크다. 따라서, 발광 소자 6에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않고, 호스트 재료의 여기 상태를 거친 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있음으로써, 구동 전압을 낮출 수 있다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 소비전력은 저감될 수 있다.

[1073] 표 16에서의 CV 측정 결과에 따르면, 발광 소자 6의 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(전자 및 정공) 중에서, 전자는 LUMO 준위가 낮은 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)에 주입되기 쉽지만, 정공은 HOMO 준위가 높은 게스트 재료(Ir(ppy)₃)에 주입되기 쉽다. 즉, 들뜬 복합체는 호스트 재료 및 게스트 재료에 의하여 형성될 가능성이 있다.

[1074] 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위와 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 16에 나타난 CV 측정 결과로부터 산출되고, 2.48eV인 것을 알았다.

[1075] 이들 결과로부터, 발광 소자 6에서, 호스트 재료(4PCCzBfpm-02)의 LUMO 준위와 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 HOMO 준위의 에너지 차이(2.48eV)는 게스트 재료에 의하여 방출되는 광의 에너지(2.39eV) 이상이다. 따라서, 호스트 재료 및 게스트 재료에 의한 들뜬 복합체의 형성보다, 게스트 재료로의 여기 에너지의 이동이 결국에는 더 용이해지기 때문에, 게스트 재료로부터의 효율적인 발광이 달성된다. 이 관계가 효율적인 발광을 위한 본 발명의 일 형태의 특징이다.

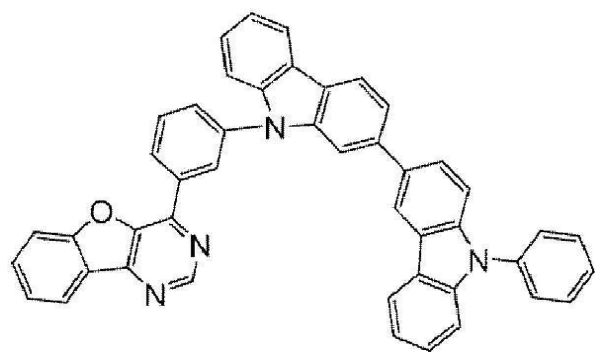
[1076] 발광 소자 6과 같이, 게스트 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높고 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이보다 큰 경우, 호스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 이상, 또는 게스트 재료의 발광 에너지 이상이면, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 게스트 재료의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이가 게스트 재료의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지 또는 게스트 재료의 발광 에너지보다 0.4eV 이상 큰 경우, 발광 효율이 높고 구동 전압이 낮은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[1077] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있고, 발광 효율이 높고 녹색광을 방출하는 발광 소자를 제작할 수 있다.

[1078] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시형태 및 실시예 중 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

[1079] (실시예 5)

[1080] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 7)의 제작예에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작한 발광 소자의 단면 모식도는 도 37에 나타난 것과 비슷하다. 표 17은 자세한 소자 구조를 나타낸 것이다. 또한, 화합물의 구조 및 약칭을 사용한다.



4mPCCzPBfpm-02

[1081]

[1082] [표 17]

	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	4mPCCzPBfpm-02	-
	발광층	160	40	4mPCCzPBfpm-02 : Ir(ppy) ₃	0.9:0.1
	정공 수송층	112	20	mCzFLP	-
	정공 주입층	111	15	DBT3P-II : MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[1083]

[1084] <발광 소자의 제작>

[1085] <<발광 소자 7의 제작>>

[1086] 전극(101)으로서, 기판(200) 위에 ITSO막을 두께 70nm가 되도록 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm^2 ($2\text{mm} \times 2\text{mm}$)로 하였다.

[1087] 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 DBT3P-II와 MoO₃을, 퇴적한 층의 중량비가 DBT3P-II:MoO₃=1:0.5가 되도록, 또한 두께 60nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다.

[1088] 정공 수송층(112)으로서, 정공 주입층(111) 위에 mCzFLP를 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[1089] 발광층(160)으로서, 정공 수송층(112) 위에 4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4mPCCzPBfpm-02) 및 Ir(ppy)₃을, 퇴적한 층의 중량비가 4mPCCzPBfpm-02:Ir(ppy)₃=0.9:0.1이 되도록, 또한 두께 40nm가 되도록 공증착에 의하여 퇴적하였다. 또한, 발광층(160)에 있어서 Ir(ppy)₃은 게스트 재료에 상당하고, 4mPCCzPBfpm-02는 호스트 재료에 상당한다.

[1090] 전자 수송층(118)으로서, 발광층(160) 위에 4mPCCzPBfpm-02 및 BPhen을 각각 두께 20nm 및 10nm가 되도록 연속적으로 증착에 의하여 퇴적하였다. 전자 주입층(119)으로서, 전자 수송층(118) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm가 되도록 증착에 의하여 퇴적하였다.

[1091] 전극(102)으로서, 전자 주입층(119) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 형성하였다.

[1092] 다음에 질소 분위기의 글러브 박스 내에서, 유기 EL 장치용 실란트를 사용하여, 유기 재료를 퇴적한 기판(200)에 기판(220)을 고정시킴으로써, 발광 소자 7을 밀봉하였다. 자세한 방법에 대해서는 실시예 1을 참조할 수 있다. 상기 공정을 거쳐, 발광 소자 7을 얻었다.

[1093] <발광 소자의 특성>

[1094] 도 76은 발광 소자 7의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 77은 그 휘도-전압 특성을 나타낸 것이고, 도 78은 그 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이고, 도 79는 그 전력 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 또한, 발광 소자의 측정은, 실시예 1에서 사용한 측정 방법과 비슷한 측정 방법에 의하여 실온에서(23℃로 유지된 분위기에서) 행하였다.

[1095] 표 18은 1000cd/m^2 부근에서의 발광 소자 7의 소자 특성을 나타내고 있다.

[1096] [표 18]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 (x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 7	4.00	1.19	(0.381, 0.590)	755	63.5	49.9	18.3

[1097]

[1098] 도 80은 발광 소자 7에 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류가 공급되었을 때의 발광 소자 7의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[1099] 도 76 내지 도 79 및 표 18에 나타난 바와 같이, 발광 소자 7의 전류 효율 및 외부 양자 효율은 매우 높다. 또한, 발광 소자 7의 외부 양자 효율의 최대값은 18.4%로 우수한 값이다.

[1100] 도 80에 나타난 바와 같이, 발광 소자 7의 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장은 549nm이고, 반값 전폭은 96nm이고, 발광 소자 7은 녹색광을 방출한다. 얻어진 발광 스펙트럼은 광이 게스트 재료로서의 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 로부터 방출되는 것을 밝힌다.

[1101] 발광 소자 7은 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 부근에서 4.0V로 낮은 전압으로 구동되기 때문에, 높은 전력 효율을 나타내었다. 또한, 발광 소자 7의 발광 개시 전압(휘도가 $1\text{cd}/\text{m}^2$ 를 초과할 때의 전압)은 2.5V이었다. 이들 전압은 실시예 4에서 설명한, 게스트 재료 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상당하는 전압보다 낮다. 이 결과는, 발광 소자 7의 발광이 게스트 재료에서의 캐리어의 직접 재결합에 의하여 얻어지는 것이 아니라, 에너지 갭이 더 작은 재료에서의 캐리어의 재결합에 의하여 얻어지는 것임을 시사한다.

[1102] <호스트 재료의 발광 스펙트럼>

[1103] 제작한 발광 소자(발광 소자 7)에서는 4mPCCzPBfpm-02를 호스트 재료로서 사용하였다. 도 81은 4mPCCzPBfpm-02의 박막의 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 또한, 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷하다.

[1104] 도 81에 나타난 바와 같이, 형광 성분 및 인광 성분을 가리키는 4mPCCzPBfpm-02의 발광 스펙트럼의 단파장측의 피크(숄더를 포함함) 파장은 각각 470nm 및 495nm이다. 그러므로, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 단일항 여기 에너지 준위 및 삼중항 여기 에너지 준위는 각각 2.64eV 및 2.50eV이다. 즉, 피크(숄더를 포함함) 파장으로부터 산출된 4mPCCzPBfpm-02의 단일항 여기 에너지 준위와 삼중항 여기 에너지 준위의 에너지 차이는 0.14eV로 매우 작다.

[1105] 실시예 4에서 설명한 바와 같이, $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ 의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측(가장 장파장측)의 흡수대는 500nm 부근이고, 4mPCCzPBfpm-02의 발광 스펙트럼의 형광 성분과 중첩되는 영역을 가진다. 따라서, 4mPCCzPBfpm-02를 호스트 재료로서 사용한 발광 소자에서는 여기 에너지가 게스트 재료로 효과적으로 이동될 수 있다. 이것은 4mPCCzPBfpm-02가 발광 소자 7의 호스트 재료로서 적합하게 사용되는 것을 시사한다.

[1106] <CV 측정의 결과>

[1107] 발광 소자의 게스트 재료 및 호스트 재료로서 사용되는 화합물의 전기 화학적 특성(산화 반응 특성 및 환원 반응 특성)을 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의하여 조사하였다. 이 측정 방법은 실시예 1에서 사용한 방법과 비슷한 방법이었다.

[1108] 표 19는 CV 측정에 의하여 얻어진 산화 전위 및 환원 전위, 그리고 CV 측정결과로부터 산출된 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타내고 있다.

[1109] [표 19]

약칭	산화 전위(V)	환원 전위(V)	산화 전위로부터 산출된 HOMO 준위(eV)	환원 전위로부터 산출된 LUMO 준위(eV)
$\text{Ir}(\text{ppy})_3$	0.38	-2.63	-5.32	-2.31
4mPCCzPBfpm-02	0.74	-1.92	-5.68	-3.02

[1110]

[1111] 표 19에 나타난 바와 같이, 발광 소자 7에서, 게스트 재료($\text{Ir}(\text{ppy})_3$)의 환원 전위는 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 환원 전위보다 낮고, 게스트 재료($\text{Ir}(\text{ppy})_3$)의 산화 전위는 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 산화 전위보다 낮다. 따라서, 게스트 재료($\text{Ir}(\text{ppy})_3$)의 LUMO 준위는 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 LUMO 준위보다 높고, 게스트 재료($\text{Ir}(\text{ppy})_3$)의 HOMO 준위는 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 HOMO 준위보다 높다. 게스트 재료($\text{Ir}(\text{ppy})_3$)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의

에너지 차이보다 크다.

[1112] Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 3.01eV이었다. 이 값은 표 19에 나타난 CV 측정 결과로부터 산출되었다.

[1113] 상술한 바와 같이, Ir(ppy)₃의 흡수 스펙트럼의 흡수단으로부터 산출되는 Ir(ppy)₃의 전이 에너지는 2.44eV이고, Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지보다 0.57eV 크다.

[1114] 도 75에 나타난 Ir(ppy)₃의 발광 스펙트럼의 가장 단파장측에서의 피크 파장은 518nm이었다. 이에 따라 Ir(ppy)₃의 발광 에너지는 2.39eV로 산출되었다.

[1115] 즉, Ir(ppy)₃의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 발광 에너지보다 0.62eV 컸다.

[1116] 따라서, 실시예 4에서 설명한 바와 같이, 발광 소자 7에 사용된 게스트 재료(Ir(ppy)₃)에서, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 흡수단으로부터 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 게스트 재료에서 직접 재결합될 때에는, LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이에 상응하는 높은 에너지가 필요하고, 즉, 높은 전압이 필요하다.

[1117] 한편, 발광 소자 7에서의 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 표 19로부터 2.66eV로 산출되었다. 즉, 발광 소자 7의 호스트 재료(4mPCCzPBfpm-02)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이는 게스트 재료(Ir(ppy)₃)의 LUMO 준위와 HOMO 준위의 에너지 차이(3.01eV)보다 작고, 흡수단으로부터 산출되는 전이 에너지(2.44eV)보다 크고, 발광 에너지(2.39eV)보다 크다. 따라서, 발광 소자 7에서는, 게스트 재료에서 캐리어가 직접 재결합되지 않고, 호스트 재료의 여기 상태를 거친 에너지 이동에 의하여 게스트 재료가 여기될 수 있음으로써, 구동 전압을 낮출 수 있다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 소비전력은 저감될 수 있다.

[1118] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 구조를 채용함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 소비전력이 저감된 발광 소자를 제작할 수 있고, 발광 효율이 높고 녹색광을 방출하는 발광 소자를 제작할 수 있다.

[1119] 본 실시예에 기재된 구조는 다른 실시형태 및 실시예 중 임의의 구조와 적절히 조합하여 사용될 수 있다.

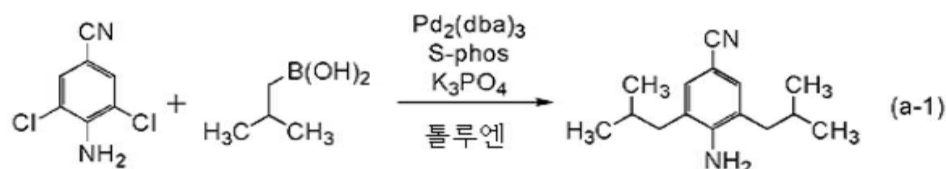
[1120] (참조예 1)

[1121] 본 참조예에서는, 실시예 2 및 3에서 게스트 재료로서 사용한 유기 금속 착체인, 트리스{2-[4-(4-사이아노-2,6-다이아이소뷰틸페닐)-5-(2-메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN²]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-diBuCNp)₃)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[1122] <합성에 1>

[1123] <<단계 1: 4-아미노-3,5-다이아이소뷰틸벤조나이트릴의 합성>>

[1124] 1000mL의 3구 플라스크에, 9.4g(50mmol)의 4-아미노-3,5-다이클로로벤조나이트릴, 26g(253mmol)의 아이소뷰틸보론산, 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 겔 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-다이아이소뷰틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (a-1)에 나타낸다.



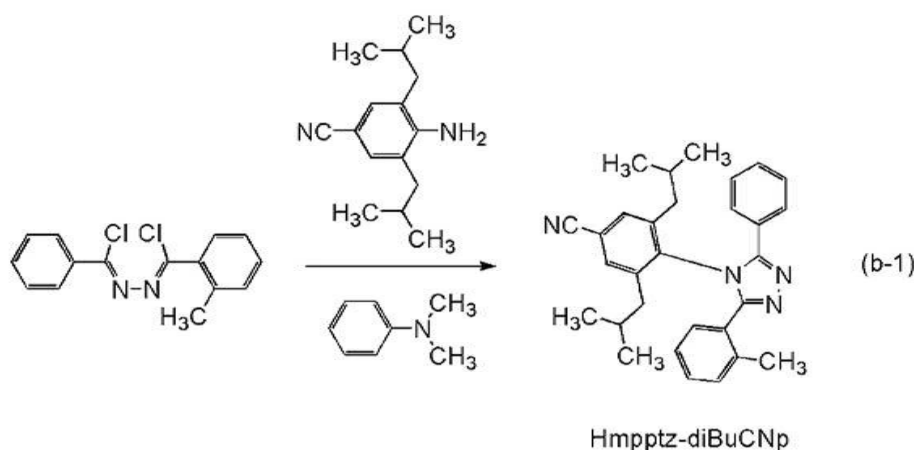
[1125]

[1126]

[1127]

<<단계 2: Hmpptz-diBuCNp의 합성>>

300mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성된 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴 11g(48mmol), 4.7g(16mmol)의 *N*-(2-메틸페닐)클로로메틸리텐-*N'*-페닐클로로메틸리텐하이드라진, 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 행하였다. 이 혼합물에 아세트산 에틸을 첨가하고, 유기층과 수성층을 분리하고, 이 수성층에 대하여 아세트산 에틸로 추출을 행하였다. 유기층과 추출된 용액을 조합하고, 탄산수소소듐의 포화 수용액, 이어서 포화 식염수로 세정하고, 건조시키기 위하여 유기층에 무수 황산마그네슘을 첨가하였다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 이 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 겔 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 조사하고 나서, 흡인 여과하여 2.0g의 백색 고체를 수율 28%로 얻었다. 핵자기 공명(NMR) 분광법에 의하여, 얻어진 백색 고체가 4-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-3-(2-메틸페닐)-5-페닐-4*H*-1,2,4-트리아졸(약칭: Hmpptz-diBuCNp)인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 이하의 (b-1)에 나타낸다.



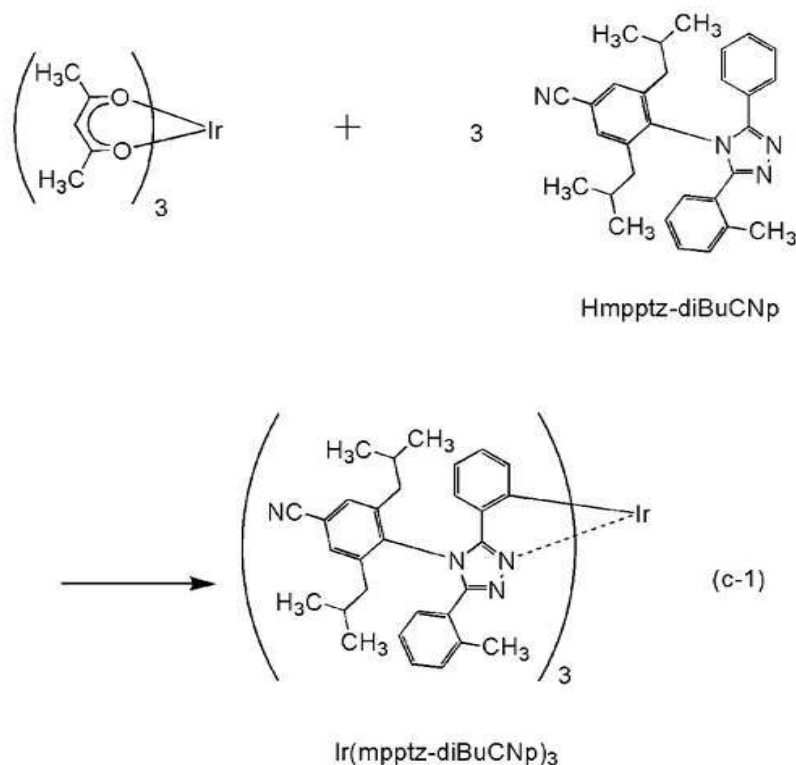
[1128]

[1129]

[1130]

<<단계 3: Ir(mpptz-diBuCNp)₃의 합성>>

3방 콧을 갖춘 반응 용기에, 단계 2에서 합성된 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 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 다이클로로메테인을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 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 행하였다. 승화에 의한 정제 후, 0.26g의 황색 고체를 회수율 84%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 이하의 (c-1)에 나타낸다.



[1131]

[1132] 단계 3에서 얻어진 황색 고체의 프로톤(¹H)을 핵자기 공명(NMR) 분광법에 의하여 측정하였다.

[1133] ¹H-NMR δ(CDCl₃): 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).

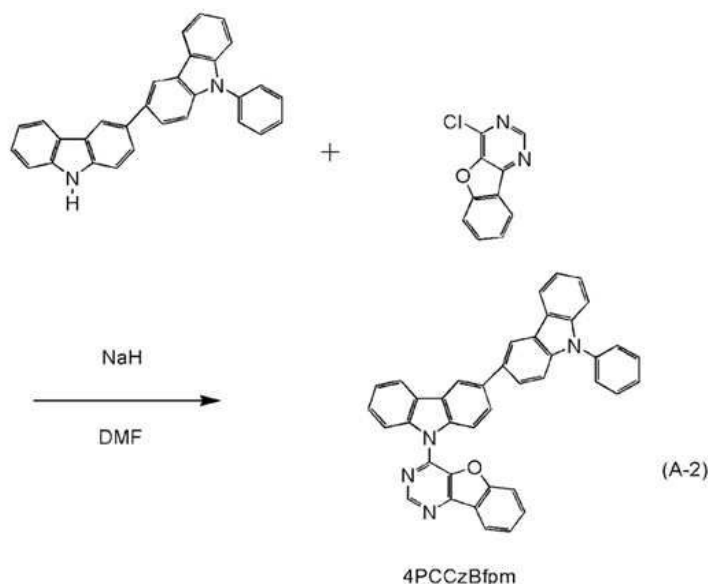
[1134] (참조예 2)

[1135] 본 참조예에서는, 실시예 3에서 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.

[1136] <합성예 2>

[1137] <<4PCCzBfpm의 합성>>

[1138] 우선, 공기를 질소로 치환한 3구 플라스크에, 0.15g(3.6mmol)의 수소화 소듐(60%)을 넣고, 교반하면서 여기에 10mL의 N,N'-다이메틸폼아마이드(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 행하고, 포화 식염수로 세정하였다. 황산 마그네슘을 첨가하고 여과를 행하였다. 얻어진 여과액의 용매를 증류하여 제거하고, 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 이하의 (A-2)에 나타낸다.



[1139]

[1140] 상술한 단계에서 얻어진 노르스름한 백색 고체의 핵자기 공명($^1\text{H-NMR}$) 분광법에 의한 분석 결과를 이하에 나타낸다. 이들 결과에 의하여 4PCCzBfpm이 얻어졌다는 것이 밝혀진다.

[1141] $^1\text{H-NMR}$ $\delta(\text{CDCl}_3)$: 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

[1142] 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: 발광 유닛, 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: 게스트 재료, 122: 호스트 재료, 123B: 발광층, 123G: 발광층, 123R: 발광층, 130: 발광층, 131: 게스트 재료, 132: 호스트 재료, 133: 호스트 재료, 135: 발광층, 140: 발광층, 141: 게스트 재료, 142: 호스트 재료, 142_1: 유기 화합물, 142_2: 유기 화합물, 145: 격벽, 150: 발광 소자, 152: 발광 소자, 160: 발광층, 170: 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: 밀봉 재료, 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: 하부 전극, 1025: 격벽, 1026: 상부 전극, 1028: EL층, 1028B: 발광층, 1028G: 발광층, 1028R: 발광층, 1028Y: 발광층, 1029: 밀봉층, 1031: 밀봉 기관, 1032: 밀봉 재료, 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: 트

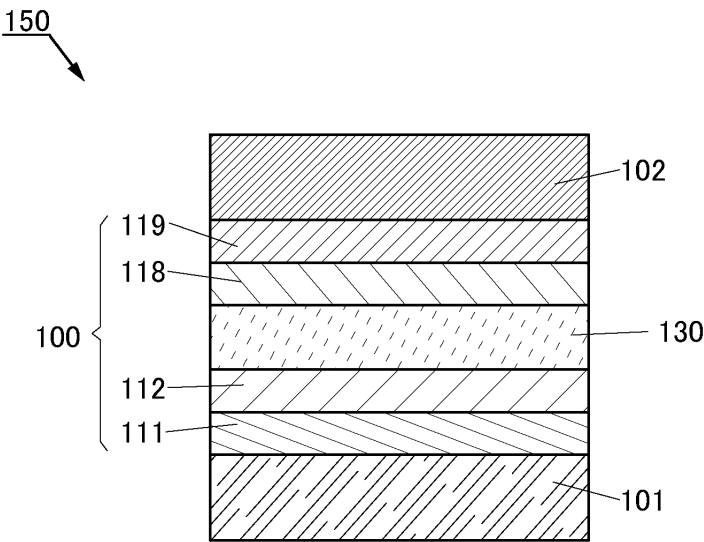
랜지스터, 2509: FPC, 2510: 기관, 2510a: 절연층, 2510b: 플렉시블 기관, 2510c: 접착층, 2511: 배선, 2519: 단자, 2521: 절연층, 2528: 격벽, 2550R: 발광 소자, 2560: 밀봉층, 2567BM: 차광층, 2567p: 반사 방지층, 2567R: 착색층, 2570: 기관, 2570a: 절연층, 2570b: 플렉시블 기관, 2570c: 접착층, 2580R: 발광 모듈, 2590: 기관, 2591: 전극, 2592: 전극, 2593: 절연층, 2594: 배선, 2595: 터치 센서, 2597: 접착층, 2598: 배선, 2599: 접속층, 2601: 펄스 전압 출력 회로, 2602: 전류 검지 회로, 2603: 용량, 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, 3054: 표시부, 3500: 다기능 단말기, 3502: 하우징, 3504: 표시부, 3506: 카메라, 3508: 조명, 3600: 라이트, 3602: 하우징, 3608: 조명, 3610: 스피커, 7101: 하우징, 7102: 하우징, 7103: 표시부, 7104: 표시부, 7105: 마이크로폰, 7106: 스피커, 7107: 조작 키, 7108: 스타일러스, 7121: 하우징, 7122: 표시부, 7123: 키보드, 7124: 포인팅 디바이스, 7200: 헤드 마운티드 디스플레이, 7201: 장착부, 7202: 렌즈, 7203: 본체, 7204: 표시부, 7205: 케이블, 7206: 배터리, 7300: 카메라, 7301: 하우징, 7302: 표시부, 7303: 조작 버튼, 7304: 셔터 버튼, 7305: 접속부, 7306: 렌즈, 7400: 파인더, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 버튼, 7701: 하우징, 7702: 하우징, 7703: 표시부, 7704: 조작 키, 7705: 렌즈, 7706: 연결부, 8000: 표시 모듈, 8001: 상부 커버, 8002: 하부 커버, 8003: FPC, 8004: 터치 센서, 8005: FPC, 8006: 표시 장치, 8009: 프레임, 8010: 인쇄 기관, 8011: 배터리, 8501: 조명 장치, 8502: 조명 장치, 8503: 조명 장치, 8504: 조명 장치, 9000: 하우징, 9001: 표시부, 9003: 스피커, 9005: 조작 키, 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: 리모컨, 9500: 표시 장치, 9501: 표시 패널, 9502: 표시 영역, 9503: 영역, 9511: 측부, 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, 9723: 표시부.

본 출원은 2015년 9월 30일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-194744의 일본 특허 출원, 2015년 12월 4일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-237266의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

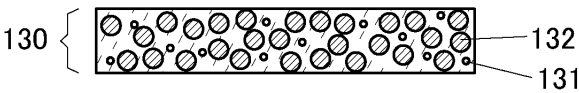
도면

도면1

(A)

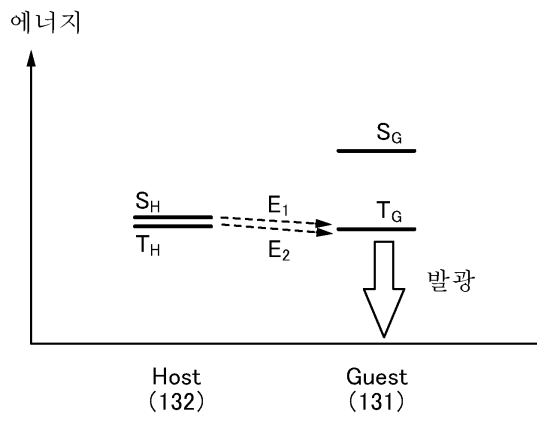


(B)

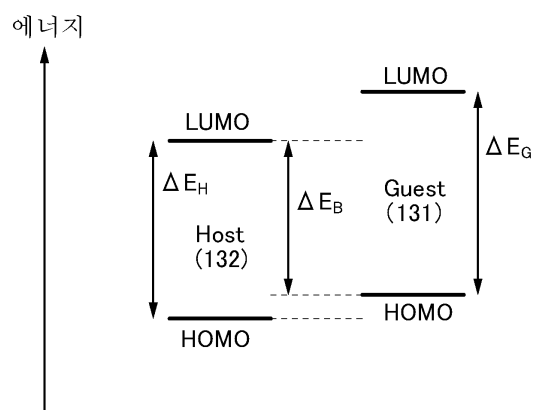


도면2

(A)

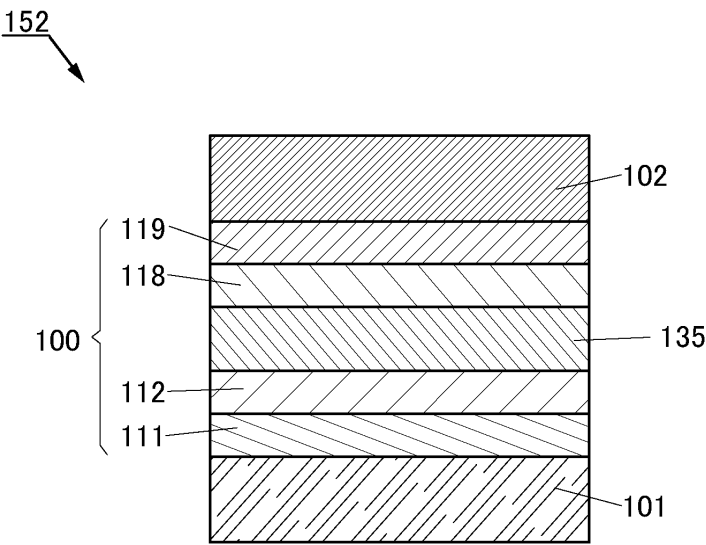


(B)

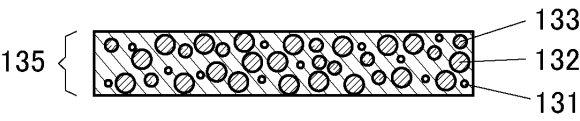


도면3

(A)

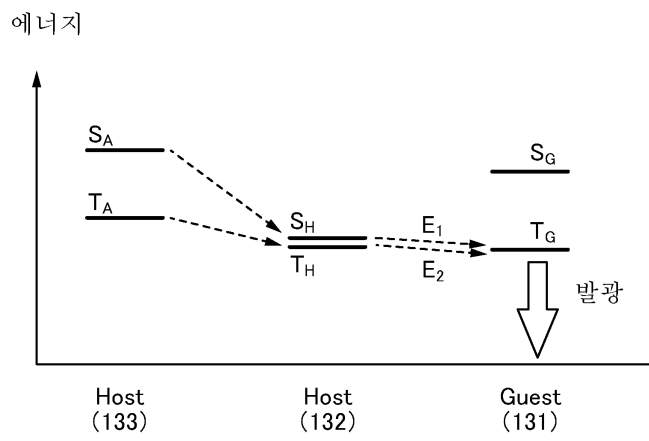


(B)

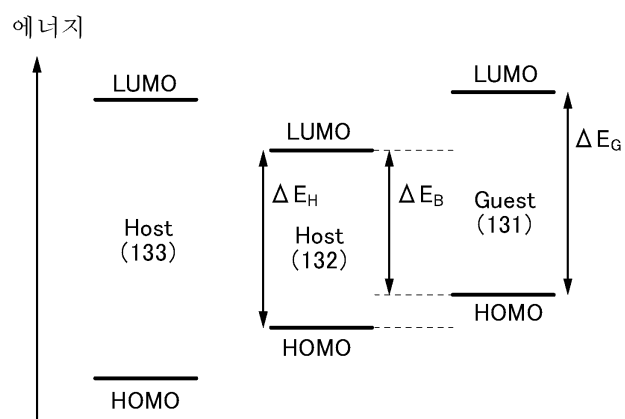


도면4

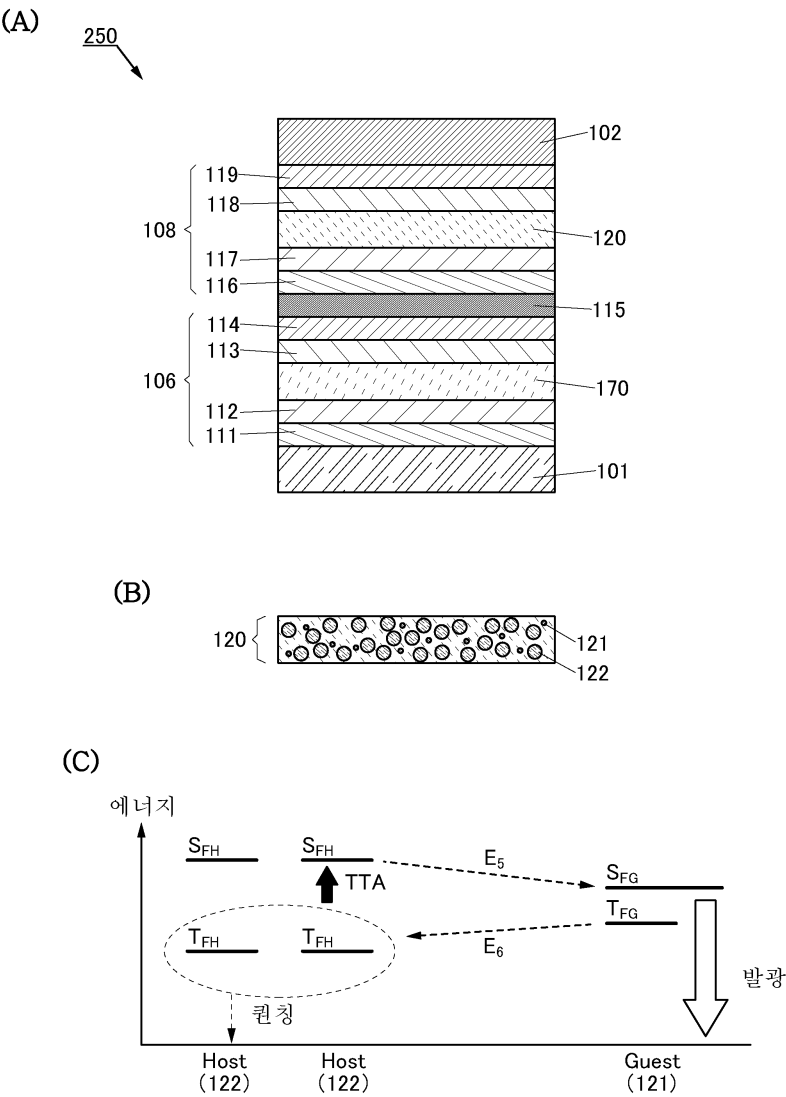
(A)



(B)

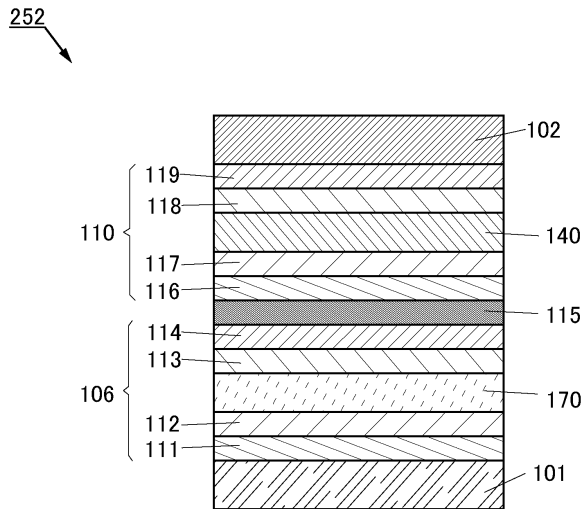


도면5

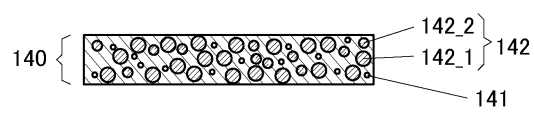


도면6

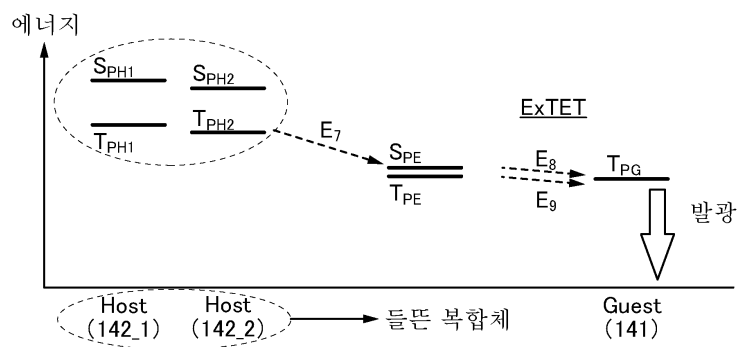
(A)



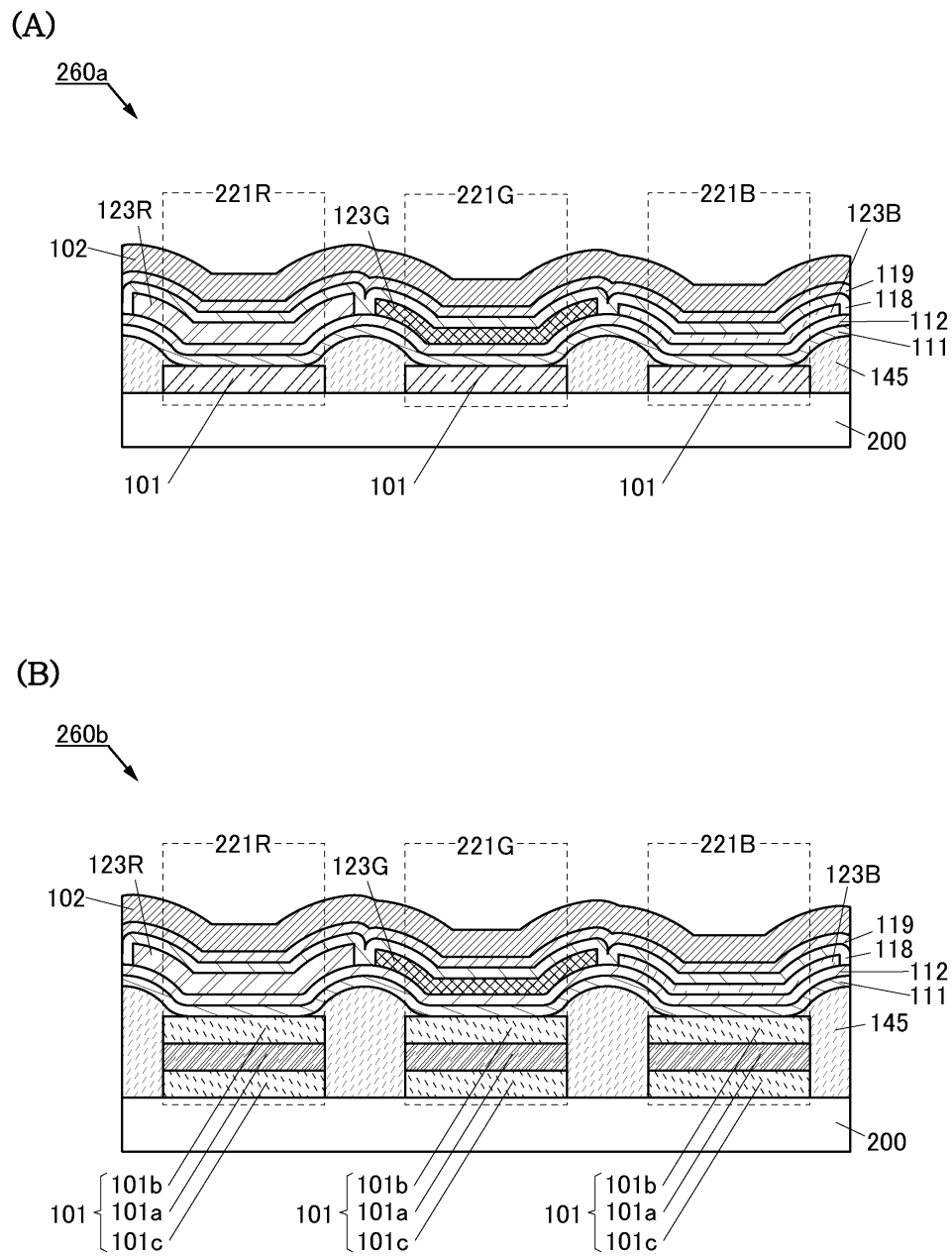
(B)



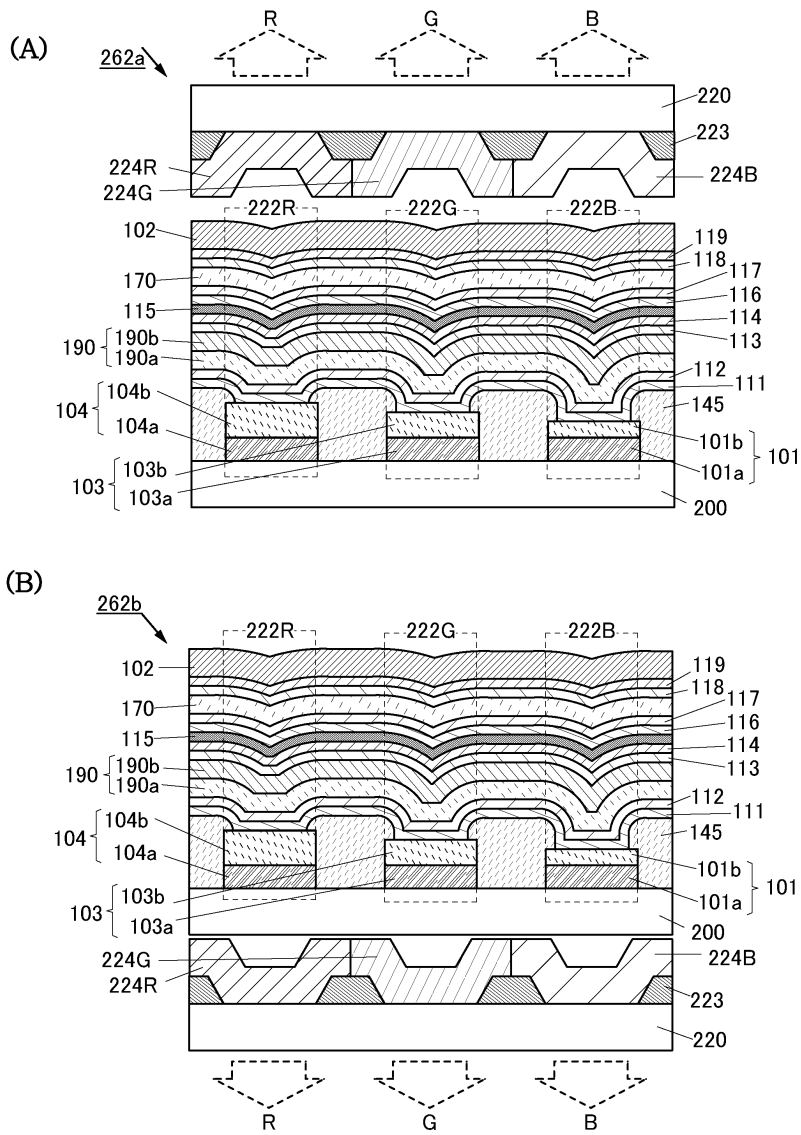
(C)



도면7

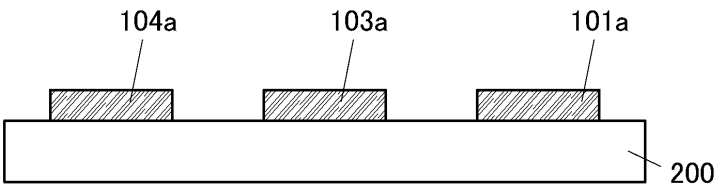


도면8

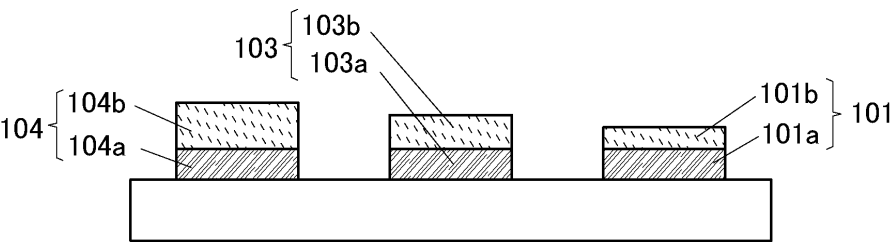


도면9

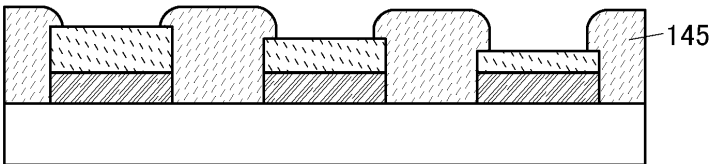
(A)



(B)

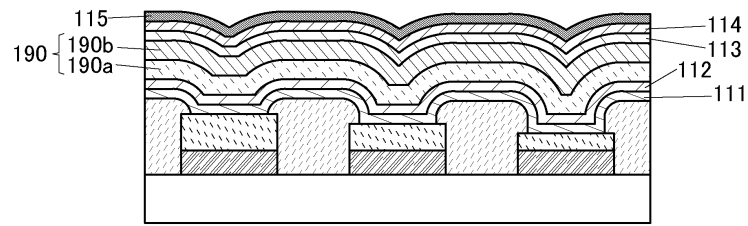


(C)

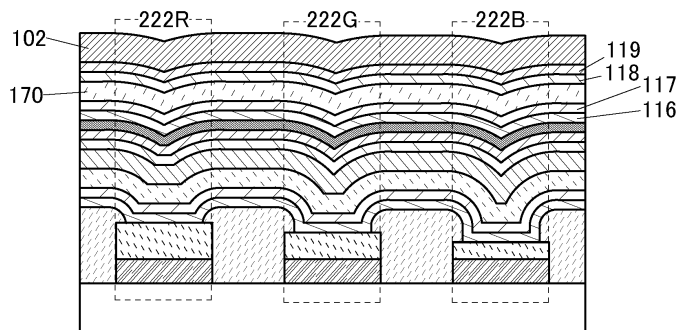


도면10

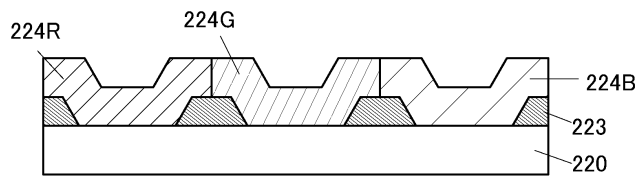
(A)



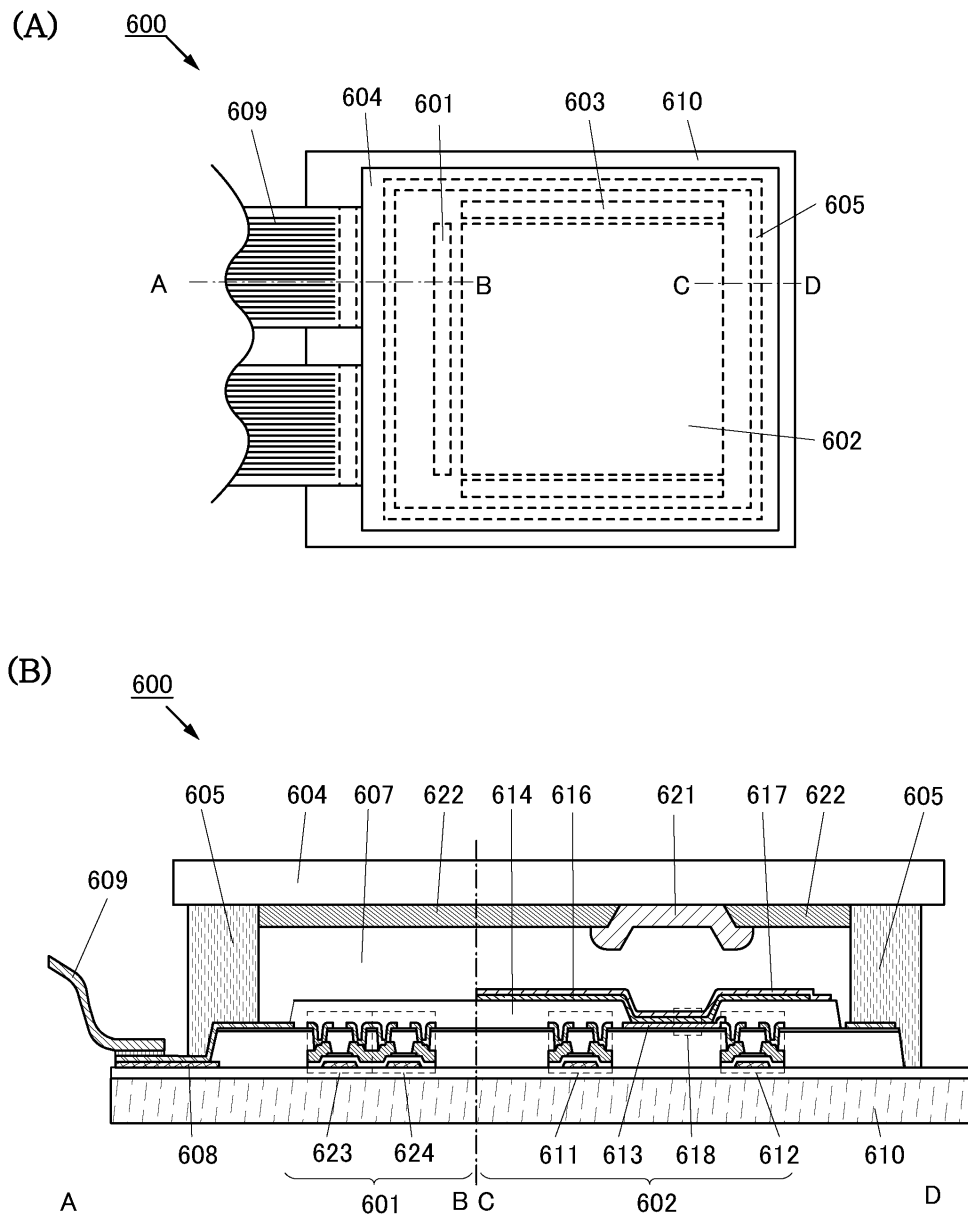
(B)



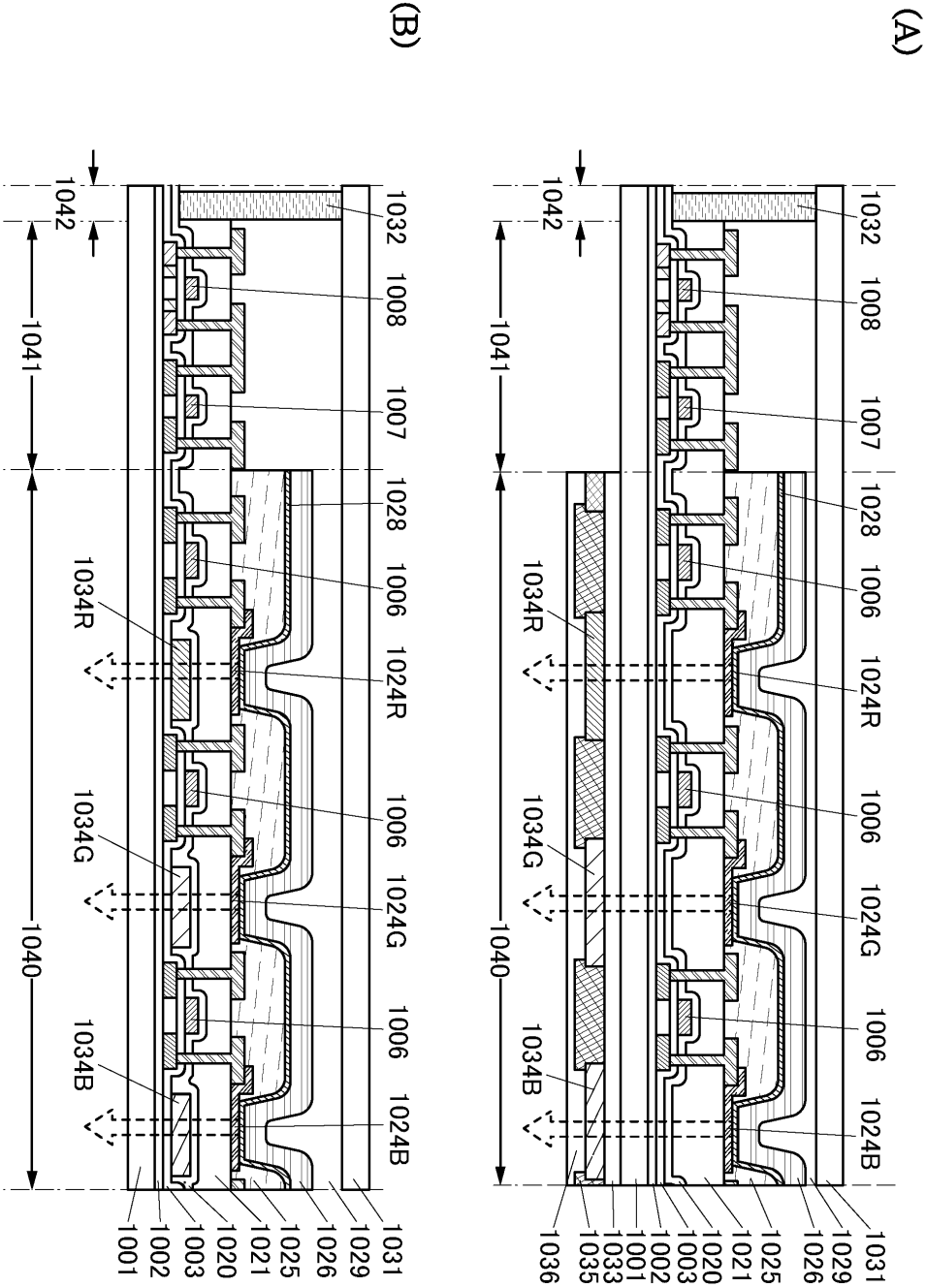
(C)



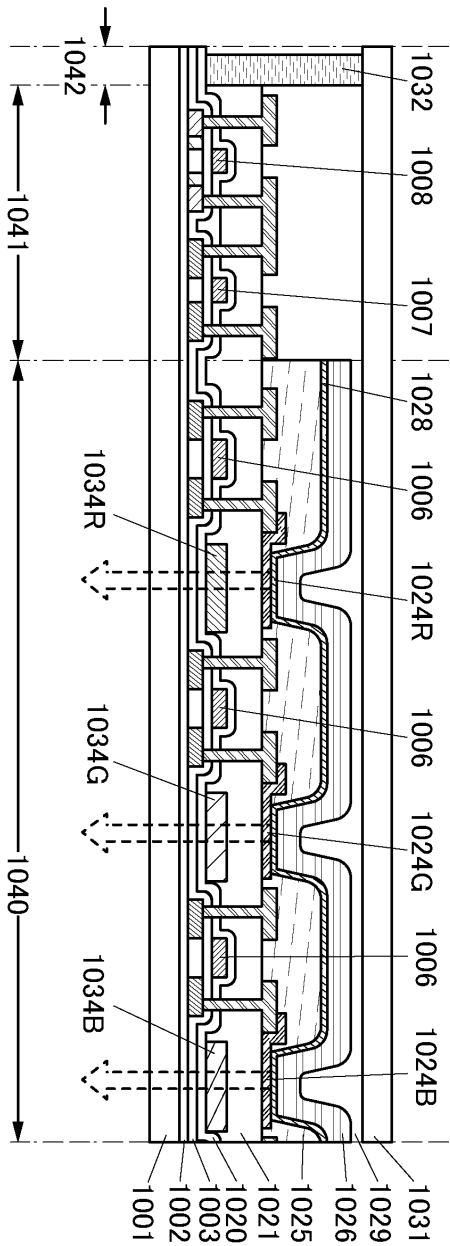
도면11



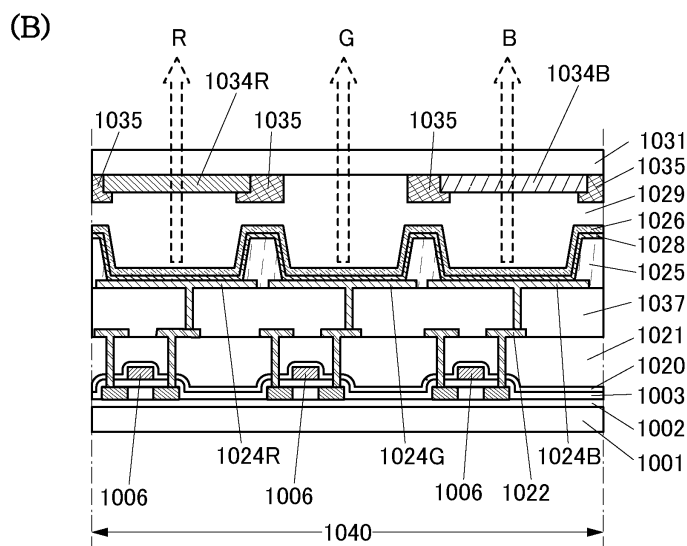
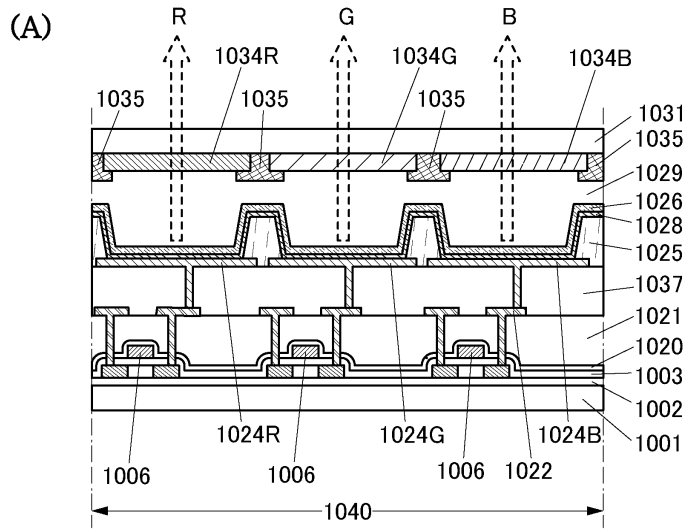
도면12



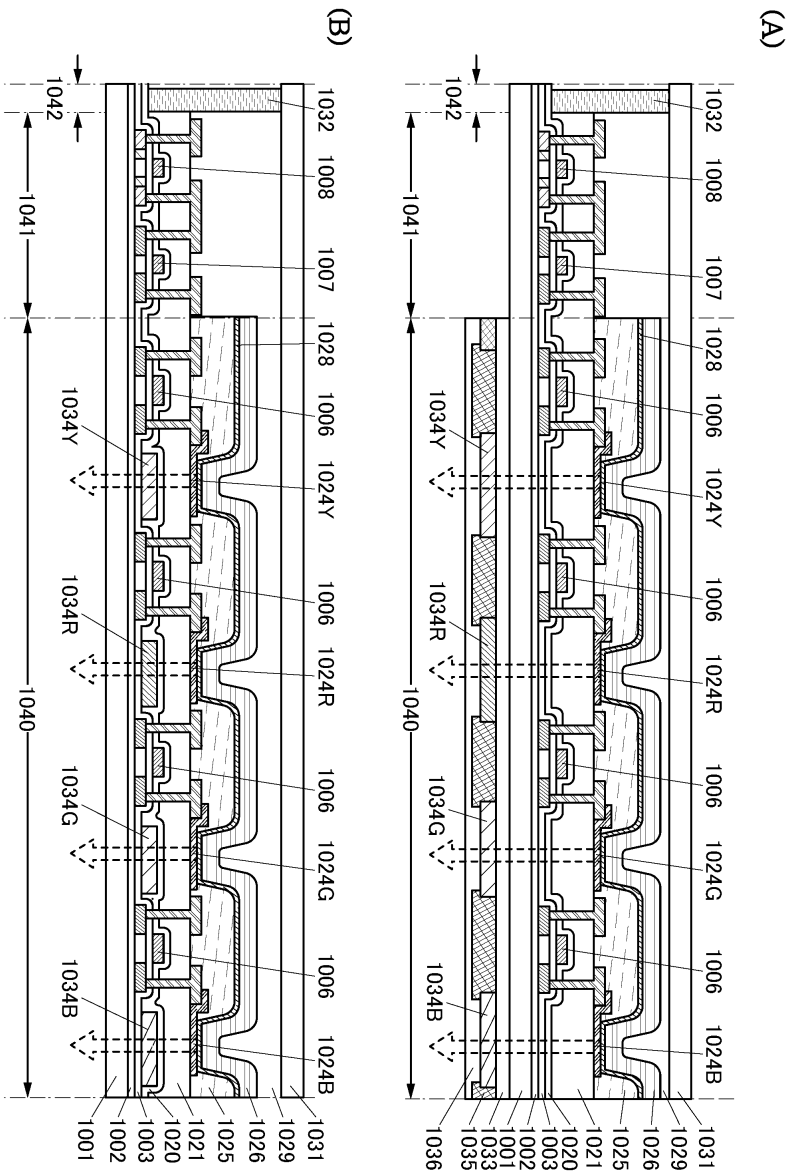
도면13



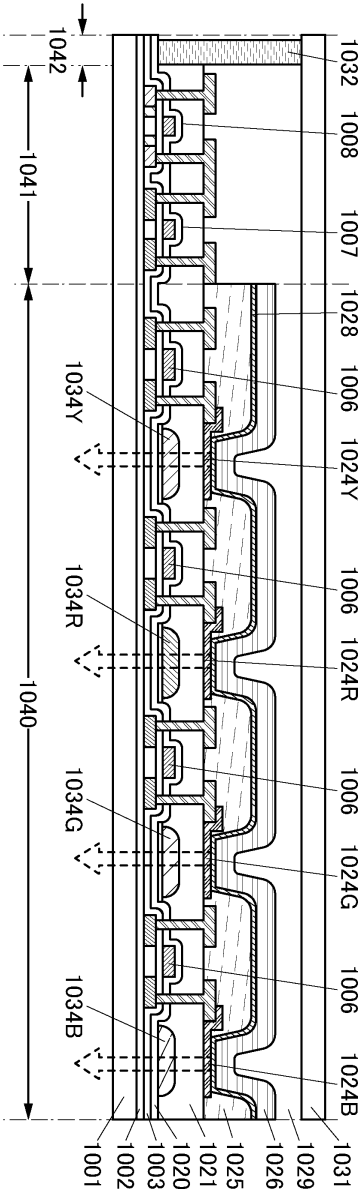
도면14



도면15

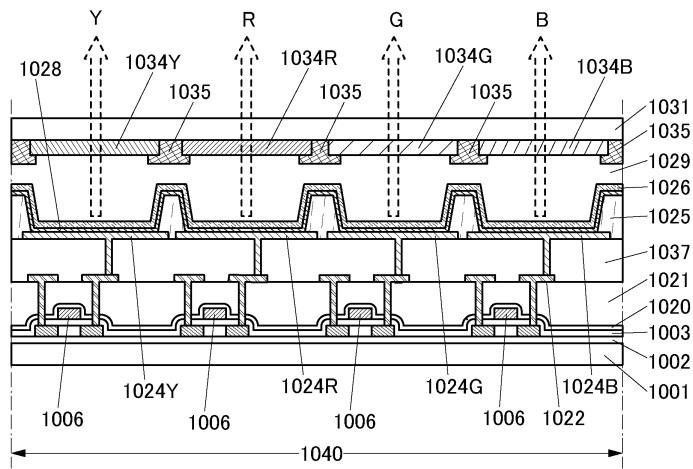


도면16

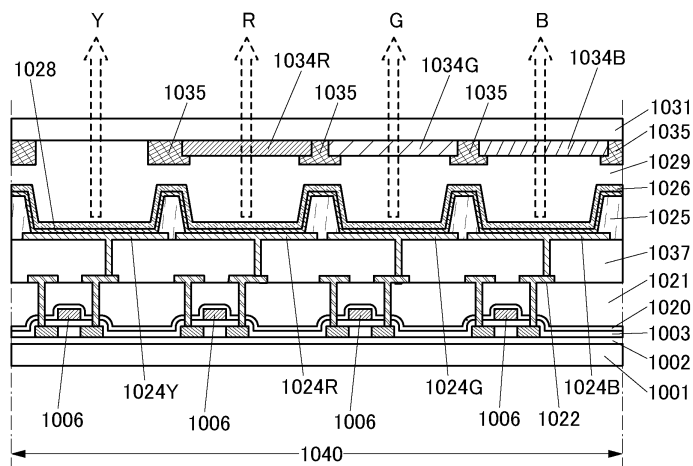


도면17

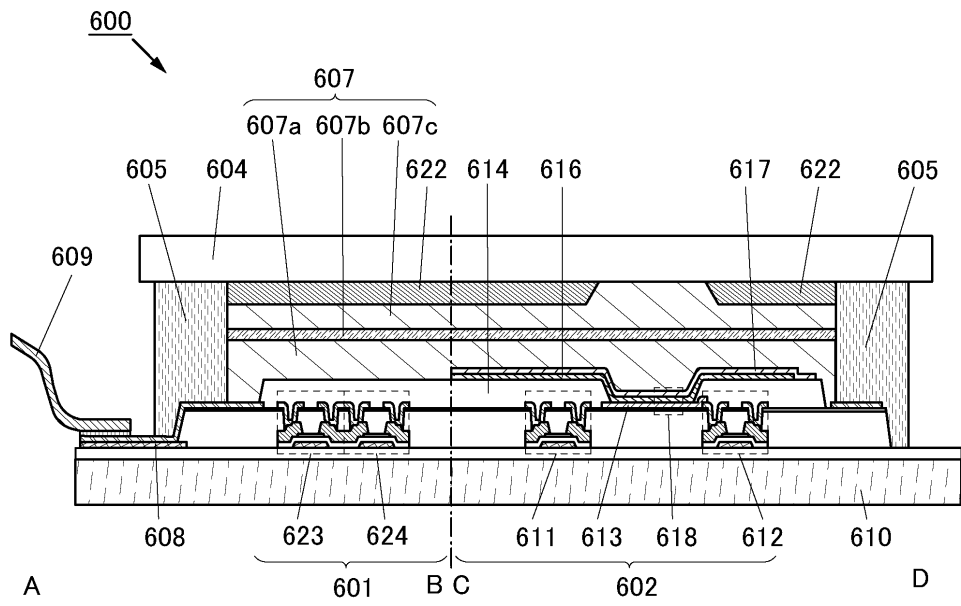
(A)



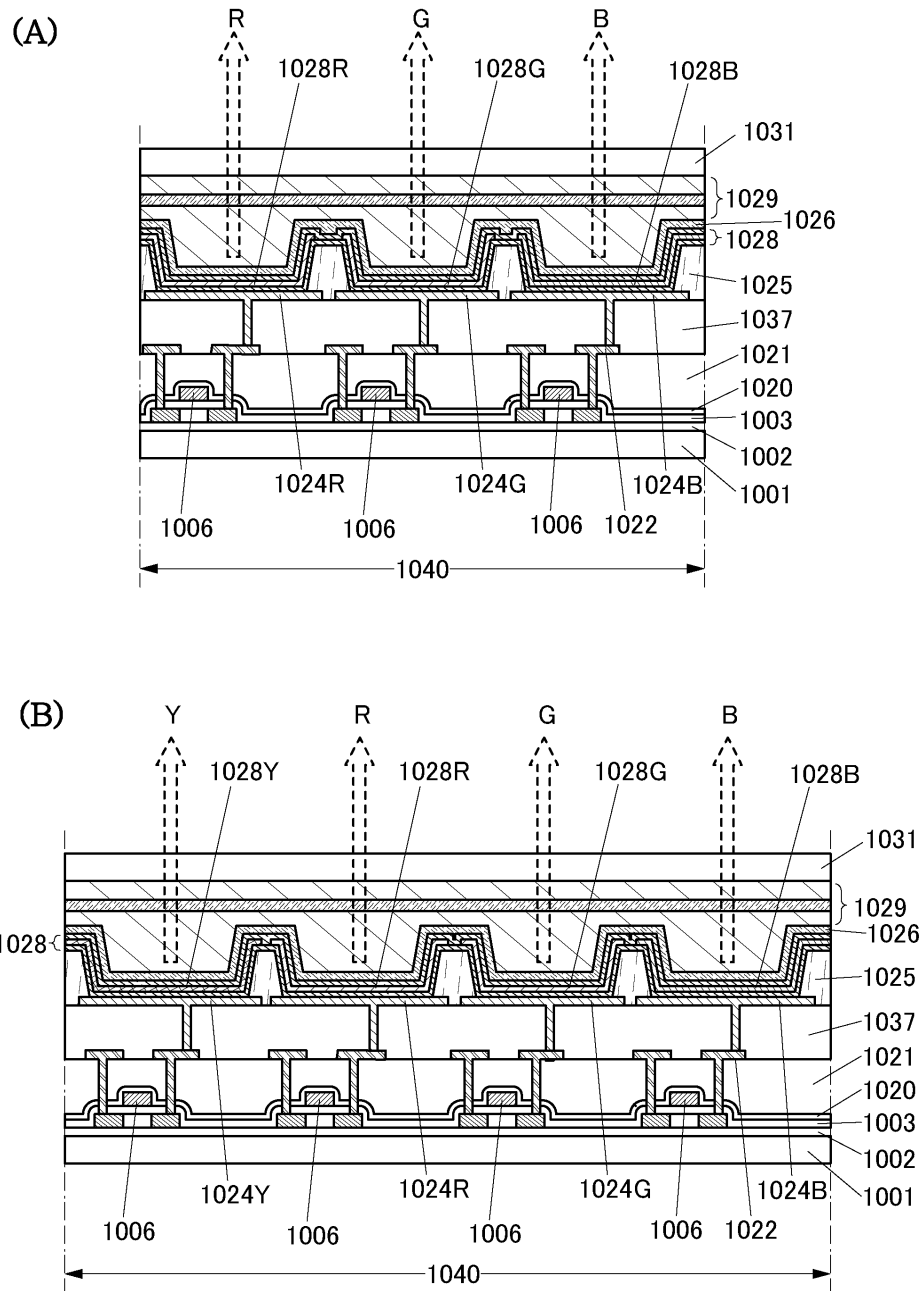
(B)



도면18

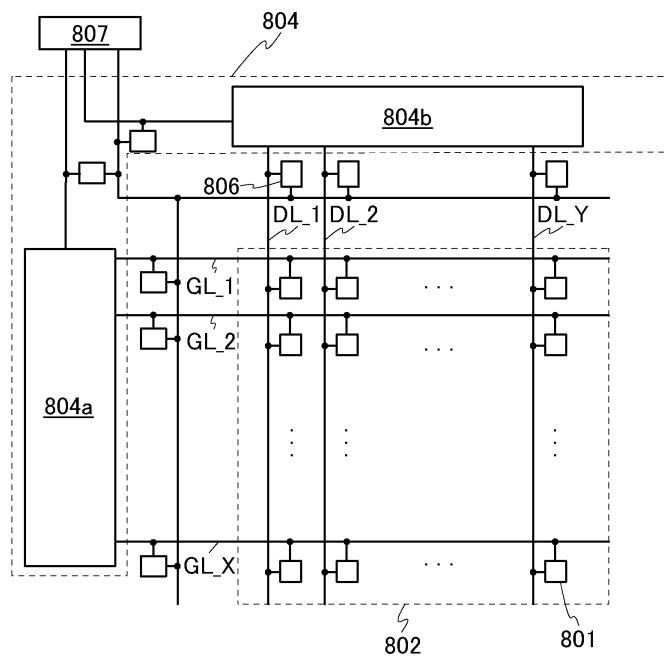


도면19

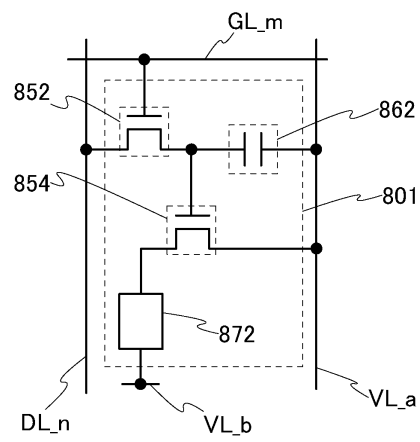


도면20

(A)

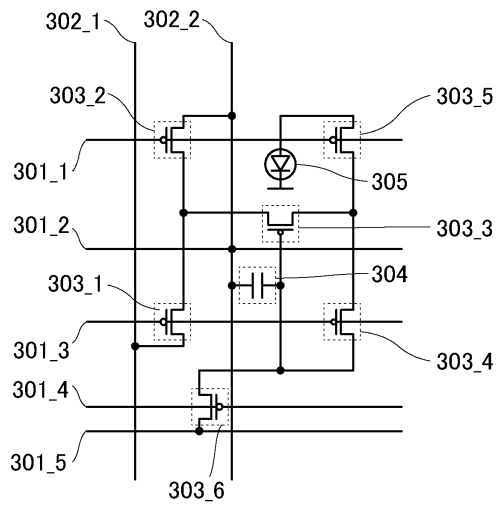


(B)

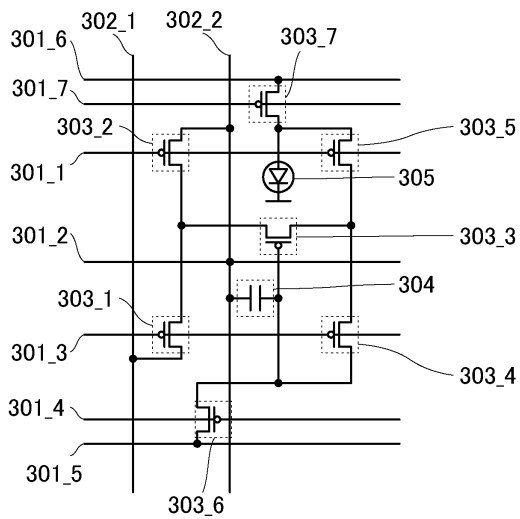


도면21

(A)

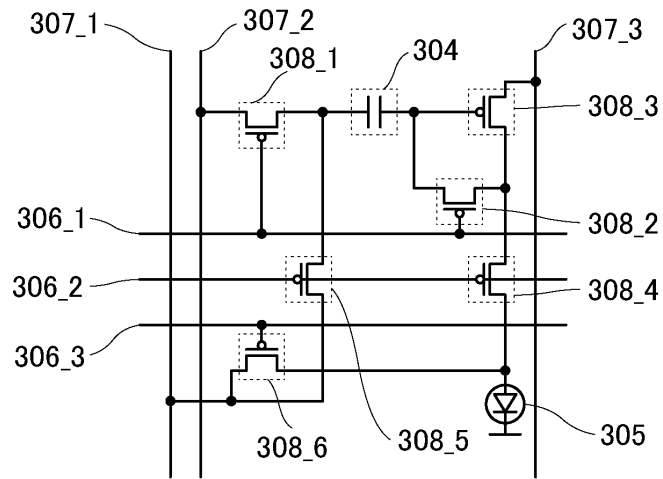


(B)

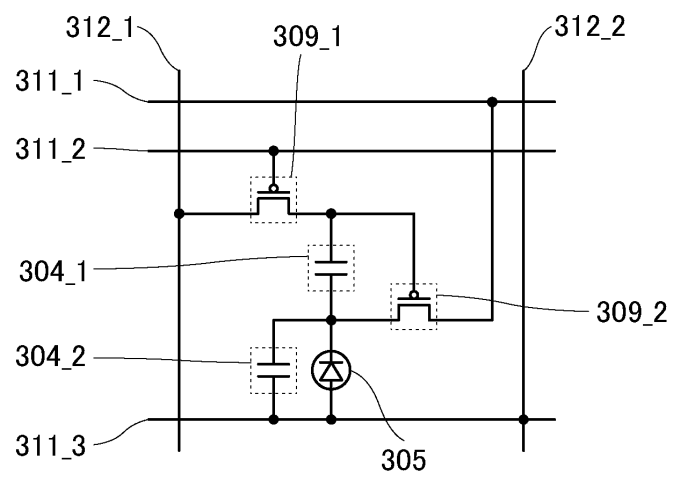


도면22

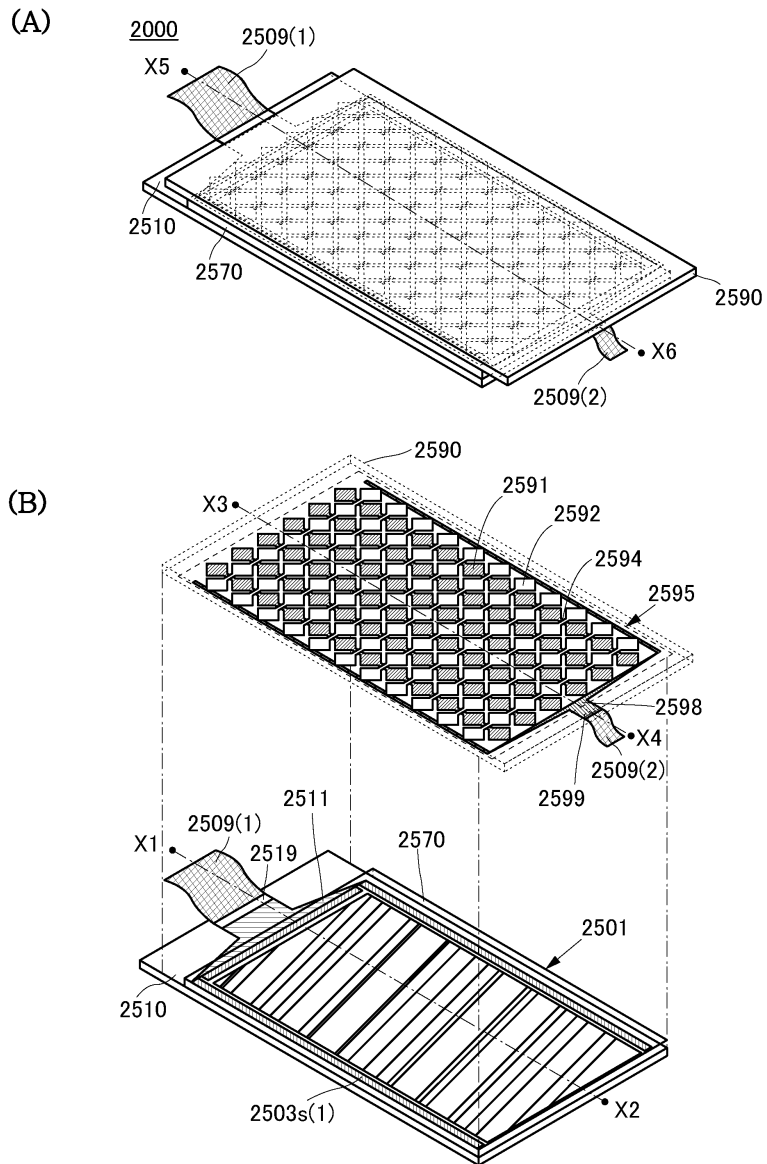
(A)



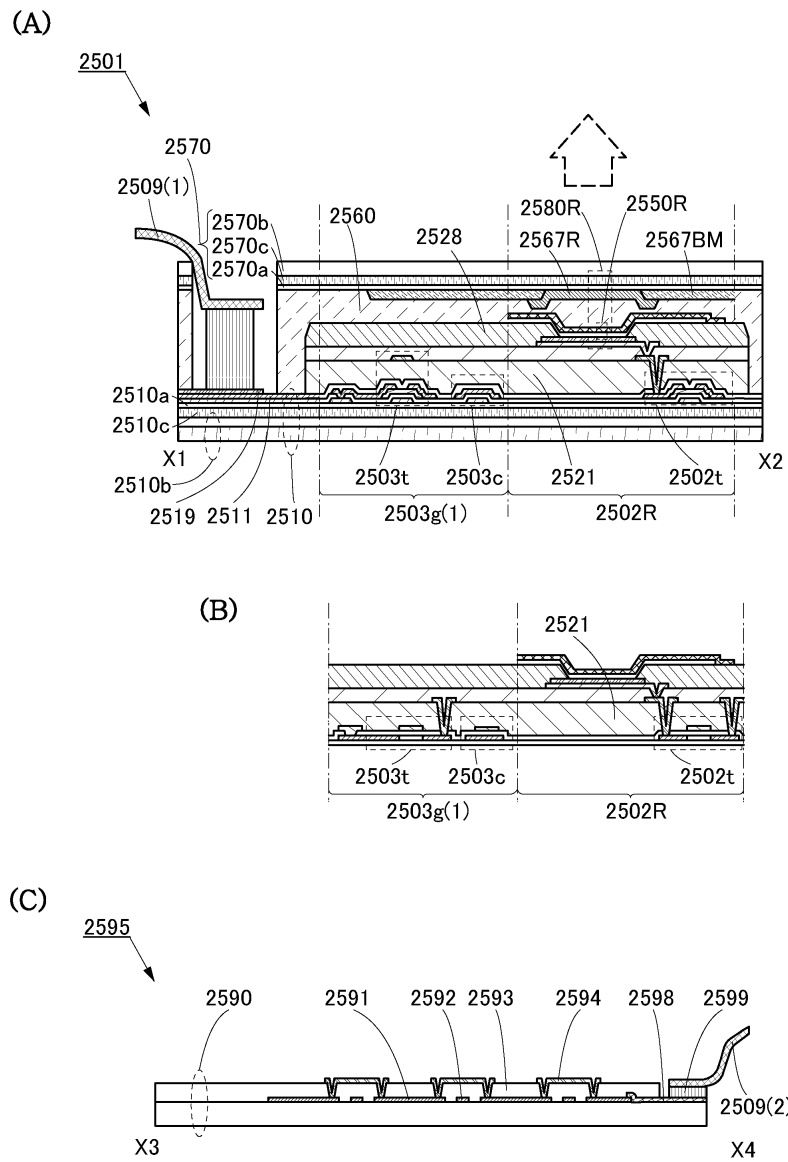
(B)



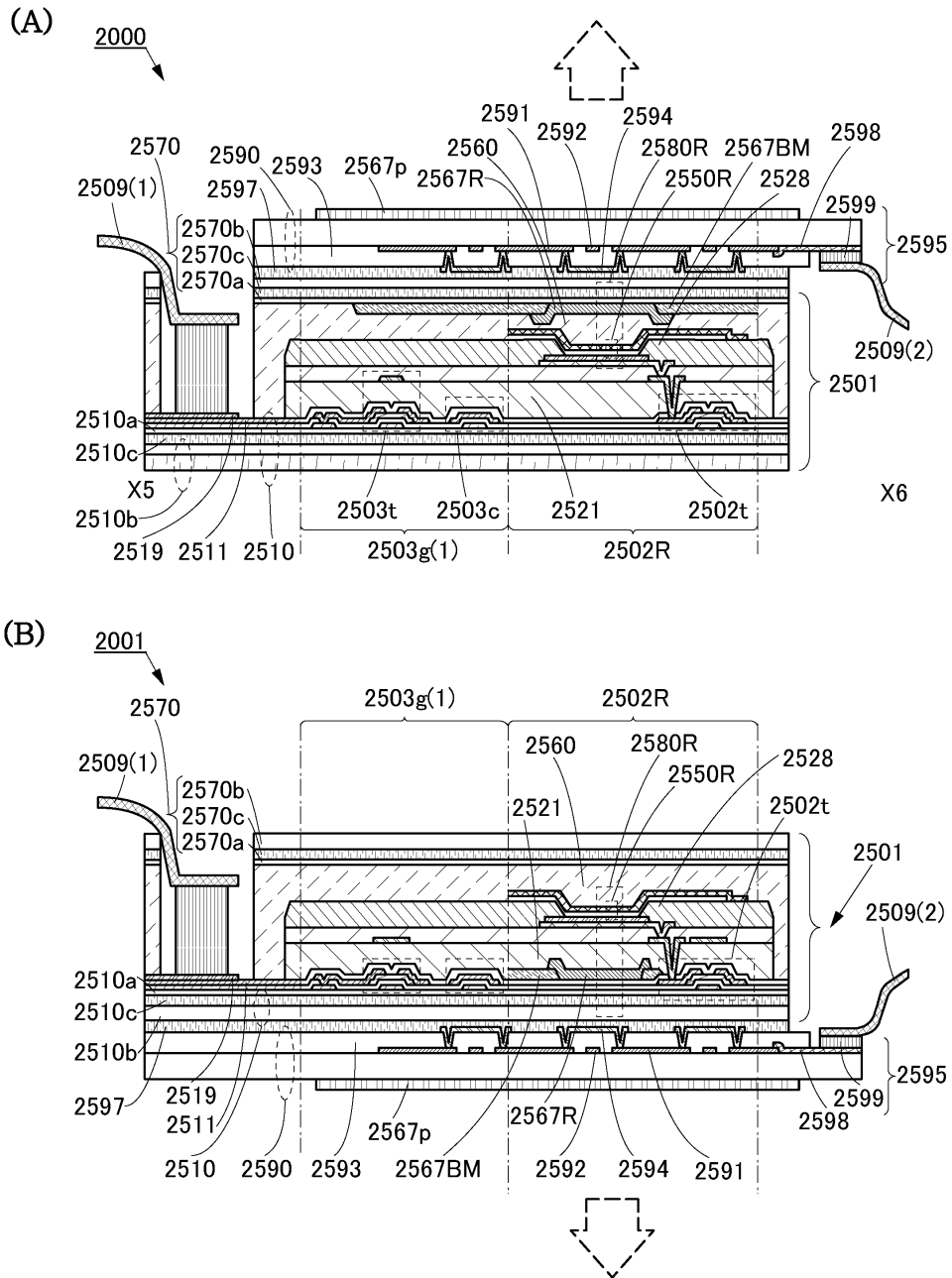
도면23



도면24

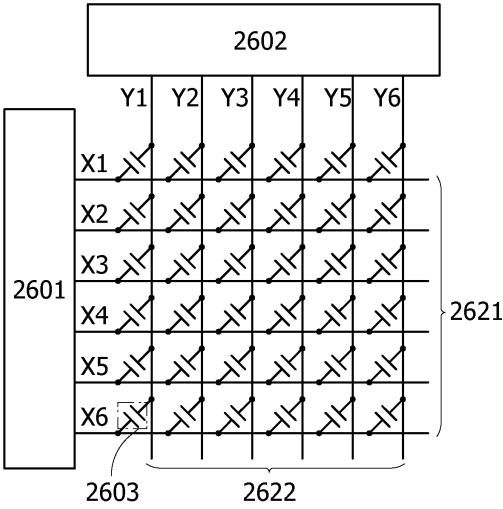


도면25

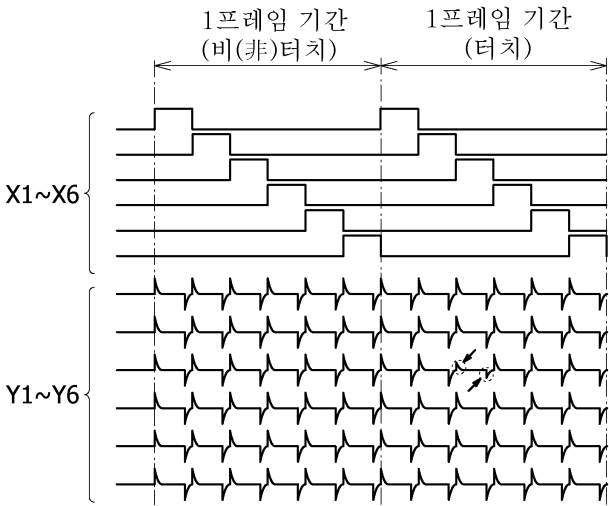


도면26

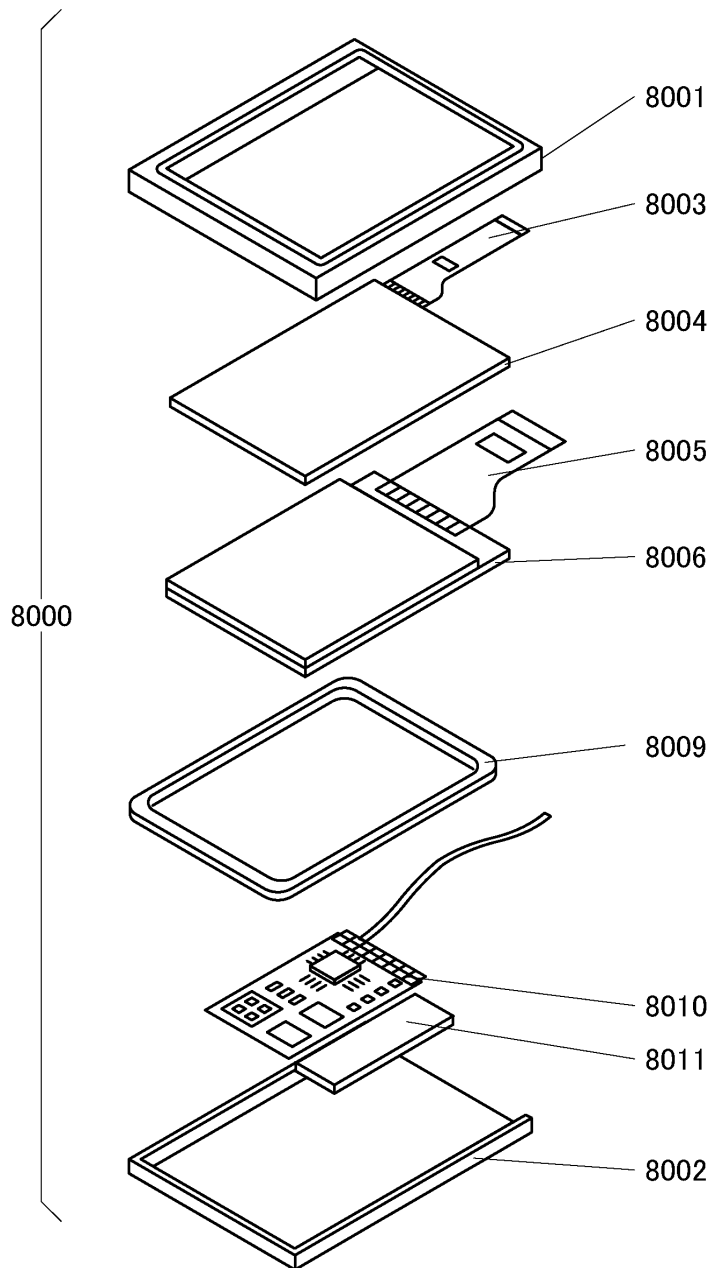
(A)



(B)



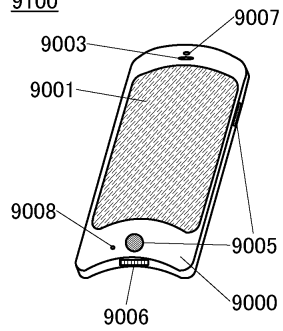
도면28



도면29

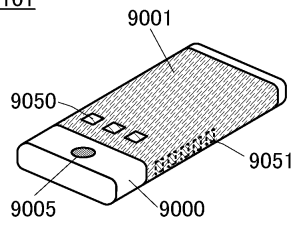
(A)

9100



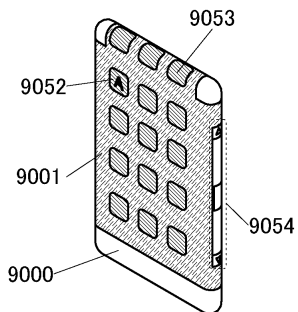
(B)

9101



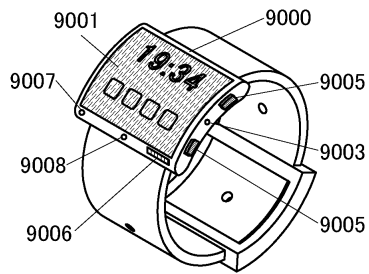
(C)

9102



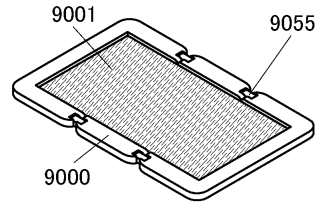
(D)

9200



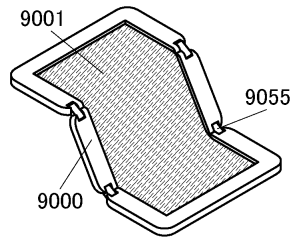
(E)

9201



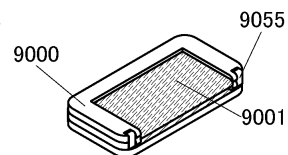
(F)

9201

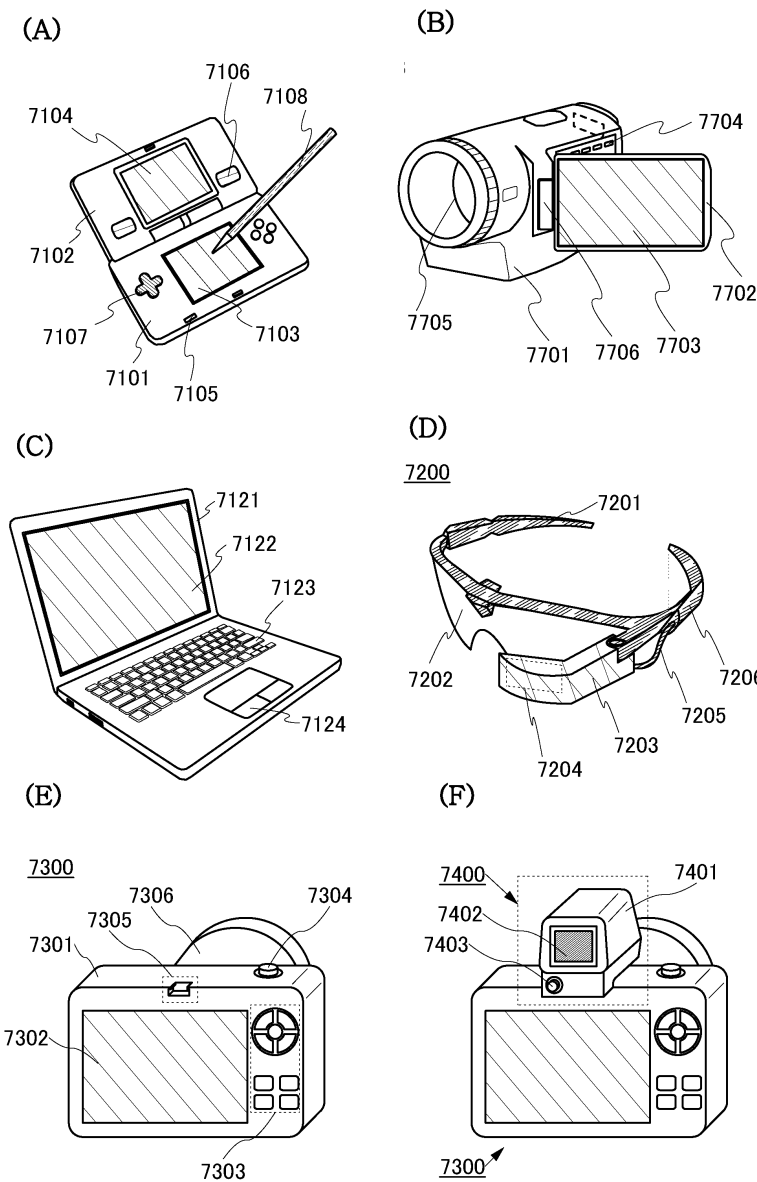


(G)

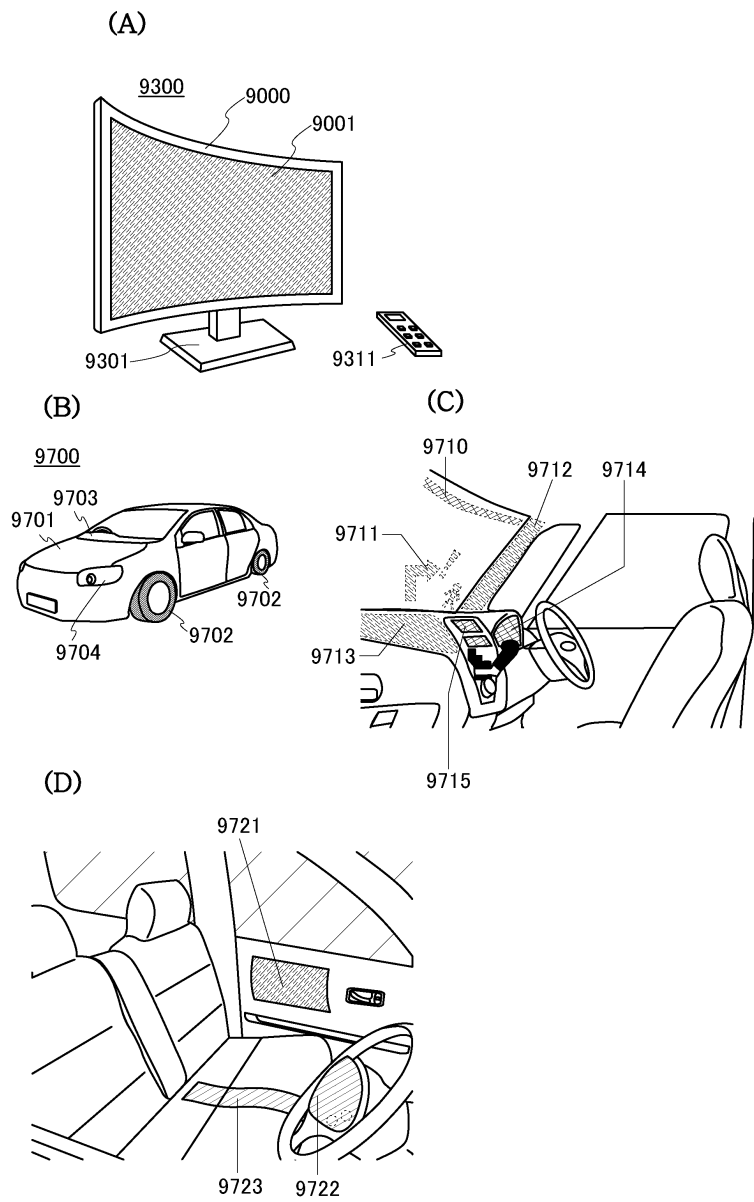
9201



도면30

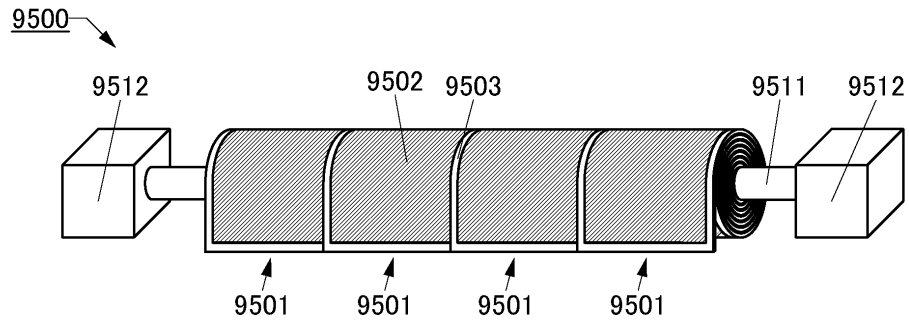


도면31

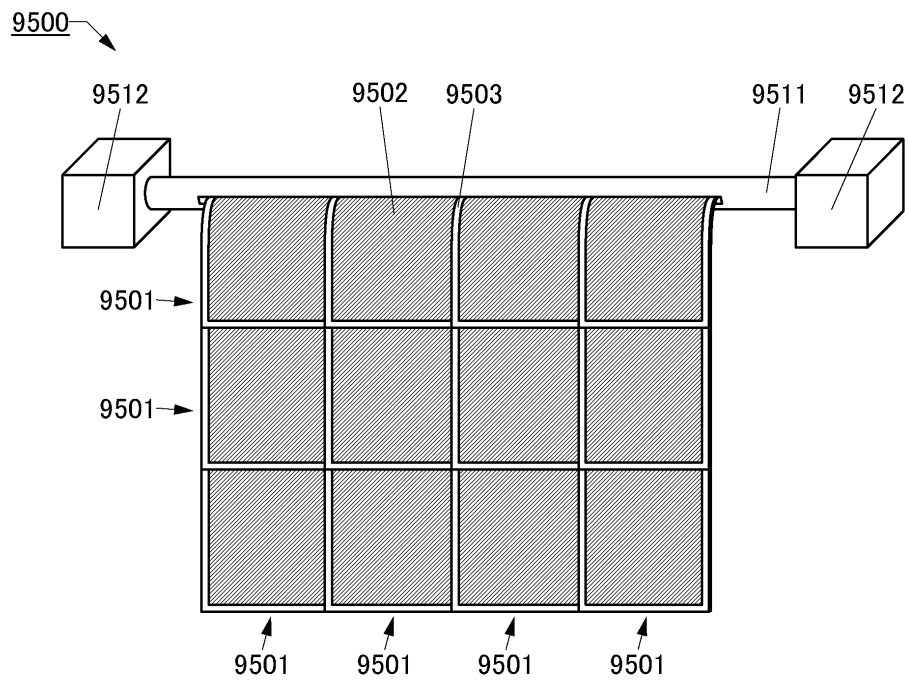


도면32

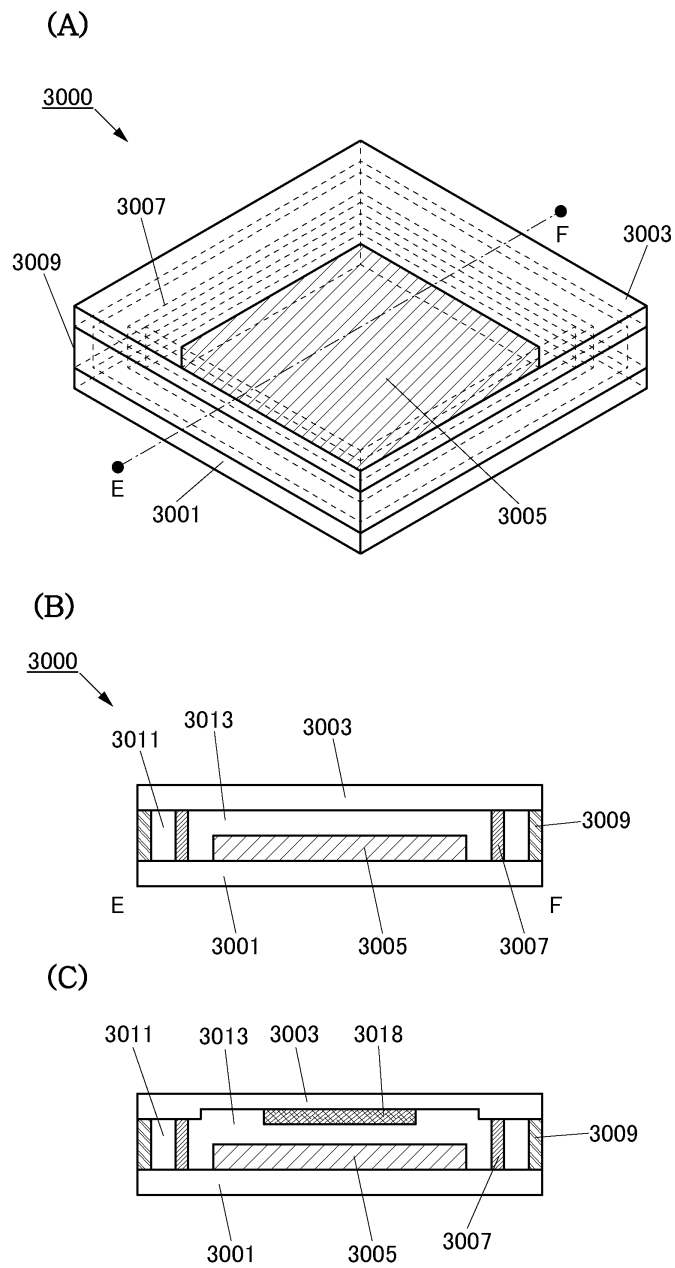
(A)



(B)

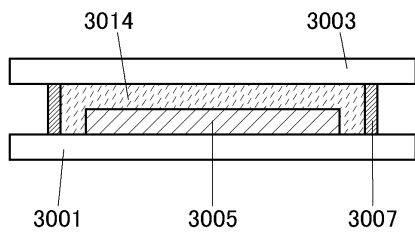


도면33

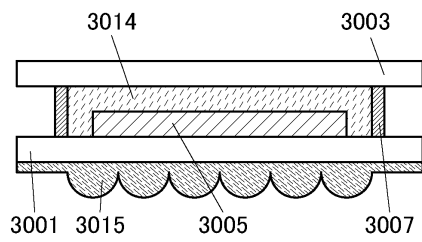


도면34

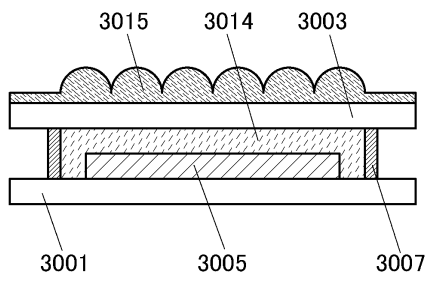
(A)



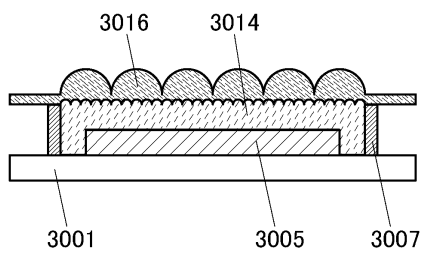
(B)



(C)



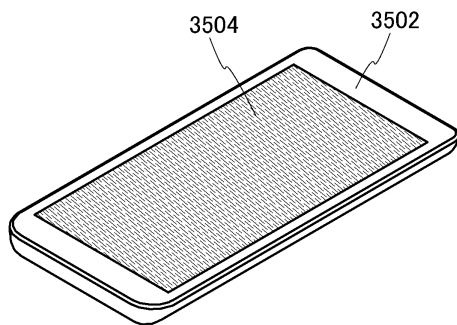
(D)



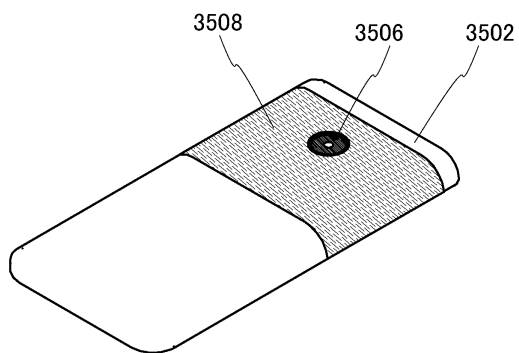
도면35

(A)

3500

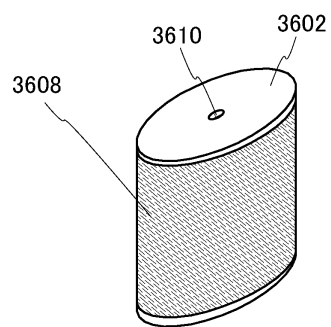


(B)

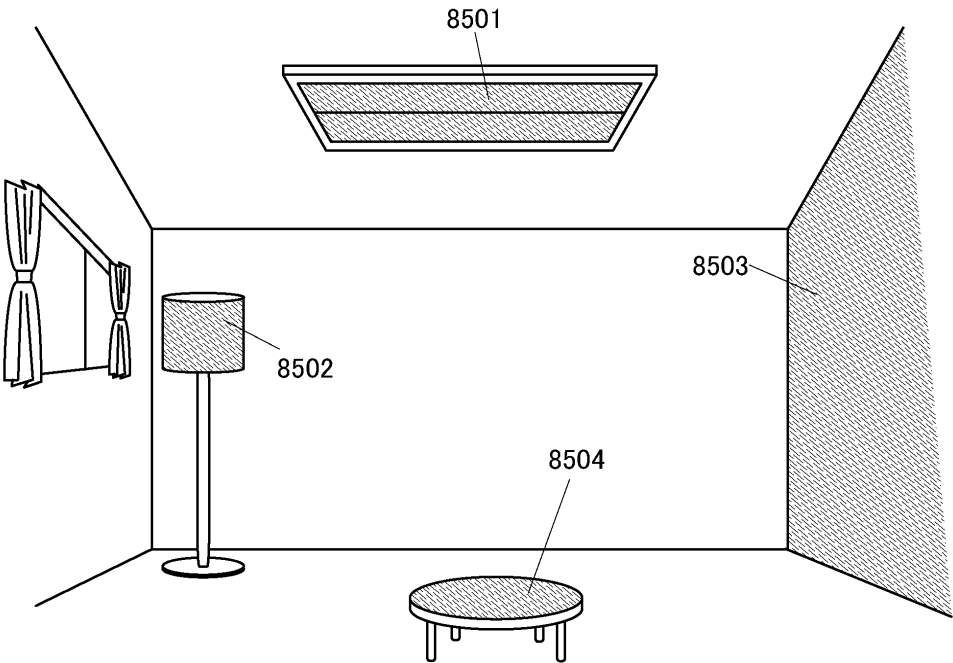


(C)

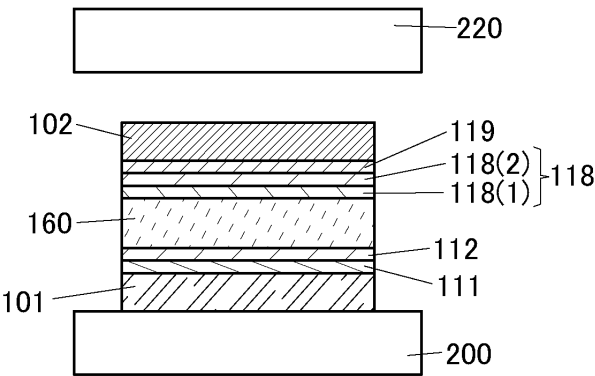
3600



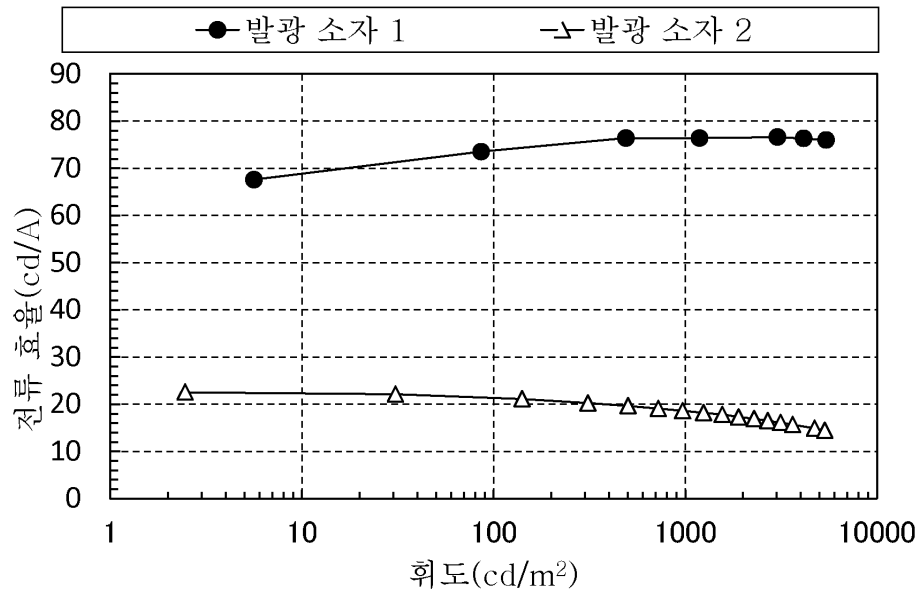
도면36



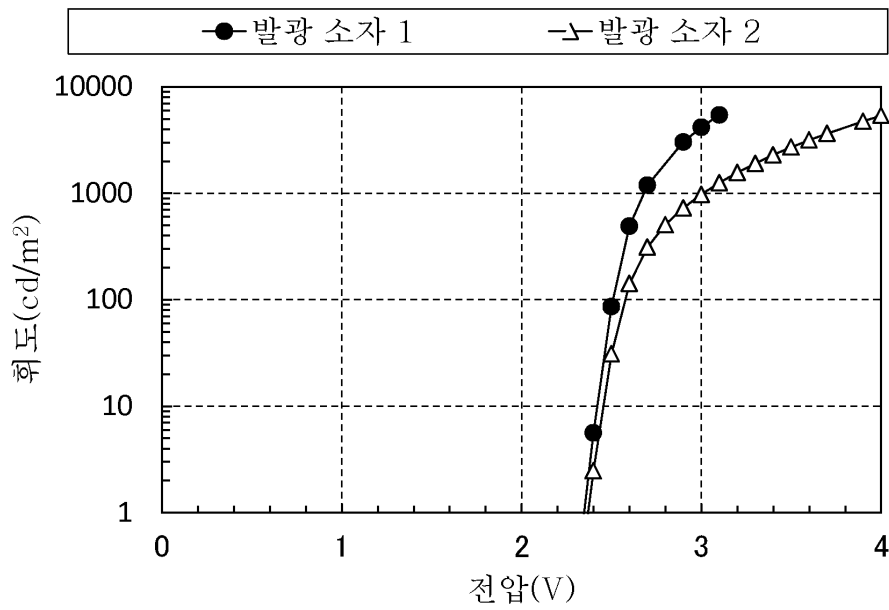
도면37



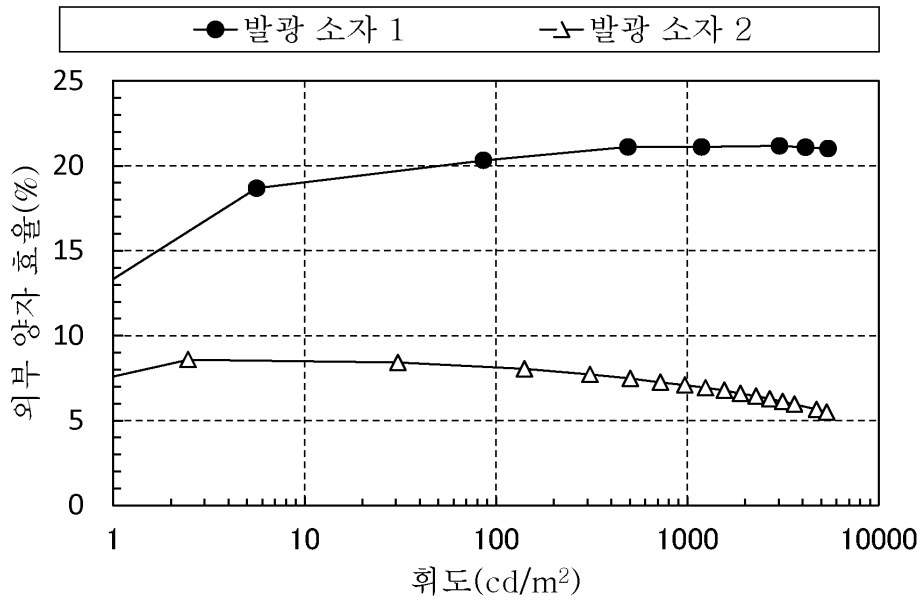
도면38



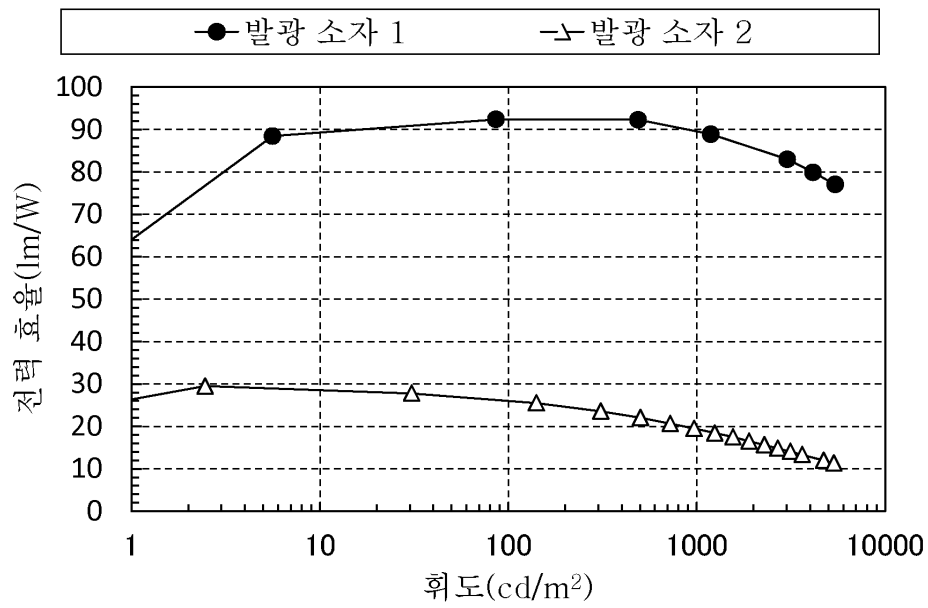
도면39



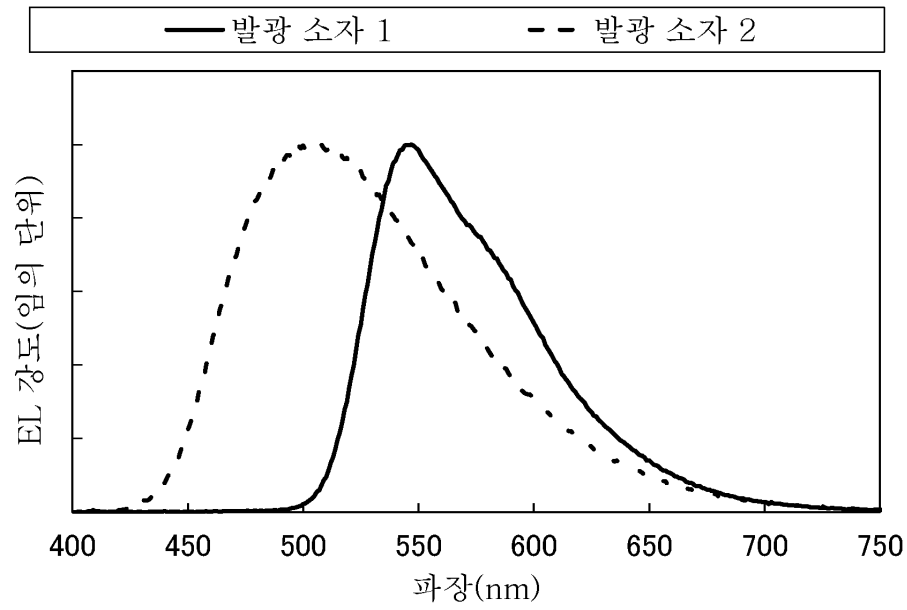
도면40



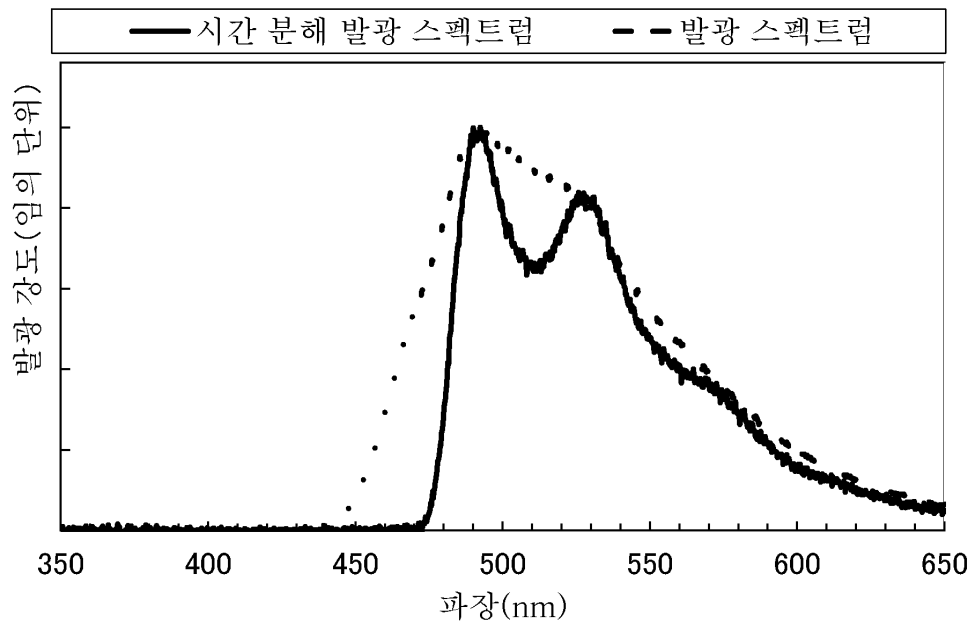
도면41



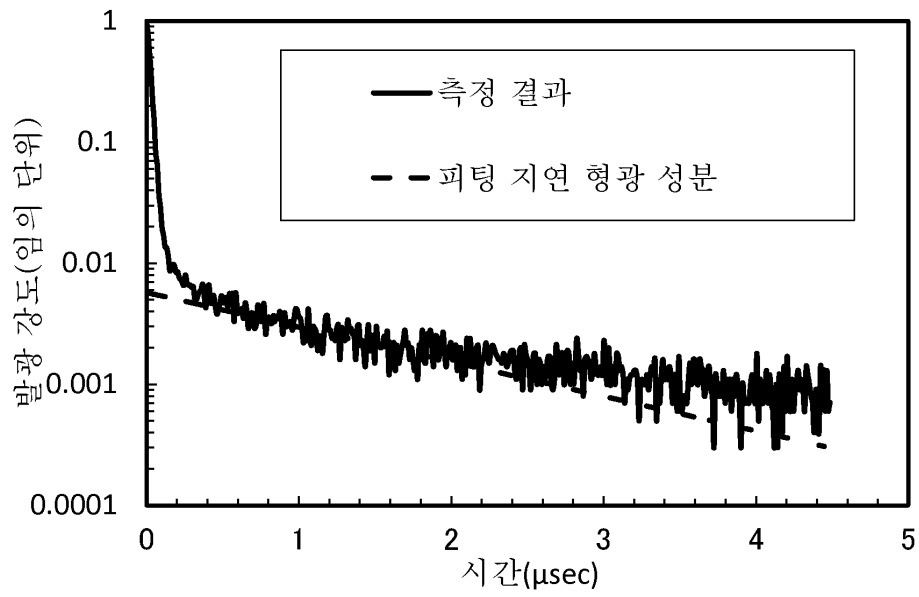
도면42



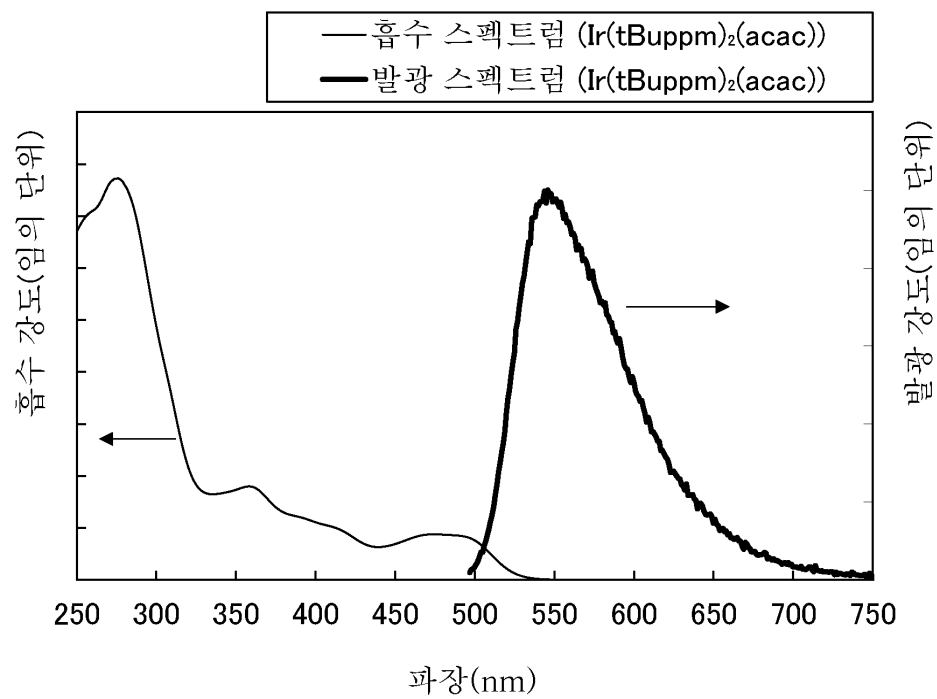
도면43



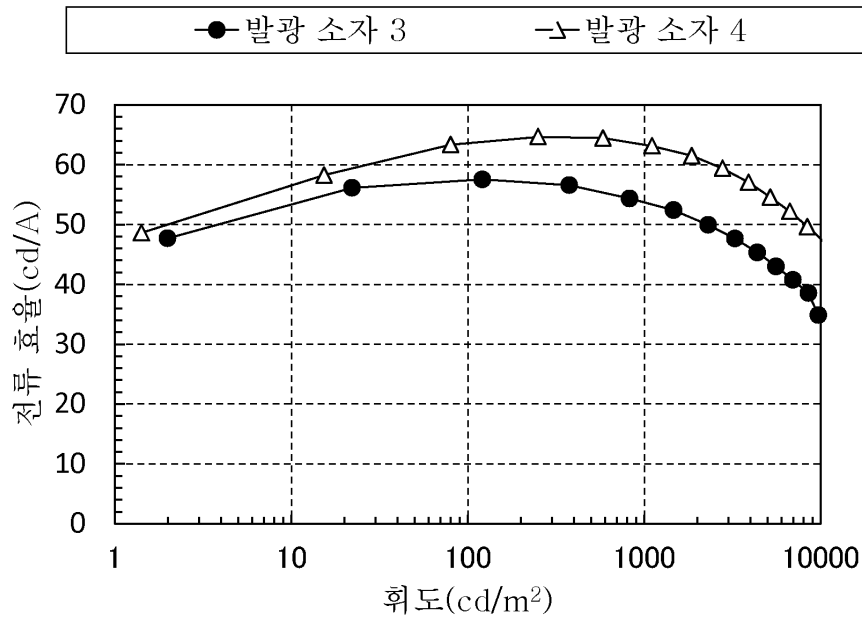
도면44



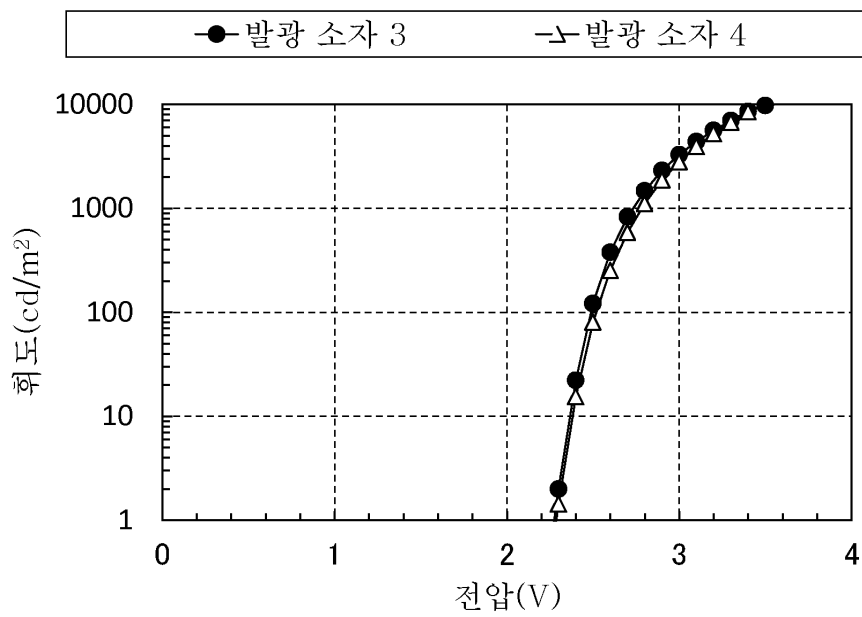
도면45



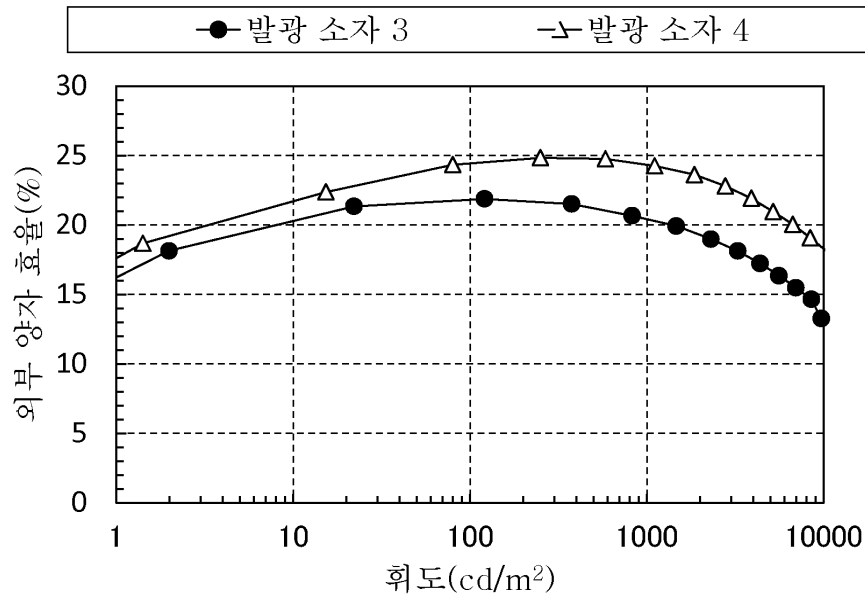
도면46



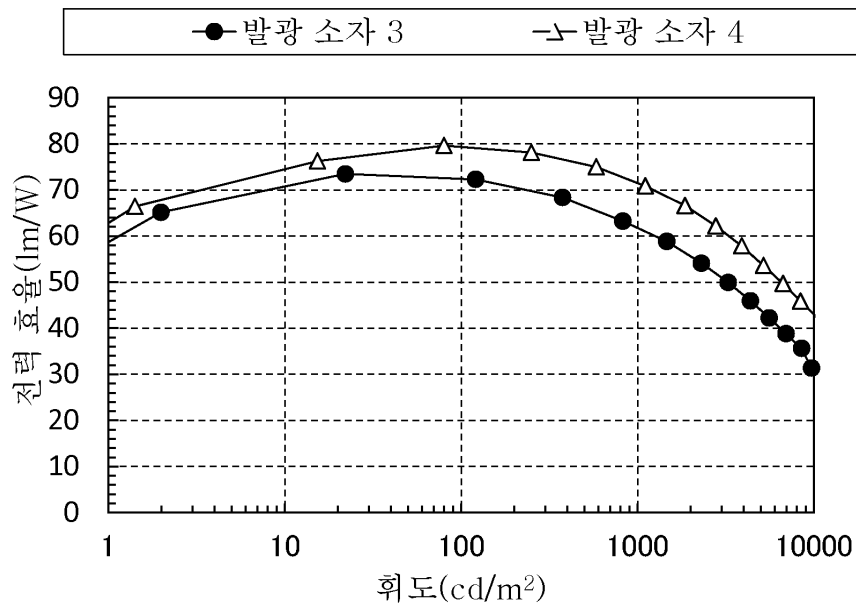
도면47



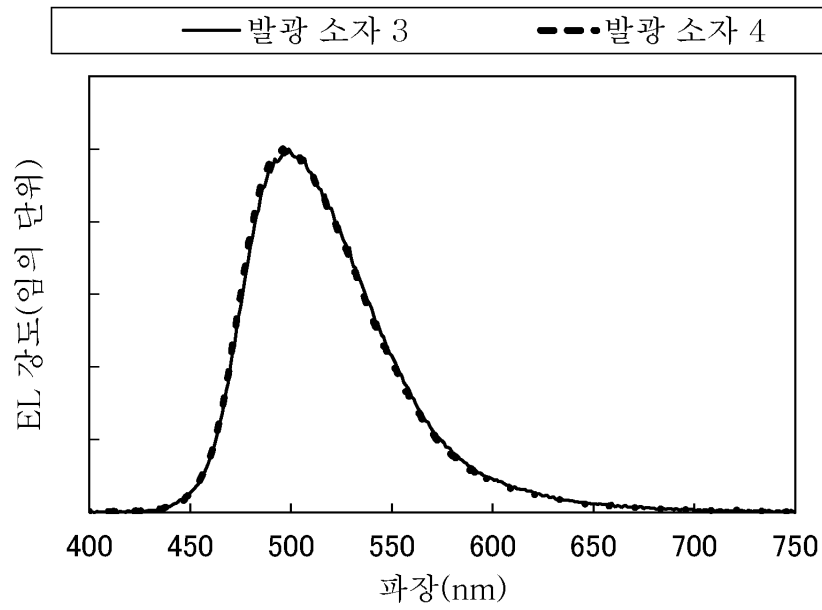
도면48



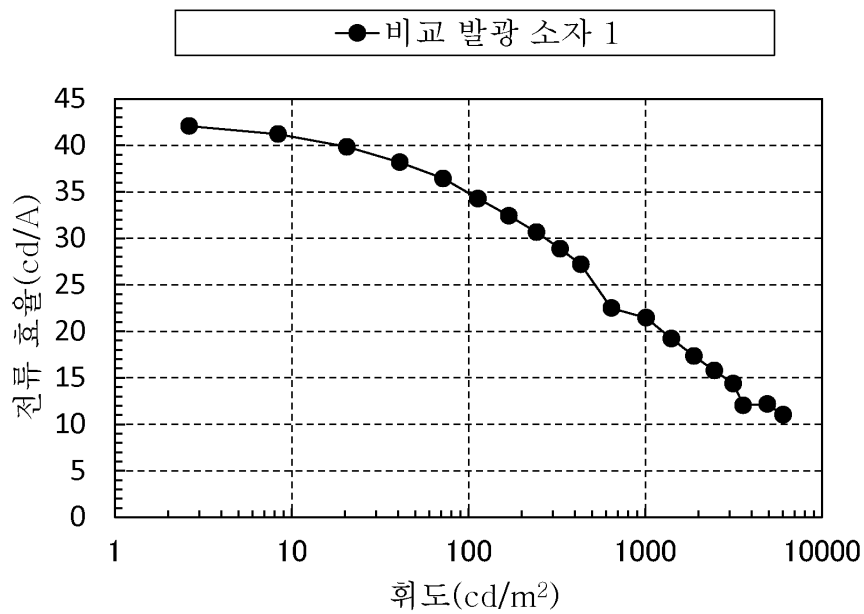
도면49



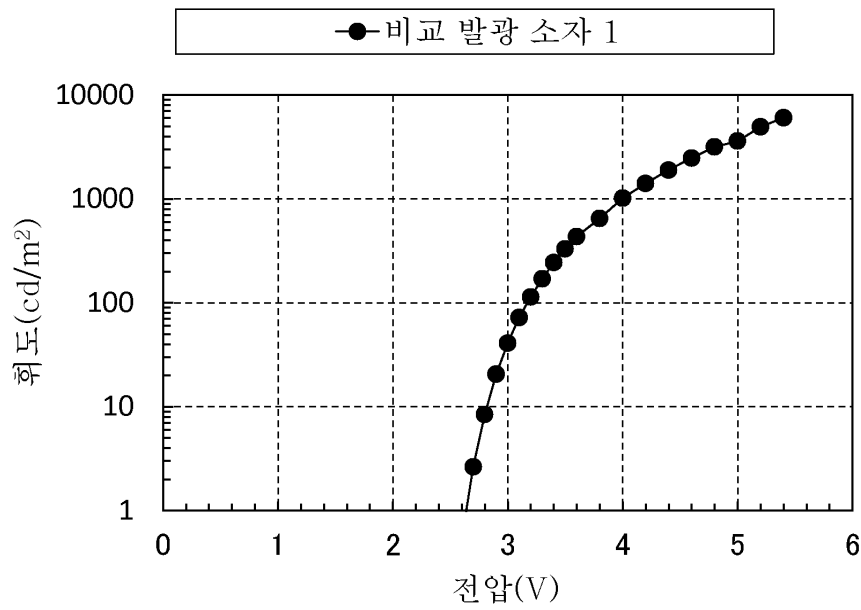
도면50



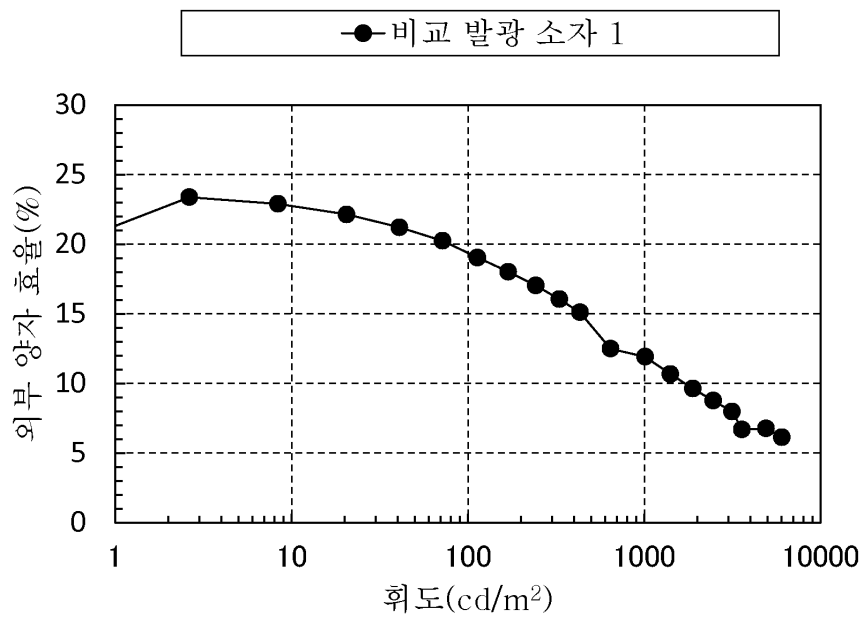
도면51



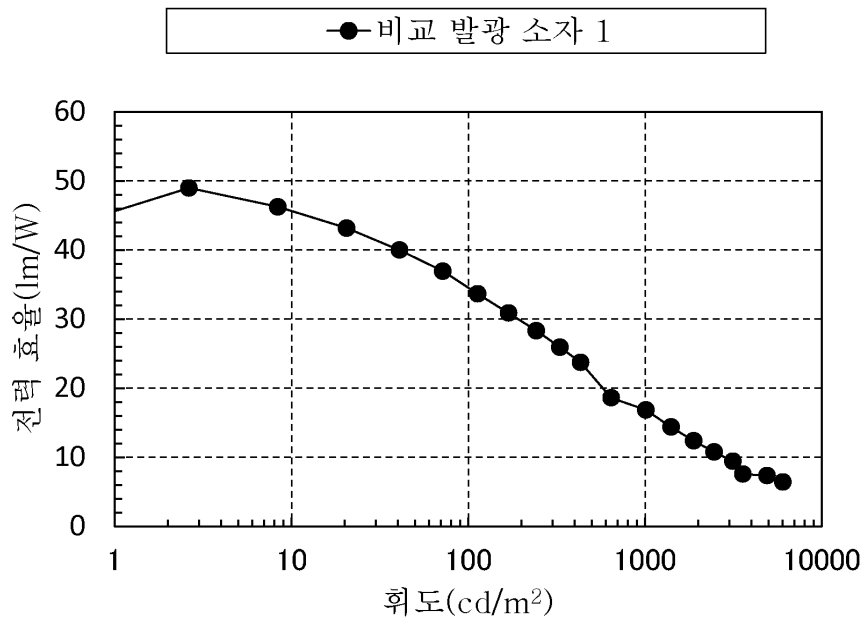
도면52



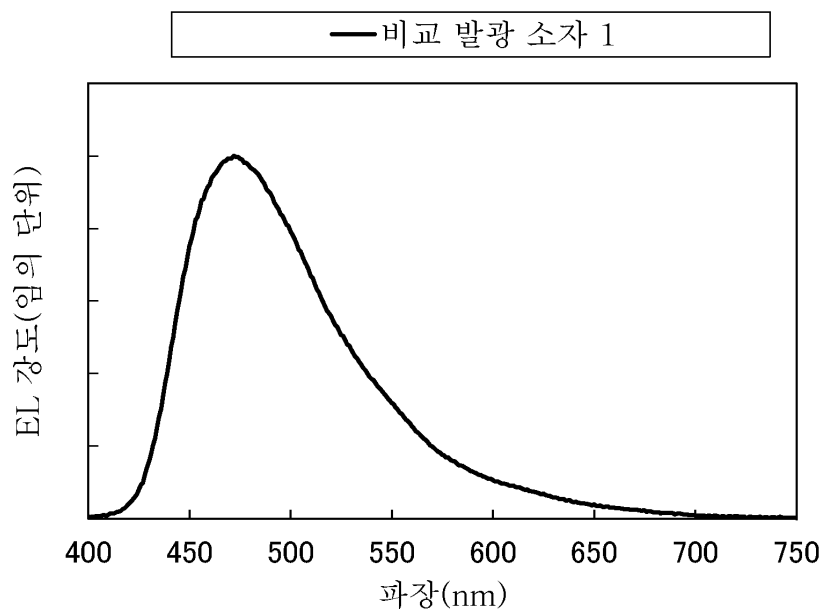
도면53



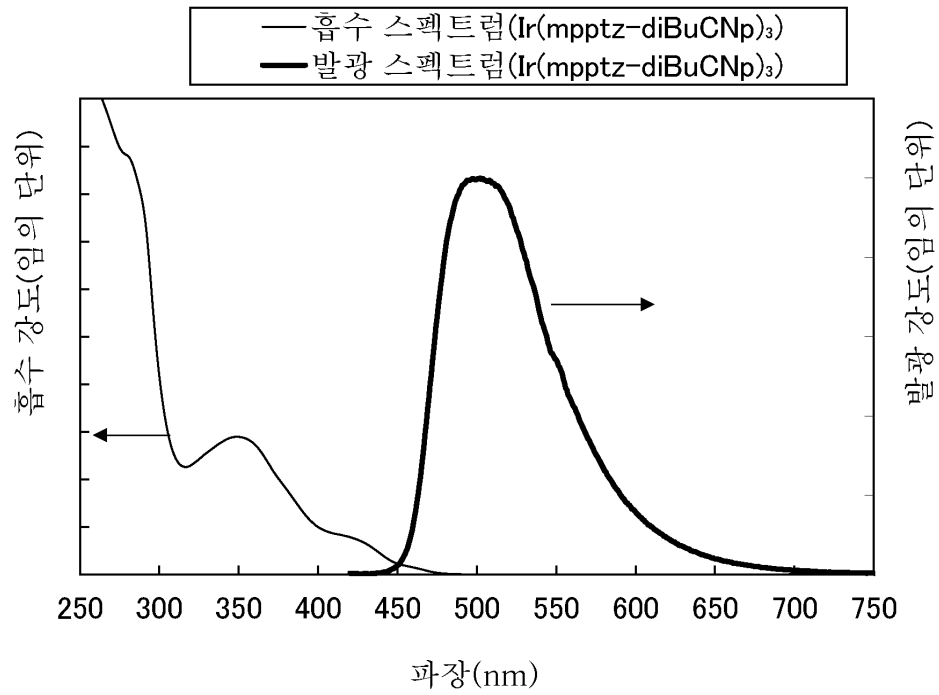
도면54



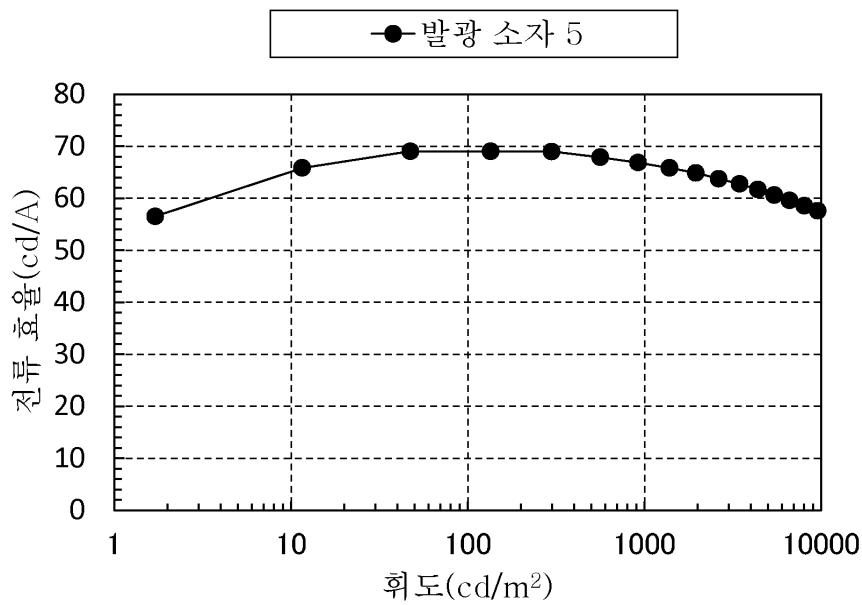
도면55



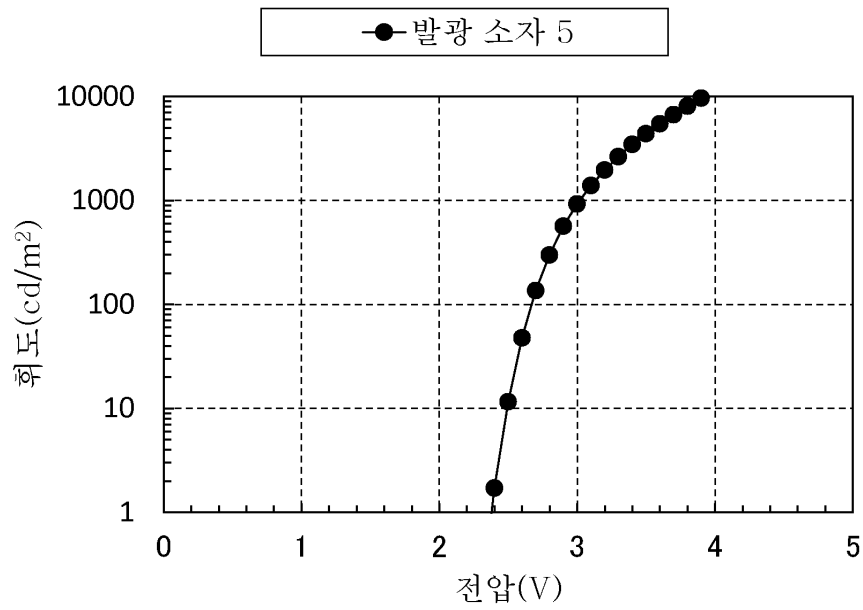
도면56



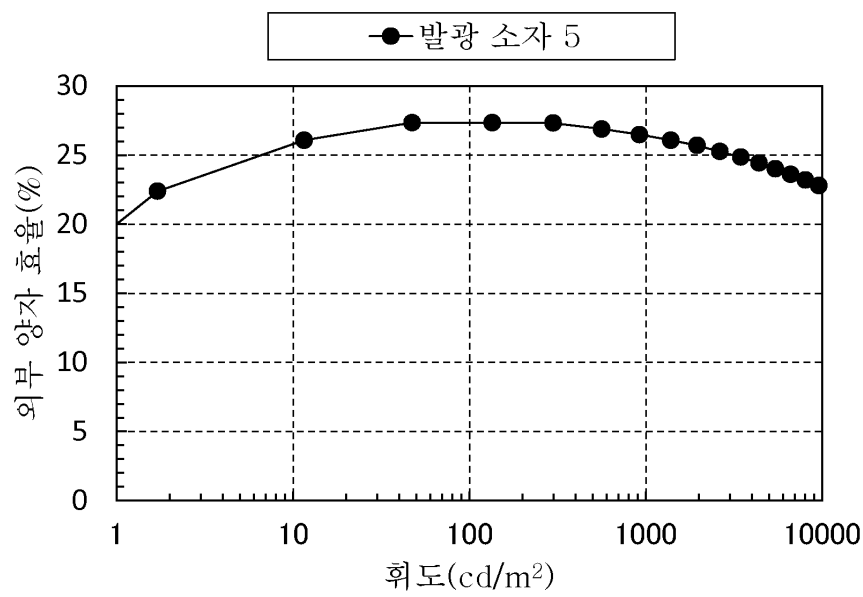
도면57



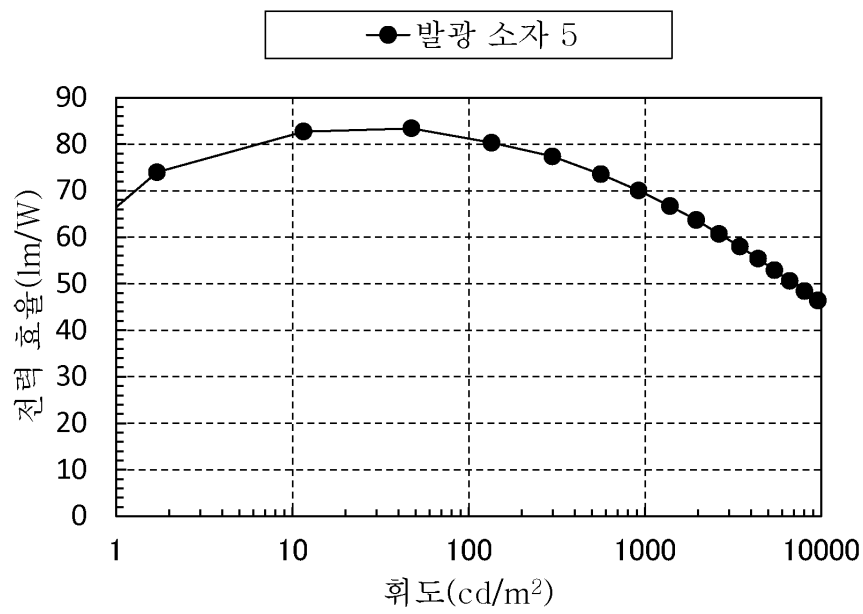
도면58



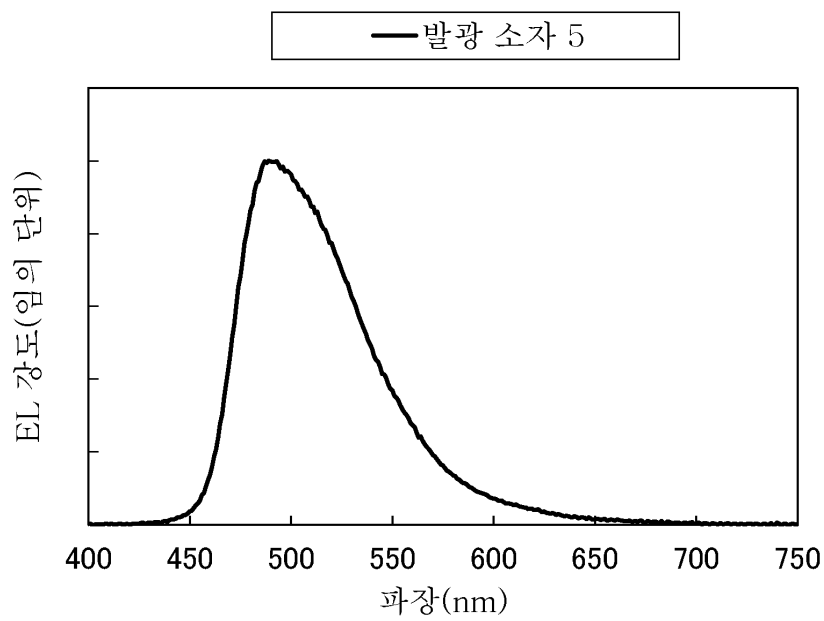
도면59



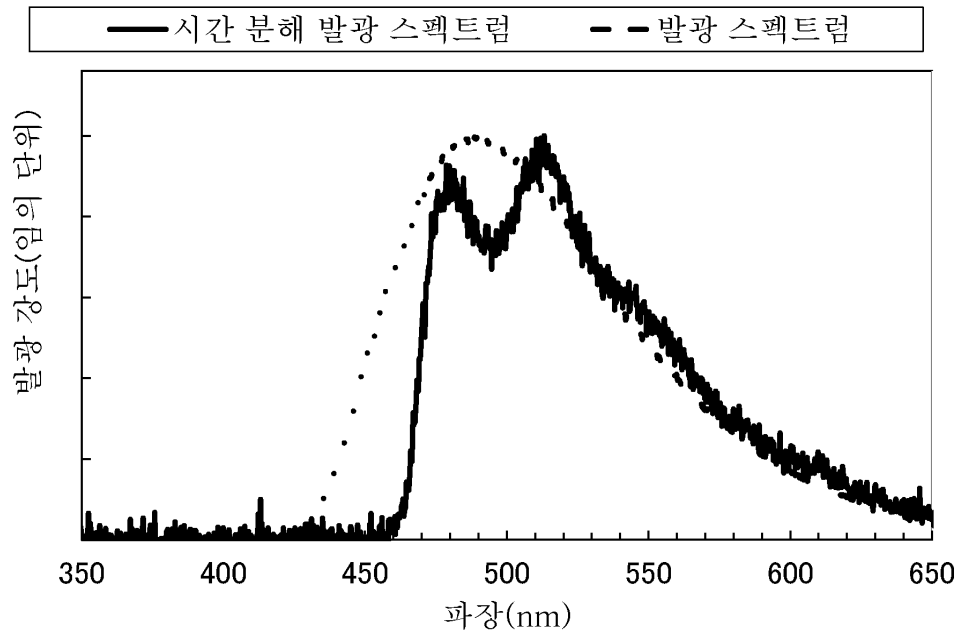
도면60



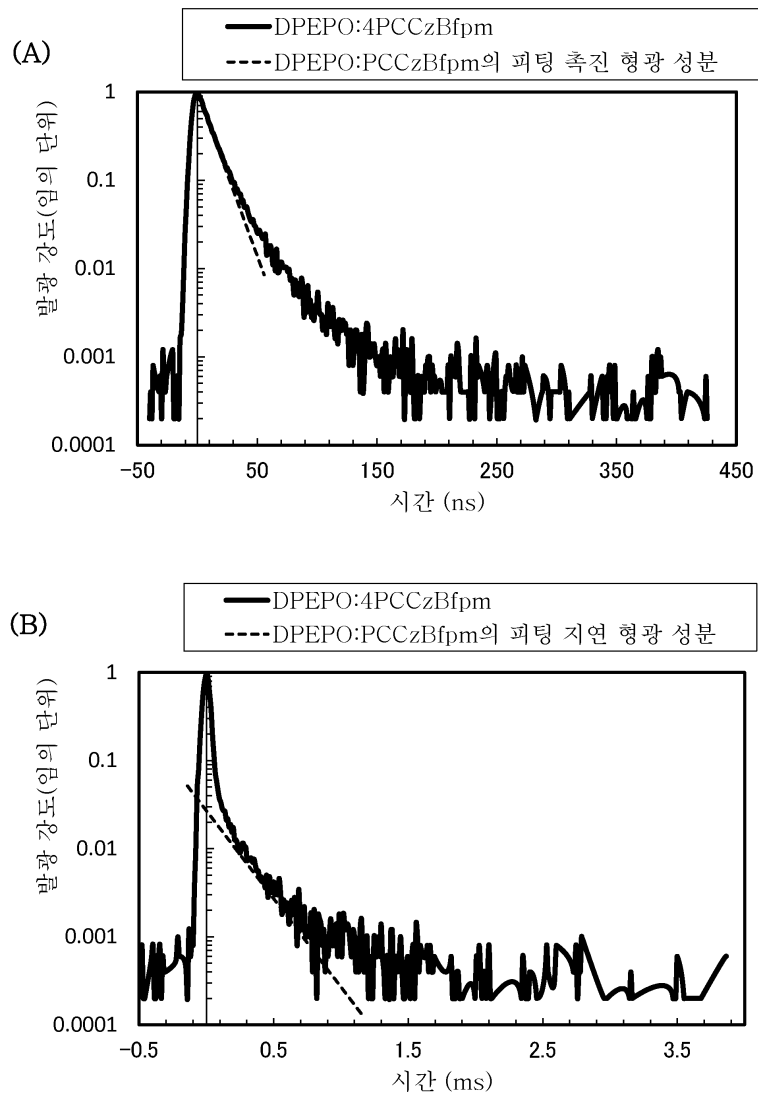
도면61



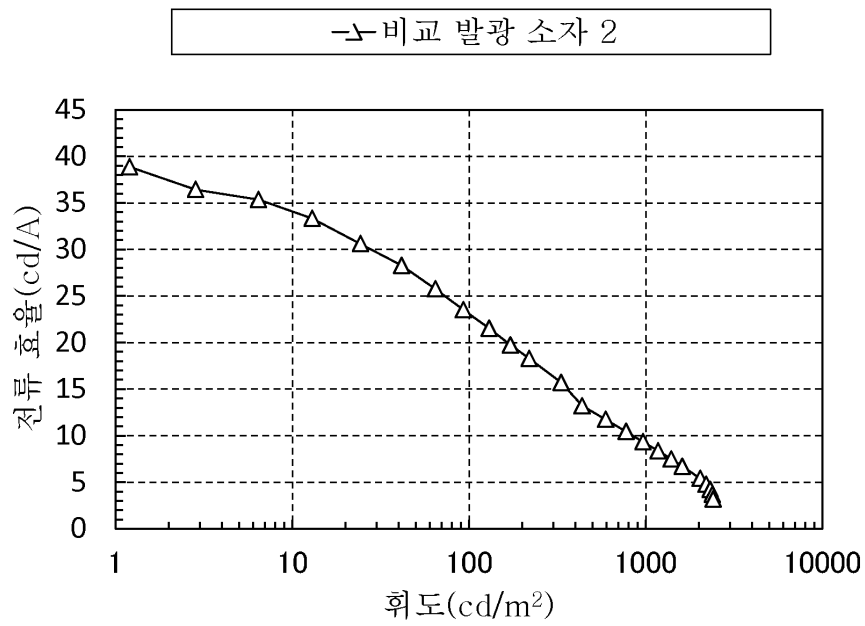
도면62



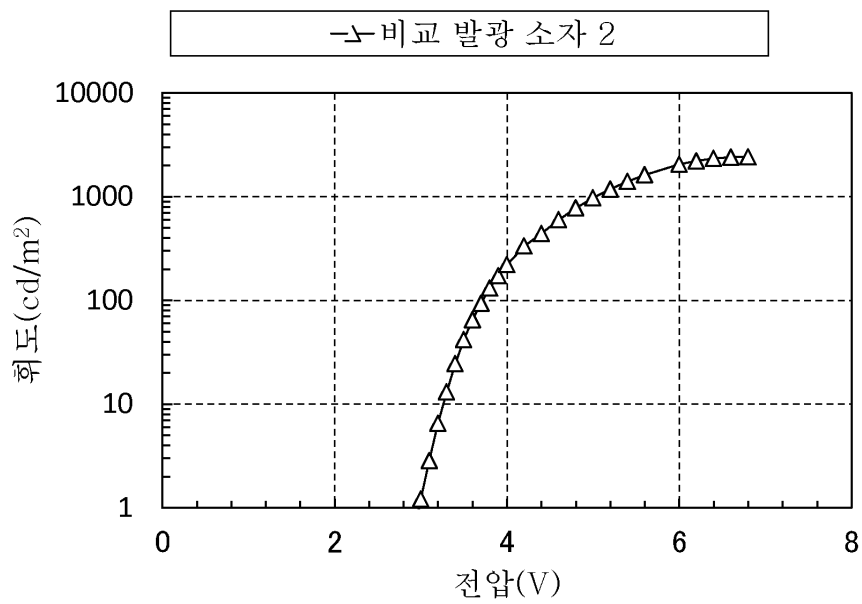
도면63



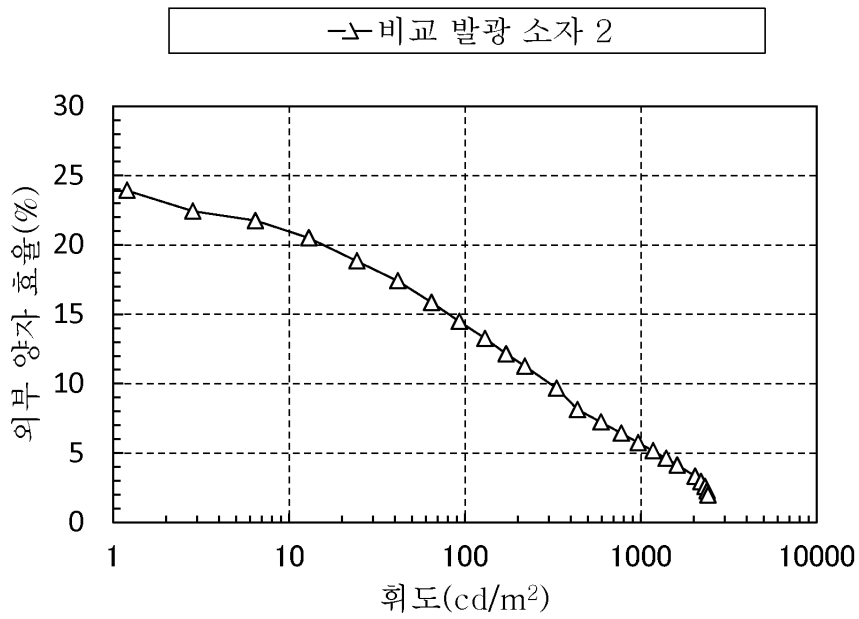
도면64



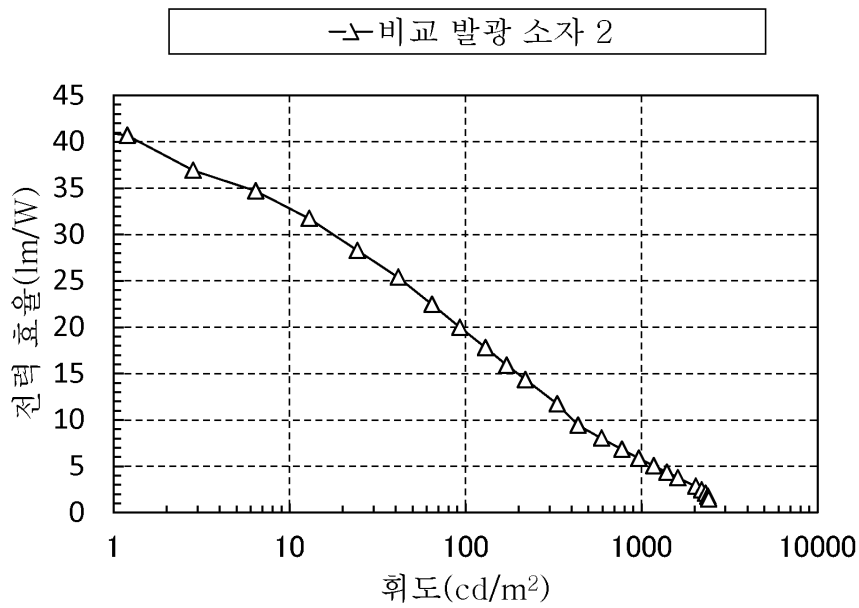
도면65



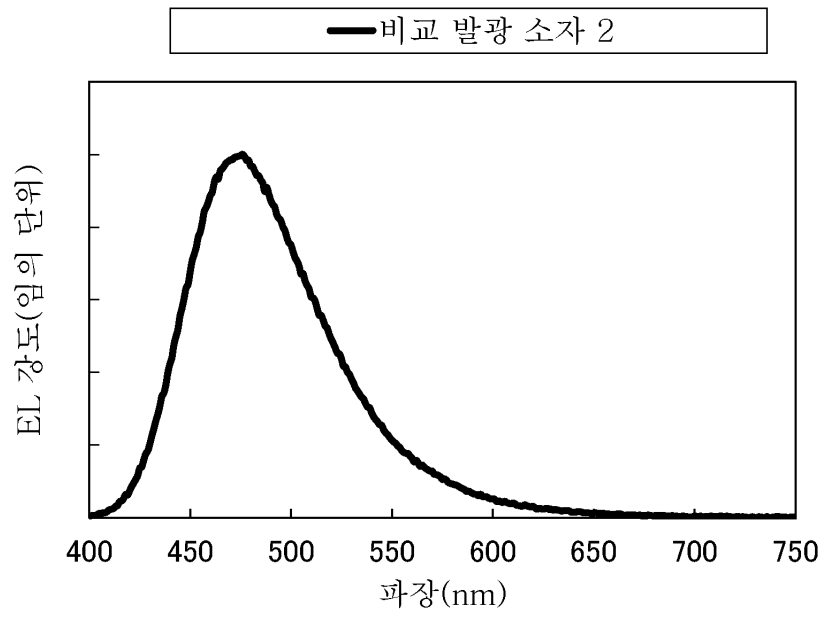
도면66



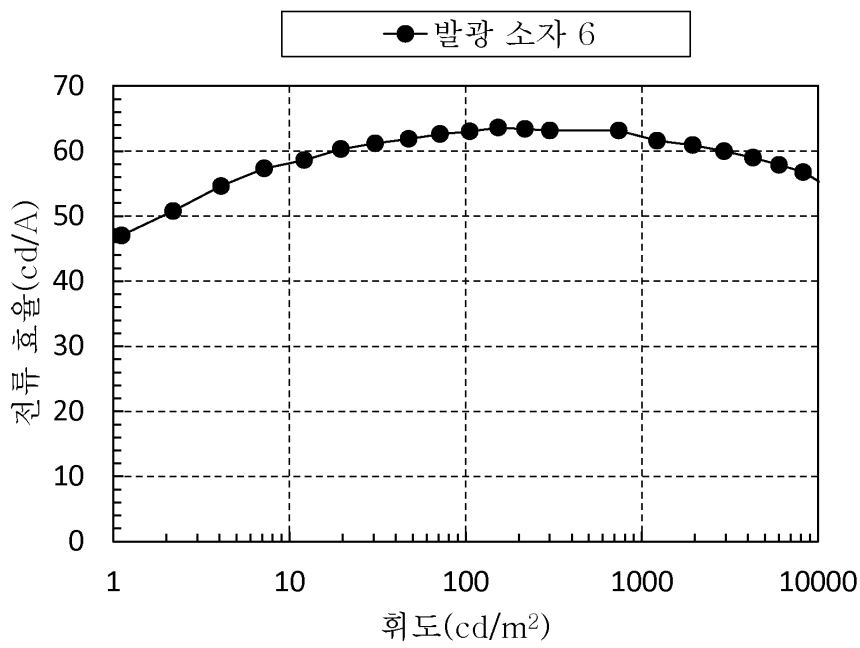
도면67



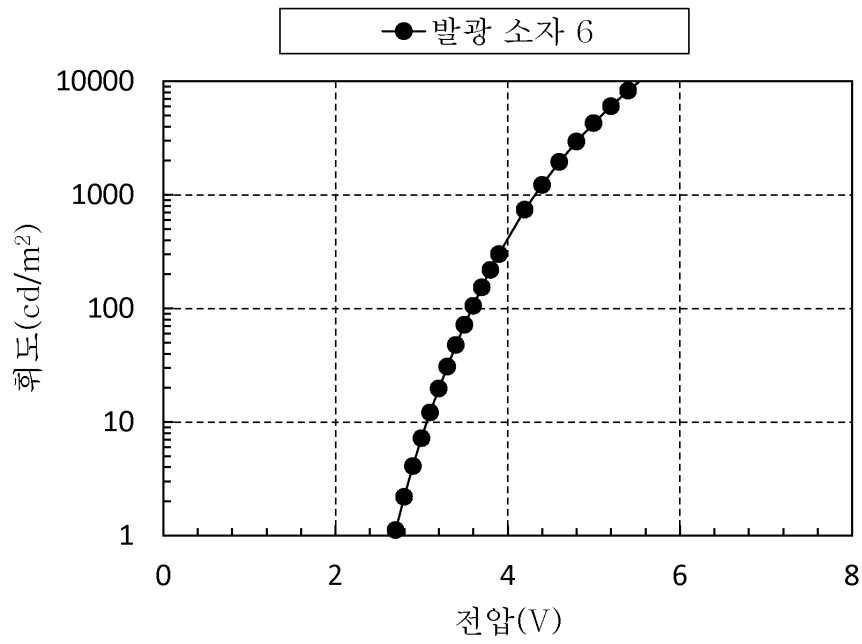
도면68



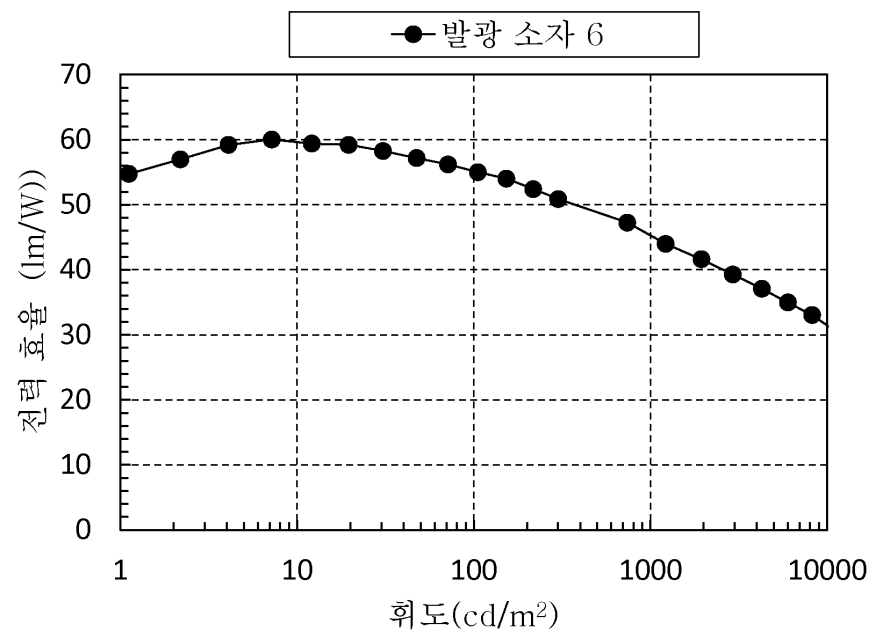
도면69



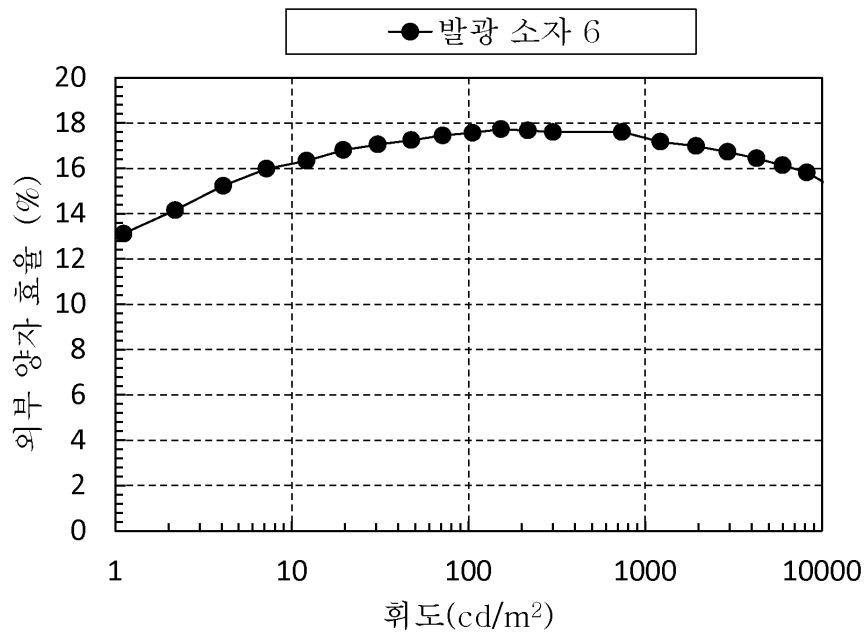
도면70



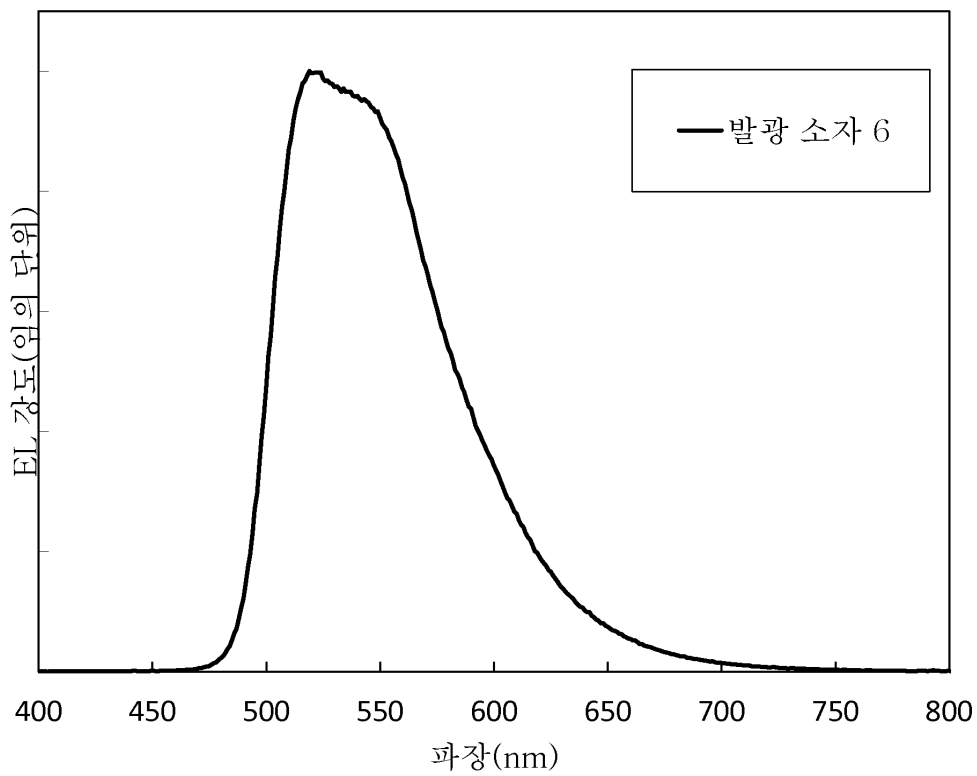
도면71



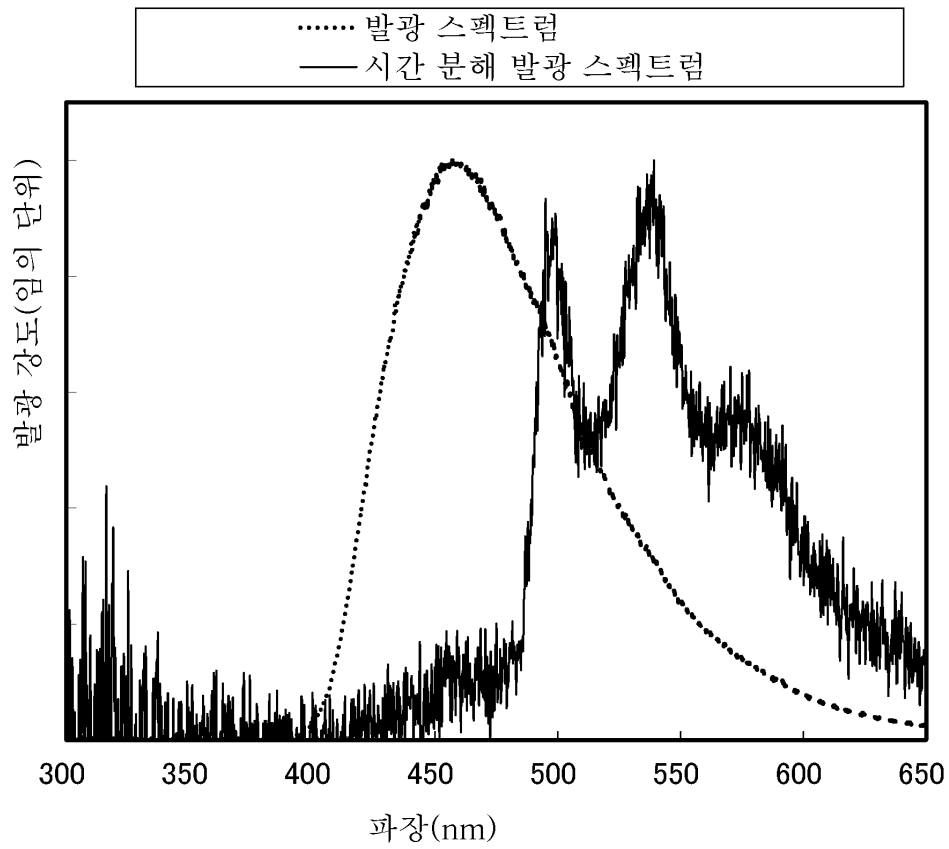
도면72



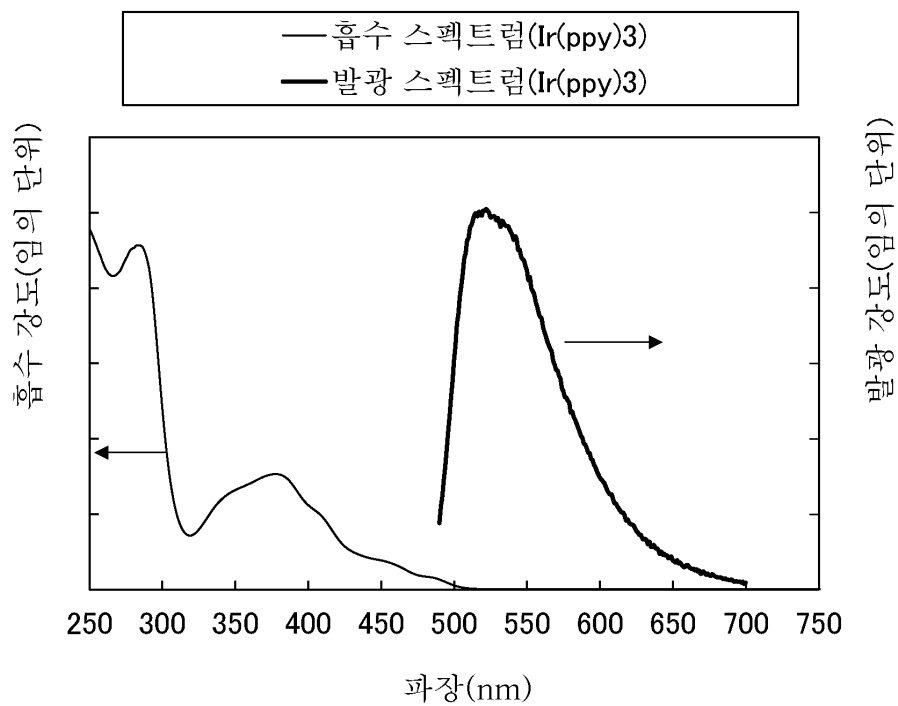
도면73



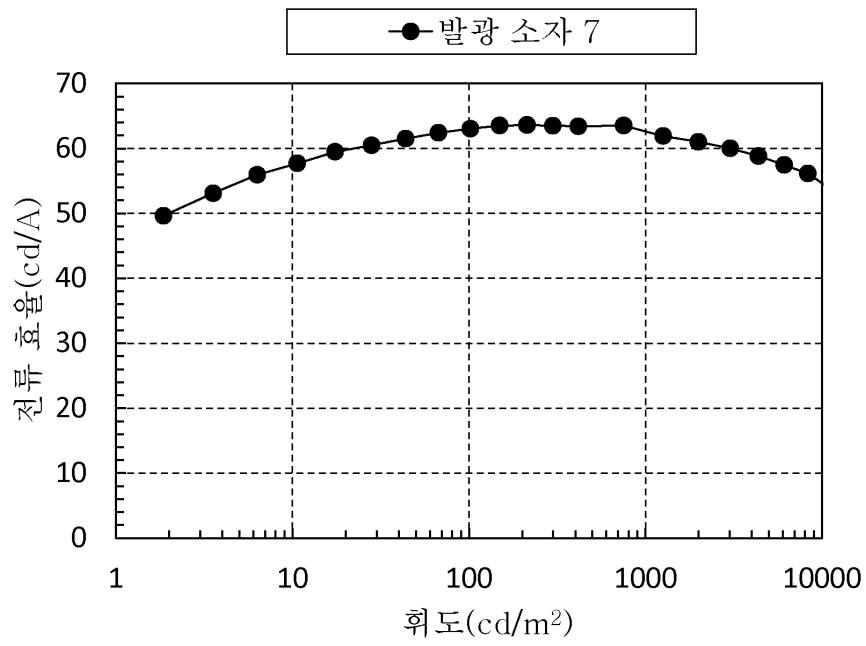
도면74



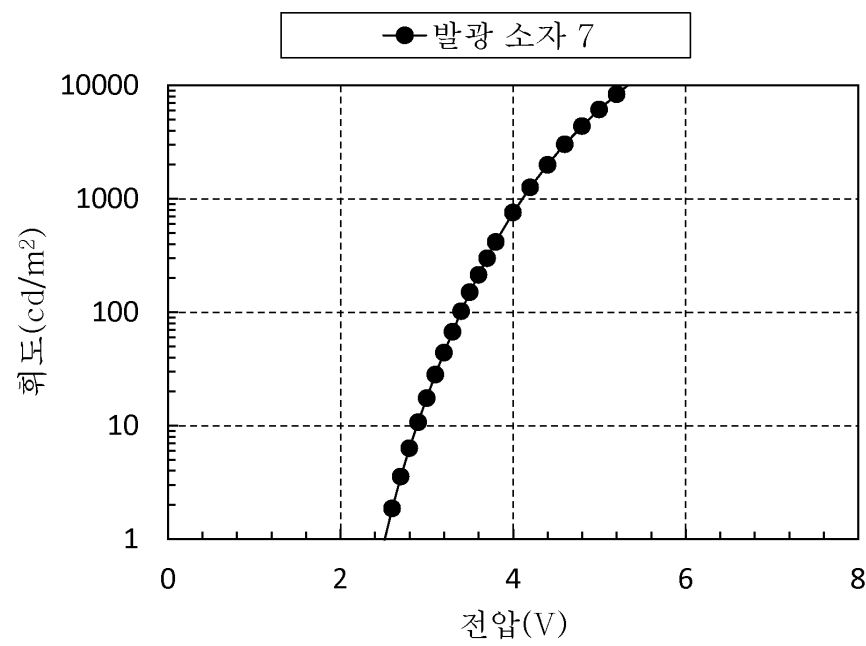
도면75



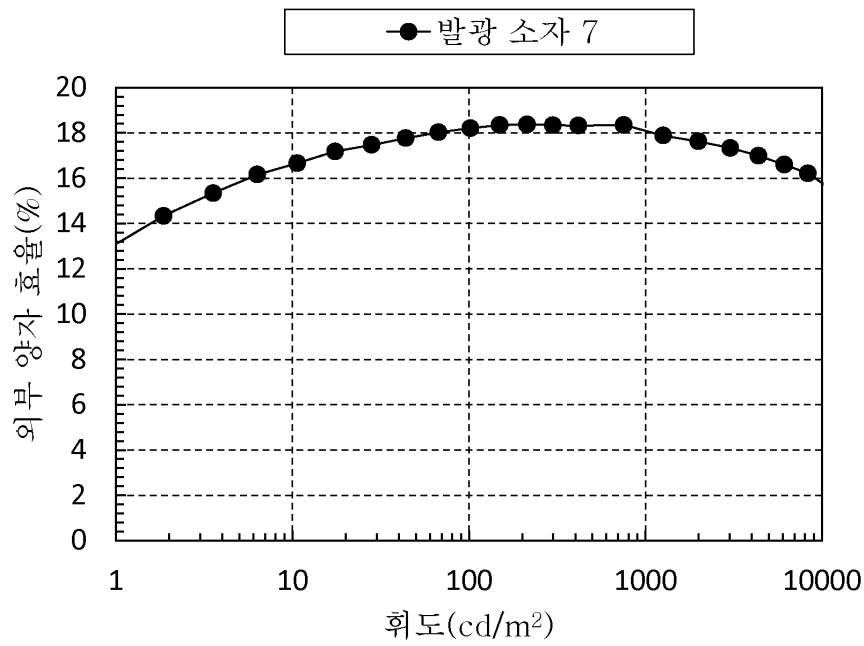
도면76



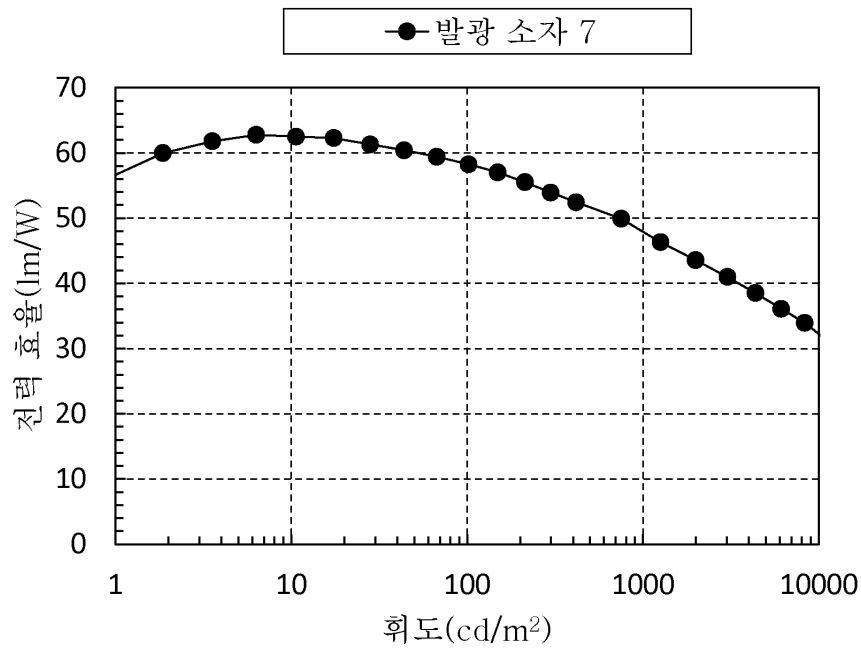
도면77



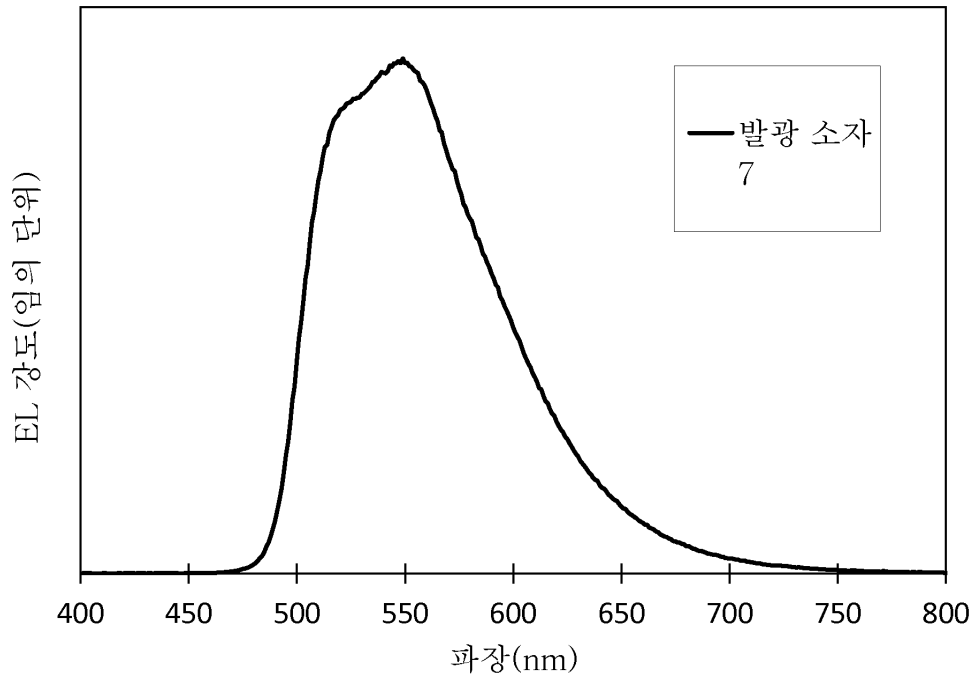
도면78



도면79



도면80



도면81

