



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년04월06일  
(11) 등록번호 10-2383315  
(24) 등록일자 2022년04월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/50 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01L 51/5024 (2013.01)  
H01L 51/5016 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0032652
- (22) 출원일자 2019년03월22일  
심사청구일자 2020년09월22일
- (65) 공개번호 10-2019-0114795
- (43) 공개일자 2019년10월10일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2018-068577 2018년03월30일 일본(JP)  
JP-P-2018-210725 2018년11월08일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2004134397 A\*  
JP2011192829 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
- (72) 발명자  
타카하시 테츠오  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이  
시오바라 사토루  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
권태복

전체 청구항 수 : 총 20 항

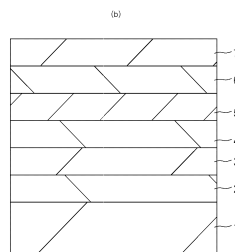
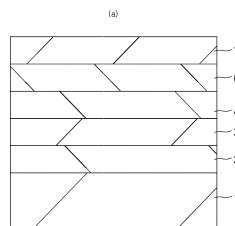
심사관 : 김상걸

(54) 발명의 명칭 유기발광소자, 표시장치, 촬상 장치 및 조명 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는, 제1전극과, 제1발광층과, 제2전극을 갖고, 상기 제1발광층은 제1 호스트 재료와 제1도펀트 재료를 갖고, 상기 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 높으며, 상기 제1발광층의 중량을 100w t %로 했을 경우에, 상기 제1도펀트 재료의 중량비는 0.3w t %이하이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H04N 5/22525* (2021.08)

*H04N 5/2253* (2013.01)

*H04N 5/2254* (2021.08)

*H01L 2251/30* (2013.01)

*H01L 2251/5376* (2013.01)

(72) 발명자

**이시게 코이치**

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2  
고 캐논 가부시끼가이샤 나이

**야마구치 토모나**

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2  
고 캐논 가부시끼가이샤 나이

**이시즈야 코지**

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2  
고 캐논 가부시끼가이샤 나이

**이토 타카유키**

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2  
고 캐논 가부시끼가이샤 나이

**카지모토 노리후미**

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2  
고 캐논 가부시끼가이샤 나이

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

제1전극;

제1발광층;

제2발광층; 및

제2전극을 이 순서로 구비하는, 유기발광소자로서,

상기 제1발광층은 제1호스트 재료와, 형광발광 재료인 제1도펀트 재료를 포함하고,

상기 제2발광층은 제2호스트 재료와 제2도펀트 재료를 포함하고,

상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다 높고,

상기 제2도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지는, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지보다 높고,

상기 제1발광층의 중량을 100wt%로 했을 경우에, 상기 제1도펀트 재료의 중량비가, 0.3wt%이하인, 유기발광소자.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지와, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지와의 차이가, 0.3eV이하인, 유기발광소자.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H1)과 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D1)이, 하기의 식(1)을 충족시키는, 유기발광소자:

$$T1(H1)-T1(D1) \geq 0.3 e V \quad (1).$$

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층으로부터 상기 제2발광층까지의 제1영역에 함유된 제1유기 화합물의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제1영역의 제2전극측에 인접하는 제2영역에 함유된 제2유기 화합물의 최저 여기 삼중항 에너지이하이고,

상기 제1유기 화합물은 상기 제1영역의 주성분이고, 상기 제2유기 화합물은 제2영역의 주성분인, 유기발광소자.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 제2호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다 높은, 유기발광소자.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 제2호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제2도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다 작은, 유기발광소자.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층이 제3도펀트 재료를 더 포함하고,

상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지  $T1(H1)$ 과 상기 제3도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지  $T1(D3)$ 이, 하기 식(4)를 충족시키는, 유기발광소자:

$$0 \text{ e V} < T1(H1) - T1(D3) < 0.3 \text{ e V} \quad (4).$$

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 제2발광층이 제3도펀트 재료를 더 포함하고,

상기 제2호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지  $T1(H2)$ 과 상기 제3도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지  $T1(D3)$ 이, 하기 식(5)를 충족시키는, 유기발광소자:

$$0 \text{ e V} < T1(H2) - T1(D3) < 0.3 \text{ e V} \quad (5).$$

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층에 함유된 재료 및 상기 제2발광층에 함유된 재료에서, 최저 여기 일중항 에너지와, 최저 여기 삼중항 에너지와의 차이가  $0.2 \text{ e V}$  이상인, 유기발광소자.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 제1호스트 재료와 상기 제2호스트 재료가 동일재료인, 유기발광소자.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층과 상기 제2발광층이 서로 접촉하고 있는, 유기발광소자.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 제1도펀트 재료의 중량비는, 상기 제1발광층의 중량을  $100 \text{ w t } \%$ 로 했을 경우에,  $0.05 \text{ w t } \%$  이상  $0.3 \text{ w t } \%$  이하인, 유기발광소자.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층과 상기 제2발광층과의 사이에 배치된 중간층을 더 구비하고,

상기 중간층의 최저 여기 삼중항 에너지T1(HM)은, 상기 제2호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지이하이고, 상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지이상인, 유기발광소자.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 제1호스트 재료가 저분자 유기 화합물인, 유기발광소자.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서,

상기 제1발광층 및 상기 제2발광층은, 상기 제1발광층 및 상기 제2발광층에 의해 백색을 발광하는 발광층이며,

상기 유기발광소자는, 광출사측에 칼라 필터를 갖는, 유기발광소자.

**청구항 16**

복수의 화소를 구비하는 표시장치로서,

상기 각 화소는, 청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 따른 유기발광소자와, 상기 유기발광소자에 접속된 능동 소자를 구비하는, 표시장치.

**청구항 17**

복수의 렌즈를 갖는 광학부;

상기 광학부를 통과한 광을 수광하는 촬상 소자; 및

화상을 표시하는 표시부를 구비하는, 촬상 장치로서,

상기 표시부는, 상기 촬상 소자가 촬상한 화상을 표시하는 표시부이고,

상기 표시부는 청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 따른 유기발광소자를 구비하는, 촬상 장치.

**청구항 18**

청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 따른 유기발광소자를 구비하는 표시부;

상기 표시부가 설치된 하우징; 및

상기 하우징에 설치된 통신부를 구비하는, 전자기기.

**청구항 19**

청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 따른 유기발광소자를 구비하는 광원; 및

상기 광원이 방출하는 광을 투과하는 광 확산부 또는 광학 필름을 구비하는, 조명 장치.

**청구항 20**

청구항 1 내지 15 중 어느 한 항에 따른 유기발광소자를 갖는 등 도구; 및  
상기 등 도구가 설치된 기체를 갖는 이동체.

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 유기발광소자, 표시장치, 촬상 장치 및 조명 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 유기발광소자는, 양극과 음극간에 발광성 유기 화합물을 함유하는 박막을 설치시켜서, 전극간에 전압을 인가하고, 정공 및 전자를 주입으로써 구동된다. 이 정공과 전자가 상기 소자내에서 재결합되어, 그 유기 화합물의 여기 상태(여기자)가 기저상태에 되돌아갈 때에 방사된 광이 이용된다.

[0003] 상기 유기발광소자에 있어서의 최근의 진보는 현저하다. 상기 유기발광소자의 특징은 저인가 전압에서의 고휘도, 발광 파장의 다양성, 고속응답성, 박형, 경량의 발광 디바이스의 생산의 가능성을 가지므로, 광범위한 용도의 개발이 행해지고 있다.

[0004] 유기발광소자를 사용한 풀(full) 컬러 디스플레이가 알려져 있다. 방식의 예들로서는, 발광층을 화소(소자)마다 따로따로 형성하여서 상이한 발광색을 발광시키는 방식, 백색발광의 발광층을 갖고, 칼라 필터를 사용해서 화소마다 상이한 발광색을 추출하는 방식 등이 있다. 백색의 발광층에 관해서는, 2종류이상의 발광 재료를 사용하고, 두개층이상의 발광층을 사용하는 것이 알려져 있다.

[0005] 일본 특허공개 2014-022205호 공보(이후, 특허문헌 1이라고 함)에는, 두개의 발광층을 서로 적층하고, 음극측의 발광층에 청색발광의 도펀트, 양극측의 발광층에 0.5wt%의 적색발광의 도펀트와 녹색발광의 도펀트를 가지는 유기발광소자가 기재되어 있다.

[0006] 일본 특허공개 2008-270557호 공보(이후, 특허문헌 2이라고 함)에는, 하나의 발광층에, 0.3wt%의 밝은 청색 발광의 도펀트와 0.3wt%의 황색발광의 도펀트를 갖는 유기발광소자가 기재되어 있다.

[0007] 특허문헌 1의 유기발광소자는, 적색발광의 도펀트 농도가 높으므로, 도펀트에서의 여기자의 실활(inactivation)이 발생하기 쉬워, 발광 효율에 있어서 한층 개선이 요구되어진다.

[0008] 특허문헌 2의 유기발광소자는, 밝은 청색 발광의 도펀트와 황색발광의 도펀트가, 동층에 포함되기 때문에, 밝은 청색 발광 도펀트와 동층에 있는 황색발광 도펀트에 여기자가 트랩되기 쉽다. 그 때문에, 밝은 청색 발광 도펀트의 층에 존재하는 여기자의 농도가 상대적으로 낮아지지 않으므로, 재료열화가 발생하기 쉽고, 연속 구동수명을 실용상 충분히 할 수는 없었다.

**발명의 내용**

[0009] 본 발명의 목적은, 발광 효율이 높고, 구동수명이 긴 유기발광소자를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 일 실시예는 제1전극; 제1발광층; 제2발광층; 및 제2전극을 이 순서로 구비하는, 유기발광소자로서, 상기 제1발광층은 제1호스트 재료와, 형광발광 재료인 제1도펀트 재료를 포함하고, 상기 제2발광층은 제2호스트 재료와 제2도펀트 재료를 포함하고, 상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제1도

펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다 높고, 상기 제2도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지는, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지보다 높고, 상기 제1발광층의 중량을 100wt%로 했을 경우에, 상기 제1도펀트 재료의 중량비가, 0.3wt%이하이다.

[0011] 본 발명의 또 다른 특징들은, 첨부도면을 참조하여 이하의 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다. 이하에 설명된 본 발명의 각 실시예는, 필요한 경우, 또는 단일의 실시예에서 개개의 실시예로부터의 요소들 또는 특징들의 조합이 이로울 경우, 단독으로 구현될 수 있거나, 복수의 그 실시예들이나 특징들의 조합으로서 구현될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1a 및 1b는 본 발명의 일 실시예를 나타내는 개략 단면도다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예를 설명하는 모식도다.  
 도 3a 및 3b는 본 발명의 일 실시예를 설명하는 모식도다.  
 도 4는 유기발광소자의 재료 열화 기구를 설명하는 모식도다.  
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자를 사용한 표시장치의 일례의 개략 단면도다.  
 도 6a 및 6b는 TTA발광 비율의 데이터 해석 결과를 나타내는 도다.  
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시장치의 일례를 나타내는 모식도다.  
 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 촬상 장치의 일례를 나타내는 모식도다. 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기기의 일례를 나타내는 모식도다.  
 도 9a는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시장치의 일례를 나타내는 모식도다. 도 9b는 접기 가능한 표시장치의 일례를 나타내는 모식도다.  
 도 10a는 본 발명의 일 실시예에 따른 조명 장치의 일례를 나타내는 모식도다. 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량용 조명도구를 갖는 자동차의 일례를 나타내는 모식도다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자는, 제1전극; 제1발광층; 제2발광층; 및 제2전극을 이 순서로 구비하는, 유기발광소자로서, 상기 제1발광층은 제1호스트 재료와, 형광발광 재료인 제1도펀트 재료를 포함하고, 상기 제2발광층은 제2호스트 재료와 제2도펀트 재료를 포함하고, 상기 제1호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다 높고, 상기 제2도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지는, 상기 제1도펀트 재료의 최저 여기 일중항 에너지보다 높고, 상기 제1발광층의 중량을 100wt%로 했을 경우에, 상기 제1도펀트 재료의 중량비가, 0.3wt%이하이다.

[0014] 상기 제1도펀트 재료의 최저 삼중항 에너지가 상기 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 작을 경우, 유기발광소자가 장수명화하는 경향이 있지만, Triplet-Triplet Annihilation (이하, TTA)에 의한 발광 효율의 향상의 효과가 낮다.

[0015] 본 실시예에서는, 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지가, 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 낮을 경우, 제1도펀트 재료에 트랩되는 최저 여기 삼중항 에너지를 제1도펀트 재료의 중량비로 제어한다. 따라서, 유기발광소자의 장수명과, TTA에 의한 발광 효율의 향상을 양립할 수 있다.

[0016] 본 실시예에 있어서, 제1발광층에 있어서의 제1도펀트 재료의 중량비의 적절한 설정에 의해, TTA의 효율이 상승하게 된다. TTA는, 두개의 삼중항 여기자들의 충돌에 의한 일중항 여기자의 생성 현상이다. 형광을 방출하는 유기발광소자에 있어서, 발광 효율이 높은 유기발광소자를 얻기 위해서는, TTA에 의한 발광을 효율적으로 생성하여도 된다. TTA는 발광층에 있어서의 주성분인 호스트 재료에 있어서 삼중항 여기자가 충돌하는 것으로 인해 발생한다. 그러나, 도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지가 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 낮을 경우에는, 최저 여기 삼중항 에너지가 도펀트 재료에 의해 트랩되기 쉬우므로, 호스트 재료에 있어서의 TTA의 발생을 방해할 가능성이 있다.

[0017] 제1도펀트 재료의 중량비가 0.3wt%이하일 경우, 적당하게 제1도펀트 재료에 의해 트랩되지 않는 삼

중항 여기자가 생성되고, 그 결과, 효율적으로 T T A를 일으키는 것을 찾아냈다. 제1도펀트 재료의 중량비가 0.3wt %보다 클 경우, 제1도펀트 재료에 의해 삼중항 여기자가 트랩될 확률이 현저하게 상승하고, T T A의 효율이 저하한다.

[0018] 도 1a 및 1b는 본 발명의 일 실시예를 나타내는 단면 모식도다. 도 1a는, 기관(1) 위에, 양극(2), 정공 수송층(3), 제1발광층(4), 전자수송층(6), 및 음극(7)을, 기관(1)측에서 이 순서로 가진다. 제1발광층(4)은 제1도펀트를 가진다. 제1발광층(4)의 중량을 100wt %로 했을 경우에, 그 중량비는 0.3wt % 이하이다.

[0019] 도 1b는, 기관(1) 위에 양극(2), 정공수송층(3), 제1발광층(4), 제2발광층(5), 전자수송층(6), 및 음극(7)을, 기관(1)측에서 이 순서로 가진다. 제1전극은 양극이여도, 음극이여도 좋다. 제1발광층(4)과 제2발광층(5)은, 상이한 발광색의 도펀트를 개별적으로 가진다. 본 발명은 상술한 구성에 한정되지 않고, 정공주입층, 전자 블록층, 정공 블록층, 및 전자주입층을 가져도 좋다. 정공주입층은, 양극(2)과 정공수송층(3)과의 사이에 배치되어도 좋다. 전자 블록층은, 정공수송층(3)과 제2발광층(5)과의 사이에 배치되어도 좋다.

[0020] 정공 블록층은, 제1발광층(4)과 전자수송층(6)과의 사이에 배치되어도 좋다. 전자주입층은, 전자수송층(6)과 음극(7)과의 사이에 배치되어도 좋다. 상기 정공주입층, 전자 블록층, 정공 블록층 및 전자주입층은 본 발명에 있어서 필요에 따라서 적절하게 사용된다.

[0021] 유기 화합물층의 에너지는, 대부분의 그 중량비를 차지하는 재료에 의해 결정된다. 일 재료의 경우에, 그 에너지는, 그 재료의 물성에 의해 결정된다. 복수의 재료의 경우에는, 그 에너지는, 가장 중량비가 큰 재료의 물성에 의해 결정된다. 중량비가 1:1일 경우는, 그 재료의 물성의 평균값은, 그 에너지를 결정하여도 좋다.

[0022] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1발광층(4)은, 제1 호스트 재료와 제1도펀트 재료를 갖는 발광층이다. 제2발광층(5)은, 제2 호스트 재료와 제2도펀트 재료를 갖는 발광층이다. 제1발광층(4)과 제2발광층(5)은 서로 접촉하여도 된다.

[0023] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1 호스트 재료는, 제1발광층(4)에 있어서, 가장 중량비가 큰 재료다. 제2 호스트 재료는, 제2발광층(5)에 있어서, 가장 중량비가 큰 재료다. 상기 호스트 재료는, 상기 제1발광층(4)과 제2발광층(5)의 기관의 재료라고 말할 수도 있다.

[0024] 제1도펀트 재료는 제2도펀트 재료보다도 에너지 갭이 작은 재료이다. 보다 구체적으로, 제1도펀트 재료의 발광 파장은, 제2도펀트 재료의 발광 파장보다도 길다.

[0025] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1도펀트 재료는, 상기 제1발광층(4)에 있어서 가장 장파장의 광을 방출하는 발광 재료이여도 좋다. 제2도펀트 재료는, 제2발광층(5)에 있어서 가장 단파장의 광을 방출하는 발광 재료이여도 좋다. 이 경우, 단파장의 광을 방출하는 제2발광층(5)이 열화하기 쉬우므로, 제2도펀트의 최저 여기 삼중항 에너지는, 제1도펀트의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 높아도 좋다. 제2발광층(5)의 삼중항 여기자의 밀도를 저하시켜, 제1발광층(4)에 삼중항 여기자를 머물게 하므로, 그 소자수명을 길게 할 수 있다. 발광 재료는, 광을 방출하는 재료다. 제1도펀트 재료 및 제2도펀트 재료는 발광 재료이여도 좋다. 발광 재료의 발광 파장의 길이의 비교는, 발광 재료의 발광 스펙트럼들에 있어서의 가장 강도가 큰 피크의 파장을 사용하여 행해져도 좋다.

[0026] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 발광 재료는, 형광을 방출하는 발광 재료이여도 좋다. 이것은, T T A에 의해 삼중항 여기자로부터 발생한 일중항 여기자를 발광시키기 때문이다.

[0027] 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H1)과 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D1)과의 차이가, 0.3e V이하이여도 좋다. 해당 차이가 0.3e V이하일 경우는, 제1도펀트 재료에 의해 트랩되는 최저 여기 삼중항 에너지가 저하되므로, 제1 호스트 재료에 최저 여기 삼중항 에너지가 존재하기 쉽다. 그 결과, T T A효율이 향상하는 것이 바람직하다.

[0028] 한편, 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H1)과 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D1)은, 하기의 식(1)의 관계를 충족시킬 수도 있다.

[0029] 
$$T1(H1)-T1(D1) \geq 0.3 e V \quad (1)$$

[0030] 보다 구체적으로, 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지와, 제1도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지와의 차이가 0.3e V이상이여도 좋다. 이것에 의해, 유기발광소자의 소자수명이 길다고 하는 효과가 있다. 제1발광층(4)보다도 단파장 발광의 도펀트를 갖는 제2발광층(5)은, 제1발광층(4)보다 재료 열화하기 쉽기



때문에, 삼중항 여기자의 밀도를 저하시킬 수도 있다. 식(1)의 에너지 관계를 확립함으로써, 삼중항 여기자를 제1발광층(4)에 머물게 하고, 제2발광층(5)의 삼중항 여기자 밀도를 저하시킬 수 있다.

[0031] 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 적색발광 재료, 녹색발광 재료, 청색발광 재료를 갖는 백색 유기발광소자이여도 좋다. 이 경우, 적색발광 재료가 제1도펀트 재료이며, 청색발광 재료가 제2도펀트 재료이여도 좋다. 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 보색관계의 2종류의 발광 재료를 갖는 백색 유기발광소자이여도 좋다. 예를 들면, 황색발광 재료가 제1도펀트 재료이고, 밝은 청색 발광 재료가 제2도펀트 재료다.

[0032] 도 2는, 본 실시예에 따른 유기발광소자의 제1발광층 및 제2발광층에 있어서의 삼중항 에너지 이동을 나타내는 도다. 제1 호스트 재료로부터 제2도펀트까지의 삼중항 에너지 이동을 설명한다. 이하, 삼중항 에너지, 삼중항 여기자 등을 말하지만, 같은 것을 가리킨다.

[0033] 삼중항 여기자는 인접분자간을 텍스터(Dexter)형의 에너지 이동을 반복하면서, 발광층층을 이동하므로, 발광층층에 이산적으로 배치된 도펀트 재료간을 이동할 수는 없다. 이 때문에, 삼중항 여기자들인 호스트 재료에서 이동한다.

[0034] 도 2에 있어서, 제2 호스트 재료에 발생한 삼중항 여기자는, 제1 호스트 재료에 이동하여, TTA를 통해 일중항 여기자가 되는 것(도 2에서의 TTA)과, 제1도펀트 재료에 이동하는 것(도 2에서의 ET2)으로 분할된다. 본 실시예에 있어서는, 제1도펀트 재료의 중량비가 0.3wt% 이하이며, 제1도펀트 재료에 이동하는 삼중항 여기자의 수가 적으므로, ET2의 양이 줄어, TTA를 경과해서 일중항 여기자가 되는 것들의 수는 증가될 수 있다. 보다 구체적으로, 제1발광층의 발광 효율을 상승시킬 수 있다.

[0035] 유기발광소자에 있어서의 발광층이 제1발광층(4)뿐이면, 제1도펀트 재료의 중량비를 조정함으로써 상기 발광 효율의 향상을 얻을 수 있다.

[0036] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 제1도펀트 재료는, 형광발광 재료이여도 좋다. 이것은, 인광발광 재료를 사용할 경우, 도펀트 재료의 삼중항 여기자가 발광등으로 소비되어, 도 2중의 ET2가 증가하기 때문이다. 발광으로 삼중항 여기자가 소비되면, 상기 호스트 재료의 삼중항 여기자가 도펀트 재료에 이동하는 양, 다시 말해, ET2가 증가한다. 그 결과, 상기 호스트 재료의 삼중항 여기자가 적어져, TTA에 기여하는 삼중항 여기자의 수가 감소한다. 이 때문에, 제1발광층(4)의 발광 효율을 향상시키기 위해서는, 제1도펀트 재료는, 형광발광 재료이여도 좋다.

[0037] 인광발광 재료를 갖는 유기발광소자보다도, 형광발광 재료를 갖는 유기발광소자쪽이, 소자수명이 긴 것도, 제1도펀트 재료가 형광발광 재료일 수도 있기 때문이다. 발광층층의 발광 재료는 모두 형광발광 재료인 것이 바람직하다.

[0038] 한편, 발광층이 제1발광층(4)과 제2발광층(5)을 구비할 경우는, 제2 호스트 재료로부터 제1 호스트 재료에 삼중항 여기자가 이동하기 쉽도록 구성되어도 된다. 제2 호스트 재료로부터 제1 호스트 재료에 에너지 장벽이 없으면, 도 2의 ET1에 도시한 바와 같이, 제2 호스트 재료로부터 제1 호스트 재료에 원활하게 삼중항 여기자를 이동할 수 있다. 따라서, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에의 경로에 에너지 장벽이 없는 것이 바람직하다.

[0039] 에너지 장벽은, 이동하기 위해 삼중항 여기자들의 에너지 상태가, 이동전보다 높은 상태를 말한다. 상기 유기발광소자가 에너지 장벽을 갖는 구성으로서, 제2발광층보다도 최저 여기 삼중항 에너지가 높은 층이 존재하는 경우를 언급한다. 제2발광층(5)으로부터의 삼중항 여기 에너지의 에너지 장벽의 예들은, 제1발광층(4)과 제2발광층(5)과의 사이에 배치된 중간층을 구비한다. 에너지 장벽은, 그 에너지 장벽이 작은 경우, 예를 들면, 0.3eV 미만일 경우, 존재할 수도 있다.

[0040] 에너지 장벽이 없는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 이것에 의해, 제2 호스트 재료로부터 제1 호스트 재료에 삼중항 여기자가 보다 원활하게 이동하기 쉽다. 보다 구체적으로, 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 제1발광층(4)으로부터 제2발광층(5)까지의 영역에 함유된 각 층의 주성분의 재료의 최저 여기 삼중항 에너지가, 각 층의 제2전극층에 인접하는 층의 주성분의 재료의 최저 여기 삼중항 에너지이하이여도 된다. 상기 유기 화합물층의 주성분의 재료는, 해당 유기 화합물층 중에서 가장 중량비가 큰 재료이며, 유기 화합물층이 발광층이면 호스트 재료다. 유기 화합물층의 재료의 중량비가 1:1일 경우는, 상기 재료의 최저 여기 삼중항 에너지의 평균값이 해당 유기 화합물층의 최저 여기 삼중항 에너지라고 한다. 따라서, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)까지의 삼중항 여기자의 이동이 원활하게 행해지기 때문에, 긴 연속 구동수명을 실현할 수 있다.

- [0041] 본 실시예에 따른 유기발광소자에서, 제2 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지는, 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지보다도 높아도 좋다. 따라서, 제2 호스트 재료로부터 제1 호스트 재료에 이동하는 삼중항 여기자가, 제2 호스트 재료에 되돌아갈 때의 에너지 장벽이 된다. 이 때문에, 제2발광층(5)의 삼중항 여기자 밀도가 저하하기 쉬워져서, 긴 연속 구동수명을 실현할 수 있다.
- [0042] 본 실시예에 따른 유기발광소자에서, 제1발광층(4)과 제2발광층(5)이 서로 접촉하여도 된다. 따라서, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에 삼중항 여기자를 원활하게 이동시킬 수 있어, 긴 연속 구동수명을 실현할 수 있다.
- [0043] 본 실시예에 따른 유기발광소자에서, 제1 호스트 재료와 제2 호스트 재료가 동일재료이어도 된다. 이것은, 동일재료간에 있어서의 삼중항 여기자의 이동 효율이, 이종재료간에 있어서의 삼중항 여기자의 이동 효율에 비교해서 뛰어나기 때문이다. 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에 삼중항 여기자를 원활하게 이동시키는 것으로, 긴 연속 구동수명을 실현할 수 있다.
- [0044] 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 제2전극으로부터 제1전극을 향하는 방향으로, 최저 여기 삼중항의 에너지 이동 경로를 가져도 좋다. 이것은, 제2발광층(5)의 최저 여기 삼중항 에너지가 에너지 이동에 의해 제1도펀트 재료에 쉽게 도달하는 것을 의미한다. 달리 말하면, 제2발광층(5)으로부터 제1도펀트 재료까지 최저 여기 삼중항 여기자의 에너지 장벽이 없다고 말해도 좋다.
- [0045] 제2발광층(5)으로부터 제1도펀트 재료까지 이동할 경우에, 즉, 이동후의 에너지가 높을 경우, 에너지 장벽은, 그 에너지 장벽이 0.3eV 이내이면, 존재하여도 된다. 0.3eV 이내의 작은 에너지 장벽은, 그 에너지 이동을 크게 저해하지 않는다.
- [0046] 또한, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)까지의 영역에 있어서, 제1도펀트 재료가, 최저 여기 삼중항 에너지가 가장 낮은 유기 화합물이어도 좋다. 이것은, 제1도펀트 재료보다도 최저 여기 삼중항 에너지가 높은 유기 화합물이 존재할 경우보다도, 에너지 이동의 효율이 높기 때문이다.
- [0047] 0.3eV 미만의 에너지 장벽이 있을 경우이여도, 에너지 경로가 존재한다고 말해도 좋다.
- [0048] 제1발광층(4)과 제2발광층(5)은 서로 접촉하여도 좋거나, 그 밖의 층들이 그 사이에 배치되어 있어도 좋다. 그 밖의 층들로서, 상기 발광층의 중간층, 에너지 이동 억제층 등이라고 불리는 층을 언급한다. 상기 에너지 이동 억제층 등이 존재할 경우이여도, 최저 여기 삼중항 에너지는 제2발광층(5)으로부터 제1도펀트 재료까지 이동할 수 있도록 그 층들을 구성해도 좋다.
- [0049] 도 3a 및 3b는, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에의 에너지 이동을 나타낸다. 도 3a는, 제1발광층(4)과 제2발광층(5)이 서로 접촉하는 예를 나타낸다. 도 3a에서는, 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지 T1(H1)과 제2 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지 T1(H2)이, 이하의 식(2)의 관계를 충족시킨다.
- [0050]  $T1(H1) \leq T1(H2)$  (2)
- [0051] 식(2)를 충족시키는 것으로, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에 최저 여기 삼중항 에너지가 이동하기 쉽다. 그 결과, 구성 재료가 열화하기 쉬운 제2발광층(5)의 삼중항 여기자 밀도가 저하하기 때문에, 그 소자 수명을 길게 할 수 있다. 또한, 제1발광층(4)에서의 TTA에 의해, 발광 효율을 향상할 수 있다.
- [0052] 도 3b에서는, 제1발광층(4)과 제2발광층(5)의 사이에 배치된 중간층이 나타내어져 있다. 이 중간층의 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지 T1(HM)과, T1(H1)과, T1(H2)과의 관계가, 이하의 식(3)을 충족시킨다.
- [0053]  $T1(H1) \leq T1(HM) \leq T1(H2)$  (3)
- [0054] 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 복수의 중간층을 가져도 좋다. 복수의 중간층을 가질 경우이여도, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에의 최저 여기 삼중항 에너지의 에너지 경로를 가진다. 보다 구체적으로, 각 중간층의 최저 여기 삼중항 에너지는, 그 중간층들 중에서 제2발광층(5)측에 인접한 층의 최저 여기 삼중항 에너지이하이며, 또한 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지이상이다. 중간층은 발광층이여도 전하수송층이여도 좋다. 상기 중간층은, 제1 호스트 재료 또는 제2 호스트 재료와 같은 재료를 함유하여도 좋거나, 그 밖의 재료이여도 좋다.
- [0055] 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 이상과 같이 구성됨으로써, 긴 연속 구동수명을 실현할 수 있다. 이것은, 제2발광층(5)으로부터 제1발광층(4)에의 삼중항 여기자의 이동이 원활하게 행하여져, 제1발광층(4)에서는 제1 호스트 재료에 삼중항 여기자가 많이 존재하기 때문이다. 이것은, 제1도펀트 재료의 중량비가 낮으므로, 제

1도펀트 재료에 의해 트랩되는 삼중항 여기자의 수가 적기 때문이다. 그 결과, 제1 호스트 재료에 있어서, T T A가 발생하기 쉽고, 유기발광소자의 발광 효율이 높다고 하는 효과를 발휘할 수 있다.

[0056] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제2 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H2)과 제2도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D2)이, 식(4)의 관계를 충족시켜도 된다.

[0057]  $T1(H2) \leq T1(D2)$  (4)

[0058] 따라서, 제2발광층(5)에 있어서 제2도펀트 재료에 의해 삼중항 여기자가 거의 트랩되지 않는다. 더욱이, 식(2)를 충족시키는 것으로, 제1발광층(4)에 삼중항 여기자가 원활하게 이동하기 쉬워진다.

[0059] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1발광층(4)이 제3도펀트 재료를 갖고, 제1 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H1)과 제3도펀트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D3)이, 식(5)의 관계를 충족시켜도 된다. 제3도펀트 재료가 제2발광층(5)에 함유될 경우는, 제2발광층(5)에 대해서도 같은 관계를 충족시켜도 된다. 같은 관계는, 구체적으로는 하기식 (6)을 충족시키는 것을 의미한다.

[0060]  $0 e V < T1(H1) - T1(D3) < 0.3 e V$  (5)

[0061]  $0 e V < T1(H2) - T1(D3) < 0.3 e V$  (6)

[0062] 식(5)를 충족시킬 경우, T1(D3)은 T1(H1)보다도 에너지가 낮아, 제1발광층(4)에 삼중항 여기자를 머물게 하는데도 유효하다. 제3도펀트 재료의 삼중항 여기자는, 삼중항 여기자를 호스트 재료에 이동가능한 에너지를 갖는다. 삼중항 여기자가 제3도펀트에 의해 트랩되기 어렵기 때문에, T T A는 효율적으로 일으킬 수 있다. 식(6)의 경우에 대해서도 같은 효과를 얻을 수 있다. 따라서, 발광 효율을 손상하지 않고, 그 연속 구동수명을 길게 할 수 있다.

[0063] 본 실시예에 따른 유기발광층 소자에 있어서, 발광층을 구성하는 재료는 최저 여기 일중항 에너지와 최저 여기 삼중항 에너지와의 차이가 0.2 e V 이상이어도 좋다. 이 경우, 최저 여기 삼중항 상태로부터, 최저 여기 일중항 상태에의 열여기에 의한 항간 교차를 억제할 수 있다. 열여기에 의한 항간 교차를 통과하는 발광을, 열활성형 지연 형광이라고 부른다.

[0064] 유기발광소자에서 사용되는 일반적인 형광의 발광 수명은 나노초 오더의 발광 수명이지만, 열활성형 지연 형광의 발광 수명은 마이크로초 오더의 발광 수명이다. 그 때문에, 발광 도펀트의 일중항 여기자의 에너지가, 발광으로서 방출되기 전에, 근방의 호스트 분자의 삼중항 여기자에게 에너지 이동한다. 그리고, 최저 여기 삼중항 에너지보다도 높은 차원인 에너지 T n (H)을 갖는 삼중항 여기자가 형성됨으로써, 유기분자의 단결합의 개열(cleavage)을 일으키기 쉽다.

[0065] 또한, 열활성형 지연 형광재료는 최저 여기 삼중항 에너지를 높게 설정할 필요가 있다. 또한, 이 점에 있어서도, 높은 차원인 에너지 T n (H) 경유의 열화가 촉진되기 쉽다.

[0066] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제1 호스트 재료와 제2 호스트 재료가 동일재료이여도 좋다. 따라서, 제1발광층(4)으로부터 제2발광층(5)에 삼중항 여기자가 원활하게 이동할 수 있어, 보다 연속 구동수명이 긴 유기발광소자를 제공할 수 있다.

[0067] 본 실시예에 따른 유기발광소자에서, 제1도펀트 재료의 중량비가 0.05wt % 이상이어도 좋다. 중량비가 0.05wt %미만의 경우는, 도핑 농도가 지나치게 낮아서, 제1 호스트 재료로부터, 제1도펀트 재료에의 일중항 여기자의 포스터(Forster)형 에너지 이동이 효율적으로 발생하지 않고, 제1도펀트 재료의 발광 강도가 현저하게 저하할 경우가 있다.

[0068] X. Y. Zheng et al. ,("A White OLED based on DPVBi blue light emitting host and DCJT B red dopant", Displays, 2003, Volume 24, 3, pp.121-124)에는, 호스트 재료의 DPVBi에, 적색발광 재료로서 DCJT B를 혼합한 발광층을 갖는 유기발광소자의 발광 스펙트럼을 나타내고 있다. 적색발광 재료를 0.08wt %로 했을 경우에는, 적색발광 재료 유래의 발광 피크는 확인할 수 있지만, 적색발광 재료를 0.03wt %로 했을 경우에는, 적색발광 재료 유래의 발광 강도가 현저하게 저하하여, 발광 피크를 확인할 수 없었던 것이 기재되어 있다.

[0069] 이 때문에, 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 제1도펀트 재료의 중량비가, 0.05wt % 이상 0.30wt % 이하이여도 좋다. 따라서, 연속 구동수명과 발광 효율을 양립한 유기발광소자를 제공할 수 있다.

- [0070] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자가 갖는 제1 호스트 재료는, 저분자 유기 화합물이어도 좋다. 유기 화합물은, 분자들에 근거하여 저분자 타입, 올리고머 분자 타입, 및 고분자 타입으로 대별된다. 고분자와 올리고머 분자는 국제 순정 응용화학연합(IUPAC) 고분자 명명법 위원회에 의해 다음과 같이 정의하고 있다.
- [0071] 고분자, 폴리머 분자(macromolecule, polymer molecule): 분자질량이 큰 분자로, 그 구조는 상대 분자질량이 작은 분자로부터 실질적 또는 개념적으로 얻어진 단위의 다수회의 반복으로 구성된다.
- [0072] 올리고머 분자: 중간 상대 분자질량의 분자로, 그 구조는 상대 분자질량이 보다 작은 분자로부터 실질적 또는 개념적으로 얻어진 단위의 소수회의 반복으로 구성된다.
- [0073] 저분자 유기 화합물은, 상기 고분자, 폴리머 분자, 및 올리고머 분자의 정의의 영향을 받지 않는 분자라고 한다. 보다 구체적으로, 상기 분자는, 반복 단위의 반복수가 소수회, 바람직하게는 3이하, 보다 바람직하게는 1인 분자다.
- [0074] 고분자에는 주로 화학합성해서 얻어진 합성 고분자와, 자연계에 존재하는 천연 고분자가 있다. 천연 고분자에는 분자량이 단분산인 고분자가 존재하지만, 합성 고분자는, 일반적으로 반복 단위의 차이에 의한 분자량의 분산성을 가진다. 한편, 유기 저분자 화합물은 자연적으로 존재하지 않고, 합성해서 얻어지지만, 반복 단위의 차이에 의한 분자량의 분산성을 갖지 않는다.
- [0075] 이러한 분산성의 유무는, 유기발광소자의 발광층에 상기 고분자 화합물을 사용했을 경우에, 중요한 차이를 보인다. 분산성을 갖는 고분자 화합물을 발광층에 사용하면, 발광층에 함유된 화합물의 최저 여기 삼중항 에너지의 상대태도의 에너지의 면에서 확대가 커지고, 그 발광층에서의 삼중항 여기자의 제어가 행하기 어려워져, 효과가 작아진다고 생각된다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자의 발광층은 모두 저분자 유기 화합물들을 함유하는 것이 바람직하다.
- [0077] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제2도펀트 재료는, 탄화수소화합물이어도 좋다. 탄화수소화합물은, 탄소와 수소를 함유하는 화합물이다. 일반적으로, 탄화수소화합물은, 단결합의 결합 에너지 높고, 결합 개열 열화하기 어려운 재료다. 예를 들면, 방향족탄화수소끼리의 C 원자-C원자의 단결합(C-C단결합)이나 방향족탄화수소와 알킬기의 C-C단결합의 해리에 필요한 해리 에너지는 약 4~5eV다. 반대로, 예를 들면, 아미노기와 방향족탄화수소의 C 원자-N원자의 단결합(C-N단결합)이나 복소환과 방향족탄화수소의 결합과 같은 C-N단결합의 해리 에너지는, 예를 들면, 3~4eV 정도다. C-N단결합은, C-C단결합과 비교해서 해리 에너지가 작기 때문에, 여기 상태를 경유해서 그 결합이 해리하기 쉽다.
- [0078] 본 실시예에 따른 제1도펀트는 최저 여기 삼중항 에너지가 낮고, 제1 호스트 재료에 비교해서 열화하기 어렵다. 그렇지만, 삼중항 여기자를 트랩 했을 때, 상기 제1도펀트는 근린분자로부터 에너지 이동을 받아, 고차의 삼중항 여기 상태가 될 가능성이 있다. 이 때문에, 제1도펀트 재료를 탄화수소화합물로 함으로써, 보다 연속 구동수명이 긴 유기발광소자를 제공할 수 있다.
- [0079] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 있어서, 제2도펀트 재료가 청색발광 재료일 경우, 아미노기와 방향족탄화수소의 C-N단결합이나, 복소환들과 방향족탄화수소의 C-N단결합을, 분자중에 함유하지 않는 탄화수소화합물이 바람직하다. 이것은, 제1도펀트 재료가, 제1 호스트 재료보다 여기 상태를 경유한 열화의 기여는 작다고 생각되지만, C-N단결합을 포함하면, 최저 여기 일중항 상태의 형성으로 인해서만 상기 결합 개열이 일어날 가능성이 있기 때문이다.
- [0080] 본 발명에 있어서, 제2도펀트 재료는 청색발광 재료이고, 제1도펀트 재료는 적색발광 재료이며, 제3도펀트 재료는 녹색발광 재료이어도 좋다. 따라서, 양호한 백색을 표시하는 유기발광소자를 제공할 수 있다. 본 명세서에 있어서는, 청색발광 재료는, 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장이 430nm 내지 480nm의 발광 재료를 가리킨다. 녹색발광 재료는, 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장이 500nm 내지 570nm의 발광 재료를 가리킨다. 적색발광 재료는, 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장이 580nm 내지 680nm의 발광재료를 가리킨다. 또한, 최대 피크 파장은, 스펙트럼들 중에서, 가장 짧은 피크 파장이라고 말할 수 있다.
- [0081] 최저 여기 일중항 에너지의 측정에 대해서, 최저 여기 일중항 에너지는, 가시광-자외흡수 스펙트럼으로부터 구해질 수 있다. 최저 여기 일중항 에너지를 측정하는 것은, 에너지 갭을 측정하는 것을 의미한다. 본 실



시에에 있어서는, 최저 여기 일중항 에너지는, 유리 기관 위에 성막된 박막의 흡수 가장자리로부터 구해질 수 있다. 장치로서는, 히타치제 분광 광도계U-3010을 사용할 수 있다.

[0082]           최고 피점유 궤도(HOMO)에너지는, 대기하 광전자 분광법(측정기명 AC-2 리켄기기(RIKENKIKI)제)을 사용해서 이온화 포텐셜을 측정할 수 있다.

[0083]           최저 비점유 궤도(LUMO)에너지는 에너지 갭 측정 값과 상기 이온화 포텐셜로부터 산출될 수 있다. 보다 구체적으로, 전자친화력=이온화 포텐셜-에너지 갭이다.

[0084]           최저 여기 삼중항 에너지는, 대상이 되는 유기재료의 인광 스펙트럼으로부터 구하는 것이 가능하다. 구체적으로는, 액체질소온도(77K)등의 저온하에서 그 인광 스펙트럼의 측정을 행하고 나서, 측정된 인광 스펙트럼들의 제1의 발광 피크(가장 단파장의 피크)로부터, T1에너지를 얻을 수 있다.

[0085]           인광발광이 얻어지지 않는 것에 대해서는, 삼중항 증감제로부터의 에너지 이동을 사용한다. 이 방법은 인광이 약하고 측정할 수 없는 것에도 적용할 수 있다.

[0086]           인광의 발광 효율이 대단히 낮기 때문에, 상기한 방법으로 인광을 측정할 수 없을 경우에는, 역셉터에 의 삼중항-삼중항 에너지 이동을 사용해서 최저 여기 삼중항 에너지가 얻어지는 방법이 있다.

[0087]           이상의 측정을 행할 때에 인광발광이 얻어지지 않을 경우는, 분자궤도 계산에 의해, 이하의 계산 수법에 따라, 최저 여기 삼중항 에너지를 얻을 수 있다.

[0088]           분자궤도법 계산은, 현재 널리 사용된 Gaussian 09(Gaussian 09, Revision A. 02, M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Robb, J.R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G.A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H.P. Hratchian, A.F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J.L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J.A. Montgomery, Jr., J.E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J.J. Heyd, E. Brothers, K.N. Kudin, V.N. Staroverov, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S.S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J.M. Millam, M. Klene, J.E. Knox, J.B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R.E. Stratmann, O. Yazyev, A.J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J.W. Ochterski, R.L. Martin, K. Morokuma, V.G. Zakrzewski, G.A. Voth, P. Salvador, J.J. Dannenberg, S. Dapprich, A.D. Daniels, O. Farkas, J. B. Foresman, J.V. Ortiz, J. Cioslowski, and D.J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009)에 의해 실시할 수 있다. 계산 수법으로서, 현재 널리 사용된 이하의 수법을 사용할 수 있다. 우선, 기저상태의 구조 최적화를 밀도범함수법(density functional theory, DFT)에 의해, 범함수에 B3LYP, 기저함수에 6-31G\*을 사용해서 계산한다.

[0089]           다음에, 최적화된 구조에 있어서, 시간의존 밀도범함수법(TDDFT)에 의해, 범함수에 B3LYP, 기저함수에 6-31G\*을 사용해서 최저 여기 삼중항(흡수)에너지를 계산한다. 그 DFT 및 TDDFT의 계산에는, 대신에 같은 기능을 갖는 계산 화학 소프트웨어를 사용한다.

[0090]           복수의 재료의 최저 여기 삼중항 에너지를 비교할 경우는, 측정 방법들 혹은 계산 방법들을 통일하면서 비교한다.

[0091]           최저 여기 일중항 에너지는, 전술의 최저 여기 삼중항 에너지의 계산 수법에 있어서, 결과로서 최저 여기 일중항 에너지를 취득하는 것의와 같은 방법으로, 계산 값을 얻을 수 있다. 화합물의 최저 여기 일중항 에너지와 최저 여기 삼중항 에너지를 비교할 경우, 실측 값끼리 혹은, 계산 값끼리와 같이, 수법들을 통일해서 비교한다.

[0092]           도 4는, 형광을 방출하는 유기발광소자의 열화 기구를 나타내는 도다. 발광 도펀트의 일중항 여기자의 에너지S1(D)이, 호스트 재료의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H)에 에너지 이동한다. 따라서, 고차 에너지Tn(H)의 삼중항 여기자를 형성한다. 이 높은 에너지를 가진 Tn(H)의 에너지가 발광층내에서 실효할 때, 유기분자의 단결합이 개열한다고 하는 기구가 알려져 있다(일본 특허공개2011-216640호 공보). 삼중항 여기자는 여기 수명이 길기 때문에, 막중의 밀도도 높고, 상기와 같은 에너지 이동 과정은 비교적 높은 빈도로 발생한다고 생각된다.

[0093]           이때, 발광 도펀트의 발광 파장이 단파장일수록, 높은 일중항 여기자의 에너지S1(D)이 삼중항 여기자에 이동하기 때문에, 총 에너지Tn(H)이 증가하여, 재료 열화를 야기하기 쉽다. 이 때문에, 제1도펀트보다도 발광 파장이 단파장인 제2도펀트를 갖는 제2발광층(5)쪽이 재료 열화를 일으키기 쉽다. 그 때문에, 제2도펀트보다도

발광 파장이 장파장인 제1도펀트를 갖는 제1발광층(4)에, 삼중항 여기자를 모으는 쪽이, 연속 구동수명에 있어서 유리하다.

[0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자의 구성

[0095] 기관

[0096] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 기관은, Si 기관, 유리 기관, 또는 수지기관이어도 좋다. Si 기관일 경우에는, 해당 Si 자체에 트랜지스터를 형성함으로써 마이크로 표시장치를 구성할 수 있다. 유리 기관일 경우에는, TFT를 설치해서 표시장치를 구성하여도 좋다. 수지기관은, 플렉시블 기관이라고도 말할 수 있다. 플렉시블 기관의 경우에는, 폴더블 또는 롤러블 표시장치를 수용할 수도 있다. 발광 장치의 발광 방향을 저해하지 않는 한, 그 기관은 투과 기관 또는 불투과 기관이어도 좋다.

[0097] 전극

[0098] 본 실시예에 있어서는, 제1전극은 양극이며 제2전극은 음극이지만, 제1전극이 음극이어도 좋고, 제2전극이 양극이어도 좋다. 제2전극측으로부터 광을 추출할 경우, 제1전극은 반사 전극이어도 좋다.

[0099] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 제1전극은, 반사율이 80%이상의 금속재료이어도 된다. 구체적으로는, Al이나 Ag 등의 금속들, 그것들에 Si, Cu, Ni, Nd, Ti 등을 첨가한 합금을 사용할 수 있다. 합금으로서, AgMg, AlCu, TiN 등을 사용할 수 있다. 반사율은, 발광층으로부터 방출하는 발광 파장에 있어서의 반사율을 가리킨다. 상기 반사 전극은, 광추출층의 표면에 배리어층을 가져도 좋다. 배리어층의 재료는, Ti, W, Mo, Au의 금속이나 그 합금이어도 좋다. 이 합금은 전술한 합금을 포함하여도 좋다.

[0100] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 제2전극은, 그 표면에 도달하는 광의 일부를 투과함과 아울러 다른 일부를 반사하는 특성(즉, 반투과 반사성)을 가진 반투과 반사층이어도 좋다. 상부전극은, 예를 들면 마그네슘이나 은등의 단체금속, 또는 마그네슘이나 은을 주성분으로 하는 합금, 혹은, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속을 포함한 합금재료로 형성된다.

[0101] 제2전극이 합금을 함유하는 경우에는, 예를 들면, 마그네슘과 은의 합금을 든다. 마그네슘과 은의 합금일 경우에는, 마그네슘과 은을 1:1의 비율로 함유하는 합금이 허용 가능할 수도 있고, 어느 한쪽의 원자%가 보다 커도 좋다. 어느 한쪽의 원자%가 보다 큰 경우에는, 은의 원자%가 보다 커도 좋다. 은의 원자%는, 투과율이 높기 때문에 증가되어도 된다. 어느 한쪽의 원자%가 보다 큰 경우에는, 마그네슘의 원자%가 보다 커도 좋다. 마그네슘의 원자%는, 막 특성이 높고 막이 절단되기 어렵기 때문에 증가되어도 좋다.

[0102] 제2전극은 투과율이 바람직하는 한 적층구성을 가져도 좋다.

[0103] 유기 화합물층

[0104] 본 실시예에 따른 유기 화합물층은, 복수의 유기발광소자의 공통층으로서 형성되어도 좋다. 공통층은, 복수의 유기발광소자에 걸쳐서 배치되어 있는 것이며, 스핀 코팅 등의 도포법이나, 증착법을 기관의 전체면에 대하여 행하는 것으로 형성될 수 있다.

[0105] 본 실시예에 따른 유기 화합물층은, 적어도 발광층을 포함하는 층이며, 복수의 층을 포함하여도 좋다. 복수의 층의 예들로서는, 정공주입층, 정공수송층, 전자 블록층, 발광층, 정공 블록층, 및 전자수송층이 있다. 각 유기 화합물층은, 복수재료를 함유하여도 좋다. 그 경우의 중량비는, 1:1 내지 4이어도 좋다. 유기 화합물층은, 양극으로부터 주입된 정공과 음극으로부터 주입된 전자가 발광층에서 재결합함으로써, 발광한다.

[0106] 발광층은 복수층으로 구성되어도 좋고, 상기 발광층들 중 어느 하나에 적색발광 재료, 녹색발광 재료 및 청색발광 재료를 가질 수 있고, 각 발광색을 혼합함으로써 백색광을 출사할 수 있다. 상기 발광층들 중 어느 하나에 청색발광 재료와 황색발광 재료등의 보색관계의 발광 재료를 가짐으로써 백색을 방출해도 좋다. 발광층들의 수는 2층 또는 3층이어도, 그 이상의 수를 가지고 있어도 좋다. 복수의 발광층이 개별적으로 상이한 색들의 광을 발광해도 좋다. 그 밖의 발광층들과 같은 색의 광을 방출하는 발광층이 있어도 좋다.

[0107] 복수의 발광층, 예를 들면 제1발광층(4) 및 제2발광층(5)으로부터 백색을 방출할 경우, 유기발광소자는 그 광 출사측에 칼라 필터를 가져도 좋다. 백색발광과 칼라 필터를 조합함으로써, RGB등 필요한 발광색을 얻을 수 있다.

[0108] 상기 발광층에 함유된 화합물은 특별히 한정되지 않고, 안트라센 유도체, 플루오렌 유도체, 피렌 유도

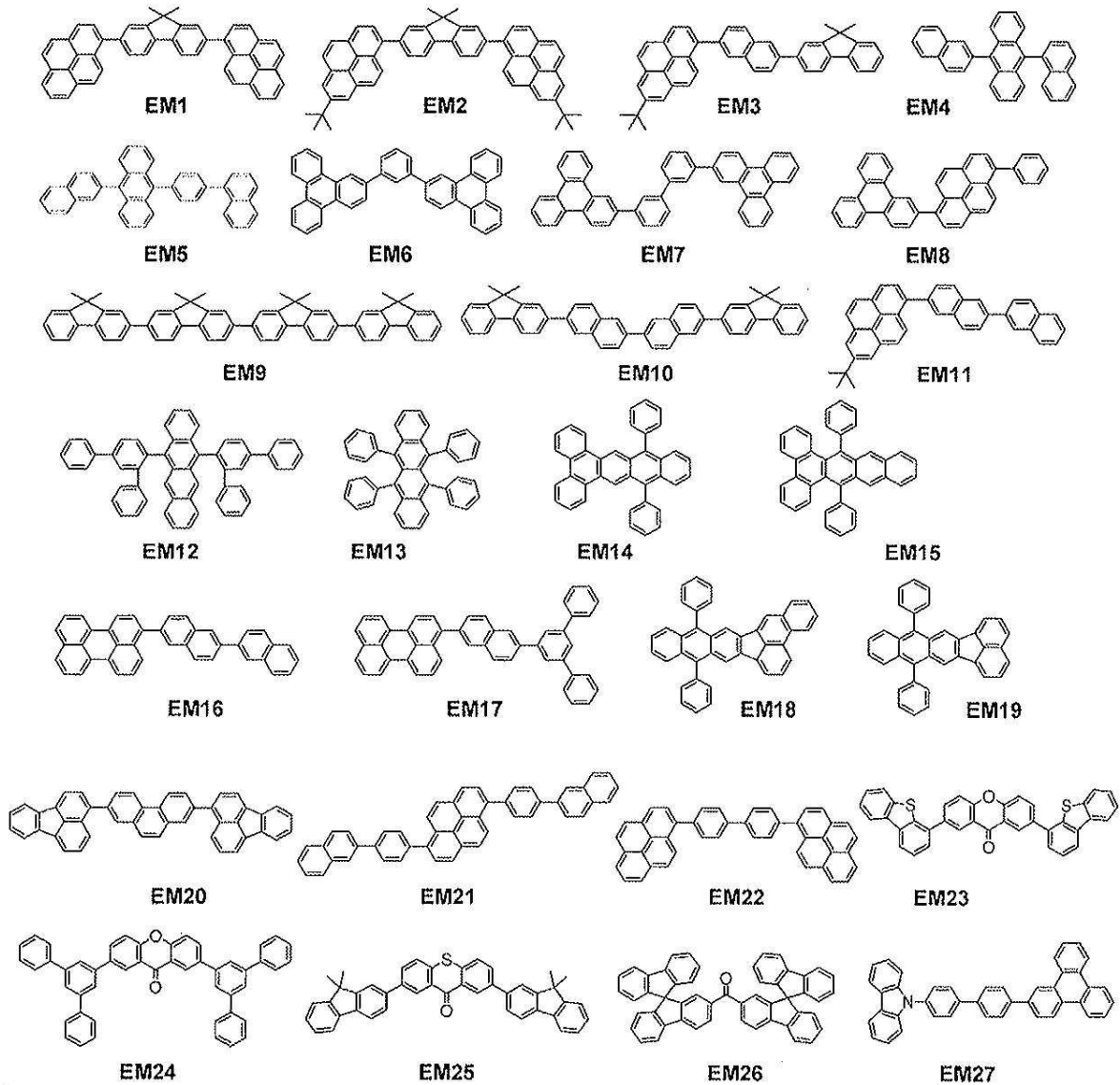
체, 플루오란텐 유도체, 크리센 유도체, 트리페닐렌 유도체, 및 이리디움 착체이어도 좋다. 이 화합물들이, 호스트들 또는 게스트들이어도 좋다.

[0109] 제1도펀트는, 플루오렌 유도체, 플루오란텐 유도체, 피렌 유도체, 루브렌 유도체, 페틸렌 유도체, 및 붕소 착체 중 어느 하나이어도 좋다.

[0110] 이하, 유기 화합물층에 사용되는 유기 화합물의 구체 예를 나타낸다. 본 발명은 이 예시 화합물들에 한정되는 것이 아니다.

[0111] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 호스트 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다. 호스트 재료는, 제1 호스트이어도, 제2 호스트이어도, 또는 한층 더 설치되는 발광층의 호스트이어도 좋다.

[0112] [화학식 1]



[0113]

[0114] EM1~3, 21~22의 화합물은, 그 부분 구조에 피렌 골격을 가지기 때문에 바람직하다. 피렌 골격을 갖는 화합물에서, 넓은 평면성을 갖는 피렌 골격들이 적층하기 쉽고, 삼중항 여기자가 이동하기 쉽다. 그 결과, TTA를 효율적으로 일으킬 수 있다. EM1은 일본 특허공개 2007-063285호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, EM23은 일본 특허공개 2011-249754호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, EM25는 일본 특허공개 2012-102024호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, EM26은 국제공개 2005/040302호에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있다. 상기 공보들에 기재된 합성 방법은, 화합물의 합성량, 및 기본골격에 설치된 치환기의 종류를 고려해서 적절하게 변경되어도 좋다. 예를 들면, 커플링 반응에 사용되는 할로젠 원자를 별종의 할로젠 원자로 변경해도 좋다. 커플링 반응에 사용된 할로젠을 최종 생성물로부터 감소시키기 위해서, 탈할로젠 공정을 설치해도 좋다. 합성 공정에 있어서, 사용되는 붕소산 유도체와 피나콜보로네이트 유도체, 할로겐체의

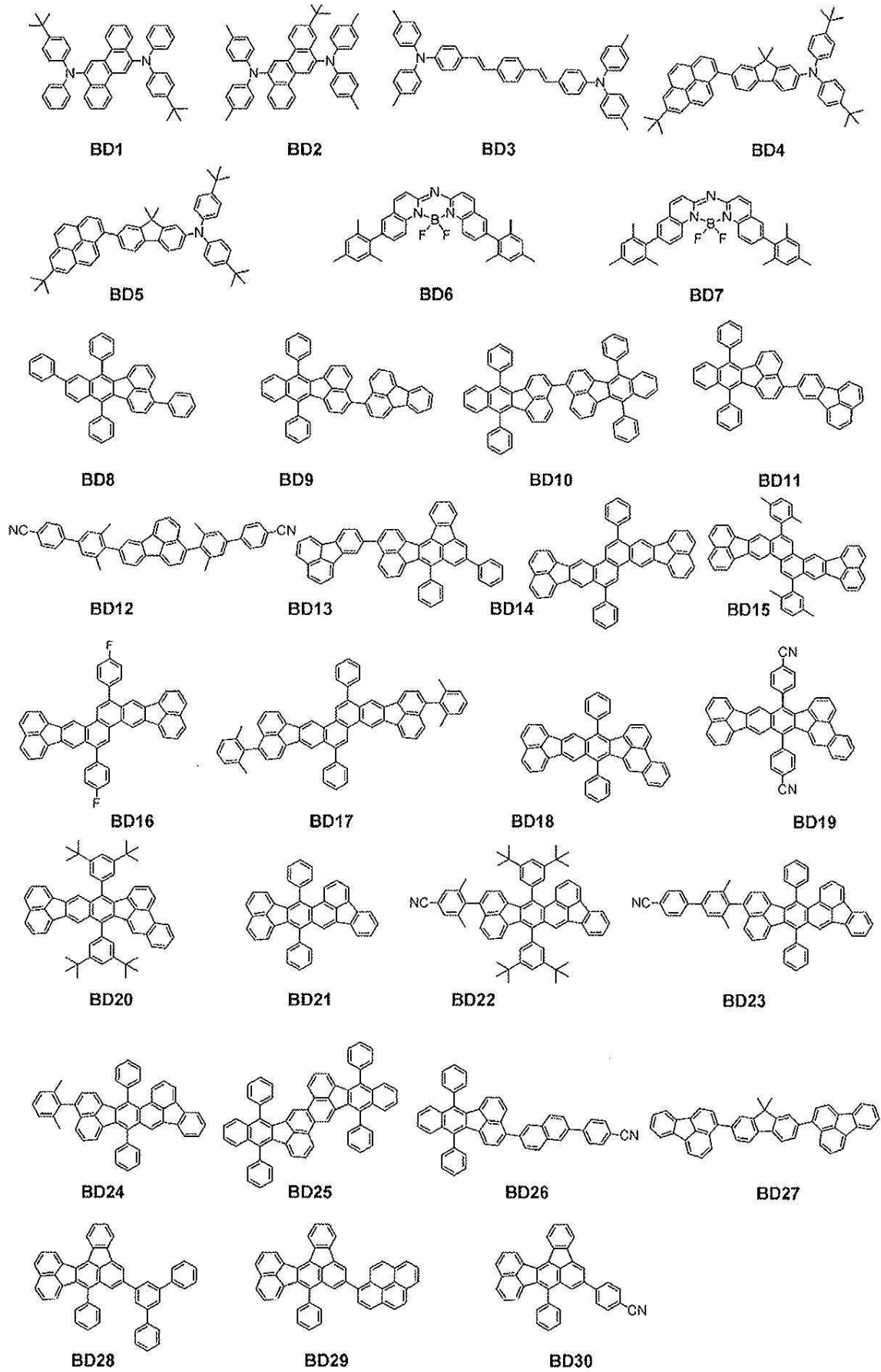
할로젠종, 스즈키 커플링 반응에 사용되는 Pd 촉매 등을 변경해도 좋다. 변경되는 Pd 촉매의 예들로서는,  $(Pd(PPh_3)_4)$ ,  $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ ,  $Pd(OAc)_2$ ,  $Pd(dba)_2$ ,  $Pd(dba)_3$  등이 있다. 또한, 상기 촉매에 인 리간드로서, S-Phos, X-Phos, 트리-오-토릴포스핀, 트리스클로헥실 포스핀 등을 첨가해도 좋다. 할로젠체 대신에 트리플레이트체를 사용해도 좋다. 또한, 스즈키 커플링 대신에 유기아연을 사용한 네기시(Negishi) 커플링이나 유기주석을 사용한 스틸(Stille) 커플링을 사용해도 좋다.

[0115] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 청색발광 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다.



[0116]

[화학식 2]



[0117]

[0118]

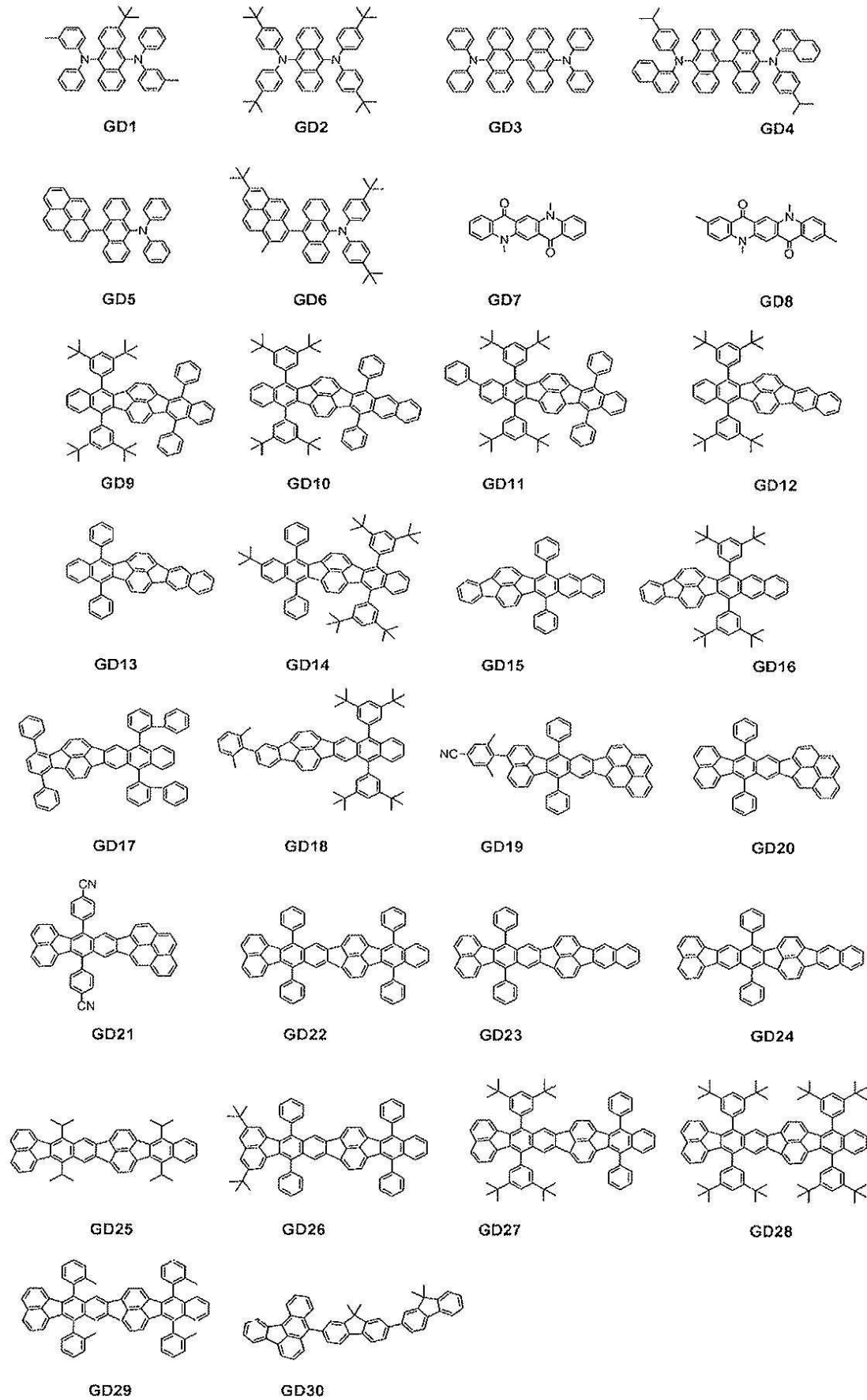
BD 8~30은, 화합물을 구성하는 단결합이, 결합 에너지가 높은 C-C결합과 C-H결합에 한정되기 때문에

바람직하다. 단, 시아노기의 C와 N의 결합은 삼중결합이며, 단결합에 비교해서 높은 결합 에너지를 가지므로 C-N결합을 가지지만, 그 화합물은, 탄화수소화합물로서 간주되어도 좋다. 청색발광 재료의 발광층중의 중량비는, 0.1이상 10wt %이하의 범위가 바람직하다. 이 중량비는, 보다 바람직하게는, 0.3이상 2.0wt %이하의 범위다. B D1은 일본 특허공개평 9-241629호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, B D9은 일본 특허공개 2008-297535호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, B D16은 일본 특허공개 2010-143879호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, B D23은 일본 특허공개 2012-246258호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, B D25는 일본 특허공개 2009-221180호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있고, B D28은 일본 특허공개 2011-011994호 공보에 기재된 방법에 의해 합성할 수 있다. 각 공보에 기재된 합성 방법은, 화합물의 합성량, 기본골격에 설치된 치환기의 종류를 고려해서 적절하게 변경해도 좋다. 예를 들면, 커플링 반응에 사용되는 할로겐 원자를 별종의 할로겐 원자로 변경해도 좋다. 커플링 반응에 사용한 할로겐을 최종 생성물로부터 감소시키기 위해서, 탈할로겐 공정을 설치해도 좋다. 합성 공정에 있어서, 사용되는 붕소산 유도체와 피나콜 보로네이트 유도체, 할로겐체의 할로겐종, 스키 커플링 반응에 사용되는 P d 촉매 등을 변경해도 좋다. 변경되는 P d 촉매의 예들로서는,  $(P d(P P h_3)_4)$ ,  $P d(P P h_3)_2C l_2$ ,  $P d(O A c)_2$ ,  $P d(d b a)_2$ ,  $P d(d b a)_3$  등이 있다. 또한, 상기 촉매에 인 리간드로서, S-P h o s, X-P h o s, 트리-오-토릴포스핀, 트리시클로헥실 포스핀 등을 첨가해도 좋다. 할로겐체 대신에 트리플레이트체를 사용해도 좋다. 또한, 스키 커플링 대신에 유기아연을 사용한 네기시 커플링이나 유기주석을 사용한 스틸 커플링을 사용해도 좋다.

[0119] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 녹색발광 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다.

[0120]

[화학식 3]



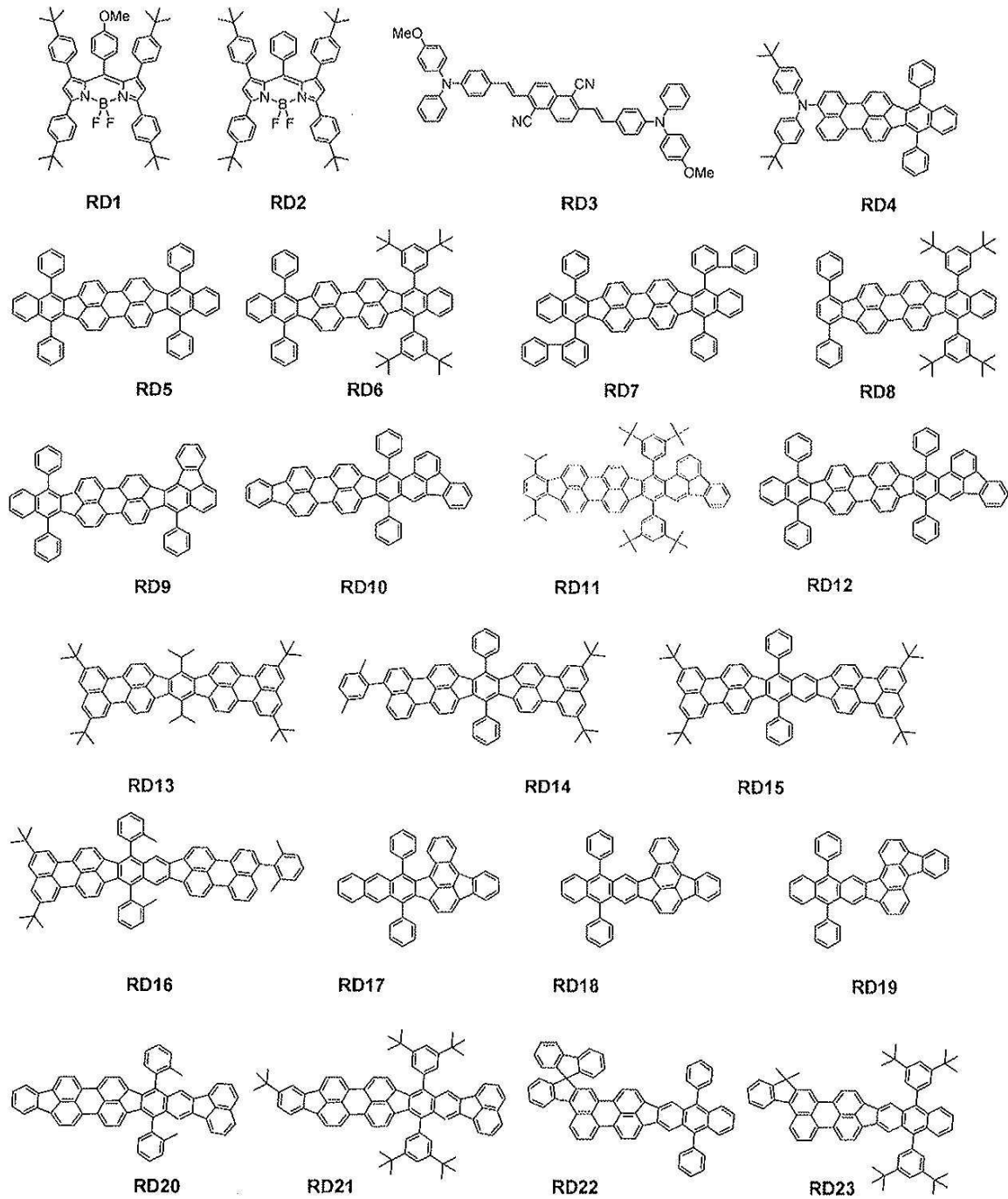
[0121]

[0122]

GD 8~31은, 탄화수소화합물이며, 긴 연속 구동수명을 실현하기 위해서 바람직하다. 녹색발광 재료의

발광층중의 중량비는, 0.1이상 10.0wt %이하의 범위가 바람직하다. 그 중량비는, 보다 바람직하게는, 0.5이상 5.0wt %이하의 범위다. GD5는 일본 특허공개 2006-176493호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, GD13은 일본 특허공개 2008-255095호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, GD16은 일본 특허공개 2011-256113호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, GD21은 일본 특허공개 2012-001514호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, GD29는 일본 특허공개 2013-067586호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있다. 각 공보에 기재된 합성 방법은, 합성량, 기본골격에 설치된 치환기의 종류를 고려해서 적절하게 변경해도 좋다. 예를 들면, 커플링 반응에 사용되는 할로젠 원자를 별종의 할로젠 원자로 변경해도 좋다. 또 커플링 반응에 사용한 할로젠을 최종 생성물로부터 감소시키기 위해서, 탈할로젠 공정을 설치해도 좋다. 합성 공정에 있어서, 사용되는 붕소산 유도체와 피나콜보로네이트 유도체, 할로젠체의 할로젠종, 스즈키 커플링 반응에 사용되는 Pd 촉매 등을 변경해도 좋다. 변경되는 Pd 촉매의 예로서는,  $(Pd(PPh_3)_4)$ ,  $Pd(PPh_3)_2Cl_2$ ,  $Pd(OAc)_2$ ,  $Pd(dba)_2$ ,  $Pd(dba)_3$  등이 있다. 또한, 상기 촉매에 인 리간드로서,  $SPhos$ ,  $XPhos$ , 트리-오-토릴포스핀, 트리스클로헥실 포스핀 등을 첨가해도 좋다. 할로젠체 대신에 트리플레이트체를 사용해도 좋다. 또한, 스즈키 커플링 대신에 유기아연을 사용한 네기시 커플링이나 유기주석을 사용한 스틸 커플링을 사용해도 좋다. 본 실시예에 따른 유기발광소자의 적색발광 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다.

[0123] [화학식 4]



[0124]

[0125]

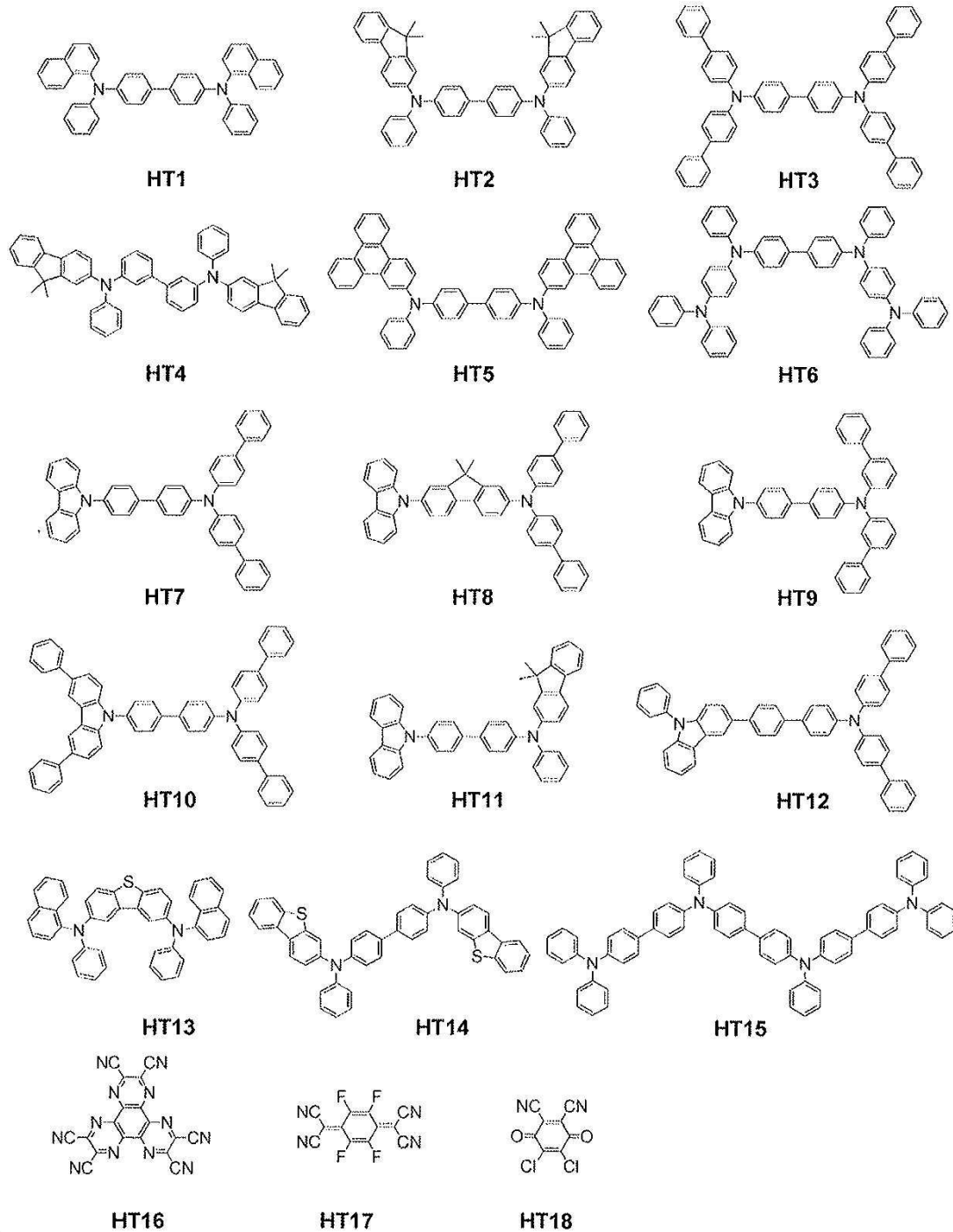
RD5~23은, 탄화수소화합물이며, 긴 연속 구동수명을 실현하기 위해서 바람직하다. RD5는 일본 특허공개 10-330295호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, RD9는 일본 특허공개 2013-043846호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, RD12는 일본 특허공개 2012-149012호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, RD13은 일본 특허공개 2013-049663호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있고, RD20은 일본 특허공개 2013-139426호 공보에 기재된 합성 방법에 의해 합성할 수 있다. 각 공보에 기재된 합성 방법은, 합성량, 기본골격에 설치된 치환기의 종류를 고려해서 적절하게 변경해도 좋다. 예를 들면, 커플링 반응에 사용되는 할로겐 원자를 별종의 할로겐 원자로 변경해도 좋다. 또 커플링 반응에 사용한 할로겐을 최종 생성물로부터 감소시키기 위해서, 탈할로겐 공정을 설치해도 좋다. 합성 공정에 있어서, 사용되는 붕소산 유도체와 피나콜보로네이트 유도체, 할로겐체의 할로겐종, 스즈키 커플링 반응에 사용되는 Pd 촉매 등을 변경해도 좋다. 변경되는 Pd 촉매의 예들로서는, Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, Pd(OAc)<sub>2</sub>, Pd(dba)<sub>2</sub>, Pd(dba)<sub>3</sub> 등이 있다. 또한, 상기 촉매에 인 리간드로서, S-Phos, X-Phos, 트리-오-



토릴포스핀, 트리시클로헥실 포스핀 등을 첨가해도 좋다. 할로젠체 대신에 트리플레이트체를 사용해도 좋다. 또한, 스크리 커플링 대신에 유기아연을 사용한 네기시 커플링이나 유기주석을 사용한 스틸 커플링을 사용해도 좋다.

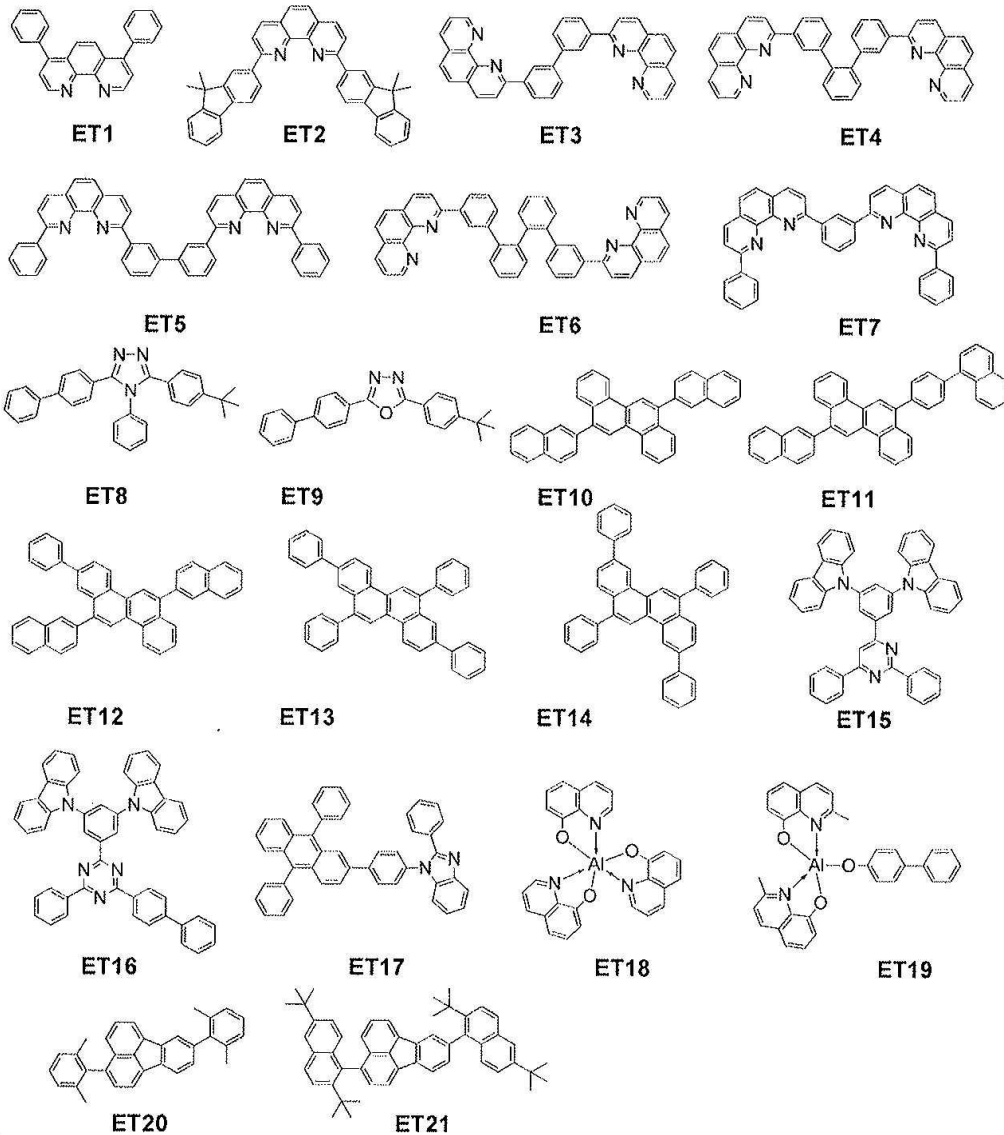
[0126] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 정공주입층, 정공수송층(3), 전자 블록층에 사용되는 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다. 정공주입층, 정공수송층(3), 및 전자 블록층은, 양극(2)과 발광층(4)과의 사이에 배치되어 있는 유기 화합물층이다. 전자 블록층은, 발광층 호스트보다도 LUMO가 낮아도 된다.

[0127] [화학식 5]



[0128] 본 실시예에 따른 유기발광소자의, 전자수송층(6) 및 정공 블록층에 사용되는 재료로서는, 예를 들면 이하의 화합물을 들 수 있다. 전자수송층(6) 및 정공 블록층은, 음극(7)과 발광층(4)과의 사이에 배치되어 있는 유기 화합물층이다. 정공 블록층은, 발광층의 호스트보다도 HOMO가 낮아도 된다.

[0130] [화학식 6]



[0131]

[0132] 본 실시예에 따른 유기발광소자에 사용되는, 정공 블록층과 전자 블록층을 구성하는 재료는, 인접한 발광층의 호스트 재료보다도 높은 최저 여기 삼중항 에너지를 가져도 된다. 따라서, 삼중항 여기자를 발광층내에 가둘 수 있고, 효율적으로 TTA를 일으킬 수 있다.

[0133] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 전자주입층으로서, 전자공여성의 도펀트와 전자수송성의 재료의 혼합물을 사용해도 좋다. 전자공여성의 도펀트로서는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 및 이것들의 화합물을 사용할 수 있다. 전자주입층은, 전자수송성 재료에, 알칼리 금속화합물을 0.1 내지 25wt % 함유시킴으로써 형성될 수 있다. 바람직하게는, 상기 알칼리 금속화합물은 세슘 화합물이다. 보다 바람직하게는, 상기 세슘 화합물이 탄산 세슘 및 탄산 세슘 유래의 물질이다. 본 발명에 있어서 전자주입층을 형성하는 적합한 수법은, 탄산 세슘과 전자수송성 재료를 공증착하는 것이다. 양호한 전자주입성을 확보하기 위해서는, 전자주입층의 막 두께가 10nm 내지 100nm인 것이 바람직하다. 또한, 공증착시에 탄산 세슘이 분해하는 등 해서, 전자주입층내에 탄산 세슘 유래의  $Cs(Cs_{11}O_3)_{10}$ ,  $Cs(Cs_{11}O_3)$ ,  $Cs_{11}O_3$  등의 서브옥사이드가 형성될 경우가 있다. 또, 세슘과 유기 화합물과의 사이에서 배위 화합물이 형성될 경우가 있다.

[0134] 보호층

[0135] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 보호층은, 예를 들면, 화학기상퇴적법(CVD법)을 사용해서 형성된 실리콘 질화물(SiN)층이나 실리콘 산질화물(SiON)층, 원자층 퇴적법(ALD법)을 사용해서 형성된 산화알루미늄층, 실리콘 산화물 및 티타늄 산화물등, 실리콘 산화물 및 티타늄 산화물등의 외부에서의 산소나 수분에 대한 투과성이 극히 낮은 재료로 구성되고, 그 층이 충분한 수분 차단 성능이 있으면 단층 또는 복수층이어

도 좋다. 복수층의 경우는, 상이한 재료를 적층시켜도 좋거나, 동일 재료의 밀도를 바꾸면서 적층시켜도 좋다. 보호층은, 유기발광소자의 발광이 장치외에 추출되기 쉽도록 굴절률을 고려하여 구성되어도 된다. 보호층은, 밀봉층이라고 말할 수도 있다.

[0136] 평탄화층

[0137] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 평탄화층은, 보호층의 요철을 매립하는데 사용되고, 그 보호층 위에 배치되어도 된다. 따라서, 보호막의 요철의 경사부에 의해 발생된 산란광을 감소할 수 있고, 혼합색을 억제할 수 있다. 평탄화층은 도포에 의해 형성된 수지층등으로 구성될 수 있다. 평탄화층은, 임의의 두께로 설치되어도 좋고, 예를 들면, 10 n m 이상 1000 n m 이하이어도 좋다.

[0138] 칼라 필터

[0139] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 칼라 필터는, 평탄화층 위에 칼라 레지스트를 도포하고 나서, 리소그래피에 의해 패터닝을 행하여서 형성되어도 좋다. 후술의 대향기관에 칼라 필터를 설치하고, 평탄화층에 결합시킨다. 이 경우, 상술한 평탄화층은 10 n m 이상 1000 n m 이하이어도 좋다.

[0140] 칼라 레지스트는, 예를 들면 광경화성 수지를 함유하고, 자외선등이 조사된 부위가 경화함으로써, 패턴을 형성할 수 있다.

[0141] 본 실시예에 있어서, 칼라 필터는 R G B의 칼라 필터를 가져도 좋다. R G B의 칼라 필터는 스트라이프 배열, 스쿼어 배열, 델타 배열, 및 베이어 배열 중 어느 한쪽으로 배치되어도 좋다.

[0142] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 갭 충전층은, 칼라 필터와 대향기관과의 사이에 배치된다. 갭 충전층은, 아크릴수지, 에폭시 수지, 실리콘 수지등의 유기재료에 의해 구성되어 있다. 또한, 칼라 필터와 갭 충전층의 사이에 평탄화층을 형성해도 좋다. 해당 평탄화층은, 칼라 필터와 보호층과의 사이에 배치된 평탄화층과 같아도, 달라도 좋다. 두개의 평탄화층은, 표시 영역외에 있어서의 평탄화층끼리의 밀착성이 높기 때문에 동일한 재료로 형성되어도 된다.

[0143] 표시 영역외는, 기관(1)의 단부의 E L 소자가 배치되지 않고 있는 영역과, 표시에는 기여하지 않는 영역을 말한다.

[0144] 대향기관

[0145] 본 실시예에 따른 유기발광소자의 대향기관은, 투명기관이어도 된다. 대향기관은, 예를 들면, 투명 유리 기관이나, 투명 플라스틱 기관등에 의해 구성되어도 좋다.

[0146] 유기발광소자는, 바인더 수지를 가져도 좋다. 바인더 수지의 예들로서는, 폴리비닐 칼바졸 수지, 폴리 카보네이트 수지, 폴리에스테르 수지, A B S 수지, 아크릴수지, 폴리이미드 수지, 페놀 수지, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 요소수지 등이 있다. 그렇지만, 상기 바인더 수지는, 이것들에 한정되는 것이 아니다. 상기 바인더 수지들은, 호모폴리머 또는 공중합체로서 단독으로 사용되어도 좋거나, 2종이상의 혼합물로서 사용되어도 좋다. 필요에 따라서, 공지의 가소제, 산화 방지제, 및 자외선 흡수제등의 첨가제를 병용해도 좋다.

[0147] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자의 용도

[0148] 본 실시예에 따른 유기발광소자는, 표시장치나 조명 장치의 구성 부재로서 사용할 수 있다. 그 외에도, 그 유기발광소자는, 전자 사진방식의 화상형성장치의 노광 광원, 액정표시장치의 백라이트, 백색광원에 칼라 필터를 갖는 발광 장치등에 사용된다.

[0149] 표시장치는, 지역 C C D, 리니어 C C D, 메모리카드 등으로부터의 화상정보를 입력하는 화상입력부를 가지고, 입력된 정보를 처리하는 정보처리부를 가지고, 입력된 화상을 표시부에 표시하는 화상정보 처리장치이어도 좋다.

[0150] 촬상 장치와 잉크젯 프린터가 갖는 표시부는, 터치패널 기능을 가지고 있어도 좋다. 이 터치패널 기능의 구동방식은, 적외선방식이어도, 정전용량방식이어도, 저항막방식이어도, 전자유도방식이어도 좋고, 특별히 한정되지 않는다. 표시장치는 다기능 프린터의 표시부에 사용되어도 좋다.

[0151] 다음에, 도면을 참조하여 본 실시예에 따른 표시장치를 설명한다. 도 5는, 유기발광소자와 이 유기발광소자에 접속된 T F T 소자를 갖는 표시장치의 예를 나타내는 단면 모식도다. T F T 소자는, 능동소자의 일례다.

[0152] 도 5의 표시장치(30)는, 유리 등의 기관(10)과 그 기관(10) 위에 T F T 소자(17) 또는 유기 화합물층



(21)을 보호하기 위한 방습막(11)을 구비하고 있다. 참조부호 12는 금속 게이트 전극(12)이다. 참조부호 13은 게이트 절연막(13)이고, 14는 반도체층이다.

- [0153] TFT소자(17)는, 그 반도체층(14)과, 드레인 전극(15)과, 소스 전극(16)을 가지고 있다. TFT소자(17) 위에는 절연막(18)이 설치된다. 콘택트 홀(19)을 통해 유기발광소자를 구성하는 양극(20)과 소스 전극(16)이 접속되어 있다.
- [0154] 유기발광소자에 포함된 전극(양극, 음극)과 TFT에 포함된 전극(소스 전극, 드레인 전극)과의 전기접속의 방식은, 도 5에 도시된 형태에 한정되는 것이 아니다. 보다 구체적으로, 양극 또는 음극 중 한쪽과, 상기 TFT소자의 소스 전극 또는 드레인 전극 중 한쪽이 전기접속되어도 좋다.
- [0155] 도 5의 표시장치(30)에서는 유기 화합물층(21)을 1개의 층으로서 도시하고 있지만, 유기 화합물층(21)은, 복수층이어도 좋다. 음극(22) 위에는, 유기발광소자의 열화를 억제하기 위한 제1 보호층(24)과 제2 보호층(23)이 설치된다.
- [0156] 도 5의 표시장치(30)에서는 스위칭 소자로서 트랜지스터를 사용하고 있지만, 이것 대신에 MIM소자를 스위칭 소자로서 사용해도 좋다.
- [0157] 도 5의 표시장치(30)에 사용되는 트랜지스터는, 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용한 트랜지스터에 한정하지 않고, 기판의 절연성 표면에 활성층을 갖는 박막 트랜지스터이어도 좋다. 활성층의 예들로서는, 단결정 실리콘과, 아모퍼스실리콘, 미결정 실리콘등의 비단결정 실리콘과, 인듐 아연산화물, 인듐 갈륨 아연산화물등의 비단결정 산화물반도체가 있다. 박막 트랜지스터는 TFT소자라고도 불린다.
- [0158] 도 5의 표시장치(30)에 포함된 트랜지스터는, Si 기판등의 기판내에 형성되어도 좋다. 여기서, "기판내에 형성된"이란, Si 기판등의 기판자체를 가공해서 트랜지스터를 제작하는 것을 의미한다. 보다 구체적으로, "기판내에 트랜지스터를 갖는"것이란, 기판과 트랜지스터가 일체로 형성되어 있다고 볼 수도 있다.
- [0159] 본 실시예에 따른 유기발광소자에서는, 그 스위칭 소자의 일레인 TFT에 의해 발광 휘도가 제어된다. 유기발광소자를 복수층내에 설치함으로써, 각 발광 휘도로 화상을 표시할 수 있다. 본 실시예에 따른 스위칭 소자는, TFT에 한정되지 않고, 저온 폴리실리콘으로 형성된 트랜지스터나, 또는, Si 기판등의 기판 위에 형성된 액티브 매트릭스 드라이버이어도 좋다. "기판 위에"란, 그 기판의 내측이라고 말할 수도 있다. 기판내에 트랜지스터를 설치할지, TFT를 사용할지는, 표시부의 크기에 의거해 선택된다. 예를 들면 0.5인치정도의 크기이면, Si 기판 위에 상기 유기발광소자를 설치하여도 된다.
- [0160] 도 7은, 본 실시예에 따른 표시장치의 일례를 나타내는 모식도다. 표시장치(1000)는, 상부 커버(1001)와 하부 커버(1009)와의 사이에, 터치패널(1003), 표시 패널(1005), 프레임(1006), 회로 기판(1007) 및 배터리(1008)를 가져도 좋다. 터치패널(1003) 및 표시 패널(1005)에는, 각각 플렉시블 프린트 회로 FPC(1002, 1004)가 접속되어 있다. 회로 기판(1007) 위에는, 트랜지스터가 프린트 되어 있다. 배터리(1008)는, 표시장치(1000)가 휴대 기기가 아니면, 설치하지 않아도 좋고, 휴대 기기일 경우에도, 다른 위치에 설치되어도 좋다.
- [0161] 본 실시예에 따른 표시장치는, 복수의 렌즈를 갖는 광학부와, 해당 광학부를 통과한 광을 수광하는 촬상 소자를 갖는, 촬상 장치의 표시부에 사용되어도 좋다. 촬상 장치는, 촬상 소자가 취득한 정보를 표시하는 표시부를 가져도 좋다. 그 표시부는, 촬상 장치의 외부에 노출한 표시부이어도, 또는 파인더(finder)내에 배치된 표시부이어도 좋다. 촬상 장치는, 디지털 카메라 또는 디지털 비디오카메라이어도 좋다.
- [0162] 도 8a는, 본 실시예에 따른 촬상 장치의 일례를 나타내는 모식도다. 촬상 장치(1100)는, 뷰파인더(1101), 배면 디스플레이(1102), 조작부(1103), 및 하우징(1104)을 가져도 좋다. 뷰파인더(1101)는, 본 실시예에 따른 표시장치를 가져도 좋다. 그 경우, 그 표시장치는, 촬상하는 화상뿐만아니라, 환경정보, 촬상 지시 등을 표시해도 좋다. 그 환경정보는, 외광의 강도, 외광의 방향, 피사체가 움직이는 속도, 피사체가 차폐물로 차폐될 가능성 등이어도 좋다.
- [0163] 촬상에 적합한 타이밍은 매우 짧은 시간이므로, 가능한 조기에 정보를 표시하는 것이 바람직하다. 따라서, 본 발명의 유기발광소자를 사용한 표시장치를 사용하여도 된다. 이는, 유기발광소자의 응답 속도가 빠르기 때문이다. 유기발광소자를 사용한 표시장치는, 빠른 표시 속도가 요청되는 상기 장치들 및 액정표시장치와 비교하여 바람직하게 사용된다.
- [0164] 촬상 장치(1100)는, 도시되지 않은 광학부를 가진다. 광학부는 복수의 렌즈를 갖고, 하우징(1104)안에 수용되어 있는 촬상 소자에 결상한다. 복수의 렌즈들은, 그 상대 위치를 조정 함으로써, 초점을 조정할 수

있다. 이 조작을 자동으로 행할 수도 있다.

- [0165]           본 실시예에 따른 표시장치는, 적색, 녹색 및 청색을 갖는 칼라 필터를 가져도 좋다. 칼라 필터는, 해당 적색, 녹색 및 청색이 델타 배열로 배치되어도 좋다.
- [0166]           본 실시예에 따른 표시장치는, 휴대 단말의 표시부에 사용되어도 좋다. 그 경우는, 그 표시장치가 표시 기능과 조작 기능의 양쪽을 가져도 좋다. 휴대 단말의 예들로서는, 스마트 폰 등의 휴대전화, 태블릿, 헤드 마운트 디스플레이 등이 있다.
- [0167]           도 8b는, 본 실시예에 따른 전자기기의 일례를 나타내는 모식도다. 전자기기(1200)는, 표시부(1201)와, 조작부(1202)와, 하우징(1203)을 가진다. 하우징(1203)에는, 회로, 해당 회로를 갖는 프린트 기관, 배터리 및 통신부를 가져도 좋다. 조작부(1202)는, 버튼이여도 좋고, 터치패널 방식의 반응부이여도 좋다. 조작부(1202)는, 지문을 인식해서 록의 해제 등을 행하는, 생체인식부이여도 좋다. 그 통신부를 갖는 전자기기는 통신 기기라고 말할 수도 있다.
- [0168]           도 9a 및 9b는, 본 실시예에 따른 표시장치의 일례를 나타내는 모식도다. 도 9a는, 텔레비전 모니터나 PC 모니터 등의 표시장치를 나타낸다. 표시장치(1300)는, 프레임(1301)과 표시부(1302)를 가진다. 표시부(1302)에 대해서는, 본 실시예에 따른 발광 장치를 사용하여도 좋다.
- [0169]           프레임(1301)과, 표시부(1302)를 지지하는 토대(1303)를 가지고 있다. 토대(1303)는, 도 9a의 형태에 한정되지 않는다. 프레임(1301)의 하변이 토대를 겹쳐도 좋다.
- [0170]           프레임(1301) 및 표시부(1302)는, 구부러져도 좋다. 그 곡률반경은, 5000mm이상 6000mm이하이여도 좋다.
- [0171]           도 9b는 본 실시예에 따른 표시장치의 다른 예를 나타내는 모식도다. 도 9b의 표시장치(1310)는, 접기 가능하도록 구성되고, 소위 폴더블 표시장치다. 표시장치(1310)는, 제1표시부(1311), 제2표시부(1312), 하우징(1313) 및 굴곡 점(1314)을 가진다. 제1표시부(1311)와 제2표시부(1312)는, 본 실시예에 따른 발광 장치를 가져도 좋다. 제1표시부(1311)와 제2표시부(1312)는, 이음매가 없는 1매의 표시장치이여도 좋다. 제1표시부(1311)와 제2표시부(1312)는, 굴곡 점(1314)에서 나눌 수 있다. 제1표시부(1311)와 제2표시부(1312)는, 개별적으로 상이한 화상을 표시해도 좋거나, 제1 및 제2표시부로 하나의 화상을 표시해도 좋다.
- [0172]           도 10a는, 본 실시예에 따른 조명 장치의 일례를 나타내는 모식도다. 조명 장치(1400)는, 하우징(1401)과, 광원(1402)과, 회로 기관(1403)과, 광학 필름(1404)과, 광 확산부(1405)를 가져도 좋다. 광원(1402)은, 본 실시예에 따른 유기발광소자를 가져도 좋다. 광학 필터는 그 광원(1402)의 연색성을 향상시키는 필터이여도 좋다. 광 확산부(1405)는, 라이트 업 등, 광원(1402)의 광을 효과적으로 확산하고, 넓은 범위에 광을 보낼 수 있다. 상기 광학 필터와 광 확산부(1405)는, 조명의 광출사측에 설치되어도 좋다. 필요에 따라서, 최외부에 커버를 설치해도 좋다.
- [0173]           조명 장치는 실내를 조명하는 장치다. 조명 장치는 백색, 주백색, 기타 청색 및 적색 중 어느 하나의 색을 발광하여도 좋다. 그 광을 조정하는 조광회로를 설치하여도 좋다. 조명 장치는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자와 그것에 접속된 전원회로를 가져도 좋다. 전원회로는, AC전압을 DC전압으로 변환하는 회로다. 화이트는, 색온도가 4200K이다. 주백색은, 색온도가 5000K이다. 조명 장치는 칼라 필터를 가져도 좋다.
- [0174]           본 실시예에 따른 조명 장치는, 방열부를 가져도 좋다. 방열부는 상기 장치내의 열을 장치외에 방출하는 것이며, 비열이 높은 금속, 액체 실리콘 등을 들 수 있다.
- [0175]           도 10b는, 본 실시예에 따른 이동체의 일례인 자동차의 모식도다. 해당 자동차는 등 도구의 일례인 테일 램프를 가진다. 자동차(1500)는, 테일 램프(1501)를 갖고, 브레이크 조작 등을 행할 때에, 테일 램프(1501)를 점등하는 형태이여도 좋다.
- [0176]           테일 램프(1501)는, 본 실시예에 따른 유기발광소자를 가져도 좋다. 테일 램프(1501)는, 유기 EL 소자를 보호하는 보호 부재를 가져도 좋다. 그 보호 부재의 재료는 어느 정도 높은 강도를 가지고 투명하면 한정되지 않는다. 그 보호 부재는, 폴리카보네이트 등을 함유하여도 된다. 폴리카보네이트에, 후란디카르복실산 유도체, 아크릴로니트릴 유도체등을 혼합하여도 좋다.
- [0177]           자동차(1500)는, 차체(1503)와, 거기에 부착된 창문(1502)을 가져도 좋다. 그 창문은, 자동차(1500)의 전후를 확인하기 위한 창문이 아니면, 투명한 디스플레이이여도 좋다. 이 투명한 디스플레이는, 본 실시예에 따

른 유기발광소자를 가져도 좋다. 이 경우, 유기발광소자가 갖는 전극등의 구성 재료는 투명한 부재로 구성된다.

[0178] 본 실시예에 따른 이동체는, 선박, 항공기, 드론 등이어도 좋다. 이동체는, 기체(body)와 해당 기체에 설치된 등 도구를 가져도 좋다. 등 도구는, 기체의 위치를 알리기 위한 발광을 해도 좋다. 등 도구는 본 실시예에 따른 유기발광소자를 가진다.

[0179] 이상 설명한 대로, 본 실시예에 따른 유기발광소자를 사용한 장치를 사용하는 것에 의해, 양호한 화질로, 장시간 표시에도 안정한 표시가 가능하게 된다.

[0180] 예들

[0181] 예 1

[0182] 이하에, 도 1에 나타난 톱 에미션형 구조의 유기발광소자를 제작하는 순서를 나타낸다.

[0183] 기관 위에, 스퍼터링법으로 Ti를 40nm성막하고 나서, 공지의 포토리소그래피 기술을 사용해서 패턴 형성 하여, 양극을 형성했다. 이때, 서로 대향하는 전극(금속전극층, 음극)의 전극면적이  $3\text{mm}^2$ 이 되도록 했다.

[0184] 계속해서, 세정되고 그 위에 전극들을 형성하고 재료들을 부착한 상기 기관은 진공증착장치(Ulvac사제)에 배치되었고, 여기서  $1.33 \times 10^{-4} \text{Pa}$  ( $1 \times 10^{-6} \text{Torr}$ )까지 배기한 후, UV/오존 세정을 실행했다. 그 후, 이하의 층 구성으로 각 층의 성막을 행했다.

[0185] [표 1]

		재료	막두께 (nm)
정공주입층(HIL)		HT16	7
정공수송층(HTL)		H2	10
전자블록킹층(EBL)		H8	10
제1발광층	제1호스트	EM1	질량비 EM1:GD11:RD21 97.7:2.0:0.3
	제3도펀트(녹색발광재료)	GD11	
	제1도펀트(적색발광재료)	RD21	
제2발광층	제2호스트	EM1	질량비 EM1:BD24 =99.4:0.6
	제2도펀트(청색발광재료)	BD24	
정공블록킹층(HBL)		ET13	15
전자수송층(ETL)		ET2	25

[0186] 그리고, 전자수송층을 형성한 후, 전자주입층으로서 플루오르화 리튬을 0.5nm 성막했다. 그 후, 음극으로서 MgAg합금을 10nm 성막했다. Mg와 Ag의 비율은 1:1로 했다. 그 후, 밀봉층으로서 CVD법으로 SiN을  $1.5\mu\text{m}$  성막했다.

[0188] 한편, 각 발광층의 호스트와 도펀트의 최저 여기 삼중항 에너지를 취득했다. 진술한 측정 방법으로 인광발광을 관측할 수 없는 재료가 함유되어 있었기 때문에, 진술한 계산 수법을 통일해서, 각 화합물의 최저 여기 삼중항 에너지를 얻었다.

[0189] 제1, 제2 호스트 재료인 EM1, 제1도펀트인 적색발광 재료의 RD21, 제2도펀트 재료인 청색발광 재료의 BD24, 제3도펀트인 녹색발광 재료의 GD11의, 최저 여기 삼중항 에너지는 각각,  $T1(H1)=T1(H2)=2.04\text{eV}$ ,  $T1(D1)=1.24\text{eV}$ ,  $T1(D2)=2.15\text{eV}$ ,  $T1(D3)=1.88\text{eV}$ 이었다. 따라서, 이하의 식(1), (4), (5)의 관계를 충족시키고 있다.

[0190]  $T1(H1)-T1(D1) \geq 0.3\text{eV}$  (1)

[0191]  $T1(H2) \leq T1(D2)$  (4)

[0192]  $0 \text{ eV} < T1(H1) - T1(D3) < 0.3 \text{ eV}$  (5)

[0193] 제1, 제2 호스트가 동일재료를 함유하고, 제1, 제2발광층이 서로 인접하고 있으므로, 상기 제1발광층으로부터 상기 제2발광층으로의 삼중항 여기자의 이동 경로를 가지고 있다.

[0194] 더욱, 각 발광층의 호스트와 도펀트의 최저 여기 일중항 에너지를, 전술한 계산 수법에 의해 얻었다. 제1, 제2 호스트 재료인 EM1, 제1도펀트인 적색발광 재료의 RD21, 제2도펀트 재료인 청색발광 재료의 BD24, 제3도펀트인 녹색발광 재료의 GD11의, 최저 여기 일중항 에너지는 각각,  $S1(H1)=S1(H2)=3.15 \text{ eV}$ ,  $S1(D1)=2.13 \text{ eV}$ ,  $S1(D2)=2.98 \text{ eV}$ ,  $S1(D3)=2.67 \text{ eV}$ 이었다.

[0195] 각 화합물의, 최저 여기 일중항 에너지와 최저 여기 삼중항 에너지간의 차이는  $0.2 \text{ eV}$  이상이며, 그 화합물은 지연 형광성 화합물이 아니다.

[0196] 상기 얻어진 백색 유기발광소자에 도시되지 않은 전압인가 장치를 접속하고, 그 특성을 평가했다.

[0197] 전류전압특성을 휴렛 팩커드사제 미소 전류계 4140B로 측정하고, 색도의 평가는 탑콘사(TOPCON CORP.) 제 "SR-3"을 사용하여 행했다. 발광 휘도는, 탑콘사제 BM7로 측정했다.  $1000 \text{ c d/m}^2$  표시시의 효율, 전압, 및  $u'v'$  공간에 있어서의 CIE 색도좌표는 각각  $4.0 \text{ c d/A}$ ,  $4.0\text{V}$ ,  $CIE(u', v')=(0.196, 0.386)$ 이었다. 여기에서, 기준의 색온도 6400K의 백색광의  $u'v'$  공간에 있어서의 CIE 색도좌표(0.198, 0.468)에 대한, 이하의 식(6)으로 표현된 색 차이량  $\Delta u'v'$ 은 0.047이며, 양호한 유기발광소자를 얻었다.

[0198] 
$$\Delta u'v' = \sqrt{(0.198 - u')^2 + (0.468 - v')^2}$$
 (6)

[0199] 초기 휘도  $4000 \text{ c d/m}^2$ 에서의 연속 구동시험을 행한 바, 휘도 반감 시간은 3500h이었고, 따라서 내구특성도 양호했다.

[0200] 다음에, 그 얻어진 백색소자의 TTA 발광 비율을, 적색발광 재료 유래의 발광, 녹색발광 재료 유래의 발광, 청색발광 재료 유래의 발광에 대해서, 개별적으로 측정했다.

[0201] 상기 TTA 발광 비율은, 과도 응답 측정을 행하고, 그 측정 결과를 해석함으로써 구했다.

[0202] 과도 응답 측정은, 전압 펄스 제너레이터에 의해 구형파의 전압을 유기발광소자에 인가하고 나서, 전압에 동기하는 동안 유기발광소자로부터의 발광 강도를 광전자 증배관을 통해 오실로스코프로 시간분해 검출함으로써 행한다. 구체적으로는, 원하는 전류밀도가 되는 정전압을, 발광 강도가 정상상태에 이르기엔 충분한 시간에 상기 유기발광소자에 인가한다. 그 후, 그 소자로부터 전하를 배출하기 위해서 부전압을 인가한다.

[0203] 본 예에서는, 전압 펄스 제너레이터로서, 애질런트사(Agilent)제 33250A를 사용하였다. 구형파전압으로서, 주파수는  $100\text{Hz}$ 이고,  $10\text{mA/cm}^2$  상당의 정전압을 펄스 폭  $1\text{ms}$ 로 인가하고, 부전압  $-10\text{V}$ 를 인가했다. 오실로스코프는, 테크트로닉사(Tektronix)제 TDS5054를 사용했다.

[0204] 도 6a는, 과도 응답 측정 결과의 일례를 나타내고, 전압에 동기화된 상기 얻어진 발광 강도의 시간변화를 나타낸다. 0s에서, 정전압으로부터 부전압으로 바꾸고, 정전압 인가시의 정상상태에서의 발광 강도를 1로 한다.

[0205] 정전압 인가시의 발광 강도의 내역은 전하의 재결합에 의해 생성한 일중항 여기자로부터의 발광과 TTA에 의해 생성한 일중항 여기자로부터의 발광의 합계다.

[0206] 한편, 부전압 인가시는, TTA에 의한 발광이 관측된다. 관측된 발광은, 과도 응답 특성을 갖는다. TTA에 의한 발광의 과도 응답 특성의 해석에 의해, TTA 발광 비율을 결정한다.

[0207] 부전압 인가시의 발광의 과도 응답 특성이 TTA에 근거하는 것이라면, 발광 강도의 평방근의 역수가 직선근사로 표현될 수 있는 것이 알려져 있다.

[0208] 그리고, 도 6b와 같이, 발광 강도의 평방근의 역수의 시간변화를 플롯되게 하고, 과도 응답 특성을 식 2로 피팅해 정수B를 구한다. 식(7)에 있어서,  $I_{TTA}$ 는 부전압인가시의 발광 강도, A, B는 정수, t는 시간을 표현한다.

$$\frac{1}{\sqrt{I_{TTA}}} = At + B \quad (7)$$

[0209]

[0210] 이때, 정전압으로부터 부전압으로 바꾼 시각 t=0에 있어서의 발광 강도  $1/B^2$ 이 전체 발광에 대하여 상기 TTA에 의한 발광의 비율로서 정의한다. 예를 들면, 도 6b에 있어서 B=1.72이기 때문에,  $1/B^2=0.338$ 이 되고, TTA발광 비율은 33.8%가 된다.

[0211] 본 예의 유기발광소자는, 청색발광 재료, 녹색발광 재료, 및 적색발광 재료를 갖는 백색 발광 소자다. 그 때문에, 유기발광소자와 광전자 증배관의 사이에, 투과 광의 피크 파장이 460 nm, 560 nm, 640 nm의 광학 간섭 필터를, 개별적으로 설치하고, 청색발광 재료 유래, 녹색발광 재료 유래 및 적색발광 재료 유래의 발광의 TTA발광 비율을, 개별적으로 측정했다.

[0212] 청색발광 재료 유래의 발광의 TTA발광 비율은 8%이었다. 녹색발광 재료 유래의 발광의 TTA발광 비율은 18%이었다. 적색발광 재료 유래의 발광의 TTA발광 비율은 37%이었다. 특히, 적색발광 재료 유래의 발광의 TTA발광 비율이 양호했다. 청색발광 재료 유래의 발광의 TTA비율이 G, R에 비교하여 낮다는 사실은, 삼중항 여기자가 제1발광층으로부터 제2발광층에 효율적으로 이동하고 있는 증거이며, 이것에 의해 긴 연속 구동수명이 실현될 수 있다고 생각된다.

[0213] 예 2~4, 비교 예 1, 2, 참고예

[0214] 예 1의 제1도펀트인 적색발광 재료의 중량비를, 적절하게 변경하는 것 이외는, 예 1과 마찬가지로 하여, 예 2, 4, 비교 예 1, 2와 참고예의 백색 유기발광소자를 작성했다. 이 얻어진 유기발광소자에 대해, 예 1과 마찬가지로 그 특성을 측정 및 평가했다. 그 결과를 표 2에 나타낸다.

[0215] 적색발광 재료 유래의 TTA발광 비율이, 38%이상일 경우는 A로 표기한다. TTA발광 비율이 35%이상 38%미만의 경우는 B로 표기한다. TTA발광 비율이 31%이상 35%미만의 경우는 C로 표기한다. TTA발광 비율이 27%이상 31%미만의 경우는 D로 표기한다. TTA발광 비율이 27%미만의 경우는 E로 표기했다.

[0216] 또한,  $\Delta u'v'$ 이 0.06미만의 경우는 A로 표기한다.  $\Delta u'v'$ 이 0.06이상 0.07미만의 경우는 B로 표기한다.  $\Delta u'v'$ 이 0.07이상 0.08미만의 경우는 C로 표기한다.  $\Delta u'v'$ 이 0.08이상 0.09미만의 경우는 D로 표기한다.  $\Delta u'v'$ 이 0.09이상의 경우는 E로 표기했다.

[0217] [표 2]

	제1도펀트 (적색발광재료)질량% 농도	TTA발광비율 (적색발광재료 유래)	색도 $\Delta u'v'$
비교예 1	0.7%	E	B
비교예 2	0.5%	D	A
예 1	0.3%	B	A
예 2	0.2%	A	A
예 3	0.1%	A	A
예 4	0.05%	A	B
참고예	0.02%	A	E

[0218]

[0219] 예 1~4, 비교 예 1 및 2, 참고예의 모든 유기발광소자도, 청색발광 재료 유래의 TTA발광 비율은 약 7~9%, 녹색발광 재료 유래의 TTA발광 비율은 약 17~19%, 대강 동등했다. 한편, 제1도펀트인 적색발광 재료

가 0.3wt%이하의 경우는, 적색발광 재료 유래의 TTA발광 비율은, 제1도펀트인 적색발광 재료가, 0.5wt%이상의 경우와 비교하여, 적색발광 재료 유래의 TTA비율이 높고, 양호하게 TTA가 일어나고 있는 것을 안다.

[0220] 단, 제1도펀트가 0.05wt%미만인 참고예의 유기발광소자는, 적색발광 재료 유래의 발광 강도가 저하였다. 적색발광 휘도를 고려하면, 제1도펀트의 중량비가, 상기 제1발광층의 중량을 100wt%로 했을 경우에, 0.05wt%이상 0.3wt%이하인 것이 바람직하다.

[0221] 또한, 양호한 TTA발광 비율을 가졌고, 양호한 백색을 표시할 수 있었던, 예 1~4의 유기발광소자도, 초기 휘도 4000 cd/m<sup>2</sup>에서의 연속 구동시험을 행한 바, 휘도 반감 시간은 2500~3500h이어서, 내구특성도 양호했다.

[0222] 예 1~4, 비교 예 1 및 2의 결과로부터, 특히 바람직한 제1도펀트 중량비는, 0.1%이상 0.2%이하인 것을 안다. 따라서, TTA발광 비율과 백색 표시에 있어서, 특히 우수한 유기발광소자를 얻을 수 있다.

[0223] 예 5~10, 비교 예 3~8

[0224] 예 1의 정공수송층, 전자 블록킹층, 정공 블록킹층, 전자수송층, 제1 호스트, 제2 호스트, 제1도펀트, 제2도펀트 및 제3도펀트의 재료와 중량비를, 적절하게 변경하는 것이외는, 예 1과 마찬가지로 하여, 예 5~10, 비교 예 3~8의 백색 유기발광소자를 제작했다. 이 얻어진 유기발광소자에 대해서, 예 1과 마찬가지로 그 특성을 측정 및 평가했다. 그 결과를 표 3에 나타낸다. 적색발광 재료 유래의 TTA발광 비율이, 38%이상의 경우는 A로 표기한다. TTA발광 비율이, 35%이상 38%미만의 경우는 B로 표기한다. TTA발광 비율이, 31%이상 35%미만의 경우는 C로 표기한다. TTA발광 비율이, 27%이상 31%미만의 경우는 D로 표기한다. TTA발광 비율이, 27%미만의 경우는 E로 표기한다. 또한, 휘도 반감 시간이 3000 h 이상의 경우는 A로 표기한다. 휘도 반감 시간이 2000 h 이상 3000 h 미만의 경우는 B로 표기한다. 휘도 반감 시간이 2000 h 미만의 경우는 C로 표기한다.



[0225]

[표 3]

비교예	HTL	EBL	HBL	ETL	제1 호스트	제2 호스트	제2도펀트 (청색발광재료)		제1도펀트 (적색발광재료)		제3도펀트 (녹색발광재료)		TTA발광비율 (적색발광재료 유래)	반광 수명
							재료	질량%농도	재료	질량%농도	재료	질량%농도		
예 5	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	0.6	RD11	0.3	GD16	2	B	A
비교예 3	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	0.6	RD11	0.5	GD16	2	D	A
예 6	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	1	RD11	0.3	GD16	1	B	A
비교예 4	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	1	RD11	0.5	GD16	1	D	A
예 7	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	0.6	RD1	0.3	GD16	2	A	B
비교예 5	HT2	HT8	ET13	ET2	EM1	EM1	BD24	0.6	RD1	0.5	GD16	2	C	B
예 8	HT1	HT9	ET20	ET3	EM1	EM1	BD14	0.6	RD11	0.3	GD16	2	B	A
비교예 6	HT1	HT9	ET20	ET3	EM1	EM1	BD14	0.6	RD11	0.5	GD16	2	D	A
예 9	HT2	HT9	ET20	ET3	EM1	EM5	BD14	0.6	RD11	0.3	GD16	2	A	A
비교예 7	HT2	HT9	ET20	ET3	EM1	EM5	BD14	0.6	RD11	0.5	GD16	2	C	A
예 10	HT2	HT9	ET20	ET3	EM1	EM5	BD14	0.6	RD11	0.3	GD6	2	A	B
비교예 8	HT2	HT9	ET20	ET3	EM1	EM5	BD14	0.6	RD11	0.5	GD6	2	C	B

[0226]

[0227]

예 5~10의 유기발광소자는, 제1도펀트인 적색발광 재료의 중량비가 0.3wt%이지만, 비교 예 3~8의 유기발광소자는, 제1도펀트인 적색발광 재료의 중량비가 0.5wt%이다. 예 5~10, 비교 예 3~8의 모든 유기발광소자도, 청색발광 재료 유래의 TTA발광 비율은 약 7~9%, 녹색발광 재료 유래의 TTA발광 비율은 약 17~19%로, 대강 동등했다.

[0228]

한편, 제1도펀트인 적색발광 재료가 0.3wt%이하의 경우에는, 적색발광 재료 유래의 TTA발광

비율은, 제1도펀트인 적색발광 재료가, 0.5wt%이상의 경우와 비교하여, 적색발광 재료 유래의 TTA 비율이 높고, 양호하게 TTA가 일어나고 있는 것을 안다.

[0229] 휘도 반감 수명은, 예 5~10, 비교 예 3~8의 모든 유기발광소자도 양호하다.

[0230] 단, 예 7, 10의 유기발광소자가, 예 5, 6, 8, 9의 유기발광소자보다도, 휘도반감 수명이 뒤떨어지는 것은, 제1도펀트 재료 RD1 혹은, 제3도펀트 재료 GD6이, 탄화수소화합물 이외의 화합물이기 때문이라고 생각된다.

[0231] 또한, 발광층에 사용한 각 재료의 최저 여기 일중항 에너지와 최저 여기 삼중항 에너지의 값을 표 4에 나타낸다.

[0232] [표 4]

	최저 여기 일중항 에너지 (eV)	최저 여기 삼중항 에너지 (eV)
EM1	3.15	2.04
EM3	3.24	2.03
EM5	3.14	1.73
BD24	2.98	2.15
BD14	2.87	2.20
RD11	2.18	1.26
RD1	2.45	1.42
RD13	2.03	1.24
GD16	2.58	1.79
GD6	2.49	1.66

[0233]

[0234] 비교 예 9

[0235] 예 1의 제1발광층과 제2발광층의 사이에 중간층으로서 HT7을 5nm삽입하는 것이되는, 예 1과 마찬가지로 해서 백색 유기발광소자를 작성했다. 예 1과 마찬가지로, 그 특성을 측정 및 평가한 결과, 휘도반감 시간이 1600h이었고, 예 1에 비교해서 현저하게 저하했다.

[0236] 또한, 예 1과 같은 계산 수법으로 얻은 HT7의 최저 여기 삼중항 에너지는, 2.69eV이며, 제1 호스트이며 제2 호스트인 EM1의 여기 삼중항 에너지 2.04eV보다도 높았다. 따라서, 제1발광층으로부터 제2발광층에의 삼중항 여기자의 이동 경로가, 그 중간층에 의해 차단되었기 때문에, 삼중항 여기자를 제1발광층에 남게 하여서, 재료 열화가 발생하기 쉽다고 생각된다.

[0237] 비교 예 10

[0238] 예 1의, 제1발광층 및 제2발광층의 구성을 아래와 같이 변경하는 것이되는 예 1과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다. 제1발광층은, 제1 호스트로서 EM1을 99.1wt%, 제1도펀트로서 적색발광 재료 RD21을 0.3wt%, 제2도펀트로서 청색발광 재료 BD24를 0.6wt% 함유하도록 구성되었다. 제2발광층(5)은, 제2 호스트로서 EM1을 98.0wt%, 제3도펀트로서 녹색발광 재료 GD11을 2.0wt% 함유하도록 구성되었다. 보다 구체적으로, 그 구성은, 제1도펀트와 제2도펀트가 동일한 층에 함유되는 구성이다. 예 1과 마찬가지로 하여 그 특성을 측정 및 평가한 결과, 휘도반감 시간이 1700h이었고, 예 1과 비교하여 현저하게 저하했다.

[0239] 이것은, 삼중항 여기자가 제1발광층에 의해 트랩되므로, 삼중항 여기자를 제1발광층에 남게 하여서, 제2도펀트가 존재하는 제1발광층의 여기자의 농도가 상대적으로 저하하지 않으므로, 재료 열화가 발생하기 쉽기 때문이라고 생각된다.

[0240] 참고예 2

[0241] 도 1a의 구성의 유기발광소자를 제작했다. 제1발광층의 호스트 및 도펀트 재료는, 하기 표 5대로다. 도펀트의 중량비는 0.6wt%로 했다.

[0242] 도펀트 중량비가 0.3wt%보다도 클 경우, 그 도펀트로부터 호스트에의 최저 여기 삼중항 에너지의 장벽이 0.3eV 이상이 될 경우에는, 그 도펀트 재료에 삼중항 여기자가 국소화되기 쉬워지기 때문에, TTA가 일



어나기 어려워지는 것을 확인했다.

[0243] 예 1과 같은 계산 수법으로, 각 유기발광소자의 호스트의 최저 여기 삼중항 에너지T1(H)과, 도펀트의 최저 여기 삼중항 에너지T1(D)을 계산하고 나서, 이하의 식(8)에 의해, ΔT1을 얻었다.

[0244]  $\Delta T1=T1(H)-T1(D)$  (8)

[0245] 또한, 각 유기발광소자의 TTA발광 비율을, 단색소자 때문에 광학간섭 필터에 의해 소망 파장을 추출하지 않는 것이외는, 예 1과 마찬가지로 하여 측정했다.

[0246] 이상의 결과를 표 5에 나타낸다. TTA발광 비율은, 30%이상의 경우는 A로 표기한다. TTA발광 비율은, 25%이상 30%미만의 경우는 B로 표기한다. TTA발광 비율은, 20%이상 25%미만의 경우는 C로 표기한다. TTA발광 비율은, 15%이상 20%미만의 경우는 D로 표기한다. TTA발광 비율은, 10%이상 15%미만의 경우는 E로 표기한다. TTA발광 비율은, 10%미만의 경우는 F로 표기한다. 위로부터, 도펀트 중량비가 0.3wt%보다도 클 경우, 도펀트로부터 호스트에의 최저 여기 삼중항 에너지의 장벽이 0.3eV이상일 경우에는, TTA가 일어나기 어려워지는 것을 확인할 수 있었다.

[0247] [표 5]

	호스트	도펀트	ΔT1 (eV)	TTA 발광비율
D1	EM1	RD13	0.8	F
D2	EM5	RD13	0.49	F
D3	EM5	RD1	0.33	E
D4	EM1	GD16	0.25	B
D5	EM5	GD6	0.07	A

- [0248]
- [0249] 예 11
- [0250] 제1도펀트 재료를 RD20으로 변경한 이외는, 예 2와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0251] 예 12
- [0252] 제2도펀트 재료를 GD29로 변경한 이외는, 예 11과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0253] 예 13
- [0254] 제3도펀트 재료를 BD23으로 변경한 이외는, 예 12와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0255] 예 14
- [0256] HTL의 재료를 HT3으로 변경한 이외는, 예 13과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0257] 예 15
- [0258] ETL의 재료를 ET7로 변경한 이외는, 예 14와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0259] 예 16
- [0260] EBL의 재료를 HT10으로 변경한 이외는, 예 15와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0261] 예 17
- [0262] HBL의 재료를 ET12로 변경한 이외는, 예 16과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0263] 예 18
- [0264] ET12의 치환기인 페닐기를 나프틸기로 변경한 이외는, 예 17과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0265] 예 19
- [0266] EBL을 HT10 및 HT3의 혼합층으로 변경한 이외는, 예 18과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.

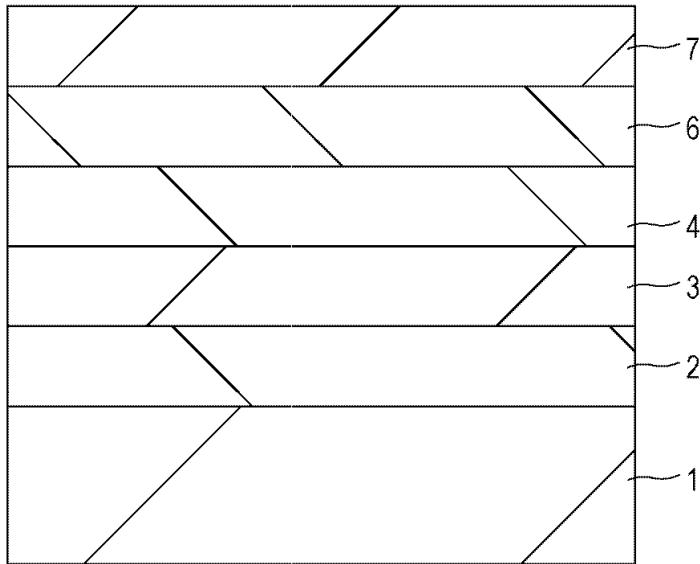
- [0267] 예 20
- [0268] EBL을 HT2 및 HT3의 혼합층으로 변경한 이외는, 예 18과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0269] 예 21
- [0270] HIL의 막 두께를 8.4nm, HTL의 막 두께를 8.0nm, EBL의 막 두께를 10.0nm, 제1발광층의 막 두께를 20.4nm, 제2발광층의 막 두께를 9.2nm, HBL의 막 두께를 80nm, ETL의 막 두께를 30nm, LiF의 막 두께를 0.45nm로 한 이외는, 예 20과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0271] 예 22
- [0272] HIL의 막 두께를 3.0nm, HTL의 막 두께를 11.0nm, EBL의 막 두께를 12.0nm, 제1발광층의 막 두께를 17.4nm, 제2발광층의 막 두께를 10.8nm, HBL의 막 두께를 100nm, ETL의 막 두께를 32nm, LiF의 막 두께를 0.45nm로 한 이외는, 예 20과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0273] 예 23
- [0274] HIL의 막 두께를 3.0nm, HTL의 막 두께를 8.0nm, EBL의 막 두께를 10.0nm, 제1발광층의 막 두께를 20.4nm, 제2발광층의 막 두께를 9.2nm, HBL의 막 두께를 80nm, ETL의 막 두께를 30nm, LiF의 막 두께를 0.45nm로 한 이외는, 예 19와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0275] 예 24
- [0276] HIL의 막 두께를 8.4nm, HTL의 막 두께를 5.5nm, EBL의 막 두께를 9.5nm, 제1발광층의 막 두께를 17.2nm, 제2발광층의 막 두께를 8.6nm, HBL의 막 두께를 110nm, ETL의 막 두께를 32nm, LiF의 막 두께를 0.45nm로 한 이외는, 예 19와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0277] 예 25
- [0278] HIL의 막 두께를 8.4nm, HTL의 막 두께를 5.5nm, EBL의 막 두께를 12.0nm, 제1발광층의 막 두께를 20.4nm, 제2발광층의 막 두께를 5.0nm, HBL의 막 두께를 80nm, ETL의 막 두께를 26nm, LiF의 막 두께를 0.45nm로 한 이외는, 예 19와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0279] 예 26
- [0280] EBL에 있어서의 HT10 및 HT3의 혼합비를 1:2로 한 것이외는 예 24와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0281] 예 27
- [0282] EBL에 있어서의 HT10 및 HT3의 혼합비를 1:3으로 한 것이외는 예 24와 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0283] 예 28
- [0284] EBL에 있어서의 HT2 및 HT3의 혼합비를 1:2로 한 것이외는 예 21과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0285] 예 29
- [0286] EBL에 있어서의 HT2 및 HT3의 혼합비를 1:3으로 한 것이외는 예 21과 마찬가지로 해서 유기발광소자를 제작했다.
- [0287] 예 11 내지 예 29에 있어서도, 예 1 내지 예 10과 마찬가지로, 높은 TTA 효율, 및 구동수명이 긴 것이 확인되었다.
- [0288] 상술한 것처럼, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자는, 발광 효율이 높고, 구동수명이 긴 유기발광소자다.
- [0289] 본 발명에서는, 발광 효율이 높고, 구동수명이 긴 유기발광소자를 제공할 수 있다.
- [0290] 본 발명을 실시예들을 참조하여 기재하였지만, 본 발명은 상기 개시된 실시예들에 한정되지 않는다는

것을 알 것이다. 아래의 청구항의 범위는, 모든 변형예, 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 폭 넓게 해석해야 한다.

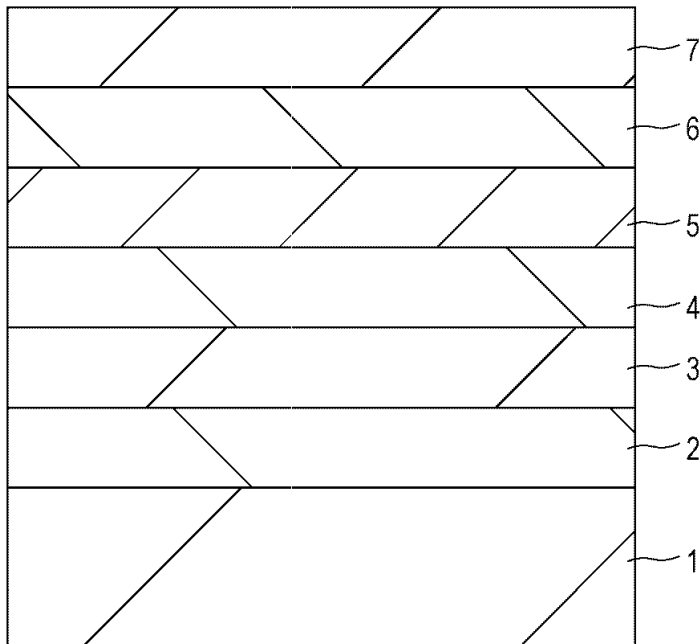
도면

도면1

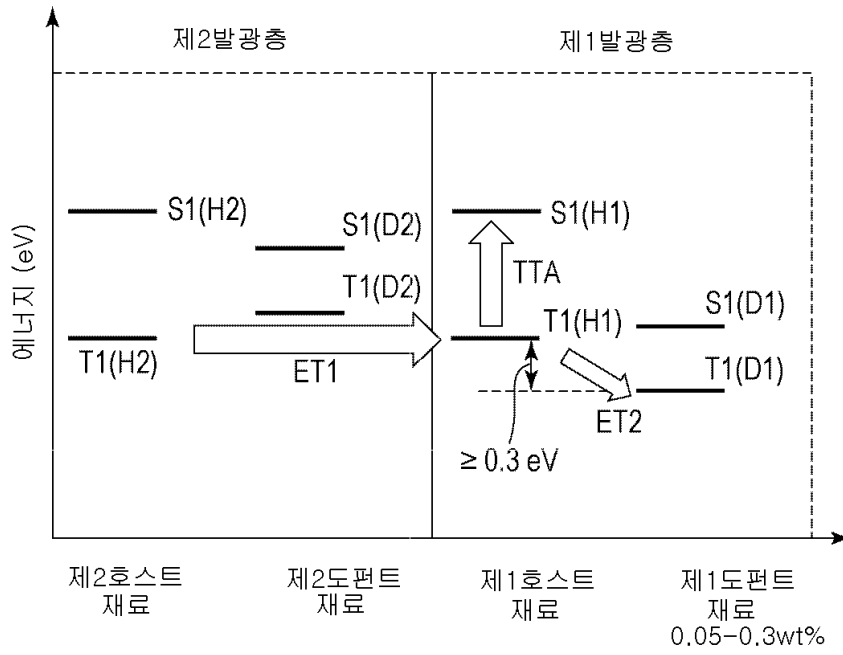
(a)



(b)

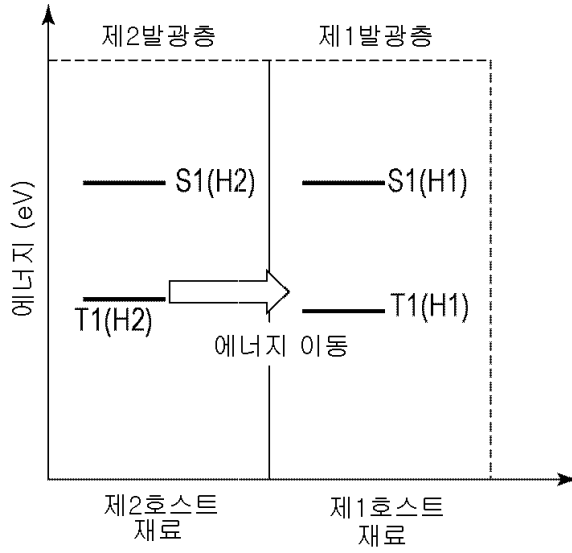


도면2

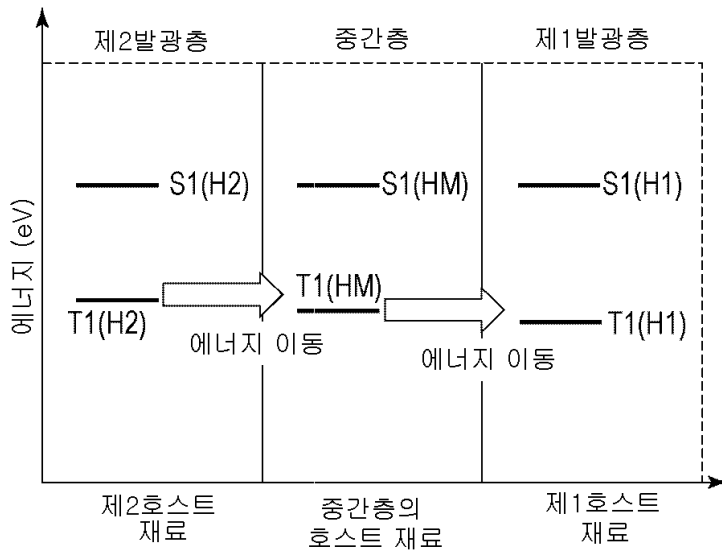


도면3

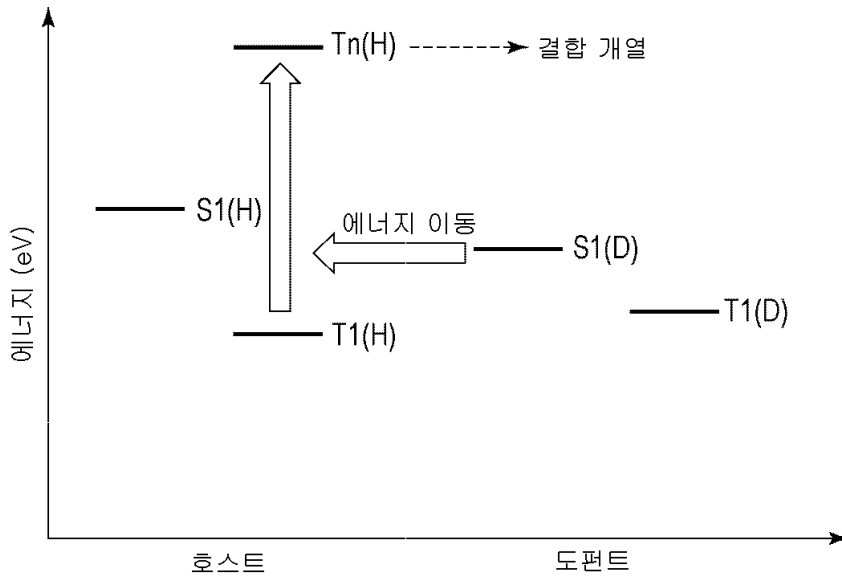
(a)



(b)

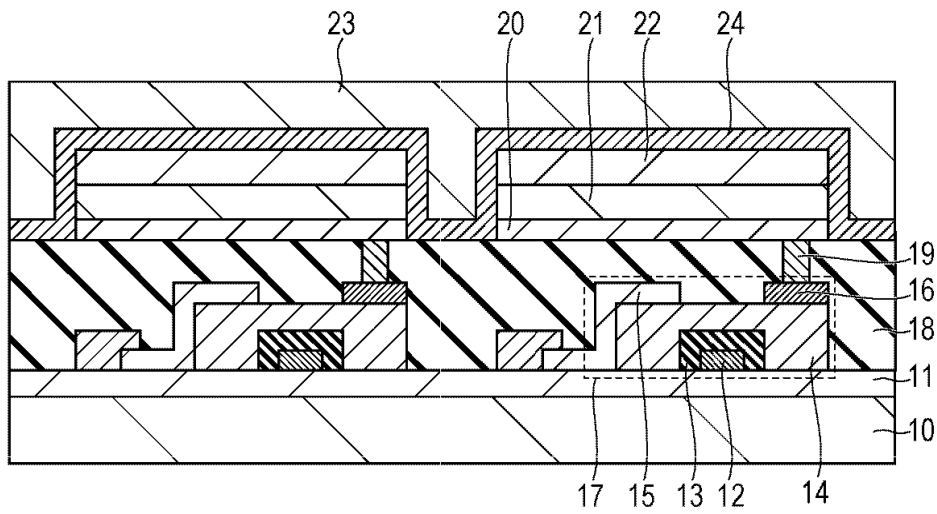


도면4



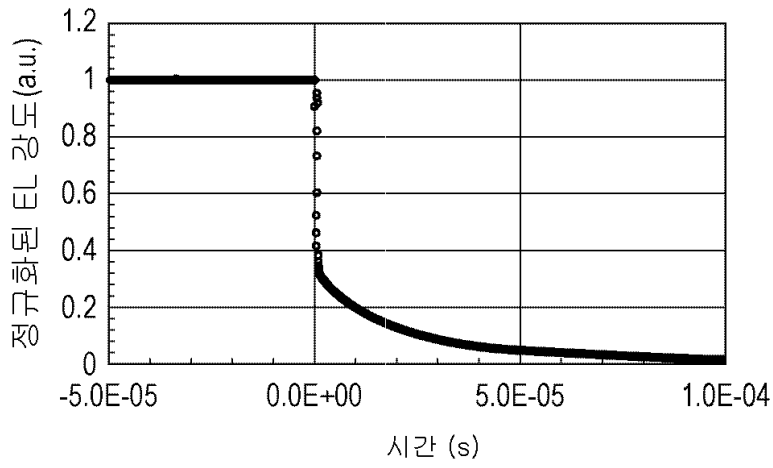
도면5

30

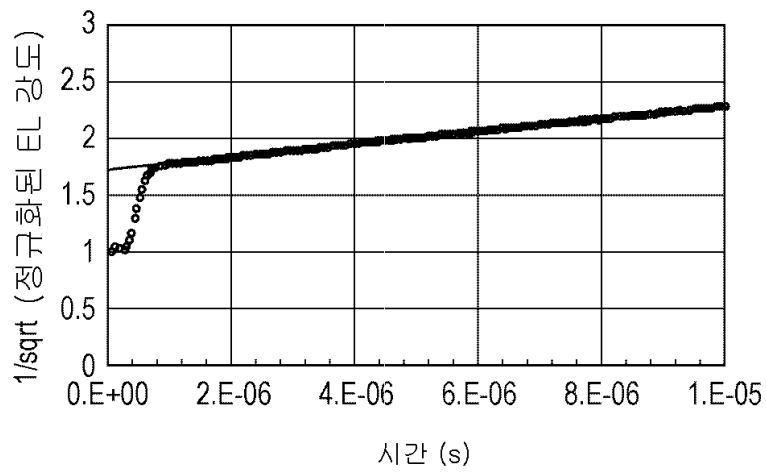


도면6

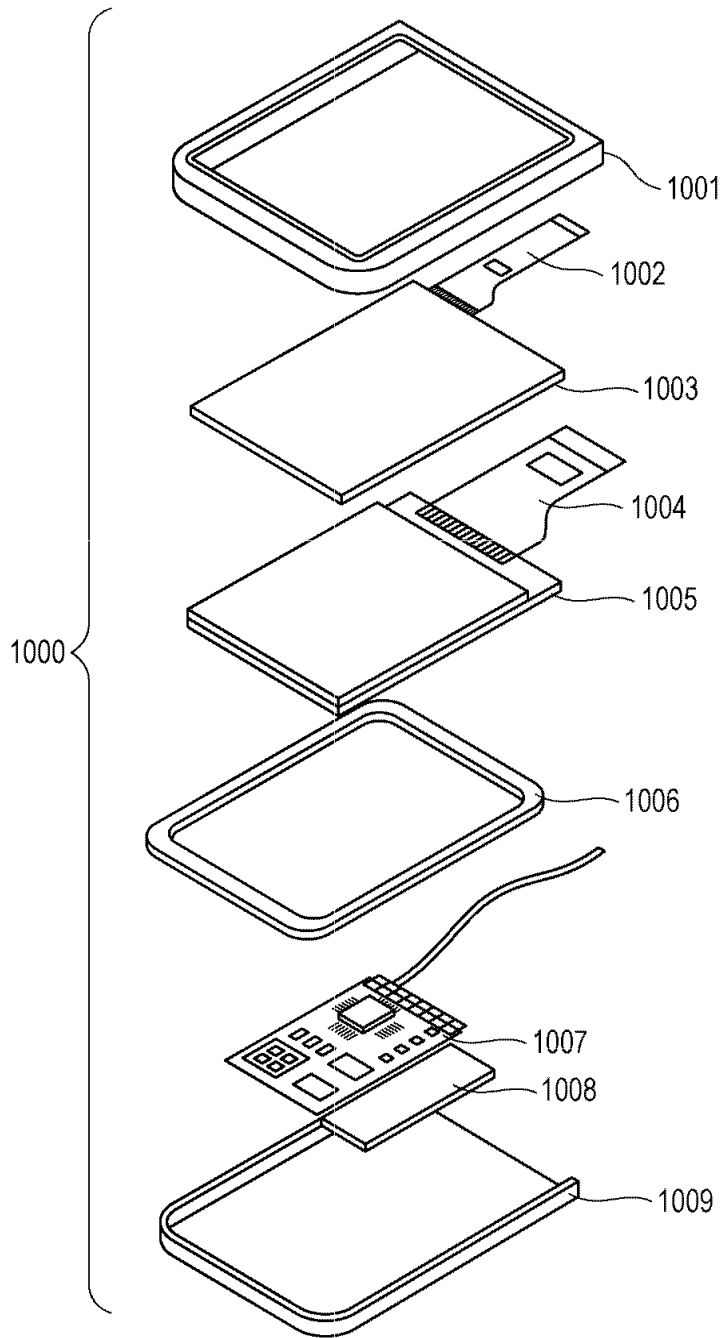
(a)



(b)

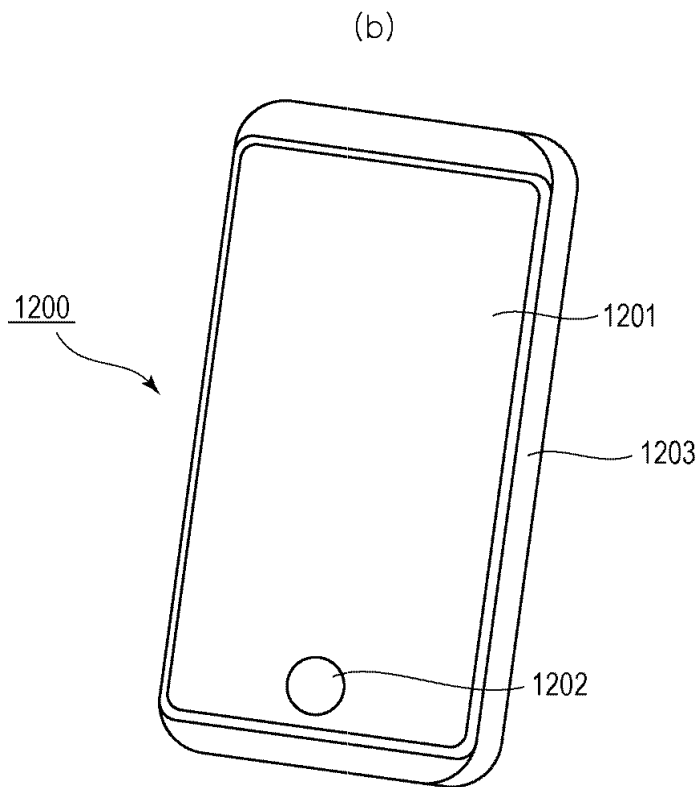
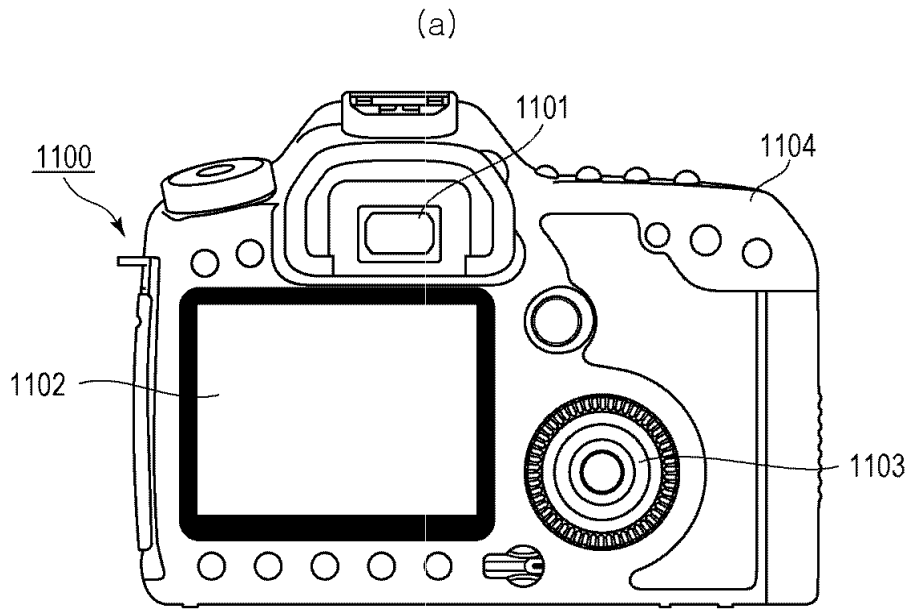


도면7

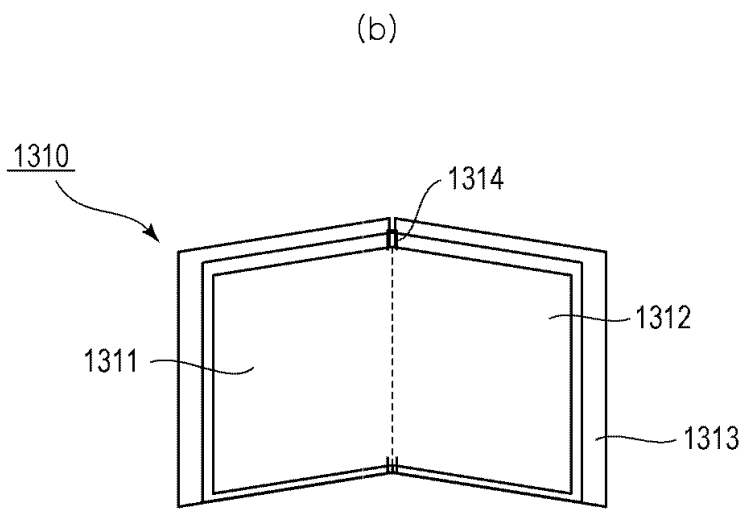
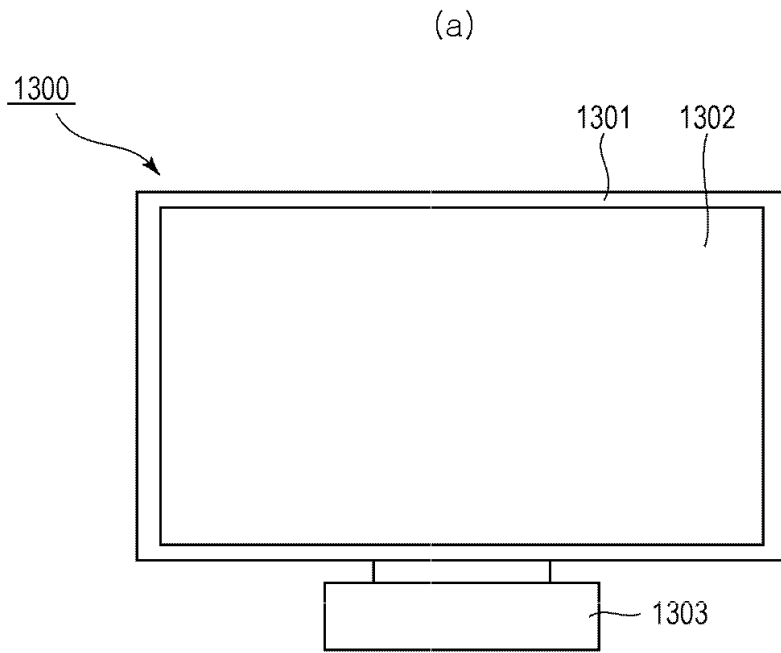




도면8



도면9



도면10

