



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월30일
(11) 등록번호 10-1803537
(24) 등록일자 2017년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0010076
(22) 출원일자 2013년01월29일
심사청구일자 2017년05월10일
(65) 공개번호 10-2013-0092447
(43) 공개일자 2013년08월20일
(30) 우선권주장
JP-P-2012-025834 2012년02월09일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005314414 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
세오 사토시
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
(74) 대리인
황의만

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 정명주

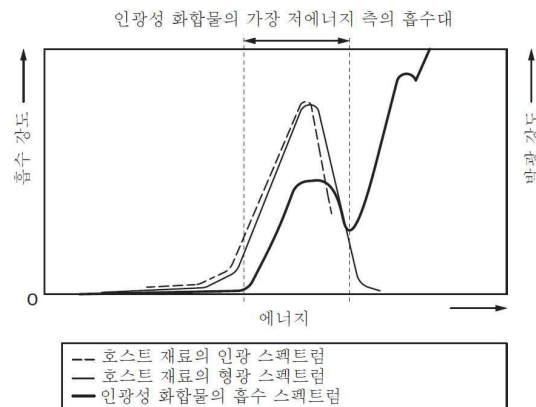
(54) 발명의 명칭 발광 소자

(57) 요약

본 발명은 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 제공한다. 또한, 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공한다.

한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 및/또는 인광 스펙트럼의 피크가 상기 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 발광층에서 인광성 화합물이 인광을 발하는 발광 소자를 제공한다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

JP2011070963 A*

KR1020080085001 A*

WO2007063754 A1

JP2006352102 A*

KR1020030073171 A

KR1020080088031 A*

JP2006062365 A

US20050231103 A1

JP2002093573 A

JP2010140980 A*

WO2010106853 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이의 발광층을 포함하고,

상기 발광층은 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광(Thermally activated delayed fluorescence: TADF)을 나타내는 물질을 포함하고,

상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크는 상기 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되는, 발광 소자.

청구항 2

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이의 발광층을 포함하고,

상기 발광층은 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함하고,

상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크는 상기 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되는, 발광 소자.

청구항 3

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이의 발광층을 포함하고,

상기 발광층은 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함하고,

상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크와 인광 스펙트럼의 피크는 상기 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되는, 발광 소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 형광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값과 상기 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내인, 발광 소자.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 인광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값과 상기 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내인, 발광 소자.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 형광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값과 상기 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이

가 0.3eV 이내이고,

상기 인광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값과 상기 가장 저에너지 측의 흡수대의 상기 피크의 상기 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내인, 발광 소자.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 형광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값과 상기 인광 스펙트럼의 상기 피크의 에너지 값 사이의 차이가 0.3eV 이내인, 발광 소자.

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가장 저에너지 측의 흡수대는 3중항 MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer) 전이에서 유래하는 흡수대를 포함하는, 발광 소자.

청구항 9

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 인광성 화합물은 유기 금속 착체인, 발광 소자.

청구항 10

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가장 저에너지 측의 흡수대의 몰 흡광 계수는 5000/M·cm 이상인, 발광 소자.

청구항 11

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질은 π 과잉계 복소 방향 고리(π -electron excess heteroaromatic ring) 및 π 결여계 복소 방향 고리(π -electron deficient heteroaromatic ring)를 포함하는 복소 고리 화합물인, 발광 소자.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질에서, 상기 π 과잉계 복소 방향 고리는 상기 π 결여계 복소 방향 고리에 직접 결합되는, 발광 소자.

청구항 13

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발광층에서, 상기 인광성 화합물은 게스트 재료로서 기능을 하고, 상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질은 호스트 재료로서 기능을 하는, 발광 소자.

청구항 14

발광 장치로서,

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 발광 소자를 포함하는 발광 장치.

청구항 15

전자 기기로서,

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 발광 소자를 포함하는 전자 기기.

청구항 16

조명 장치로서,

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 따른 발광 소자를 포함하는 조명 장치.

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

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 일렉트로루미네선스(EL: ElectroLuminescence) 현상을 이용한 발광 소자(이하 유기 EL 소자라고도 기재함)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 EL 소자의 연구 개발이 활발히 행해지고 있다. 유기 EL 소자의 기본적인 구성은 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질을 포함한 발광층을 끼운 것이며, 박형화 및 경량화할 수 있고, 입력 신호에 대하여 고속 응답할 수 있고, 직류 저전압 구동을 할 수 있는 등의 특성을 가지고 있기 때문에 차세대 플랫 패널 디스플레이 소자로서 주목을 모으고 있다. 또한, 이와 같은 발광 소자를 사용한 디스플레이는 콘트라스트나 화질이 뛰어나기 때문에 시야각이 넓은 특징도 가지고 있다. 더구나 유기 EL 소자는 면광원이기 때문에 액정 디스플레이의 백 라이트나 조명 등 광원으로서의 응용도 검토되고 있다.

[0003] 유기 EL 소자의 발광 기구는 캐리어 주입형이다. 즉 전극 사이에 발광층을 끼워 전압을 인가함으로써 전극으로부터 주입된 전자 및 홀(정공)이 재결합되어 발광 물질이 여기 상태가 되고, 이 여기 상태가 기저 상태로 돌아올 때에 발광한다. 그리고 여기 상태의 종류로서는 1중항 여기 상태(S^*)와 3중항 여기 상태(T^*)가 가능하다. 또한, 발광 소자에서의 이들의 통계적인 생성 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 생각되어 있다.

[0004] 발광성의 유기 화합물은 보통 기저 상태가 1중항 상태다. 따라서 1중항 여기 상태(S^*)로부터의 발광은 같은 스핀 다중도간의 전자 전이(electron transition)이기 때문에 형광이라고 불린다. 한편, 3중항 여기 상태(T^*)로부터의 발광은 상이한 스핀 다중도간의 전자 전이기 때문에 인광이라고 불린다. 여기에서, 형광을 발하는 화합물(이하 형광성 화합물이라고 기재함)은 보통 실온에서 형광만이 관측되고 인광은 관측되지 않는다. 따라서 형광성 화합물을 사용한 발광 소자에서의 내부 양자 효율(주입한 캐리어에 대하여 발생하는 포톤의 비율)의 이론적 한계는 $S^*:T^*=1:3$ 인 것을 근거로 하여 25%라고 지적되어 있다.

[0005] 한편, 인광을 발하는 화합물(이하 인광성 화합물이라고 기재함)을 사용하면 이론상으로는 내부 양자 효율은 100%까지 가능하다. 즉 형광성 화합물에 비하여 높은 발광 효율을 얻을 수 있다. 이와 같은 이유로, 효율이 높은 발광 소자를 구현하기 위하여 인광성 화합물을 사용한 발광 소자의 개발이 최근 활발히 행해지고 있다. 특히 인광성 화합물로서는 인광 양자 수율이 높은 이리듐 등을 중심 금속으로 하는 유기 금속 착체가 주목을 모으고 있고, 예를 들어, 특허 문헌 1에는 이리듐을 중심 금속으로 하는 유기 금속 착체가 인광 재료로서 기재되어 있다.

[0006] 상술한 인광성 화합물을 사용하여 발광 소자의 발광층을 형성하는 경우, 인광성 화합물의 농도 소광이나 3중항-3중항 소멸로 인한 소광을 억제하기 위하여 다른 화합물로 이루어진 매트릭스 중에 상기 인광성 화합물이 분산되도록 형성하는 경우가 많다. 이 때 매트릭스가 되는 화합물은 호스트 재료, 인광성 화합물과 같이 매트릭스 중에 분산되는 화합물은 게스트 재료라고 불린다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) (특허 문헌 1) 국제 공개 제 00/70655호 팸플릿

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 하지만, 보통 유기 EL 소자에서의 광 추출 효율은 20% 내지 30% 정도라고 지적되어 있다. 따라서 반사 전극이나 투명 전극에 의한 광의 흡수를 고려하면 인광성 화합물을 사용한 발광 소자의 외부 양자 효율의 한계는 25% 정도라고 생각되어 있다.
- [0009] 또한, 상술한 바와 같이, 유기 EL 소자는 디스플레이나 조명으로의 응용이 검토되고 있다. 이 때, 과제 중 하나로서 소비 전력의 저감을 들 수 있다. 소비 전력을 저감하기 위해서는 유기 EL 소자의 구동 전압을 낮게 하는 것이 중요하다.
- [0010] 그래서 본 발명의 일 형태는 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것을 과제 중 하나로 한다. 또한, 본 발명의 일 형태는 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공하는 것을 과제 중 하나로 한다.
- [0011] 또한, 이하에 기재하는 발명은 상술한 과제 중 적어도 하나를 해결하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광(Thermally activated delayed fluorescence: TADF)을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크와 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대가 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.
- [0013] 또한, 본 명세서 등에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼은 지연 형광 스펙트럼(열 활성화 지연 형광 스펙트럼)을 포함한다.
- [0014] 여기서 지연 형광이란 일반적인 형광과 같은 스펙트럼을 가지면서 수명이 현저히 긴 발광을 가리킨다. 그 수명은 10^{-6} 초 이상 바람직하게는 10^{-3} 초 이상이다.
- [0015] 상술한 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내이면 바람직하다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크와 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대가 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.
- [0017] 상술한 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내이면 바람직하다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 및 인광 스펙트럼의 피크가 각각 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.
- [0019] 상술한 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지 값 및 인광 스펙트럼의 피크의 에너지 값은 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 각각 0.3eV 이내이면 바람직하다.
- [0020] 또한, 상술한 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질은 형광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 인광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내이면 바람직하다.
- [0021] 또한, 상술한 발광 소자에서 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대는 3중항 MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer) 전이에서 유래하는 흡수대를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 또한, 상술한 발광 소자에서 인광성 화합물은 유기 금속 착체인 것이 바람직하고 이리듐 착체인 것이 특히 바람

직하다.

- [0023] 또한, 상술한 발광 소자에서 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 몰 흡광(吸光) 계수는 $5000/\text{M} \cdot \text{cm}$ 이상인 것이 바람직하다.
- [0024] 또한, 상술한 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질이 π 과잉계 복소 방향 고리(π -electron excess heteroaromatic ring) 및 π 결여계 복소 방향 고리(π -electron deficient heteroaromatic ring)를 갖는 복소 고리 화합물인 것이 바람직하고, π 과잉계 복소 방향 고리와 π 결여계 복소 방향 고리가 직접 결합한 복소 고리 화합물인 것이 특히 바람직하다.
- [0025] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 적용할 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명의 일 형태에서는 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 형태에서는 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 형태에 따른 개념을 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 실시형태에 대하여 도면을 사용하여 자세히 설명한다. 다만 본 발명은 이하에 기재된 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어남이 없이, 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있는 것은 당업자라면 쉽게 이해할 수 있다. 따라서 본 발명은 이하에 기재된 실시형태의 기재 내용으로 한정하여 해석되는 것은 아니다. 또한, 이하에서 설명하는 발명의 구성에서 같은 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 같은 부호를 상이한 도면간에서 공통적으로 사용하여 그들에 대한 반복 설명은 생략한다.
- [0029] (실시형태 1)
- [0030] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 대하여 도 1을 사용하여 설명한다.
- [0031] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 발광층에 발광 물질인 게스트 재료와, 상기 게스트 재료를 분산하는 호스트 재료를 갖는다. 게스트 재료로서는 인광성 화합물을 사용한다. 호스트 재료로서는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 사용한다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서의 호스트 재료의 인광 스펙트럼과 형광 스펙트럼, 및 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 개년 모식도를 도 1에 도시하였다. 도 1에서 세로 축은 흡수 강도 및 발광 강도, 가로 축은 에너지를 가리킨다.
- [0032] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 발광층은 게스트 재료의 함유량에 비하여 호스트 재료의 함유량이 많다. 게스트 재료를 호스트 재료에 분산시킨 구성으로 함으로써 발광층의 결정화를 억제할 수 있다. 또한, 게스트 재료의 농도가 높은 것으로 인한 농도 소광을 억제하여, 발광 소자의 발광 효율을 높게 할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 실시형태에서 호스트 재료의 3중항 여기 에너지의 준위(T_1 준위)는 게스트 재료의 T_1 준위보다 높은 것이 바람직하다. 호스트 재료의 T_1 준위가 게스트 재료의 T_1 준위보다 낮으면 호스트 재료가 발광에 기여하는 게스트 재료의 3중항 여기 에너지를 소광(퀀칭)시켜, 발광 효율의 저하를 초래하기 때문이다.
- [0034] <발광의 소과정>
- [0035] 우선 인광성 화합물을 게스트 재료로서 사용하는 발광 소자에서의 발광의 일반적인 소과정을 설명한다.
- [0036] (1) 전자 및 정공이 게스트 분자에서 재결합하고, 게스트 분자가 여기 상태가 되는 경우(직접 재결합 과정).
- [0037] (1-1) 게스트 분자의 여기 상태가 3중항 여기 상태일 때
- [0038] 게스트 분자는 인광을 발한다.

- [0039] (1-2) 게스트 분자의 여기 상태가 1중항 여기 상태일 때
- [0040] 1중항 여기 상태의 게스트 분자는 3중항 여기 상태로 항간(項間) 교차하여 인광을 발한다.
- [0041] 즉, 상술한 (1)의 직접 재결합 과정에서는, 게스트 분자의 항간 교차 효율, 및 인광 양자 수율만 높으면, 높은 발광 효율이 얻어지게 된다. 또한, 상술한 바와 같이 호스트 분자의 T₁준위는 게스트 분자의 T₁준위보다 높은 것이 바람직하다.
- [0042] (2) 전자 및 정공이 호스트 분자에서 재결합하고, 호스트 분자가 여기 상태가 되는 경우(에너지 이동 과정).
- [0043] (2-1) 호스트 분자의 여기 상태가 3중항 여기 상태일 때
- [0044] 호스트 분자의 T₁준위가 게스트 분자의 T₁준위보다도 높은 경우, 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하고, 게스트 분자가 3중항 여기 상태가 된다. 3중항 여기 상태가 된 게스트 분자는 인광을 발한다. 또한, 게스트 분자의 1중항 여기 에너지의 준위(S₁준위)로의 에너지 이동도 형식상으로는 일어날 수 있지만 대부분의 경우에는 게스트 분자의 S₁준위가 호스트 분자의 T₁준위보다도 고에너지 측에 위치하여 있어 주된 에너지 이동 과정이 되기 어렵기 때문에 여기서는 설명을 생략한다.
- [0045] (2-2) 호스트 분자의 여기 상태가 1중항 여기 상태일 때
- [0046] 호스트 분자의 S₁준위가 게스트 분자의 S₁준위 및 T₁준위보다도 높은 경우, 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하여 게스트 분자가 1중항 여기 상태 또는 3중항 여기 상태가 된다. 3중항 여기 상태가 된 게스트 분자는 인광을 발한다. 또한, 1중항 여기 상태가 된 게스트 분자는, 3중항 여기 상태로 항간 교차하여 인광을 발한다.
- [0047] 즉, 상술한 (2)의 에너지 이동 과정에서는, 호스트 분자의 3중항 여기 에너지 및 1중항 여기 에너지의 쌍방이, 얼마나 효율적으로 게스트 분자로 이동할 수 있는지가 중요하다.
- [0048] <에너지 이동 과정>
- [0049] 다음에 분자간의 에너지 이동 과정에 대하여 자세히 설명한다.
- [0050] 분자간의 에너지 이동의 기구로서, 이하의 2개의 기구가 제창되어 있다. 여기서, 여기 에너지를 주는 측의 분자를 호스트 분자, 여기 에너지를 받는 측의 분자를 게스트 분자라고 기재한다.
- [0051] <펄스터 기구(쌍극자-쌍극자 상호 작용)>
- [0052] 펄스터 기구는 에너지 이동에서 분자간의 직접적 접촉을 필요로 하지 않는다. 호스트 분자 및 게스트 분자간의 쌍극자 진동의 공명 현상에 의하여 에너지 이동이 일어난다. 쌍극자 진동의 공명 현상에 의하여 호스트 분자가 게스트 분자로 에너지를 넘겨주어 호스트 분자가 기저 상태가 되고, 게스트 분자가 여기 상태가 된다. 펄스터 기구의 속도 상수($k_{h \rightarrow g}^*$)를 수학적 1에 기재한다.

[0053] [수학적 1]

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

- [0054]
- [0055] 수학적 1에서, ν 는 진동수를 가리키고, $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 규격화된 발광 스펙트럼(1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 형광 스펙트럼, 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 인광 스펙트럼)을 가리키고, $\varepsilon_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 몰 흡광 계수를 가리키고, N은 아보가드로수(Avogadro's number)를 가리키고, n은 매체의 굴절률을 가리키고, R은 호스트 분자와 게스트 분자의 분자간 거리를 가리키고, τ 는 실측되는 여기 상태의 수명(형광 수명이나 인광 수명)을 가리키고, c는 광속을 가리키고, ϕ 는 발광 양자 수율(1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 형광 양자 수율, 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 인광 양자 수율)을 가리키고, κ^2 는 호스트 분자와 게스트 분자의 전이 쌍

극자 모멘트의 배향을 나타내는 계수(0 내지 4)다. 또한, 랜덤 배향의 경우에는 $\kappa^2=2/3$ 다.

[0056] <텍스터 기구(Dexter Mechanism)(전자 교환 상호 작용)>

[0057] 텍스터 기구에서는 호스트 분자와 게스트 분자가, 그들의 궤도가 중첩되는 접촉 유효 거리에 근접하여 여기 상태의 호스트 분자의 전자와 기저 상태의 게스트 분자의 전자의 교환을 통하여 에너지 이동이 일어난다. 텍스터 기구의 속도 상수($k_{h \rightarrow g}^*$)를 수학적 2에 나타낸다.

[0058] [수학적 2]

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

[0059]

[0060] 수학적 2에서, h 는 플랑크 상수이고, K 는 에너지의 차원을 갖는 상수이고, ν 는 진동수를 가리키고, $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 규격화된 발광 스펙트럼(1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 형광 스펙트럼, 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 인광 스펙트럼)을 가리키고, $\varepsilon'_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 규격화된 흡수 스펙트럼을 가리키고, L 은 실효 분자 반경을 가리키고, R 은 호스트 분자와 게스트 분자의 분자간 거리를 가리킨다.

[0061] 여기서, 호스트 분자로부터 게스트 분자로의 에너지 이동 효율(Φ_{ET})은 수학적 3으로 나타낼 것으로 생각된다. k_r 은 호스트 분자의 발광 과정(1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 형광, 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 인광)의 속도 상수를 가리키고, k_n 은 호스트 분자의 비발광 과정(열 실회이나 항간 교차)의 속도 상수를 가리키고, τ 는 실측되는 호스트 분자의 여기 상태의 수명을 가리킨다.

[0062] [수학적 3]

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

[0063]

[0064] 우선, 수학적 3으로부터, 에너지 이동 효율(Φ_{ET})을 높게 하기 위해서는, 에너지 이동의 속도 상수($k_{h \rightarrow g}^*$)를, 다른 경합하는 속도 상수($k_r + k_n (=1/\tau)$)에 비하여 훨씬 크게 하면 좋다. 그리고, 그 에너지 이동의 속도 상수($k_{h \rightarrow g}^*$)를 크게 하기 위해서는 수학적 1 및 수학적 2로부터, 펄스텍스터 기구, 텍스터 기구 중 어느 기구에서도, 호스트 분자의 발광 스펙트럼(1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 형광 스펙트럼, 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 논하는 경우에는 인광 스펙트럼)과 게스트 분자의 흡수 스펙트럼의 중첩이 큰 것이 양호한 것을 알 수 있다.

[0065] 여기서 본 발명자는 호스트 분자의 발광 스펙트럼과 게스트 분자의 흡수 스펙트럼의 중첩을 생각하다가 게스트 분자의 흡수 스펙트럼에서 가장 저에너지(장파장) 측의 흡수대가 중요하다고 생각하였다.

[0066] 본 실시형태에서는 게스트 재료로서 인광성 화합물을 사용한다. 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼에서 발광에 가장 강하게 기여한다고 생각되는 흡수대는 1중항 기저 상태로부터 3중항 여기 상태로의 직접 전이에 상당하는 흡수 파장과 그 근방이며, 그것은 가장 장파장(저에너지) 측에 나타나는 흡수대다. 따라서 호스트 재료의 발광 스펙트럼(형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼)은 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되는 것이 바람직하다고 생각된다.

[0067] 예를 들어, 유기 금속 착체, 특히 발광성의 이리듐 착체에서 가장 저에너지 측의 흡수대는 2.0eV 내지 2.5eV 부근에 넓은 흡수대가 나타나는 경우가 많다(물론 더 저에너지 측이나 더 고에너지 측에 나타나는 경우도 있다).

이 흡수대는 주로 3중항 MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer) 전이에서 유래한다. 다만 상기 흡수대에는 3중항 $\pi-\pi^*$ 전이나, 1중항 MLCT 전이에서 유래하는 흡수대도 일부 포함되고, 이들이 중첩되어 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측에 넓은 흡수대를 형성한다고 생각된다. 바꿔 말하면, 최저 1중항 여기 상태와 최저 3중항 여기 상태의 차이는 작고, 이들에서 유래하는 흡수대가 중첩되어, 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측에 넓은 흡수대를 형성한다고 생각된다. 따라서 게스트 재료에 유기 금속 착체(특히, 이리듐 착체)를 사용하는 경우에는 이와 같이, 가장 저에너지 측에 존재하는 넓은 흡수대와 호스트 재료의 발광 스펙트럼이 크게 중첩되는 상태가 바람직하다.

[0068] 상술한 의론을 감안하면, 호스트 재료의 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 호스트 재료의 인광 스펙트럼과 게스트 재료의 가장 저에너지 측의 흡수대가 크게 중첩되면 좋다고 상술한 의론에서 알 수 있다. 또한, 호스트 재료의 1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 호스트 재료의 형광 스펙트럼과 게스트 재료의 가장 저에너지 측의 흡수대가 크게 중첩되면 좋다.

[0069] 즉 3중항 여기 상태로부터의 에너지 이동과 1중항 여기 상태로부터의 에너지 이동의 양쪽을 효율적으로 수행하고자 하는 경우에는 상술한 의론에 의거하여 호스트 재료의 인광 스펙트럼 및 형광 스펙트럼의 양쪽을 게스트 재료의 가장 저에너지 측의 흡수대에 중첩하도록 설계할 필요가 있다.

[0070] 하지만, 일반적으로 S_1 준위와 T_1 준위는 크게 상이(S_1 준위 $>$ T_1 준위)하기 때문에 형광의 발광 파장과 인광의 발광 파장도 크게 상이하다(형광의 발광 파장 $<$ 인광의 발광 파장). 예를 들어, 인광성 화합물을 사용한 발광 소자에서 호스트 재료로서 흔히 사용되는 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP)은 500nm 부근(3.1eV 정도)에 인광 스펙트럼을 갖지만, 한편으로 형광 스펙트럼은 400nm 부근(2.5eV 정도)이며, 100nm나 차이가 있다(에너지 차로 환산하면 0.6eV 이상의 차이). 이 예를 봐도 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 인광 스펙트럼과 같은 위치가 되도록 호스트 재료를 설계하는 일은 매우 어렵다.

[0071] 여기서 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 호스트 재료로서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 사용한다.

[0072] 본 발명의 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크와 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대가 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.

[0073] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크와 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대가 중첩되어 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.

[0074] 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질은 최저 3중항 여기 에너지와 최저 1중항 여기 에너지의 차이가 작다. 바꿔 말하면 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 1중항 상태로부터의 발광 스펙트럼과 3중항 상태로부터의 발광 스펙트럼은 근접하게 된다. 따라서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 또는 인광 스펙트럼의 피크를 인광성 화합물의 가장 저에너지 측에 위치하는 흡수대와 중첩하도록 설계한 경우, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼의 양쪽이 인광성 화합물의 가장 저에너지 측에 위치하는 흡수대에 중첩(또는 극히 근접)된다(도 1 참조). 이것은 즉, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 1중항 상태 및 3중항 상태의 양쪽으로부터 인광성 화합물로 효율 좋게 에너지 이동할 수 있는 것을 의미한다.

[0075] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 또는 인광 스펙트럼의 피크가 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼에서의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩됨으로써 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 1중항 여기 상태 및 3중항 여기 상태의 양쪽으로부터 인광성 화합물로 에너지 이동이 원활히 행해지기 때문에, 에너지 이동 효율이 높다. 이와 같이 본 발명의 일 형태에서는 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 구현할 수 있다.

[0076] 또한, 상술한 에너지 이동 과정을 감안하면 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하기 전에 호스트 분자 자체가 그 여기 에너지를 광 또는 열로서 방출하여 실패하면 발광 효율이나 수명이 저하하게 된다. 본 발명의 일 형태에서는 에너지 이동이 원활히 행해지기 때문에 여기 에너지의 실패를 억제할 수 있다. 따라

서 수명이 긴 발광 소자를 구현할 수 있다.

- [0077] 여기서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지가 지나치게 높은(파장이 지나치게 짧은) 경우, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질로부터 인광성 화합물의 에너지 이동에 의하여 인광성 화합물로부터 발광을 얻는 데 더 큰 전압이 필요하게 되어 에너지를 과잉으로 소비하기 때문에 바람직하지 않다.
- [0078] 이 점을 감안하면 본 발명의 일 형태에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지가 낮을(파장이 길)수록 발광 소자의 발광 개시 전압이 작아져 바람직하다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지가 낮기 때문에 구동 전압을 저감하면서도 높은 발광 효율(외부 양자 효율)을 얻을 수 있는 것에 의해 높은 전력 효율을 구현할 수 있다.
- [0079] 또한, 이 점을 감안하면 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 또는 인광 스펙트럼의 피크가 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼에서 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되는 범위 내에서는 비교적 높은 에너지 효율을 유지한 채 발광 소자의 구동 전압을 낮게 할 수 있기 때문에 상기 형광 스펙트럼의 피크의 에너지가 상기 흡수대의 피크의 에너지에 비하여 낮아도 좋다.
- [0080] 특히, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크 및 인광 스펙트럼의 피크의 양쪽이 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼에서 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되면, 에너지 이동 효율이 특히 높고, 외부 양자 효율이 특히 높은 발광 소자를 구현할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0081] 구체적으로는, 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 인광성 화합물 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 포함한 발광층을 갖고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크와 인광 스펙트럼의 피크가 각각 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대와 중첩되고, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 인광성 화합물이 발광층에서 인광을 발하는 발광 소자다.
- [0082] 또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼을 충분히 중첩하기 위해서는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값과의 차이가 0.3eV 이내인 것이 바람직하다. 더 바람직하게는 0.2eV 이내이고, 특히 바람직하게는 0.1eV 이내다. 또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대의 피크의 에너지 값의 차이가 0.3eV 이내인 것이 바람직하다. 더 바람직하게는 0.2eV 이내이고, 특히 바람직하게는 0.1eV 이내다.
- [0083] 상술한 바와 같이, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질은 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서 호스트 재료로서 사용하고, 또 최저 3중항 여기 에너지와 최저 1중항 여기 에너지가 가깝다. 특히 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 형광 스펙트럼의 피크의 에너지 값과 상기 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 인광 스펙트럼의 피크의 에너지 값의 차이가 0.3eV 이내인 것이 바람직하다.
- [0084] 상술한 발광 소자에서 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지 측의 흡수대가 3중항 MLCT 전이에서 유래하는 흡수대를 포함하는 것이 바람직하다. 3중항 MLCT 여기 상태는 게스트 재료인 인광성 화합물의 최저 3중항 여기 상태이므로 인광성 화합물은 이 여기 상태에서부터 인광을 발한다. 즉 3중항 MLCT 여기 상태에서부터는 발광 외의 실패 과정이 적고, 이 여기 상태의 비율을 가능한 한 높게 하는 것이 높은 발광 효율로 이어진다고 생각된다. 이 이유로 3중항 MLCT 전이에서 유래하는 흡수대를 이용하여 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질로부터 3중항 MLCT 여기 상태에 직접 에너지를 이동하는 에너지 이동 과정이 많은 것이 바람직하다고 말할 수 있다. 또한, 상술한 발광 소자에서 인광성 화합물은 유기 금속 착체, 특히, 이리듐 착체가 바람직하다.
- [0085] 또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 여기 에너지는 인광성 화합물에 충분히 에너지 이동하여 1중항 여기 상태에서부터의 형광 발광(지연 형광 발광)은 실질적으로 관찰되지 않는 것이 바람직하다.
- [0086] 또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질의 1중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동은 펄스터 기구가 중요하다고 생각된다. 이 점을 감안하면 수학적 1로부터 인광성 화합물의 가장 저에너지 측에 위치하는 흡수대의 몰 흡광 계수는 2000/M·cm 이상이 바람직하고, 5000/M·cm 이상이 더 바람직하다.
- [0087] 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0088] (실시형태 2)

- [0089] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에 대하여 도 2(A) 내지 도 2(F)를 사용하여 설명한다.
- [0090] 본 실시형태에서 예시하는 발광 소자는 한 쌍의 전극(제 1 전극 및 제 2 전극)과 상기 한 쌍의 전극 사이에 형성된 EL층을 갖는다. 상기 한 쌍의 전극은 한편이 양극, 다른 편이 음극으로서 기능한다. 상기 EL층은 적어도 발광층을 갖고, 상기 발광층은 발광 물질인 게스트 재료와 상기 게스트 재료를 분산하는 호스트 재료를 갖는다. 게스트 재료로서는 인광성 화합물을 사용한다. 호스트 재료로서는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 사용한다.
- [0091] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에는, 톱 이미션(전면 발광) 구조, 보텀 이미션(배면 발광) 구조, 듀얼 이미션(양면 발광) 구조 중 어느 구조나 적용할 수 있다.
- [0092] 이하에 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 구체적인 구성예에 대하여 기재한다.
- [0093] 도 2(A)에 도시된 발광 소자는 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 EL층(203)을 갖는다. 본 실시형태에서는 제 1 전극(201)을 양극으로서 기능시키고, 제 2 전극(205)을 음극으로서 기능시킨다.
- [0094] 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 발광 소자의 문턱 값 전압보다 높은 전압을 인가하면, EL층(203)에 제 1 전극(201) 측으로부터 정공이 주입되고, 제 2 전극(205) 측으로부터 전자가 주입된다. 주입된 전자와 정공은 EL층(203)에서 재결합하고, EL층(203)에 포함되는 발광 물질이 발광한다.
- [0095] EL층(203)은 상술한 바와 같이, 적어도 발광층을 갖는다. EL층(203)은 발광층 외의 층으로서 정공 주입성이 높은 물질, 정공 수송성이 높은 물질, 정공 블록 재료, 전자 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 또는 양극성(bipolar) 물질(전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질) 등을 포함하는 층을 더 포함하여도 좋다.
- [0096] EL층(203)으로서의 공지의 물질을 사용할 수 있고, 저분자계 화합물 및 고분자계 화합물 중 어느 것을 사용할 수도 있고, 무기 화합물을 포함하여도 좋다.
- [0097] EL층(203)의 구체적인 구성예를 도 2(B)에 도시하였다. 도 2(B)에 도시된 EL층(203)에서는 정공 주입층(301), 정공 수송층(302), 발광층(303), 전자 수송층(304) 및 전자 주입층(305)이 제 1 전극(201) 측으로부터 이 차례로 적층된다.
- [0098] 도 2(C)에 도시된 발광 소자는 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 EL층(203)을 갖고, 더구나 EL층(203)과 제 2 전극(205) 사이에 중간층(207)을 갖는다.
- [0099] 중간층(207)의 구체적인 구성예를 도 2(D)에 도시하였다. 중간층(207)은 전하 발생 영역(308)을 적어도 갖는다. 중간층(207)은 전하 발생 영역(308) 외의 층으로서 전자 릴레이층(307)이나, 전자 주입 버퍼층(306)을 더 가지고 있어도 좋다.
- [0100] 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 발광 소자의 문턱 값 전압보다 높은 전압을 인가하면, 전하 발생 영역(308)에서 정공과 전자가 발생하고, 정공은 제 2 전극(205)으로 이동하고, 전자는 전자 릴레이층(307)으로 이동한다. 전자 릴레이층(307)은 전자 수송성이 높으므로 전하 발생 영역(308)에서 발생한 전자를 전자 주입 버퍼층(306)으로 신속히 넘겨준다. 전자 주입 버퍼층(306)은 EL층(203)에 전자를 주입하는 장벽을 완화하여 EL층(203)으로의 전자 주입 효율을 높인다. 따라서, 전하 발생 영역(308)에서 발생한 전자는 전자 릴레이층(307)과, 전자 주입 버퍼층(306)을 거쳐 EL층(203)의 LUMO준위에 주입된다.
- [0101] 또한, 전자 릴레이층(307)은 전하 발생 영역(308)을 구성하는 물질과 전자 주입 버퍼층(306)을 구성하는 물질이 계면에서 반응하여 서로의 기능이 손실되는 등의 상호 작용을 방지할 수 있다.
- [0102] 도 2(E) 및 도 2(F)에 도시된 발광 소자와 같이, 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 EL층이 복수로 적층되어도 좋다. 이 경우, 적층된 EL층들 사이에는 중간층(207)을 형성하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 2(E)에 도시된 발광 소자는 제 1 EL층(203a)과 제 2 EL층(203b) 사이에 중간층(207)을 갖는다. 또한, 도 2(F)에 도시된 발광 소자는 EL층을 n층(n은 2 이상의 자연수) 갖고, m번째의 EL층(203)(m)은 1 이상 n-1 이하의 자연수와 (m+1)번째의 EL층(203)(m+1) 사이에 중간층(207)을 갖는다.
- [0103] EL층(203)(m)과 EL층(203)(m+1) 사이에 형성된 중간층(207)에서의 전자와 정공의 동작에 대하여 설명한다. 제 1 전극(201)과 제 2 전극(205) 사이에 발광 소자의 문턱 값 전압보다 높은 전압을 인가하면 중간층(207)에서 정공과 전자가 발생하여 정공은 제 2 전극(205) 측에 형성된 EL층(203)(m+1)으로 이동하고, 전자는 제 1 전극(201) 측에 형성된 EL층(203)(m)으로 이동한다. EL층(203)(m+1)에 주입된 정공은 제 2 전극(205) 측으로부터 주입된 전자와 재결합하여, 상기 EL층(203)(m+1)에 포함되는 발광 물질이 발광한다. 또한, EL층(203)(m)에 주

입된 전자는 제 1 전극(201) 측으로부터 주입된 정공과 재결합하여, 상기 EL층(203)(m)에 포함되는 발광 물질이 발광한다. 따라서 중간층(207)에서 발생한 정공과 전자는 각각 상이한 EL층에서 발광에 이른다.

[0104] 또한, EL층끼리를 접하도록 형성함으로써 양자 사이에 중간층과 같은 구성이 형성되는 경우는, EL층끼리를 접하도록 형성할 수 있다. 예를 들어, EL층의 한편의 면에 전하 발생 영역이 형성되는 경우, 그 면에 접하도록 또 다른 EL층을 형성할 수 있다.

[0105] 또한, EL층의 발광색을 각각 상이하게 함으로써 발광 소자 전체로서 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 EL층을 갖는 발광 소자에서 제 1 EL층의 발광색과 제 2 EL층의 발광색이 보색 관계를 이루도록 함으로써 발광 소자 전체로서 백색으로 발광하는 발광 소자를 얻을 수도 있다. 또한, 보색이란 혼합하면 무채색이 되는 색끼리의 관계를 가리킨다. 즉, 보색 관계를 이루는 색을 발광하는 물질로 얻어진 광을 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 3개 이상의 EL층을 갖는 발광 소자의 경우도 마찬가지다.

[0106] 도 2(A) 내지 도 2(F)는 서로 조합하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 2(F)의 제 2 전극(205)과 EL층(203)(n) 사이에 중간층(207)을 형성할 수도 있다.

[0107] 이하에 각 층에 사용할 수 있는 재료를 예시한다. 또한, 각 층은 단층에 한정되지 않고, 2개 이상의 층을 적층시켜도 좋다.

[0108] <양극>

[0109] 양극으로서 기능하는 전극(본 실시형태에서는 제 1 전극(201))은 도전성을 갖는 금속, 합금, 도전성 화합물 등을 1종류 또는 복수 종류 사용하여 형성할 수 있다. 특히, 일함수가 큰(4.0eV 이상) 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 인듐 주석 산화물(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유한 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물, 산화 텅스텐과 산화 아연을 함유한 산화 인듐, 그래핀, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크로뮴, 몰리브데넘, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 티타늄) 등을 들 수 있다.

[0110] 또한, 양극이 전하 발생 영역과 접하는 경우에는 일함수의 값을 고려하지 않고 다양한 도전성 재료를 사용할 수 있고, 예를 들어, 알루미늄, 은, 알루미늄을 포함하는 합금 등도 사용할 수 있다.

[0111] <음극>

[0112] 음극으로서 기능하는 전극(본 실시형태에서는 제 2 전극(205))은 도전성을 갖는 금속, 합금, 도전성 화합물 등을 1종류 또는 복수 종류 사용하여 형성할 수 있다. 특히, 일함수가 작은(3.8eV 이하) 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 원소 주기율표 제 1 족 또는 제 2 족에 소속하는 원소(예를 들어, 리튬, 세슘 등의 알칼리 금속, 칼슘, 스트론튬 등의 알칼리 토류금속, 및 마그네슘 등) 이들 원소를 포함한 합금(예를 들어, Mg-Ag, Al-Li), 유토프, 이테르븀 등의 희토류 금속, 또는 이들 희토류 금속을 함유한 합금, 알루미늄, 은 등을 사용할 수 있다.

[0113] 또한, 음극이 전하 발생 영역과 접하는 경우에는 일함수의 값을 고려하지 않고 다양한 도전성 재료를 사용할 수 있고, 예를 들어, ITO, 실리콘, 또는 산화 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물 등도 사용할 수 있다.

[0114] 발광 소자는 양극 및 음극의 한편이 가시광을 투과시키는 도전막이고, 다른 편이 가시광을 반사하는 도전막인 구성으로 하여도 좋고, 양극 및 음극의 양쪽이 가시광을 투과시키는 도전막인 구성으로 하여도 좋다.

[0115] 가시광을 투과시키는 도전막으로서는 예를 들어, 산화 인듐, ITO, 인듐 아연 산화물, 산화 아연, 갈륨을 첨가한 산화 아연 등을 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크로뮴, 몰리브데넘, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 티타늄 등의 금속 재료, 또는 이들 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 티타늄) 등도 투과성을 가질 정도로 얇게 형성함으로써 사용할 수 있다. 또한, 그래핀 등을 사용하여도 좋다.

[0116] 가시광을 반사하는 도전막으로서는 예를 들어, 알루미늄, 금, 백금, 은, 니켈, 텅스텐, 크로뮴, 몰리브데넘, 철, 코발트, 구리, 또는 팔라듐 등의 금속 재료, 알루미늄과 티타늄의 합금, 알루미늄과 니켈의 합금, 알루미늄과 네오디뮴의 합금 등의 알루미늄을 포함한 합금(알루미늄 합금) 또는 은과 구리의 합금 등의 은을 포함한 합금을 사용하여 형성할 수 있다. 은과 구리의 합금은 내열성이 높으므로 바람직하다. 또한, 상술한 금속 재료나 합금에 란타넘, 네오디뮴, 또는 게르마늄 등을 첨가시켜도 좋다.

[0117] 전극은 각각 진공증착법이나 스퍼터링법을 사용하여 형성하면 좋다. 또한 은 페이스트 등을 사용할 경우에는, 도포법이나 잉크젯법을 사용하면 좋다.

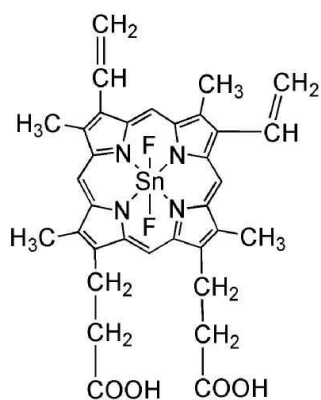
- [0118] <정공 주입층(301)>
- [0119] 정공 주입층(301)은 정공 주입성이 높은 물질을 포함하는 층이다.
- [0120] 정공 주입성이 높은 물질로서는 예를 들어, 몰리브덴 산화물, 티타늄 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 루테튬 산화물, 크로뮴 산화물, 지르코늄 산화물, 하프늄 산화물, 탄탈럼 산화물, 은 산화물, 텅스텐 산화물, 망간 산화물 등의 금속 산화물 등을 사용할 수 있다.
- [0121] 또한, 프탈로사이아닌(약칭: H_2Pc), 구리(II)프탈로사이아닌(약칭: $CuPc$) 등의 프탈로사이아닌계 화합물을 사용할 수 있다.
- [0122] 또한, 저분자의 유기 화합물인 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-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스(N-{4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐}-N-페닐아미노)바이페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B), 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등의 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다.
- [0123] 또한, 폴리(N-비닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-(4-(4-다이페닐아미노)페닐)페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약칭: PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물, 폴리(3,4-에틸렌다이옥시티오펜)/폴리(스타이렌설포산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스타이렌설포산)(PAni/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0124] 또한, 정공 주입층(301)을 전하 발생 영역으로 하여도 좋다. 양극과 접하는 정공 주입층(301)이 전하 발생 영역이라면, 일함수를 고려하지 않고 다양한 도전성 재료를 상기 양극에 사용할 수 있다. 전하 발생 영역을 구성하는 재료에 대한 설명은 후술한다.
- [0125] <정공 수송층(302)>
- [0126] 정공 수송층(302)은 정공 수송성이 높은 물질을 포함한 층이다.
- [0127] 정공 수송성이 높은 물질로서는 전자보다도 정공 수송성이 높은 물질이라면 좋고, 특히 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다.
- [0128] 예를 들어, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α -NPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4,4'-비스[N-(9,9-다이메틸플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DFLDPBi), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다.
- [0129] 또한, 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA) 등의 카바졸 유도체를 사용할 수 있다.
- [0130] 또한, 2-tert-부틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth) 등의 방향족 탄화 수소 화합물을 사용할 수 있다.
- [0131] 또한, PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0132] <발광층(303)>
- [0133] 발광층(303)은 발광 물질인 게스트 재료와, 상기 게스트 재료를 분산하는 호스트 재료를 갖는 층이다. 게스트 재료로서는 인광을 발광하는 인광성 화합물을 사용한다. 호스트 재료로서는 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 사용한다.
- [0134] 게스트 재료인 인광성 화합물로서는, 유기 금속 착체가 바람직하며, 이리듐 착체가 특히 바람직하다. 또한, 상술한 펄스 기구에 의한 에너지 이동을 고려하면, 인광성 화합물의 가장 저에너지 측에 위치하는 흡수대의 몰 흡광 계수는, $2000/\text{M} \cdot \text{cm}$ 이상이 바람직하고, $5000/\text{M} \cdot \text{cm}$ 이상이 더 바람직하다. 이러한 큰 몰 흡광 계수를 갖

는 화합물로서는, 아릴다이아진(아릴기가 결합한 피리다진, 피리미딘, 또는 피라진)을 배위자로 하는 인광성 유기 금속 이리듐 착체가 바람직하며, 특히 페닐피리미딘 유도체 또는 페닐피라진 유도체의, 페닐기의 탄소가 이리듐과 결합한 인광성 오르토 금속화 이리듐 착체가 바람직하다. 구체적으로는 비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지나토)(다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{dpm})]$), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(별명: 비스[2-(6-페닐-4-피리미디닐- κN3)페닐- κC](2,4-펜탄다이오나토- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)이리듐(III))(약칭: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)(다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(별명: 비스[2-(6-메틸-4-피리미디닐- κN3)페닐- κC](2,4-펜탄다이오나토- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)이리듐(III))(약칭: $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$), (아세틸아세토나토)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(별명: 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐- κN3)페닐- κC](2,4-펜탄다이오나토- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)이리듐(III))(약칭: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$) 등을 들 수 있다.

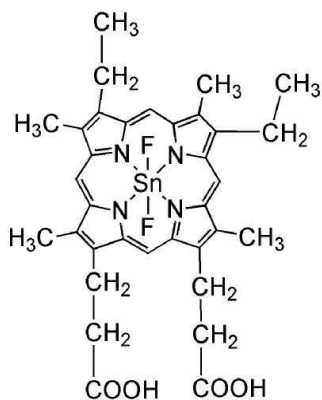
[0135] 호스트 재료로서는 공지의 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질을 사용할 수 있다. 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질로서는 예를 들어, 풀러렌이나 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 에오신 등을 들 수 있다.

[0136] 또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질로서는 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In) 또는 팔라듐(Pd) 등을 포함한 금속 함유 포르피린을 들 수 있다. 상기 금속 함유 포르피린으로서의 예를 들어, 이하의 구조식으로 표기된 프로토포르피린-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$), 메소포르피린-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$), 헤마토포르피린-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$), 코프로포르피린 테트라메틸에스테르-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$), 옥타에틸포르피린-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{OEP})$), 에티오포르피린-불화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$), 옥타에틸포르피린-염화백금 착체(약칭: $\text{PtCl}_2(\text{OEP})$) 등을 들 수 있다.

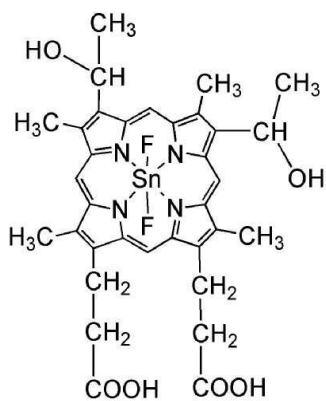
[0137] [구조식 SnF₂(Proto IX), 구조식 SnF₂(Meso IX), 구조식 SnF₂(Hemato IX), 구조식 SnF₂(Copro III-4Me)]



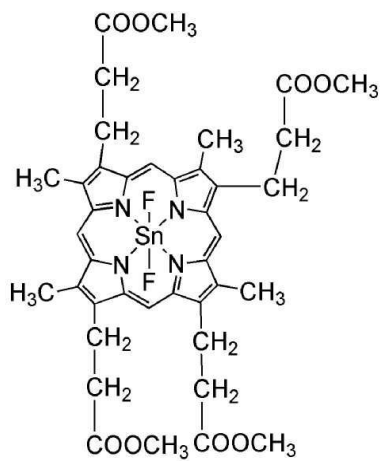
SnF₂(Proto IX)



SnF₂(Meso IX)



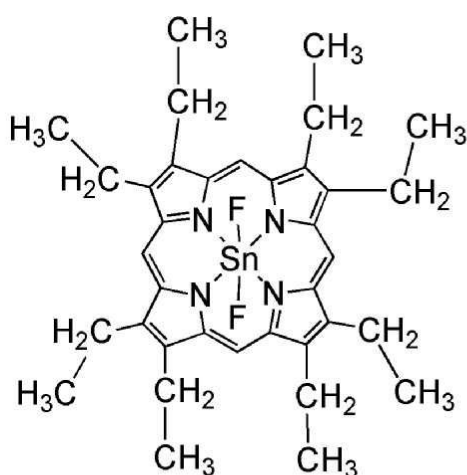
SnF₂(Hemato IX)



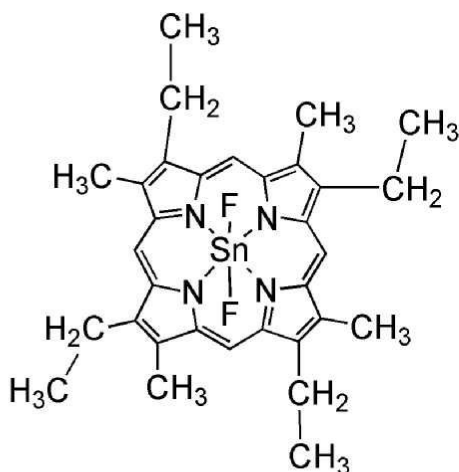
SnF₂(Copro III-4Me)

[0138]

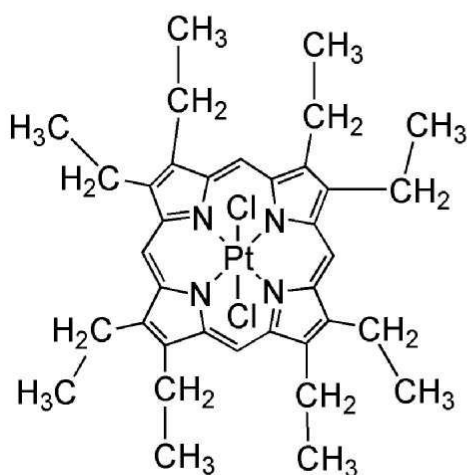
[0139] [구조식 SnF₂(OEP), 구조식 SnF₂(Etio I), 구조식 PtCl₂(OEP)]



SnF₂(OEP)



SnF₂(Etio I)



PtCl₂(OEP)

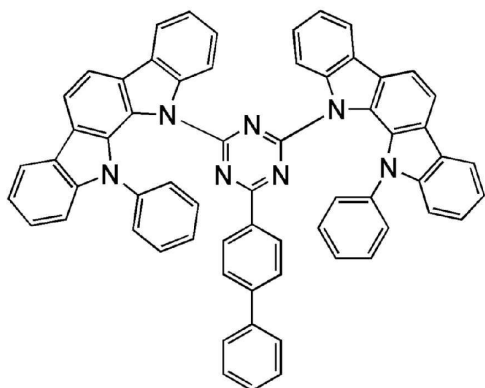
[0140]

[0141]

[0142]

또한, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 물질로서는 이하의 구조식으로 표기되는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐린돌로(phenylindolo)[2,3-a]카바졸-11-일-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ) 등의 π 과잉계 복소 방향 고리 및 π 결여계 복소 방향 고리를 갖는 복소 고리 화합물을 사용할 수 있다. 상기 복소 고리 화합물은 π 과잉계 복소 방향 고리 및 π 결여계 복소 방향 고리를 가지므로 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다. 또한, π 과잉계 복소 방향 고리와 π 결여계 복소 방향 고리가 직접 결합한 물질은 π 과잉계 복소 방향 고리의 도너성과 π 결여계 복소 방향 고리의 억셉터성이 함께 강해지며 S₁과 T₁의 에너지 차이가 작아지기 때문에 특히 바람직하다.

[0143] [구조식 PIC-TRZ]



PIC-TRZ

[0144]

[0145] 또한, 발광층을 복수로 형성하고 각 층의 발광색을 상이한 것으로 함으로써 발광 소자 전체로서 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광층을 갖는 발광 소자에서, 제 1 발광층의 발광색과 제 2 발광층의 발광색이 보색 관계를 이루도록 함으로써 발광 소자 전체로서 백색으로 발광하는 발광 소자를 얻는 것도 가능하다. 또한, 3개 이상의 발광층을 갖는 발광 소자의 경우도 마찬가지다.

[0146] <전자 수송층(304)>

[0147] 전자 수송층(304)은 전자 수송성이 높은 물질을 포함한 층이다.

[0148] 전자 수송성이 높은 물질로서는 정공보다 전자의 수송성이 높은 유기 화합물이면 좋고 특히 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다.

[0149] 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조옥사졸라토]아연(약칭: Zn(BOX)₂), 비스[2-(2-하이드록시페닐)-벤조티아졸라토]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 금속 착체를 사용할 수 있다.

[0150] 또한, 2-(4-바이페닐)-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), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-5-(4-바이페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-바이페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: p-EtTAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 4,4'-비스(5-메틸벤조옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 복소 방향족 화합물을 사용할 수 있다.

[0151] 또한, 폴리(2,5-피리딘다이일)(약칭: PPy), 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-co-(피리딘-3,5-다이일)](약칭: PF-Py), 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-co-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭: PF-BPy) 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.

[0152] <전자 주입층(305)>

[0153] 전자 주입층(305)은 전자 주입성이 높은 물질을 포함한 층이다.

[0154] 전자 주입성이 높은 물질로서는 예를 들어, 리튬, 세슘, 칼슘, 산화 리튬, 탄산 리튬, 탄산 세슘, 불화 리튬, 불화 세슘, 불화 칼슘, 불화 에르븀 등과 같은 알칼리 금속, 알칼리 토류금속, 희토류 금속 또는 이들의 화합물(산화물, 탄산염, 할로겐화물 등)을 사용할 수 있다.

[0155] 또한, 전자 주입층(305)은 상술한 전자 수송성이 높은 물질과 도너성 물질을 포함한 구성으로 하여도 좋다. 예를 들어, Alq 중에 마그네슘(Mg)을 함유시켜 전자 주입층(305)을 형성하여도 좋다. 전자 수송성이 높은 물질과 도너성 물질을 포함하는 경우, 전자 수송성이 높은 물질에 대한 도너성 물질의 첨가량의 질량비는 0.001 이상 0.1 이하의 비율이 바람직하다.

[0156] 도너성 물질로서는 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 에르븀, 이텔븀, 산화 리튬, 칼슘 산화물, 바륨 산화물, 산화

마그네슘 등과 같은 알칼리 금속, 알칼리 토류금속, 희토류 금속 또는 이들의 화합물(산화물 등), 루이스 염기 외, 테트라티아폴발렌(약칭: TTF), 테트라티아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수 있다.

[0157] <전하 발생 영역>

[0158] 정공 주입층을 구성하는 전하 발생 영역이나, 전하 발생 영역(308)은 정공 수송성이 높은 물질과 엑셉터성 물질(전자 수용체)을 포함한 영역이다. 엑셉터성 물질은 정공 수송성이 높은 물질에 대하여 0.1 이상 4.0 이하의 질량비로 첨가되는 것이 바람직하다.

[0159] 또한, 전하 발생 영역은 동일 막 내에 정공 수송성이 높은 물질과 엑셉터성 물질을 함유한 구조에 한정되지 않고, 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층과 엑셉터성 물질을 함유한 층이 적층되어도 좋다. 다만, 전하 발생 영역을 음극 측에 형성하는 경우에는 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층이 음극과 접하는 구조가 되고, 전하 발생 영역을 양극 측에 형성하는 적층 구조인 경우에는 엑셉터성 물질을 함유한 층이 양극과 접하는 구조가 된다.

[0160] 정공 수송성이 높은 물질로서는 전자보다 정공의 수송성이 높은 유기 화합물이면 좋고 특히 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다.

[0161] 구체적으로는 NPB, BPAFLP 등의 방향족 아민 화합물, CBP, CzPA, PCzPA 등의 카바졸 유도체, t-BuDNA, DNA, DPAnth 등의 방향족 탄화 수소 화합물, PVK, PVTTPA 등의 고분자 화합물 등, 정공 수송층(302)에 사용할 수 있는 물질로서 예시한 정공 수송성이 높은 물질을 사용할 수 있다.

[0162] 엑셉터성 물질로서는 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등의 유기 화합물, 전이 금속 산화물, 원소 주기율표에서 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는 산화 바나듐, 산화 니오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브덴, 산화 텅스텐, 산화 망간, 산화 레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 특히 산화 몰리브덴은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.

[0163] <전자 주입 버퍼층(306)>

[0164] 전자 주입 버퍼층(306)은 전자 주입성이 높은 물질을 포함한 층이다. 전자 주입 버퍼층(306)은 전하 발생 영역(308)으로부터 EL층(203)에 전자를 주입하기 쉽게 한다. 전자 주입성이 높은 물질로서는 상술한 재료를 사용할 수 있다. 또한, 전자 주입 버퍼층(306)은 상술한 전자 수송성이 높은 물질과 도너성 물질을 포함한 구성으로 하여도 좋다.

[0165] <전자 릴레이층(307)>

[0166] 전자 릴레이층(307)에서는 전하 발생 영역(308)에서 엑셉터성 물질이 뽑은 전자를 신속히 받는다.

[0167] 전자 릴레이층(307)은 전자 수송성이 높은 물질을 포함한다. 상기 전자 수송성이 높은 물질로서 프탈로시아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.

[0168] 상기 프탈로시아닌계 재료로서는 구체적으로는 CuPc, SnPc(Phthalocyanine tin(II) complex), ZnPc(Phthalocyanine zinc complex), CoPc(Cobalt(II) phthalocyanine, β -form), FePc(Phthalocyanine Iron), PhO-VOPc(Vanadyl 2,9,16,23-tetraphenoxy-29H,31H-phthalocyanine) 등을 들 수 있다.

[0169] 상술한 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는 금속-산소의 이중 결합을 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다. 금속-산소의 이중 결합은 엑셉터성을 갖기 때문에 전자 이동(수수(授受))이 더 쉬워진다.

[0170] 또한, 상술한 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는 프탈로시아닌계 재료가 바람직하다. 특히, VOPc(Vanadyl phthalocyanine), SnOPc(Phthalocyanine tin(IV) oxide complex), TiOPc(Phthalocyanine titanium oxide complex)는 분자 구조적으로 금속-산소의 이중 결합이 다른 분자에 대하여 작용하기 쉽고, 엑셉터성이 높기 때문에 바람직하다.

[0171] 상술한 프탈로시아닌계 재료로서는 폐색시기를 갖는 것이 바람직하고, 구체적으로는 PhO-VOPc와 같은 폐색시기를 갖는 프탈로시아닌 유도체가 바람직하다. 폐색시기를 갖는 프탈로시아닌 유도체는 용매에 녹을 수 있기 때문에 발광 소자를 형성하는 데에 다루기 쉽고 또 막을 형성할 때에 사용하는 장치의 메인テナンス가 쉽다는

장점을 갖는다.

- [0172] 또한, 그 외의 전자 수송성이 높은 물질로서 예를 들어, 3,4,9,10-페릴렌테트라카본산이무수물(약칭: PTCDA), 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실릭비스벤즈이미다졸(약칭: PTCBI), N,N'-다이옥틸-3,4,9,10-페릴렌테트라카본산다이이미드(약칭: PTCDI-C8H), N,N'-다이헥실-3,4,9,10-페릴렌테트라카본산다이이미드(약칭: Hex PTC) 등의 페릴렌 유도체나 피라지노[2,3-f][1,10]페난트롤린-2,3-다이카보나이트릴(약칭: PPDN), 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT(CN)₆), 2,3-다이페닐피리도[2,3-b]피라진(약칭: 2PYPR), 2,3-비스(4-플루오로페닐)피리도[2,3-b]피라진(약칭: F2PYPR) 등의 함(含)질소 축합(縮合) 방향족 화합물 등을 사용하여도 좋다. 함질소 축합 방향족 화합물은 안정적이므로 전자 릴레이층(307)을 형성하기 위한 재료로서 바람직하다.
- [0173] 또한, 7,7,8,8-테트라시아노퀴노다이메탄(약칭: TCNQ), 1,4,5,8-나프탈렌테트라카본산이무수물(약칭: NTCDA), 퍼플루오로펜타센, 구리 헥사테카플루오로프탈로사이아닌(약칭: F₁₆CuPc), N,N'-비스(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-펜타테카플루오로옥틸)-1,4,5,8-나프탈렌테트라카본산다이이미드(약칭: NTCDI-C8F), 3',4'-다이부틸-5,5'-비스(다이시아노메틸렌)-5,5'-다이하이드로-2,2':5',2''-테르티오펜(약칭: DCMT), 메타노폴러렌(예를 들어, [6,6]-페닐 C₆₁ 부티르산 메틸 에스테르) 등을 사용할 수 있다.
- [0174] 전자 릴레이층(307)은 상술한 도너성 물질을 더 포함하여도 좋다. 전자 릴레이층(307)에 도너성 물질을 포함시킴으로써 전자 이동이 쉽게 되어 발광 소자를 더 저전압으로 구동시킬 수 있다.
- [0175] 상술한 전자 수송성이 높은 물질이나 상기 도너성 물질의 LUMO준위는 전하 발생 영역(308)에 포함되는 엑셉터성 물질의 LUMO준위와, 전자 수송층(304)에 포함되는 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO준위(또는, 전자 릴레이층(307) 또는 전자 주입 버퍼층(306)이 접하는 EL층(203)의 LUMO준위)의 사이가 되도록 한다. LUMO준위는 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 전자 릴레이층(307)에 도너성 물질을 포함시키는 경우, 전자 수송성이 높은 물질로서 전하 발생 영역(308)에 포함되는 엑셉터성 물질의 엑셉터 준위보다 높은 LUMO 준위를 갖는 물질을 사용할 수 있다.
- [0176] 또한, 상술한 EL층(203) 및 중간층(207)을 구성하는 층은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 전사법, 인쇄법, 잉크젯법, 도포법 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0177] 본 실시형태에서 기재한 발광 소자를 사용하여 패시브 매트릭스 방식의 발광 장치나 트랜지스터에 의하여 발광 소자의 구동이 제어되는 액티브 매트릭스 방식의 발광 장치를 제작할 수 있다. 또한, 상술한 발광 장치를 전자 기기 또는 조명 장치 등에 적용할 수 있다.
- [0178] 본 실시형태는 다른 실시형태와 자유롭게 조합할 수 있다.

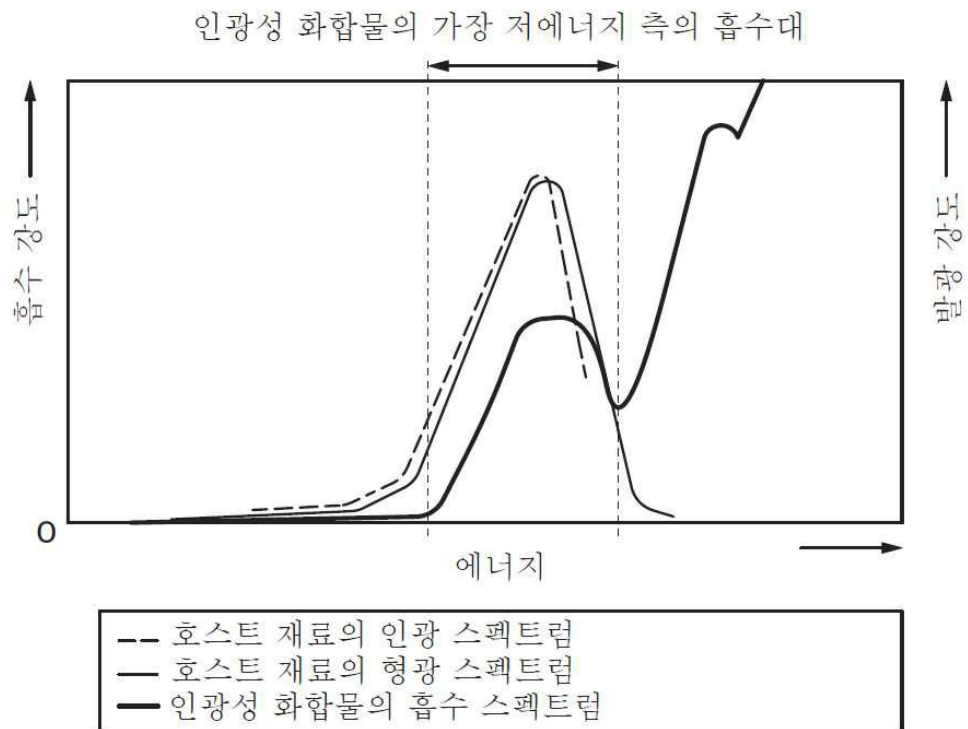
부호의 설명

- [0179] 201: 제 1 전극
203: EL층
203a: 제 1 EL층
203b: 제 2 EL층
205: 제 2 전극
207: 중간층
301: 정공 주입층
302: 정공 수송층
303: 발광층
304: 전자 수송층

- 305: 전자 주입층
- 306: 전자 주입 버퍼층
- 307: 전자 릴레이층
- 308: 전하 발생 영역

도면

도면1



도면2

