



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월21일

(11) 등록번호 10-2079562

(24) 등록일자 2020년02월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/00 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 51/0085 (2013.01)
H01L 51/0072 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7029481(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년04월08일
심사청구일자 2018년10월12일
- (85) 번역문제출일자 2018년10월12일
- (65) 공개번호 10-2018-0116449
- (43) 공개일자 2018년10월24일
- (62) 원출원 특허 10-2014-7029248
원출원일자(국제) 2013년04월08일
심사청구일자 2017년11월03일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/061135
- (87) 국제공개번호 WO 2013/157506
국제공개일자 2013년10월24일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-096887 2012년04월20일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2011204673 A
KR1020090087837 A*
KR1020110018892 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
세오 히로미
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
세오 사토시
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
시타가키 사토코
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
- (74) 대리인
양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 송이화

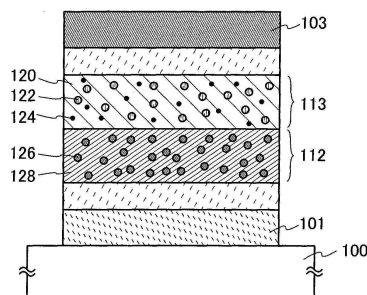
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

낮은 구동 전압 및 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자가 제공된다. 발광 소자는, 한 쌍의 전극 사이에, 정공 수송 층 및 정공 수송 층 위의 발광 층을 포함한다. 발광 층은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물, 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물, 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광성의 제3 유기 화합물을 함유한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 정공 수송 층은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물을 함유한다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/5012 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

발광 소자로서,

한 쌍의 전극 사이에, 정공 수송 층과, 발광 층을 포함하고,

상기 발광 층은 제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 제3 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 여기 착체를 형성하는 조합이고,

상기 정공 수송 층은 제4 유기 화합물과, 제5 유기 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물은 π -전자 부족 헤테로방향족 화합물이고,

상기 제2 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제5 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물의 HOMO 준위는 상기 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하이고,

상기 제5 유기 화합물의 HOMO 준위는 상기 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고,

상기 여기 착체의 발광 스펙트럼은 상기 제3 화합물의 흡수 스펙트럼과 중첩되는, 발광 소자.

청구항 2

발광 소자로서,

한 쌍의 전극 사이에, 정공 수송 층과, 발광 층을 포함하며,

상기 발광 층은 제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 제3 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 여기 착체를 형성하는 조합이고,

상기 정공 수송 층은 제4 유기 화합물과, 제5 유기 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물은 π -전자 부족 헤테로방향족 화합물이고,

상기 제2 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제5 유기 화합물은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고,

상기 제4 유기 화합물의 HOMO 준위는 상기 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하이고,

상기 제5 유기 화합물의 HOMO 준위는 상기 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높고,

상기 여기 착체로부터 상기 제3 화합물로 에너지가 전달되어 상기 제3 화합물이 발광하는, 발광 소자.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제4 유기 화합물의 T_1 준위는 상기 제1 유기 화합물의 T_1 준위보다 높은, 발광 소자.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제4 유기 화합물의 T_1 준위는 상기 제2 유기 화합물의 T_1 준위보다 높은, 발광 소자.

청구항 5

발광 장치로서,

제1항 또는 제2항에 기재된 발광 소자를 포함하는, 발광 장치.

청구항 6

전자 기기로서,

제5항에 기재된 발광 장치를 포함하는, 전자 기기.

청구항 7

조명 장치로서,

제5항에 기재된 발광 장치를 포함하는, 조명 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 하나의 실시형태는, 전계 인가에 의해 발광이 가능한 유기 화합물을 한 쌍의 전극 사이에 개재한 발광 소자에 관한 것이며, 또한 이러한 발광 소자를 포함하는 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 박형, 경량, 고속 응답성, 및 저전압에서의 DC 구동과 같은 특징을 갖는, 발광체로서 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는, 차세대 평판 디스플레이에 응용될 것으로 기대된다. 특히, 발광 소자가 매트릭스로 배열된 표시 장치는, 종래의 액정 표시 장치에 비해 넓은 시야각 및 높은 시인성의 이점을 갖는 것으로 고려된다.

[0003] 발광 소자는 하기 발광 메커니즘을 갖는다고 한다: 한 쌍의 전극 사이에 발광체를 포함하는 발광 층을 개재한 당해 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가하면, 캐소드(cathode)로부터 주입된 전자 및 애노드(anode)로부터 주입된 정공이 발광 층의 발광 중심에서 재결합되어 분자 엑시톤을 형성하고, 분자 엑시톤이 기저 상태로 완화될 때 에너지가 방출되어 발광된다. 여기 상태로서는 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태가 알려져 있으며, 발광은 아마도 어느 한쪽 상태를 통해 얻어질 수 있을 것이다. 일중항 여기 상태 (S^*)로부터의 발광은 형광이라 불리고, 삼중항 여기 상태 (T^*)로부터의 발광은 인광이라 불린다.

[0004] 이러한 발광 소자의 소자 특성을 향상시키기 위해, 소자 구조의 개선, 재료의 개발 등이 활발히 수행되고 있다 (예를 들어, 특허 문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 출원 공개 번호 2010-182699

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 발명의 개시

[0007] 특허 문헌 1에 개시된 바와 같이, 개선된 소자 구조 등이 개발되었지만; 발광 소자는 발광 효율, 신뢰성, 및 발

광 특성 면에서 여전히 개선될 필요가 있고, 보다 우수한 특성을 갖는 발광 소자가 개발될 것이 기대되고 있다.

[0008] 상기 관점에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 목적은, 저전압에서 구동되며 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 하나의 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에, 정공 수송 층 및 정공 수송 층 위의 발광 층을 포함하는 발광 소자이다. 발광 층은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물, 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물, 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광성의 제3 유기 화합물을 포함한다. 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스(exciplex)를 형성한다. 정공 수송 층은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물을 함유한다.

[0010] 본 발명의 하나의 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에, 정공 주입 층, 정공 주입 층 위의 정공 수송 층, 정공 수송 층 위의 발광 층, 발광 층 위의 전자 수송 층, 및 전자 수송 층 위의 전자 주입 층을 포함하는 발광 소자이다. 발광 층은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물, 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물, 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광성의 제3 유기 화합물을 함유한다. 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 정공 수송 층은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물을 함유한다.

[0011] 상기에 기재된 구조 각각에서, 제1 유기 화합물이 호스트 재료로서 사용되고, 제2 유기 화합물이 어시스트 재료로서 사용되고, 제3 유기 화합물이 게스트 재료로서 사용되는 것이 바람직함을 인지한다. 즉, 발광 층 내의 제3 유기 화합물의 질량 분율 (또는 부피 분율)은 바람직하게는 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물 각각의 질량 분율보다 낮다.

[0012] 또한, 상기에 기재된 구조 각각에서, 제1 유기 화합물 (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)로부터 형성된 엑시플렉스의 발광 파장은 제1 유기 화합물 (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물 (어시스트 재료) 각각의 발광 파장 (형광 파장)보다 길고; 따라서, 제1 유기 화합물 (호스트 재료)의 형광 스펙트럼 및 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)의 형광 스펙트럼이 보다 장파장측에 위치하는 발광 스펙트럼으로 변환될 수 있다.

[0013] 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자 내의 발광 층에서 엑시플렉스가 형성되면, 제3 유기 화합물 (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼과, 제1 유기 화합물 (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물 (어시스트 재료) 각각의 발광 파장 (형광 파장)보다 장파장측에 위치하는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 사이의 중첩을 이용하는 에너지 전달이 수행될 수 있고, 이는 에너지 전달 효율을 높게 만들고, 따라서 발광 소자가 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

[0014] 또한, 정공 수송 층은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물을 함유한다. 정공 수송 층의 제4 유기 화합물은 정공을 발광 층 (주로 발광 층 내의 제2 유기 화합물 (어시스트 재료))에 주입하는 기능을 가져 발광 층으로의 정공의 도입을 용이하게 하고, 이는 발광 효율을 증가시킨다. 정공 수송 층의 제5 유기 화합물의 HOMO 준위는 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높기 때문에, 구동 전압 (간단히, 전압), 특히 구동개시 전압이 감소될 수 있다. 이들 효과는, 정공 수송 층이 2종 이상의 유기 화합물을 함유하고, HOMO 준위의 상기에 기재된 관계가 존재하는 경우에만 얻어질 수 있다.

[0015] 또한, 상기에 기재된 구조 각각에서, 제4 유기 화합물의 최저 삼중항 여기 에너지 준위 (T_1 준위)가 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물의 것들보다 높은 것이 바람직하다. 이러한 구조는, 발광 층의 삼중항 여기 에너지가 정공 수송 층으로 확산되는 것이 억제될 수 있게 하고, 따라서 소자의 발광 효율이 증가될 수 있다. 발광 층의 삼중항 여기 에너지가 정공 수송 층으로 확산되는 것을 막기 위해, 정공 수송 층 내의 제4 유기 화합물의 질량 분율 (또는 부피 분율)은 바람직하게는 20% 이상 (100% 미만)임을 인지한다.

[0016] 또한, 상기에 기재된 구조 각각에서, 제1 유기 화합물 (호스트 재료)은 π -전자 부족 헤테로방향족 화합물이고, 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)은 π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물이고, 제3 유기 화합물 (게스트 재료)은 인광성 화합물인 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 본 발명의 하나의 실시형태는, 그의 카테고리 내에, 발광 소자를 포함하는 발광 장치, 및 발광 장치를 포함하는 전자 기기 및 조명 장치를 포함한다. 따라서, 본 명세서에서 발광 장치는 화상 표시 장치, 및 광원 (예

를 들어, 조명 장치)를 지칭한다. 또한, 발광 장치는, 그의 카테고리 내에, 플렉시블 인쇄 회로 (FPC), 테이프 자동 접합 (TAB) 테이프, 또는 테이프 캐리어 패키지 (TCP)와 같은 커넥터에 발광 장치가 연결된 모듈, TAB 테이프 또는 TCP의 팀에 인쇄 배선판이 제공된 모듈, 및 칩 온 글래스 (COG) 방법에 의해 발광 소자에 집적 회로 (IC)가 직접 장착된 모듈 모두를 포함한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자 내의 발광 층에서 엑시플렉스가 형성되면, 제3 유기 화합물 (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼과, 제1 유기 화합물 (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물 (어시스트 재료) 각각의 발광 파장 (형광 파장)보다 장파장측에 위치하는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 사이의 중첩을 이용하는 에너지 전달이 수행될 수 있고, 이는 에너지 전달 효율을 높게 만들고, 따라서 발광 소자가 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자를 나타낸다.
 도 2의 (A) 및 도 2의 (B)는 본 발명의 하나의 실시형태의 개념을 나타낸다.
 도 3은 DBq (약어) 1 분자, TPA (약어) 1 분자, 및 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 에너지 준위를 나타낸다.
 도 4의 (A) 내지 도 4의 (F)는 각각 DBq (약어) 1 분자, TPA (약어) 1 분자, 및 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 HOMO 및 LUMO의 분포를 나타낸다.
 도 5의 (A) 내지 도 5의 (C)는 본 발명의 하나의 실시형태의 정공 수송 층 및 발광 층의 에너지 준위의 개념을 나타낸다.
 도 6은 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자를 나타낸다.
 도 7의 (A) 및 도 7의 (B)는 발광 소자의 구조를 나타낸다.
 도 8은 발광 소자의 구조를 나타낸다.
 도 9의 (A) 및 도 9의 (B)는 발광 장치를 나타낸다.
 도 10의 (A) 내지 도 10의 (D)는 전자 기기를 나타낸다.
 도 11의 (A) 내지 도 11의 (D)는 전자 기기를 나타낸다.
 도 12의 (A) 내지 도 12의 (C)는 조명 장치를 나타낸다.
 도 13은 실시예에서의 발광 소자의 구조를 나타낸다.
 도 14는 실시예 1에 기재된 발광 소자의 휘도 대 전류 밀도 특성을 나타낸다.
 도 15는 실시예 1에 기재된 발광 소자의 휘도 대 전압 특성을 나타낸다.
 도 16은 실시예 1에 기재된 발광 소자의 전류 효율 대 휘도 특성을 나타낸다.
 도 17은 실시예 1에 기재된 발광 소자의 전류 대 전압 특성을 나타낸다.
 도 18은 실시예 1에 기재된 발광 소자의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
 도 19는 실시예 1에서의 발광 소자의 전력 효율 대 휘도 특성을 나타낸다.
 도 20은 2mDBTPDBq-II (약어)의 인광 스펙트럼을 나타낸다.
 도 21은 PCBA1BP (약어)의 인광 스펙트럼을 나타낸다.
 도 22는 BPAFLP (약어)의 인광 스펙트럼을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 발명을 실시하기 위한 최선의 형태

[0021] 이하, 본 발명의 실시형태를 첨부된 도면을 참조로 하여 상세히 설명할 것이다. 본 발명은 하기 기재로 제한되

지 않으며, 그의 형태 및 상세사항은 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어나지 않으면서 다양한 방식으로 변화될 수 있음을 인지한다. 따라서, 본 발명은 하기 실시형태의 기재로 제한되는 것으로 해석되어선 안된다.

[0022] 도면 등에 나타난 각 구성요소의 위치, 크기, 범위 등은, 용이한 이해를 위해 일부 경우에 정확하게 표시되지 않았음을 인지한다. 따라서, 개시된 발명은 도면 등에 개시된 위치, 크기, 범위 등으로 반드시 제한되지는 않는다.

[0023] 본 명세서 등에서, "제1", "제2" 및 "제3" 등의 서수는 구성요소들간의 혼동을 피하기 위해 사용된 것이며, 구성요소를 수적으로 제한하는 것은 아니다.

[0024] (실시형태 1)

[0025] 본 실시형태에서는, 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자의 구조적 개념 및 발광 소자의 구체적 구조를 설명할 것이다. 먼저, 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자의 소자 구조를 도 1을 참조로 하여 설명할 것이다.

[0026] 도 1에 나타난 소자 구조는, 한 쌍의 전극(제1 전극(101) 및 제2 전극(103)) 사이에, 정공 수송 층(112) 및 정공 수송 층(112) 위의 발광 층(113)을 포함한다. 발광 층(113)은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물(120), 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물(122), 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광성의 제3 유기 화합물(124)을 함유한다. 제1 유기 화합물(120)과 제2 유기 화합물(122)의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 정공 수송 층(112)은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물(126) 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물(128)을 함유한다.

[0027] 도 1에서, 제1 전극(101)과 정공 수송 층(112) 사이의 영역에는 필요한 경우 정공 주입 층 또는 정공 수송 층이 형성될 수 있음을 인지한다. 또한, 도 1에서, 제2 전극(103)과 발광 층(113) 사이의 영역에는 필요한 경우 전자 주입 층 또는 전자 수송 층이 형성될 수 있다.

[0028] 제1 유기 화합물(120)이 호스트 재료로서 사용되고, 제2 유기 화합물(122)이 어시스트 재료로서 사용되고, 제3 유기 화합물(124)이 게스트 재료로서 사용되는 것이 바람직함을 인지한다. 즉, 발광 층 내의 제3 유기 화합물의 질량 분율 (또는 부피 분율)은 바람직하게는 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물 각각의 질량 분율보다 낮다. 하기 기재에서는, 일부 경우에, 제1 유기 화합물(120), 제2 유기 화합물(122), 및 제3 유기 화합물(124)을 각각 호스트 재료, 어시스트 재료, 및 게스트 재료로서 언급한다.

[0029] 예를 들어, 10^{-6} cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 전자 수송 재료가 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)로서 사용될 수 있다. 또한, 예를 들어, 10^{-6} cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 정공 수송 재료가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로서 사용될 수 있다.

[0030] 상기 구조에서, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 각각의 최저 삼중항 여기 에너지 준위 (T_1 준위)는 바람직하게는 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 T_1 준위보다 높음을 인지한다. 그 이유는 하기와 같다: 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 각각의 T_1 준위가 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 T_1 준위보다 낮으면, 발광에 기여하는 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 삼중항 여기 에너지가 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)에 의해 소광되며, 이는 발광 효율을 감소시킨다.

[0031] 또한, 호스트 재료로부터 게스트 재료로의 에너지 전달의 효율 향상을 위해서는, 분자간의 에너지 전달 메커니즘으로서 공지된 포스터(Foerster) 메커니즘 (쌍극자-쌍극자 상호작용) 및 텍스터(Dexter) 메커니즘 (전자 교환 상호작용)이 고려된다. 이들 메커니즘에 따르면, 호스트 재료의 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태에서부터의 에너지 전달에서는 형광 스펙트럼, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 전달에서는 인광 스펙트럼)이 게스트 재료의 흡수 스펙트럼 (구체적으로는, 최장파장 (최저 에너지)측의 흡수 밴드에서의 스펙트럼)과 크게 중첩되는 것이 바람직하다.

[0032] 그러나, 예를 들어, 게스트 재료로서 인광성 화합물을 사용하는 경우에는, 호스트 재료의 형광 스펙트럼과 게스트 재료의 최장파장 (최저 에너지)측의 흡수 밴드에서의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 얻기가 어렵다. 그 이유는 하기와 같다: 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장 (최저 에너지)측의 흡수 밴드에서의 흡수 스펙트럼과 중첩되는 경우, 호스트 재료의 인광 스펙트럼이 형광 스펙트럼에 비해 보다 장파장 (보다 낮은 에너지)측에 위치하기 때문에, 호스트 재료의 T_1 준위가 인광성 화합물의 T_1 준위보다 낮게 되고, 상기에 기재된

소광 문제가 발생되지만; 소광 문제를 피하기 위해, 호스트 재료를, 호스트 재료의 T_1 준위가 게스트 재료로서 사용되는 인광성 화합물의 T_1 준위보다 높게 되도록 설계하면, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 보다 단파장 (보다 높은 에너지)측으로 변위되고, 따라서 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장 (최저 에너지)측의 흡수 밴드에서의 흡수 스펙트럼과 어떠한 중첩도 갖지 않는다. 이러한 이유로, 일반적으로, 호스트 재료의 형광 스펙트럼과 게스트 재료의 최장파장 (최저 에너지)측의 흡수 밴드에서의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 얻어 호스트 재료의 일중항 여기 상태로부터의 에너지 전달을 최대화하는 것은 어렵다.

[0033] 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태에서, 제1 유기 화합물(120)과 제2 유기 화합물(122)의 조합은 엑시플렉스 (또한 여기 착체로서 언급됨)를 형성한다. 엑시플렉스를 도 2의 (A) 및 도 2의 (B)를 참조로 하여 하기에서 설명할 것이다.

[0034] 도 2의 (A)는 엑시플렉스의 개념을 나타내는 개략도이고; 제1 유기 화합물(120) (또는 제2 유기 화합물(122))의 형광 스펙트럼, 제1 유기 화합물(120) (또는 제2 유기 화합물(122))의 인광 스펙트럼, 제3 유기 화합물(124)의 흡수 스펙트럼, 및 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 나타나 있다.

[0035] 예를 들어, 발광 층(113)에서, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 형광 스펙트럼 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 형광 스펙트럼은 보다 장파장측에 위치하는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼으로 변환된다. 또한, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼과 크게 중첩되도록 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)을 선택하는 것은, 일중항 여기 상태로부터의 에너지 전달이 최대화될 수 있게 한다 (도 2의 (A) 참조).

[0036] 또한, 삼중항 여기 상태의 경우에는, 호스트 재료가 아닌 엑시플렉스로부터의 에너지 전달이 일어나는 것으로 고려됨을 인지한다.

[0037] 따라서, 형성된 엑시플렉스의 발광 파장이 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 각각의 발광 파장 (형광 파장)보다 길기 때문에, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 형광 스펙트럼 또는 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 형광 스펙트럼이 보다 장파장측에 위치하는 발광 스펙트럼이 될 수 있다.

[0038] 또한, 엑시플렉스는 아마도 일중항 여기 에너지와 삼중항 여기 에너지 사이에 극히 작은 차이를 가질 것이다. 즉, 일중항 상태로부터의 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 및 삼중항 상태로부터의 그의 발광 스펙트럼이 서로 매우 근접해 있다. 따라서, 상기에 기재된 바와 같이 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 (일반적으로 일중항 상태로부터의 엑시플렉스의 발광 스펙트럼)이 최장파장측에 위치하는 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 밴드와 중첩되도록 설계를 수행하는 경우, 삼중항 상태로부터의 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 (이는 많은 경우에 실온에서 관찰되지 않고 저온에서도 관찰되지 않음)이 또한 최장파장측에 위치하는 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 밴드와 중첩된다. 즉, 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 전달의 효율 뿐만 아니라 일중항 여기 상태로부터의 에너지 전달의 효율이 증가할 수 있고, 그 결과, 일중항 및 삼중항 여기 상태 둘 다로부터 발광이 효율적으로 얻어질 수 있다.

[0039] 상기에 기재된 바와 같이, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서는, 발광 층(113)에 형성된 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 이용하여 에너지가 전달 되고; 따라서, 에너지 전달 효율이 높다.

[0040] 또한, 엑시플렉스는 여기 상태로만 존재하고, 따라서 에너지를 흡수할 수 있는 기저 상태를 갖지 않는다. 따라서, 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태로부터 엑시플렉스로의 에너지 전달에 의해 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)이 발광 전에 실패되는 (즉, 발광 효율이 감소됨) 현상은 아마도 원칙적으로 발생하지 않을 것이다.

[0041] 상기에 기재된 엑시플렉스는 여기 상태의 상이한 분자들간의 상호작용에 의해 형성됨을 인지한다. 엑시플렉스는 일반적으로, 비교적 낮은 LUMO (LUMO: 최저 비점유 분자 오비탈) 준위를 갖는 재료와 비교적 높은 HOMO (HOMO: 최고 점유 분자 오비탈) 준위를 갖는 재료 사이에서 용이하게 형성되는 것으로 공지되어 있다.

[0042] 여기서, 제1 유기 화합물(120), 제2 유기 화합물(122), 및 엑시플렉스의 에너지 준위의 개념을 도 2의 (B)를 참조로 하여 설명한다. 도 2의 (B)는 제1 유기 화합물(120), 제2 유기 화합물(122), 및 엑시플렉스의 에너지 준위를 개략적으로 나타내는 것임을 인지한다.

[0043] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 서

로 상이하다. 구체적으로는, 에너지 준위는 하기 순서로 달라진다: 제1 유기 화합물(120)의 HOMO 준위 < 제2 유기 화합물(122)의 HOMO 준위 < 제1 유기 화합물(120)의 LUMO 준위 < 제2 유기 화합물(122)의 LUMO 준위. 엑시플렉스가 이들 두 유기 화합물에 의해 형성되는 경우, 엑시플렉스의 LUMO 준위 및 HOMO 준위는 각각 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로부터 유래된다 (도 2의 (B) 참조).

[0044] 엑시플렉스의 발광 파장은 HOMO 준위와 LUMO 준위 사이의 에너지 차에 의존한다. 일반적 경향으로, 에너지 차가 크면, 발광 파장이 짧고, 에너지 차가 작으면, 발광 파장이 길다.

[0045] 따라서, 엑시플렉스의 에너지 차는 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 에너지 차 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 에너지 차보다 작다. 즉, 엑시플렉스의 발광 파장은 제1 유기 화합물(120) 및 제2 유기 화합물(122) 각각의 발광 파장보다 길다.

[0046] 엑시플렉스가 실제로 이러한 특성을 갖는지의 여부를 확인하기 위해 분자 오비탈 계산을 하기와 같이 수행하였다. 일반적으로, 헤테로방향족 화합물과 방향족 아민의 조합은 종종, 방향족 아민의 LUMO 준위보다 낮은 헤테로방향족 화합물의 LUMO 준위 (전자를 쉽게 수용하는 특성) 및 헤테로방향족 화합물의 HOMO 준위보다 높은 방향족 아민의 HOMO 준위 (정공을 쉽게 수용하는 특성)의 영향 하에 엑시플렉스를 형성한다. 따라서, 헤테로방향족 화합물의 LUMO를 형성하는 전형적인 골격이며 본 발명의 하나의 실시형태에서의 제1 유기 화합물(120)의 모델인 디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: DBq)과, 방향족 아민의 HOMO를 형성하는 전형적인 골격이며 본 발명의 하나의 실시형태에서의 제2 유기 화합물(122)의 모델인 트리페닐아민 (약어: TPA)의 조합을 사용하여 계산을 수행하였다.

[0047] 먼저, 최저 일중항 여기 상태 (S_1) 및 최저 삼중항 여기 상태 (T_1)에서의 DBq (약어) 1 분자 및 TPA (약어) 1 분자의 최적 분자 구조 및 여기 에너지를, 시간-의존 밀도 함수 이론 (TD-DFT)을 이용하여 계산하였다. 또한, DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 여기 에너지를 또한 계산하였다.

[0048] 밀도 함수 이론 (DFT)에서, 총 에너지는 위치 에너지, 전자간 정전 에너지, 전자 운동 에너지, 및 복잡한 전자간 상호작용을 모두 포함하는 교환-상관 에너지의 합계로서 나타내어진다. 또한 DFT에서는, 교환-상관 상호작용이, 전자 밀도로 표시되는 하나의 전자 전위의 함수 (또 다른 함수의 함수)로 근사되어, 높은 속도 및 높은 정확도의 계산을 가능하게 한다. 여기서는, 하이브리드 함수인 B3LYP를 이용하여 교환-상관 에너지에 관한 각각의 파라미터의 무게를 특정하였다.

[0049] 또한, 기저 함수로서, 6-311 (각각의 원자가 오비탈에 대한 3개의 단축 함수를 사용하는 3중-분할 원자가 (triple-split valence) 기저계의 기저 함수)을 모든 원자에 적용하였다.

[0050] 상기 기저 함수에 의해, 예를 들어, 수소 원자의 경우에는 1s 내지 3s 오비탈이 고려되며, 탄소 원자의 경우에는 1s 내지 4s 및 2p 내지 4p 오비탈이 고려된다. 또한, 계산 정확도를 향상시키기 위해, 분극 기저계로서 p 함수 및 d 함수를 각각 수소 원자 및 수소 원자 이외의 원자에 가하였다.

[0051] 양자 화학 계산 프로그램으로는 가우시안(Gaussian) 09를 사용하였음을 인지한다. 고성능 컴퓨터 (알티스 (Altix) 4700, 에스지아이 재팬, 리미티드(SGI Japan, Ltd.) 제조)를 계산에 사용하였다.

[0052] 먼저, DBq (약어) 1 분자, TPA (약어) 1 분자, 및 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 계산하였다. 도 3에 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 나타내었다.

[0053] 도 3에 나타난 바와 같이, DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체는, TPA (약어)의 LUMO 준위보다 낮은 DBq (약어)의 LUMO 준위 (-1.99 eV) 및 DBq (약어)의 HOMO 준위보다 높은 TPA (약어)의 HOMO 준위 (-5.21 eV)의 영향 하에 DBq (약어) 및 TPA (약어)의 엑시플렉스를 형성한다는 것이 시사된다.

[0054] 도 4의 (A) 내지 도 4의 (F)는 DBq (약어) 1 분자, TPA (약어) 1 분자, 및 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 HOMO 및 LUMO의 분포를 나타낸다.

[0055] 도 4의 (A)는 DBq (약어) 1 분자의 LUMO 분포를 나타내고, 도 4의 (B)는 DBq 1 분자의 HOMO 분포를 나타내고, 도 4의 (C)는 TPA (약어) 1 분자의 LUMO 분포를 나타내고, 도 4의 (D)는 TPA (약어) 1 분자의 HOMO 분포를 나타내고, 도 4의 (E)는 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 LUMO 분포를 나타내고, 도 4의 (F)는 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 HOMO 분포를 나타냄을 인지한다.

[0056] 도 4의 (E) 및 도 4의 (F)에 나타난 바와 같이, DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 LUMO는 DBq (약어)측에 분포하고, 그의 HOMO는 TPA (약어)측에 분포하고, 이는 도 3에 나타난 결과와 일치한다.

[0057] 본 발명의 하나의 실시형태에서의 엑시플렉스의 형성 방법은, 하기에 기재되는 두가지 방법 중 어느 한쪽일 수

있다.

- [0058] 하나의 엑시플렉스 형성 방법은, 캐리어(양이온 또는 음이온)를 갖는 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122)(어시스트 재료)로부터 엑시플렉스를 형성하는 것이다.
- [0059] 일반적으로, 전자 및 정공이 호스트 재료 중에서 재결합되는 경우, 여기 상태의 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 전달되고, 따라서 게스트 재료가 여기 상태가 되어 발광하게 된다. 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 전달되기 전에, 호스트 재료 자체가 발광하거나 여기 에너지가 열 에너지로 전환되고, 이는 여기 에너지의 부분적 실실을 초래한다.
- [0060] 그러나, 본 발명의 하나의 실시형태에서는, 캐리어 (양이온 또는 음이온)를 갖는 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로부터 엑시플렉스가 형성되고; 따라서, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 일중항 엑시톤의 형성이 억제될 수 있다. 즉, 일중항 엑시톤을 형성하지 않으면서 직접 엑시플렉스를 형성하는 방법이 존재할 수 있다. 따라서, 일중항 여기 에너지의 실실이 억제될 수 있다. 따라서, 긴 수명을 갖는 발광 소자가 얻어질 수 있다.
- [0061] 예를 들어, 제1 유기 화합물(120)이 전자 수송 재료 중 전자 (캐리어)를 쉽게 포획하는 특성을 갖는 (낮은 LUMO 준위를 갖는) 전자 트래핑 화합물이고, 제2 유기 화합물(122)이 정공 수송 재료 중 정공 (캐리어)을 쉽게 포획하는 특성을 갖는 (높은 HOMO 준위를 갖는) 정공 트래핑 화합물인 경우에는, 제1 유기 화합물(120)의 음이온 및 제2 유기 화합물(122)의 양이온으로부터 직접 엑시플렉스가 형성된다. 이러한 방법을 통해 형성된 엑시플렉스는 특히 일렉트로플렉스(electroplex)로서 언급된다.
- [0062] 상기에 기재된 방식으로, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 일중항 여기 상태의 생성을 억제하고, 일렉트로플렉스로부터 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로 에너지를 전달함으로써, 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자가 얻어질 수 있다. 이 경우, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 삼중항 여기 상태의 생성도 유사하게 억제되고, 직접 엑시플렉스가 형성되고; 따라서, 아마도 엑시플렉스로부터 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로의 에너지 전달이 일어날 것임을 인지한다.
- [0063] 다른 엑시플렉스 형성 방법은, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 중 하나가 일중항 엑시톤을 형성하고, 이어서 기저 상태의 다른 하나와 상호작용하여 엑시플렉스를 형성하는 기본적인 방법이다. 일렉트로플렉스와 달리, 이 경우에는 일시적으로 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 또는 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 일중항 여기 상태가 생성되지만, 이는 엑시플렉스로 빠르게 전환되고; 따라서, 일중항 여기 에너지의 실실이 억제될 수 있다. 따라서, 제1 유기 화합물(120) 또는 제2 유기 화합물(122)의 여기 에너지의 실실을 억제할 수 있다. 이 경우, 아마도, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)의 삼중항 여기 상태도 유사하게 엑시플렉스로 빠르게 전환되고, 엑시플렉스로부터 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로 에너지가 전달될 것임을 인지한다.
- [0064] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)이 전자 트래핑 화합물이고, 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)이 정공 트래핑 화합물이고, 이들 화합물의 HOMO 준위간 차이 및 LUMO 준위간 차이가 큰 (구체적으로는, 0.3 eV 이상) 경우, 전자는 선택적으로 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)로 주입되고, 정공은 선택적으로 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로 주입됨을 인지한다. 이 경우, 일중항 엑시톤을 통해 엑시플렉스가 형성되는 방법에 비해 일렉트로플렉스가 형성되는 방법이 아마도 우선적일 것이다.
- [0065] 다음으로, 여기 에너지의 계산 결과를 나타낸다. DBq (약어) 1 분자의 S_1 여기 에너지는 3.294 eV이고, 형광 파장은 376.4 nm이다. DBq (약어) 1 분자의 T_1 여기 에너지는 2.460 eV이고, 인광 파장은 504.1 nm이다. 한편, TPA (약어) 1 분자의 S_1 여기 에너지는 3.508 eV이고, 형광 파장은 353.4 nm이다. TPA (약어) 1 분자의 T_1 여기 에너지는 2.610 eV이고, 인광 파장은 474.7 nm이다.
- [0066] 여기서는, S_1 및 T_1 준위에서의 DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 최적 분자 구조로부터 얻어지는 여기 에너지를 나타낸다. DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 S_1 여기 에너지는 2.036 eV이고, 형광 파장은 609.1 nm이다. DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 T_1 여기 에너지는 2.030 eV이고, 인광 파장은 610.0 nm이다.
- [0067] 상기 내용은, DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 형광 파장은 DBq (약어) 1 분자의 형광 파장 및 TPA (약어) 1 분자의 형광 파장보다 길다는 것을 보여준다. 상기 내용은 또한, DBq (약어)와 TPA (약어)의 이량체의 형광

과장과 인광 과장 사이의 차가 단지 0.9 nm이고, 이들 과장은 실질적으로 동일함을 보여준다.

- [0068] 이들 결과는 엑시플렉스가 일중항 여기 에너지 및 삼중항 여기 에너지를 실질적으로 동일한 에너지로 집약시킬 수 있음을 나타낸다. 따라서, 상기에 기재된 바와 같이, 엑시플렉스는 그의 일중항 상태 및 삼중항 상태 둘 다로부터 인광성 화합물에 에너지를 효율적으로 전달할 수 있다는 것이 시사된다.
- [0069] 이러한 효과는 에너지 전달 매체로서의 엑시플렉스의 사용에 특이적인 것이다. 일반적으로는, 호스트 재료의 일중항 여기 상태 또는 삼중항 여기 상태에서부터 인광성 화합물로의 에너지 전달이 고려된다. 한편, 본 발명의 하나의 실시형태는, 호스트 재료 및 또 다른 재료의 엑시플렉스가 먼저 형성되고, 엑시플렉스로부터의 에너지 전달이 이용된다는 점에서 종래 기술과 큰 차이가 있다. 또한, 이러한 차이는 이례적으로 높은 발광 효율을 제공한다.
- [0070] 일반적으로, 발광 소자의 발광 층에 엑시플렉스를 사용하는 것은, 발광 색을 조절할 수 있는 것 등의 가치를 갖지만, 이는 통상적으로 발광 효율의 현저한 감소를 초래함을 인지한다. 따라서, 엑시플렉스의 사용은 매우 효율적인 발광 소자를 얻기에는 부적합한 것으로 여겨져 왔다. 그러나, 본 발명자들은, 본 발명의 하나의 실시형태에서 나타난 바와 같이, 엑시플렉스를 에너지 전달 매체로서 사용하는 것이, 역으로 발광 효율을 최대화시킬 수 있다는 것을 발견하였다. 이러한 기술적 발상은 종래의 고정 관념과 상반되는 것이다.
- [0071] 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼이 서로 충분히 중첩되게 하기 위해서는, 발광 스펙트럼의 피크의 에너지와 흡수 스펙트럼의 최저 에너지측의 흡수 밴드의 피크의 에너지 사이의 차가 바람직하게는 0.3 eV 이하이다. 이 차는 더욱 바람직하게는 0.2 eV 이하, 훨씬 더 바람직하게는 0.1 eV 이하이다.
- [0072] 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자에서는, 엑시플렉스의 여기 에너지가 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로 충분히 전달되는 것, 및 엑시플렉스로부터의 발광이 실질적으로 관찰되지 않는 것이 바람직하다. 따라서, 바람직하게는 엑시플렉스를 통해 에너지가 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로 전달되어 제3 유기 화합물(124)이 인광을 발광한다. 제3 유기 화합물(124)은 바람직하게는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광 재료이고, 특히 바람직하게는 인광성 화합물임을 인지한다.
- [0073] 다음으로, 본 발명의 하나의 실시형태인 정공 수송 층(112) 및 발광 층(113)의 에너지 준위의 개념을 도 5의 (A) 내지 도 5의 (C)를 참조로 하여 설명할 것이다. 도 5의 (A) 내지 도 5의 (C)는 정공 수송 층(112) (정공 수송 층(112a), (112b), 및 (112c)) 및 발광 층(113)의 에너지 준위를 개략적으로 나타냄을 인지한다.
- [0074] 도 5의 (A) 내지 도 5의 (C)에 나타난 발광 층(113)에서, 상기에 기재된 제1 유기 화합물(120)과 제2 유기 화합물(122)의 조합은 엑시플렉스를 형성함을 인지한다.
- [0075] 도 5의 (A)는, 일례로서, T_1 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 T_1 준위보다 높고 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 낮은 1종의 유기 화합물로 형성된 정공 수송 층(112a)의 에너지 준위를 나타낸다.
- [0076] 도 5의 (A)에 나타난 구조의 경우, 정공 수송 층(112a)의 HOMO 준위는 엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 HOMO 준위보다 낮고; 따라서, 정공 수송 층(112a)으로부터 발광 층(113)의 보다 깊은 영역으로 정공이 도입되기 용이해지고, 이는 발광 층(113)의 발광 효율이 증가될 수 있게 한다. 한편, 구동개시 전압은 도 5의 (A)에 나타난 E_1 (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지에 의해 결정되고, 이는 에너지에 상응하는 전압보다 낮을 수 없다. 예를 들어, E_1 이 2 eV이면, 구동개시 전압은 2 V 미만이 될 수 없다. 이는, 도 5의 (A)에 나타난 구조의 경우, E_{2a} (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 정공 수송 층(112a)의 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지가 E_1 의 에너지보다 높기 때문이다.
- [0077] 다음으로, 도 5의 (B)는, 일례로서, T_1 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 T_1 준위보다 높고, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높은 1종의 유기 화합물로 형성된 정공 수송 층(112b)의 에너지 준위를 나타낸다.
- [0078] 도 5의 (B)에 나타난 구조의 경우, 정공 수송 층(112b)의 HOMO 준위가 엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 HOMO 준위보다 높고; 따라서, 구동 전압 (특히, 구동개시 전압)이 정공 수송 층(112b)의 HOMO 준위에 의존한다. 구체적으로, 구동개시 전압은 도 5의 (B)에 나타난 E_{2b} (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 정

공 수송 층(112b)의 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지에 의해 결정된다. 따라서, 도 5의 (B)에 나타난 구조의 경우, E_{2b} 의 에너지가 E_1 (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지보다 낮고; 따라서, 구동개시 전압이 감소될 수 있다. 그러나, 정공이 정공 수송 층(112b)으로부터 발광 층(113)으로 쉽게 수송되지 않고, 이는 특히 고휘도 (실용 휘도) 영역에서 발광 효율을 감소시킨다.

[0079] 다음으로, 도 5의 (C)는, 일례로서, 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물(126) 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물(128)을 함유하는 정공 수송 층(112c)의 에너지 준위를 나타낸다. 도 5의 (C)에 나타난 정공 수송 층(112c)의 에너지 준위는 본 발명의 하나의 실시형태의 개념이다.

[0080] 도 5의 (C)에 나타난 구조의 경우, 정공 수송 층(112c)의 HOMO 준위는, 제4 유기 화합물(126)로 인해 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위 이하일 수 있다. 따라서, 정공 수송 층(112c)으로부터 발광 층(113)의 보다 깊은 영역으로 정공이 도입되기 용이해지고, 이는 발광 층(113)의 발광 효율이 증가될 수 있게 한다. 또한, 구동 전압 (특히, 구동개시 전압)이 정공 수송 층(112c)의 HOMO 준위에 의존한다. 정공 수송 층(112c)의 HOMO 준위는 제5 유기 화합물(128)에 의해 영향받는다. 정공 수송 층(112c)의 LUMO 준위는 제4 유기 화합물(126)에 의해 영향받는다. 즉, 구동개시 전압은 도 5의 (C)에 나타난 E_{2c} (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 제5 유기 화합물(128)의 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지에 의해 결정된다. 따라서, 도 5의 (C)에 나타난 구조의 경우, E_{2c} 의 에너지가 E_1 (엑시플렉스가 형성되는 발광 층(113)의 LUMO 준위와 HOMO 준위 사이의 에너지 차)의 에너지보다 낮기 때문에, 구동개시 전압이 감소될 수 있다.

[0081] 도 5의 (C)에 나타난 구조에 의하면, 발광 층(113)의 발광 에너지보다 낮은 전기 에너지에 의해 재결합 전류가 흐를 수 있다. 일반적으로, 구동개시 전압은 발광 층(113)의 발광 에너지에 상응하는 전압이며, 그 전압보다 낮은 전압에서는 작동이 개시되지 않는 것으로 여겨진다. 그러나, 본 발명의 하나의 실시형태에서 구동개시 전압은 정공 수송 층(112c)에 함유된 제5 유기 화합물(128)에 의해 영향받고, 따라서 이전에 통상적으로 인정된 구동개시 전압보다 낮을 수 있다. 또한, 구동 개시시, 제5 유기 화합물(128)의 여기 에너지 생성에 대한 기여로 인해, 발광 효율이 아마도 낮을 것이지만, 구동 개시시에는 휘도가 지나치게 낮아 시인이 가능하지 않고; 따라서, 실용상 문제가 생기지 않는다. 실제로, 휘도가 실용 휘도 (구체적으로, 1 cd/m² 이상)이면, 주로 제4 유기 화합물(126)로부터 발광 층(113)으로의 정공 주입이 수행되고, 제5 유기 화합물(128)은 발광 층(113)으로의 정공 주입 또는 여기 상태에 거의 관여하지 않고; 따라서, 높은 발광 효율이 얻어질 수 있다.

[0082] 상기에 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서, 정공 수송 층(112c)은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물(126) 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물(128)을 함유한다. 정공 수송 층(112c)의 제4 유기 화합물(126)은 정공을 발광 층(113) (주로 발광 층(113) 내의 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료))에 주입하는 기능을 갖고, 따라서 발광 효율이 증가될 수 있다. 또한, 정공 수송 층(112c)의 제5 유기 화합물(128)의 HOMO 준위는 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높고; 따라서, 발광 층에 대한 구동 전압, 특히 구동개시 전압이 감소될 수 있다. 이들 효과는, 정공 수송 층이 2종 이상의 유기 화합물을 함유하고, HOMO 준위의 상기에 기재된 관계가 존재하는 경우에만 얻어질 수 있다.

[0083] 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)로서 인광성 화합물이 사용되는 경우에는, 제1 유기 화합물(120) 자체가 발광하기 쉽고, 에너지가 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로 전달될 수 있는 가능성이 적다. 이 경우, 제1 유기 화합물(120)이 효율적으로 발광할 수 있으면 바람직하지만, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)은 농도 소광의 문제를 일으키기 때문에 높은 발광 효율을 달성하기가 어렵다. 따라서, 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 중 적어도 하나가 형광성 화합물 (즉, 일중항 여기 상태에서부터 발광 또는 열 실효가 일어나기 쉬운 화합물)인 경우가 효과적이다. 따라서, 제1 유기 화합물(120) 및 제2 유기 화합물(122) 중 적어도 하나가 형광성 화합물인 것이 바람직하다.

[0084] 상기에 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서는, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 제3 유기 화합물 (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 이용하는 에너지 전달로 인해 에너지 전달 효율이 향상될 수 있고; 따라서, 발광 소자가 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

[0085] 또한, 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서는, HOMO 준위가 발광 층에 사용되는 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물, 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물이 정공 수송 층에 사용된다. 이러한 구조는, 발광 소자의 전류 효율이 증가되고, 발광 소자의 전압, 특

히 구동개시 전압이 감소될 수 있게 한다.

[0086] 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있음을 인지한다.

[0087] (실시형태 2)

[0088] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에 기재된 발광 소자의 변형예를 도 6을 참조로 하여 설명할 것이다. 실시형태 1에서의 발광 소자의 부분의 기능과 유사한 기능을 갖는 부분은 동일한 참조 번호로 나타내었고, 이러한 부분에 대한 설명은 생략함을 인지한다.

[0089] 도 6에 나타난 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 발광 소자는, 한 쌍의 전극(제1 전극(101) 및 제2 전극(103)) 사이에, 정공 주입 층(111), 정공 주입 층(111) 위의 정공 수송 층(112), 정공 수송 층(112) 위의 발광 층(113), 발광 층(113) 위의 전자 수송 층(114), 및 전자 수송 층(114) 위의 전자 주입 층(115)을 포함한다. 발광 층(113)은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물(120), 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물(122), 및 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광성의 제3 유기 화합물(124)을 함유한다. 제1 유기 화합물(120)과 제2 유기 화합물(122)의 조합은 엑시플렉스를 형성한다. 정공 수송 층(112)은 적어도, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물(126) 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물(128)을 함유한다.

[0090] 발광 층(113)에서, 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)이 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료) 및 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료) 중에 분산되어, 발광 층(113)에서의 높은 농도로 인한 농도 소광이 억제될 수 있고; 따라서, 발광 소자의 발광 효율이 증가될 수 있음을 인지한다.

[0091] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)과 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)의 조합은 엑시플렉스를 형성한다.

[0092] 본 실시형태에 기재된 발광 소자가 제조되는 구체적 예를 하기에서 설명할 것이다.

[0093] 기관(100)은 발광 소자의 지지체로서 사용된다. 예를 들어, 유리, 석영, 플라스틱 등이 기관(100)에 사용될 수 있다. 또한, 가요성 기관이 사용될 수 있다. 가요성 기관은, 예를 들어, 폴리카르보네이트, 폴리아릴레이트, 또는 폴리에테르 술폰으로 제조된 플라스틱 기관 등의, 굽어질 수 있는 기관이다. 다르게는, 막(폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리비닐 플루오라이드, 폴리비닐 클로라이드 등으로 제조됨), 증착에 의해 형성된 무기막 등이 사용될 수 있다. 발광 소자의 제조 방법에서 지지체로서 기능할 수 있는 한, 또 다른 기관이 사용될 수 있음을 인지한다.

[0094] 제1 전극(101) 및 제2 전극(103)으로서는, 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 이들의 혼합물 등이 사용될 수 있다. 구체적으로는, 산화인듐-산화주석 (ITO: 산화인듐주석), 규소 또는 산화규소를 함유하는 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐, 금 (Au), 백금 (Pt), 니켈 (Ni), 텅스텐 (W), 크로뮴 (Cr), 몰리브덴 (Mo), 철 (Fe), 코발트 (Co), 구리 (Cu), 팔라듐 (Pd), 또는 티타늄 (Ti)이 사용될 수 있다. 또한, 주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 예를 들어, 알칼리 금속, 예컨대 리튬 (Li) 또는 세슘 (Cs), 알칼리 토금속, 예컨대 마그네슘 (Mg), 칼슘 (Ca), 또는 스트론튬 (Sr), 이러한 원소를 함유하는 합금 (예를 들어, MgAg 또는 AlLi), 희토류 금속, 예컨대 유크로뮴 (Eu) 또는 이테르븀 (Yb), 이러한 원소를 함유하는 합금, 그래핀 등이 사용될 수 있다. 제1 전극(101) 및 제2 전극(103)은, 예를 들어, 스퍼터링법, 증착법 (진공 증착법 포함) 등에 의해 형성될 수 있음을 인지한다. 본 실시형태에서는, 제1 전극(101)이 애노드로서 사용되고, 제2 전극(103)이 캐소드로서 사용됨을 인지한다.

[0095] 정공 주입 층(111) 및 정공 수송 층(112)에 사용되는 높은 정공 수송성을 갖는 물질로서는, 예를 들어: 방향족 아민 화합물, 예컨대 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: NPB 또는 α -NPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (약어: TPD), 4,4',4"-트리스(카르바졸-9-일)트리페닐아민 (약어: TCTA), 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민 (약어: TDATA), 4,4',4"-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민 (약어: MTDATA), 및 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: BSPB); 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCA1); 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCA2); 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCN1) 등을 들 수 있다. 하기 카르바졸 유도체가 사용될 수도 있다: 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약어: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠 (약어: TCPB), 및 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸 (약어: CzPA). 하기에 제공되는 정공 수송 재료가 사용될 수도 있다. 여기에 제

공된 물질은 주로, 10^{-6} cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 것들이다. 상기 물질 이외의 임의의 물질이, 그의 정공 수송성이 그의 전자 수송성보다 높은 한, 사용될 수 있음을 인지한다.

[0096] 폴리(N-비닐카르바졸) (약어: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민) (약어: PVTPA), 폴리[N-(4-(N'-(4-(4-디페닐아미노)페닐)페닐-N'-페닐아미노)페닐)메타크릴아미드] (약어: PTPDMA), 또는 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘] (약어: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물이 정공 주입 층(111) 및 정공 수송 층(112)에 사용될 수도 있다.

[0097] 정공 주입 층(111)에 사용될 수 있는 수용체 물질의 예로서는, 전이 금속 산화물 및 주기율표의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화몰리브데넘이 특히 바람직하다.

[0098] 정공 수송 층(112)에서, HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)(어시스트 재료)의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물(126) 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물(122)(어시스트 재료)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물(128)로서 사용되는 물질은 상기에 제공된 물질로부터 선택될 수 있다. 제4 유기 화합물(126) 및 제5 유기 화합물(128)로서 사용되는 물질은 상기에 제공된 물질로 제한되지 않고, 이들 물질은 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로서 사용되는 물질에 따라 실시자에 의해 적절히 선택될 수 있음을 인지한다.

[0099] 발광 층(113)은 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료), 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료), 및 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)를 함유한다.

[0100] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)로서는 전자 수송 재료가 바람직하게 사용된다. 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로서는 정공 수송 재료가 바람직하게 사용된다. 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로서는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광 재료가 바람직하게 사용된다.

[0101] 전자 수송 재료로서는, π -전자 부족 헤테로방향족 화합물, 예컨대 질소-함유 헤테로방향족 화합물이 바람직하고; 예를 들어, 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물 (예를 들어, 옥사디아졸 유도체, 이미다졸 유도체, 및 트리아졸 유도체), 예컨대 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸 (약어: PBD), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸 (약어: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠 (약어: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]-9H-카르바졸 (약어: C011), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸) (약어: TPBI), 및 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸 (약어: mDBTBIIm-II); 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물 (예를 들어, 피라진 유도체, 피리미딘 유도체, 피리다진 유도체, 퀴놀살린 유도체, 및 디벤조퀴놀살린 유도체), 예컨대 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-카르바졸-9-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘 (약어: 4,6mPnP2Pm), 및 4,6-비스[3-(4-디벤조티오펜)페닐]피리미딘 (약어: 4,6mDBTP2Pm-II); 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물 (예를 들어, 피리딘 유도체, 퀴놀린 유도체, 및 디벤조퀴놀린 유도체), 예컨대 3,5-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약어: 35DCzPPy) 및 1,3,5-트리[3-(3-피리딜)페닐]벤젠 (약어: TmPyPB)을 들 수 있다. 상기에 제공된 재료 중, 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물이 높은 신뢰성을 가져서 바람직하다. 구체적으로, 디아진 (피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물은 높은 전자 수송성을 가져 구동 전압의 감소에 기여한다.

[0102] 정공 수송 재료로서는, π -전자 풍부 헤테로방향족 화합물 (예를 들어, 카르바졸 유도체 또는 인돌 유도체) 또는 방향족 아민 화합물이 바람직하고; 예를 들어, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (약어: TPD), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBA1BP), 4,4'-디페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBBI1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)-트리페닐아민 (약어: PCBANB), 4,4'-디(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBNBB), 9,9-디메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-플루오렌-2-아민 (약어: PCBAF), 및 N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]스피로-9,9'-비플루오렌-2-아민 (약어: PCBASF); 카르바졸 골격을 갖는 화합물, 예컨대 1,3-비스(N-카르바졸릴)벤젠 (약어: mCP), 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약어: CBP), 3,6-비스(3,5-디페닐페닐)-9-페닐카르바졸 (약어: CzTP), 및 3,3'-비스(9-페닐-9H-카르바졸) (약어: PCCP); 티오펜 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약어: DBT3P-II), 2,8-디페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-

9-일)페닐)디벤조티오펜 (약어: DBTFLP-III), 및 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐디벤조티오펜 (약어: DBTFLP-IV); 및 푸란 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조푸란) (약어: DBF3P-II) 및 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}디벤조푸란 (약어: mmDBFFLBI-II)을 들 수 있다. 상기에 제공된 재료 중, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카르바졸 골격을 갖는 화합물은 높은 신뢰성 및 높은 정공 수송성을 가져 구동 전압의 감소에 기여하기 때문에 이들 화합물이 바람직하다.

[0103] 이들 전자 수송 재료 및 정공 수송 재료는 청색 파장 범위에서 흡수 스펙트럼을 갖지 않는 것이 바람직함을 인지한다. 구체적으로는, 흡수 스펙트럼의 흡수단이 바람직하게는 440 nm 이하에 있다.

[0104] 한편, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환시키는 발광 재료의 예는, 인광성 재료 및 열 활성화 지연 형광을 나타내는 열 활성화 지연 형광성 (TADF) 재료를 포함한다.

[0105] 인광성 재료로서는, 예를 들어, 440 nm 내지 520 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 재료가 있고, 그의 예는, 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일- κN^2]페닐- κC]이리듐(III) (약어: Ir(mpptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약어: [Ir(Mptz)₃], 및 트리스[4-(3-비페닐)-5-이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약어: Ir(iPrptz-3b)₃); 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약어: [Ir(Mptzl-mp)₃]) 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약어: Ir(Prptzl-Me)₃); 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 fac-트리스[1-(2,6-디이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III) (약어: Ir(iPrpmi)₃) 및 트리스[3-(2,6-디메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이트]이리듐(III) (약어: Ir(dmpimpt-Me)₃); 및 전자 흡인 기를 갖는 페닐피리딘 유도체가 리간드인 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N, $C^{2'}$]이리듐(III) 테트라키스(1-피라졸릴)보레이트 (약어: FIR6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N, $C^{2'}$]이리듐(III) 피콜리네이트 (약어: FIRpic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N, $C^{2'}$ }이리듐(III) 피콜리네이트 (약어: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 및 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N, $C^{2'}$]이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: Fir(acac))를 포함한다. 상기에 제공된 재료 중, 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 높은 신뢰성 및 높은 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다.

[0106] 520 nm 내지 600 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 재료의 예는, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppm)₃), 트리스(4-tert-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[4-(2-노르보르닐)-6-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (엔도- 및 엑소-혼합물) (약어: Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (약어: Ir(mpppm)₂(acac)), 및 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(dppm)₂(acac)); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 (아세틸아세토네이트)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppr-Me)₂(acac)) 및 (아세틸아세토네이트)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppr-iPr)₂(acac)); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(2-페닐피리디네이트-N, $C^{2'}$)이리듐(III) (약어: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디네이트-N, $C^{2'}$)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: Ir(ppy)₂acac), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: Ir(bzq)₂(acac)), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) (약어: Ir(bzq)₃), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트-N, $C^{2'}$)이리듐(III) (약어: Ir(pq)₃), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이트-N, $C^{2'}$)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: Ir(pq)₂(acac)); 및 희토류 금속 착체, 예컨대 트리스(아세틸아세토네이트) (모노페난트롤린)

테르븀(III) (약어: Tb(acac)₃(Phen))을 포함한다. 상기에 제공된 재료 중, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 두드러지게 높은 신뢰성 및 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다.

[0107] 600 nm 내지 700 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 재료의 예는, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이소부틸릴메타노)이리듐(III) (약어: Ir(5mdppm)₂(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트] (디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: Ir(5mdppm)₂(dpm)), 및 비스[4,6-디(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: Ir(dlnpm)₂(dpm)); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tppr)₂(acac)), 비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tppr)₂(dpm)), 또는 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이트]이리듐(III) (약어: Ir(Fdpq)₂(acac)); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III) (약어: Ir(piq)₃) 및 비스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트 (약어: Ir(piq)₂acac); 백금 착체, 예컨대 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II) (약어: PtOEP); 및 희토류 금속 착체, 예컨대 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III) (약어: Eu(DBM)₃(Phen)) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III) (약어: Eu(TTA)₃(Phen))을 포함한다. 상기에 제공된 재료 중, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 두드러지게 높은 신뢰성 및 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 유리한 색도를 갖는 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0108] TADF 재료에 의해 나타나는 "지연 형광"은, 통상의 형광과 동일한 스펙트럼 및 매우 긴 수명을 갖는 발광을 지칭함을 인지한다. 수명은 10⁻⁶ 초 이상, 바람직하게는 10⁻³ 초 이상이다. TADF 재료의 구체적 예는, 풀러렌, 그 의 유도체, 아크리딘 유도체, 예컨대 프로플라빈, 및 에오신을 포함한다. 또한, 금속-함유 포르피린, 예컨대 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 함유하는 포르피린을 들 수 있다. 금속-함유 포르피린의 예는, 프로토포르피린-플루오린화주석 착체(SnF₂(Proto IX)), 메소포르피린-플루오린화주석 착체(SnF₂(Meso IX)), 헤마토포르피린-플루오린화주석 착체(SnF₂(Hemato IX)), 코프로포르피린 테트라메틸 에스테르-플루오린화주석 착체(SnF₂(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린-플루오린화주석 착체(SnF₂(OEP)), 에티오포르피린-플루오린화주석 착체(SnF₂(Etio I)), 및 옥타에틸포르피린-염화백금 착체(PtCl₂(OEP))를 포함한다. 다르게는, π-전자 풍부 헤테로방향족 고리 및 π-전자 부족 헤테로방향족 고리를 포함하는 헤테로시클릭 화합물, 예컨대 2-(비페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-α]카르바졸-11-일)-1,3,5-트리아진 (약어: PIC-TRZ)이 사용될 수 있다. π-전자 풍부 헤테로방향족 고리가 π-전자 부족 헤테로방향족 고리에 직접 결합된 재료가 특히 바람직하게 사용되고, 이 경우에는 π-전자 풍부 헤테로방향족 고리의 공여체 특성 및 π-전자 부족 헤테로방향족 고리의 수용체 특성 둘 다 증가되고, S₁ 준위와 T₁ 준위 사이의 에너지 차가 작아지게 됨을 인지한다.

[0109] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료), 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료), 및 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)로서 사용될 수 있는 재료는 상기에 제공된 것들로 제한되지 않음을 인지한다. 엑시플렉스가 형성될 수 있고, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼과 중첩되고, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼의 피크가 제3 유기 화합물(124) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼의 피크보다 장파장을 갖도록 하는 조합이 결정된다.

[0110] 제1 유기 화합물(120) (호스트 재료)로서 전자 수송 재료가 사용되고, 제2 유기 화합물(122) (어시스트 재료)로서 정공 수송 재료가 사용되는 경우, 화합물의 혼합비에 의해 캐리어 밸런스가 조절될 수 있다. 구체적으로는, 제1 유기 화합물(120) 대 제2 유기 화합물(122)의 비율은 바람직하게는 1:9 내지 9:1이다.

[0111] 전자 수송 층(114)은 높은 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 전자 수송 층(114)에서는, 상기에 제공된 전자 수송 재료에 추가로, 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄 (약어: Alq₃), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄 (약어: Almq₃), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨 (약어: BeBq₂), BAlq, Zn(BOX)₂, 또

는 비스[2-(2-히드록시페닐)벤조티아졸레이토]아연 (약어: Zn(BTZ)₂) 등의 금속 착체가 사용될 수 있다. 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸 (약어: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠 (약어: OXD-7), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-5-(4-비페닐릴)-1,2,4-트리아졸 (약어: TAZ), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-비페닐릴)-1,2,4-트리아졸 (약어: p-EtTAZ), 바소페난트롤린 (약어: Bphen), 바소큐프로인 (약어: BCP), 또는 4,4'-비스(5-메틸벤조카솔-2-일)스틸벤 (약어: BzOs) 등의 헤테로방향족 화합물이 사용될 수도 있다. 폴리(2,5-피리딘디일) (약어: PPy), 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-코-(피리딘-3,5-디일)] (약어: PF-Py) 또는 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-코-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)] (약어: PF-BPy) 등의 고분자 화합물이 사용될 수도 있다. 여기에 제공된 물질은 주로, 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 것들이다. 상기 물질 이외의 임의의 물질이, 그의 전자 수송성이 그의 정공 수송성보다 높은 한, 전자 수송 층(114)에 사용될 수 있음을 인지한다.

[0112] 전자 수송 층(114)은 단층으로 제한되지 않고, 임의의 상기 물질을 함유하는 2층 이상의 적층체일 수 있다.

[0113] 전자 주입 층(115)은 높은 전자 주입성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 전자 주입 층(115)에는, 플루오린화리튬 (LiF), 플루오린화세슘 (CsF), 플루오린화칼슘 (CaF₂), 또는 산화리튬 (LiO_x) 등의 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속의 화합물이 사용될 수 있다. 플루오린화에르븀 (ErF₃) 등의 희토류 금속 화합물이 사용될 수도 있다. 상기에 제공된, 전자 수송 층(114)의 형성을 위한 임의의 물질이 사용될 수도 있다.

[0114] 전자 주입 층(115)에는 유기 화합물 및 전자 공여체 (공여체)가 혼합된 복합 재료가 사용될 수도 있다. 이러한 복합 재료는, 전자 공여체가 유기 화합물에서 전자 발생을 일으키기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물은 바람직하게는 발생된 전자 수송에 있어 우수한 재료이다. 구체적으로는, 예를 들어, 상기에 기재된 전자 수송 층(114)의 형성을 위한 물질 (예를 들어, 금속 착체 및 헤테로방향족 화합물)이 사용될 수 있다. 전자 공여체로서는, 유기 화합물에 대해 전자 공여성을 나타내는 물질이 사용될 수 있다. 구체적으로는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 및 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 에르븀, 이테르븀 등을 들 수 있다. 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토금속 산화물이 또한 바람직하고, 그의 예는 산화리튬, 산화칼슘, 및 산화바륨을 포함한다. 산화마그네슘 등의 루이스 염기가 사용될 수도 있다. 테트라티아폴발렌 (약어: TTF) 등의 유기 화합물이 사용될 수도 있다.

[0115] 상기에 기재된 정공 주입 층(111), 정공 수송 층(112), 발광 층(113), 전자 수송 층(114), 및 전자 주입 층(115) 각각은, 증착법 (예를 들어, 진공 증착법), 잉크젯법, 또는 코팅법 등의 방법에 의해 형성될 수 있음을 인지한다.

[0116] 상기에 기재된 발광 소자의 발광 층(113)에서 얻어진 발광은, 제1 전극(101) 및 제2 전극(103) 중 하나 또는 둘 다를 통해 외부로 추출된다. 따라서, 본 실시형태에서의 제1 전극(101) 및 제2 전극(103) 중 하나 또는 둘 다는 투광성을 갖는 전극이다.

[0117] 상기에 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서는, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 제3 유기 화합물 (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 이용하는 에너지 전달로 인해 에너지 전달 효율이 향상될 수 있고; 따라서, 발광 소자가 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

[0118] 또한, 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서는, HOMO 준위가 발광 층에 사용되는 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물이 정공 수송 층에 사용된다. 이러한 구조는, 발광 소자의 전류 효율이 증가되고, 전압, 특히 구동개시 전압이 감소될 수 있게 한다.

[0119] 또한, 본 실시형태에 기재된 발광 소자는 본 발명의 하나의 실시형태이고, 특히 정공 수송 층 및 발광 층의 구조에 의해 특성화된다. 따라서, 본 실시형태에 기재된 구조가 사용되는 경우, 패시브(passive) 매트릭스 발광 장치, 액티브(active) 매트릭스 발광 장치 등이 제조될 수 있다. 이들 발광 장치 각각이 본 발명에 포함된다.

[0120] 액티브 매트릭스 발광 장치의 경우, TFT의 구조에 대한 특별한 제한은 없음을 인지한다. 예를 들어, 스테거드(staggered) TFT 또는 인버티드 스테거드(inverted staggered) TFT가 적절히 사용될 수 있다. 또한, TFT 기판 위에 형성된 구동 회로는 n형 TFT 및 p형 TFT 둘 다 또는 n형 TFT 또는 p형 TFT 중 한쪽만을 사용하여 형성될 수 있다. 또한, TFT에 사용되는 반도체 막의 결정성에 대한 특별한 제한은 없다. 예를 들어, 비정질 반도체 막, 결정성 반도체 막, 산화물 반도체 막 등이 사용될 수 있다.

- [0121] 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있음을 인지한다.
- [0122] (실시형태 3)
- [0123] 본 실시형태에서는, 본 발명의 하나의 실시형태로서, 복수의 발광 층 사이에 전하 발생 층을 개재시킨 발광 소자 (이하, 탠덤(tandem) 발광 소자로서 언급됨)를 설명할 것이다.
- [0124] 본 실시형태에 기재된 발광 소자는, 도 7의 (A)에 나타낸 바와 같이 한 쌍의 전극 (제1 전극(301) 및 제2 전극(303)) 사이에 복수의 발광 층 (제1 발광 층(311) 및 제2 발광 층(312))을 포함하는 탠덤 발광 소자이다.
- [0125] 본 실시형태에서, 제1 전극(301)은 애노드로서 기능하고, 제2 전극(303)은 캐소드로서 기능한다. 제1 전극(301) 및 제2 전극(303)은 실시형태 2에 기재된 구조와 유사한 구조를 가질 수 있음을 인지한다. 또한, 복수의 발광 층 (제1 발광 층(311) 및 제2 발광 층(312))이 실시형태 1 또는 2에 기재된 구조와 유사한 구조를 가질 수도 있지만, 임의의 발광 층이 실시형태 1 또는 2에 기재된 구조와 유사한 구조를 가질 수 있다. 즉, 제1 발광 층(311) 및 제2 발광 층(312)의 구조는 서로 동일하거나 상이할 수 있고, 실시형태 1 또는 2에 기재된 구조와 유사할 수 있다. 제1 발광 층(311) 및 제2 발광 층(312) 중 하나 또는 둘 다가 실시형태 1 또는 2에 기재된 정공 수송 층을 포함함을 인지한다.
- [0126] 또한, 복수의 발광 층 (제1 발광 층(311) 및 제2 발광 층(312)) 사이에 전하 발생 층(313)이 있다. 전하 발생 층(313)은, 제1 전극(301)과 제2 전극(303) 사이에 전압을 인가하였을 때, 발광 층 중 하나에 전자를 주입하는 기능 및 발광 층 중 다른 하나에 정공을 주입하는 기능을 갖는다. 본 실시형태에서, 제1 전극(301)의 전위가 제2 전극(303)의 것보다 높게 되도록 전압을 인가하는 경우, 전하 발생 층(313)은 제1 발광 층(311)에 전자를 주입하고, 제2 발광 층(312)에 정공을 주입한다.
- [0127] 광 추출 효율의 면에서, 전하 발생 층(313)은 바람직하게는 가시광 투과성을 가짐 (구체적으로는, 전하 발생 층(313)은 40% 이상의 가시광 투과율을 가짐)을 인지한다. 또한, 전하 발생 층(313)은, 제1 전극(301) 또는 제2 전극(303)보다 낮은 도전율을 갖는 경우에도 기능한다.
- [0128] 전하 발생 층(313)은, 높은 정공 수송성을 갖는 유기 화합물에 전자 수용체 (수용체)가 첨가된 구조 또는 높은 전자 수송성을 갖는 유기 화합물에 전자 공여체 (공여체)가 첨가된 구조 중 어느 한쪽을 가질 수 있다. 다르게는, 이들 구조 둘 다가 적층될 수 있다.
- [0129] 높은 정공 수송성을 갖는 유기 화합물에 전자 수용체가 첨가된 구조의 경우, 높은 정공 수송성을 갖는 유기 화합물로서는, 예를 들어, 방향족 아민 화합물, 예컨대 NPB, TPD, TDATA, MTDATA, 또는 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: BSPB) 등이 사용될 수 있다. 여기에 제공된 물질은 주로, 10^{-6} cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 것들이다. 상기 물질 이외의 임의의 물질이, 그의 정공 수송성이 그의 전자 수송성보다 높은 한 사용될 수 있음을 인지한다.
- [0130] 또한, 전자 수용체의 예는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄 (약어: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 포함한다. 다른 예는 전이 금속 산화물을 포함한다. 다른 예는 주기율표의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물을 포함한다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈럼, 산화크로뮴, 산화몰리브데넘, 산화텅스텐, 산화망가니즈, 및 산화레늄이 이들의 높은 전자 수용성으로 인해 바람직하다. 이들 금속 산화물 중, 산화몰리브데넘은 공기 중에서 안정하고, 낮은 흡습성을 갖고, 취급이 용이하기 때문에 특히 바람직하다.
- [0131] 한편, 높은 전자 수송성을 갖는 유기 화합물에 전자 공여체가 첨가된 구조의 경우, 높은 전자 수송성을 갖는 유기 화합물로서는, 예를 들어, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체, 예컨대 Alq, Almq₃, BeBq₂, 또는 BAq 등이 사용될 수 있다. 다르게는, 옥사졸계 리간드 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체, 예컨대 Zn(BOX)₂ 또는 Zn(BTZ)₂가 사용될 수 있다. 이러한 금속 착체 이외에, PBD, OXD-7, TAZ, BPhen, BCP 등이 사용될 수 있다. 여기에 제공된 물질은 주로, 10^{-6} cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 것들이다. 상기 물질 이외의 임의의 물질이, 그의 전자 수송성이 그의 정공 수송성보다 높은 한 사용될 수 있음을 인지한다.
- [0132] 또한, 전자 공여체로서, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 주기율표의 13족에 속하는 금속, 또는 이들의 산화물 또는 탄산염이 사용될 수 있다. 구체적으로는, 리튬 (Li), 세슘 (Cs), 마그네슘 (Mg), 칼슘 (Ca), 이테르븀 (Yb), 인듐 (In), 산화리튬, 탄산세슘 등이 바람직하게 사용된다. 테트라티아나프타센 등의 유기 화합물이 전자 공여체로서 사용될 수도 있다.

- [0133] 임의의 상기 재료로 전하 발생 층(313)을 형성함으로써, 발광 층이 적층되는 경우에 발생하는 구동 전압의 증가를 억제할 수 있다.
- [0134] 도 7의 (A)는 2개의 발광 층을 포함하는 발광 소자를 나타내지만, 본 발명은 도 7의 (B)에 나타난 바와 같이 n개의 발광 층 (n은 3 이상임)이 적층된 발광 소자에도 유사하게 적용될 수 있다. 본 실시형태의 발광 소자에서와 같이 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 층이 있는 경우, 발광 층 사이에 전하 발생 층(313)을 제공함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 발광 소자가 고휘도 영역에서 발광할 수 있다. 전류 밀도가 낮게 유지될 수 있기 때문에, 소자가 긴 수명을 가질 수 있다. 발광 소자가 조명에 적용되는 경우, 전극 재료의 저항으로 인한 전압 강하가 감소됨으로써 대면적에서 균일한 발광이 달성될 수 있다. 또한, 저전압에서 구동될 수 있고 전력 소비가 낮은 발광 장치를 달성할 수 있다.
- [0135] 또한, 발광 층의 발광 색을 상이하게 함으로써, 발광 소자 전체로부터 원하는 색의 빛이 얻어질 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광 층을 갖는 발광 소자에서 제1 및 제2 발광 층의 발광 색을 보색으로 함으로써, 발광 소자가 전체적으로 백색 광을 발광하도록 할 수 있다. 용어 "보색"은, 색 혼합시 무채색이 얻어지는 색 관계를 의미함을 인지한다. 즉, 발광 색이 보색인 물질로부터 발광된 빛의 혼합에 의해 백색 광의 발광이 얻어질 수 있다.
- [0136] 또한, 3개의 발광 층을 갖는 발광 소자에도 동일하게 적용된다. 예를 들어, 제1 발광 층의 발광 색이 적색이고, 제2 발광 층의 발광 색이 녹색이고, 제3 발광 층의 발광 색이 청색인 경우, 발광 소자는 전체적으로 백색 광을 발광할 수 있다.
- [0137] 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있음을 인지한다.
- [0138] (실시형태 4)
- [0139] 본 실시형태에서는, 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 장치를 설명할 것이다.
- [0140] 본 실시형태에 기재된 발광 장치는, 한 쌍의 전극 사이의 광 공진 효과를 이용한 마이크로 광 공진기 (마이크로 캐비티) 구조를 갖는다. 발광 장치는, 도 8에 나타난 바와 같이, 각각 한 쌍의 전극 (반사 전극(451) 및 반투과 및 반반사 전극(452)) 사이에 적어도 EL 층(455)을 갖는 복수의 발광 소자를 포함한다. 또한, EL 층(455)은 적어도 정공 수송 층 (도시되지 않음) 및 발광 층(454) ((454R), (454G), 및 (454B))을 포함하고, 정공 주입 층, 전자 수송 층, 전자 주입 층, 전하 발생 층 등을 추가로 포함할 수 있다.
- [0141] 제1 발광 소자(450R)는, 반사 전극(451) 위에, 제1 투명 도전 층(453a), 일부가 제1 발광 층(454B), 제2 발광 층(454G), 및 제3 발광 층(454R)을 포함하는 EL 층(455), 및 반투과 및 반반사 전극(452)이 순차적으로 적층되어 있는 구조를 갖는다. 제2 발광 소자(450G)는, 반사 전극(451) 위에, 제2 투명 도전 층(453b), EL 층(455), 및 반투과 및 반반사 전극(452)이 순차적으로 적층되어 있는 구조를 갖는다. 제3 발광 소자(450B)는, 반사 전극(451) 위에, EL 층(455) 및 반투과 및 반반사 전극(452)이 순차적으로 적층되어 있는 구조를 갖는다.
- [0142] 발광 소자 (제1 발광 소자(450R), 제2 발광 소자(450G), 및 제3 발광 소자(450B))에 대해, 반사 전극(451), EL 층(455), 및 반투과 및 반반사 전극(452)은 공통적임을 인지한다. 제1 발광 층(454B)은 420 nm 내지 480 nm의 파장 영역의 피크를 갖는 빛 (λ_B)을 발광한다. 제2 발광 층(454G)은 500 nm 내지 550 nm의 파장 영역의 피크를 갖는 빛 (λ_G)을 발광한다. 제3 발광 층(454R)은 600 nm 내지 760 nm의 파장 영역의 피크를 갖는 빛 (λ_R)을 발광한다. 따라서, 각각의 발광 소자 (제1 발광 소자(450R), 제2 발광 소자(450G), 및 제3 발광 소자(450B))에서, 제1 발광 층(454B), 제2 발광 층(454G), 및 제3 발광 층(454R)으로부터 발광된 빛이 서로 중첩되고; 따라서, 가시광 범위를 커버하는 폭넓은 발광 스펙트럼을 갖는 빛이 발광될 수 있다. 상기 파장은 $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ 의 관계를 만족함을 인지한다.
- [0143] 본 실시형태에 기재된 발광 소자 각각은, 반사 전극(451)과 반투과 및 반반사 전극(452) 사이에 EL 층(455)이 삽입되어 있는 구조를 갖는다. EL 층(455)에 포함된 발광 층으로부터 모든 방향으로 발광된 빛은 마이크로 광 공진기 (마이크로 캐비티)로서 기능하는 반사 전극(451) 및 반투과 및 반반사 전극(452)에 의해 공진된다. 반사 전극(451)은 반사성을 갖는 도전성 재료를 사용하여 형성되며, 가시광 반사율이 40% 내지 100%, 바람직하게는 70% 내지 100%이고, 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ 이하인 막이 사용됨을 인지한다. 또한, 반투과 및 반반사 전극(452)은 반사성을 갖는 도전성 재료 및 투광성을 갖는 도전성 재료를 사용하여 형성되며, 가시광 반사율이 20% 내지 80%, 바람직하게는 40% 내지 70%이고, 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ 이하인 막이 사용된다.

- [0144] 본 실시형태에서, 각각 제1 발광 소자(450R) 및 제2 발광 소자(450G)에 있는 투명 도전 층(제1 투명 도전 층(453a) 및 제2 투명 도전 층(453b))의 두께를 발광 소자마다 변화시킴으로써, 발광 소자에서 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이가 달라진다. 즉, 발광 소자 각각의 발광 층으로부터 발광된, 폭넓은 발광 스펙트럼을 갖는 빛에서는, 반사 전극(451)과 반투과 및 반반사 전극(452) 사이에서 공진되는 파장을 갖는 빛을 증강시킬 수 있으면서, 이들 사이에서 공진되지 않는 파장을 갖는 빛은 감쇠시킬 수 있다. 따라서, 소자에서 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이가 상이하면, 상이한 파장을 갖는 빛이 추출될 수 있다.
- [0145] 광로 길이 (또한, 광학 거리로서 언급됨)는 실제 거리와 굴절률의 곱으로 표현됨을 인지한다. 본 실시형태에서, 광로 길이는 실제 두께와 n (굴절률)의 곱이고; 즉, 광로 길이 = 실제 두께 $\times n$ 이다.
- [0146] 또한, 제1 발광 소자(450R)에서 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이는 $m\lambda_R/2$ (m 은 1 이상의 자연수임)로 설정되고; 제2 발광 소자(450G)에서 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이는 $m\lambda_G/2$ (m 은 1 이상의 자연수임)로 설정되고; 제3 발광 소자(450B)에서 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이는 $m\lambda_B/2$ (m 은 1 이상의 자연수임)로 설정된다.
- [0147] 이러한 방식으로, 제1 발광 소자(450R)로부터는 주로 EL 층(455)에 포함된 제3 발광 층(454R)으로부터 발광된 빛 (λ_R)이 추출되고, 제2 발광 소자(450G)로부터는 주로 EL 층(455)에 포함된 제2 발광 층(454G)으로부터 발광된 빛 (λ_G)이 추출되고, 제3 발광 소자(450B)로부터는 주로 EL 층(455)에 포함된 제1 발광 층(454B)으로부터 발광된 빛 (λ_B)이 추출된다. 각각의 발광 소자로부터 추출된 빛은 반투과 및 반반사 전극(452)층을 통해 발광됨을 인지한다.
- [0148] 또한, 엄밀히 말하면, 반사 전극(451)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)까지의 광로 길이는 반사 전극(451)에서의 반사 영역으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)에서의 반사 영역까지의 거리이다. 그러나, 반사 전극(451) 및 반투과 및 반반사 전극(452)에서 반사 영역의 위치를 정확히 결정하는 것은 어렵고; 따라서, 반사 전극(451) 및 반투과 및 반반사 전극(452)에서 반사 영역이 설정될 수 있는 임의의 위치에서 상기 효과가 충분히 얻어질 수 있다고 가정된다.
- [0149] 다음으로, 제1 발광 소자(450R)에서, 제3 발광 층(454R)으로부터 발광된 빛의 반사 전극(451)에 의해 반사된 빛(제1 반사광)이, 제3 발광 층(454R)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)으로 직접 입사되는 빛(제1 입사광)과 간섭되기 때문에, 반사 전극(451)으로부터 제3 발광 층(454R)까지의 광로 길이는 $(2n_R-1)\lambda_R/4$ (n_R 은 1 이상의 자연수임)로 조정된다. 광로 길이를 조정함으로써, 제1 반사광 및 제1 입사광의 위상을 서로 맞출 수 있고, 제3 발광 층(454R)으로부터의 발광된 빛이 증폭될 수 있다.
- [0150] 엄밀히 말하면, 반사 전극(451)으로부터 제3 발광 층(454R)까지의 광로 길이는 반사 전극(451)에서의 반사 영역으로부터 제3 발광 층(454R)에서의 발광 영역까지의 광로 길이일 수 있음을 인지한다. 그러나, 반사 전극(451)에서의 반사 영역 및 제3 발광 층(454R)에서의 발광 영역의 위치를 정확히 결정하는 것은 어렵고; 따라서, 반사 전극(451) 및 제3 발광 층(454R)에서 각각 반사 영역 및 발광 영역이 설정될 수 있는 임의의 위치에서 상기 효과가 충분히 얻어질 수 있다고 가정된다.
- [0151] 다음으로, 제2 발광 소자(450G)에서, 제2 발광 층(454G)으로부터 발광된 빛의 반사 전극(451)에 의해 반사된 빛(제2 반사광)이, 제2 발광 층(454G)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)으로 직접 입사되는 빛(제2 입사광)과 간섭되기 때문에, 반사 전극(451)으로부터 제2 발광 층(454G)까지의 광로 길이는 $(2n_G-1)\lambda_G/4$ (n_G 은 1 이상의 자연수임)로 조정된다. 광로 길이를 조정함으로써, 제2 반사광 및 제2 입사광의 위상을 서로 맞출 수 있고, 제2 발광 층(454G)으로부터의 발광된 빛이 증폭될 수 있다.
- [0152] 엄밀히 말하면, 반사 전극(451)으로부터 제2 발광 층(454G)까지의 광로 길이는 반사 전극(451)에서의 반사 영역으로부터 제2 발광 층(454G)에서의 발광 영역까지의 광로 길이일 수 있음을 인지한다. 그러나, 반사 전극(451)에서의 반사 영역 및 제2 발광 층(454G)에서의 발광 영역의 위치를 정확히 결정하는 것은 어렵고; 따라서, 반사 전극(451) 및 제2 발광 층(454G)에서 각각 반사 영역 및 발광 영역이 설정될 수 있는 임의의 위치에서 상기 효과가 충분히 얻어질 수 있다고 가정된다.
- [0153] 다음으로, 제3 발광 소자(450B)에서, 제1 발광 층(454B)으로부터 발광된 빛의 반사 전극(451)에 의해 반사된 빛(제3 반사광)이, 제1 발광 층(454B)으로부터 반투과 및 반반사 전극(452)으로 직접 입사되는 빛(제3 입사광)과

간섭되기 때문에, 반사 전극(451)으로부터 제1 발광 층(454B)까지의 광로 길이는 $(2n_B - 1)\lambda_B/4$ (n_B 는 1 이상의 자연수임)로 조정된다. 광로 길이를 조정함으로써, 제3 반사광 및 제3 입사광의 위상을 서로 맞출 수 있고, 제1 발광 층(454B)으로부터의 발광된 빛이 증폭될 수 있다.

- [0154] 엄밀히 말하면, 반사 전극(451)으로부터 제1 발광 층(454B)까지의 광로 길이는 반사 전극(451)에서의 반사 영역으로부터 제1 발광 층(454B)에서의 발광 영역까지의 광로 길이일 수 있음을 인지한다. 그러나, 반사 전극(451)에서의 반사 영역 및 제1 발광 층(454B)에서의 발광 영역의 위치를 정확히 결정하는 것은 어렵고; 따라서, 반사 전극(451) 및 제1 발광 층(454B)에서 각각 반사 영역 및 발광 영역이 설정될 수 있는 임의의 위치에서 상기 효과가 충분히 얻어질 수 있다고 가정된다.
- [0155] 상기에 기재된 구조에서 발광 소자 각각은 EL 층 내에 복수의 발광 층을 포함하지만, 본 발명은 이들로 제한되지 않으며; 예를 들어, 실시형태 3에 기재된 탠덤 (적층형) 발광 소자의 구조가 조합될 수 있고, 이 경우 하나의 발광 소자에서 복수의 발광 층이, 그들 사이에 전하 발생 층이 삽입되도록 제공된다.
- [0156] 본 실시형태에 기재된 발광 장치는 마이크로캐비티 구조를 가지며, 여기서는 동일한 구조를 갖는 EL 층을 포함하는 경우에도 발광 소자에 따라 달라지는 파장을 갖는 빛이 추출될 수 있고, 따라서 R, G, 및 B의 색을 위한 발광 소자를 형성할 필요가 없다. 따라서, 상기 구조는, 보다 높은 해상도의 디스플레이를 달성하기 용이함 등으로 인해 풀 컬러 디스플레이에 유리하다. 또한, 정면 방향으로 소정의 파장을 갖는 발광 강도를 증가시킬 수 있고, 따라서 전력 소비가 감소될 수 있다. 상기 구조는, 3색 이상의 화소를 포함하는 컬러 디스플레이 (화상 표시 장치)에 적용되는 경우에 특히 유용하지만, 조명 등에 적용될 수도 있다.
- [0157] 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있음을 인지한다.
- [0158] (실시형태 5)
- [0159] 본 실시형태에서는, 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 설명할 것이다.
- [0160] 발광 장치는 패시브 매트릭스 발광 장치 또는 액티브 매트릭스 발광 장치 중 어느 한쪽일 수 있다. 다른 실시형태에 기재된 임의의 발광 소자가 본 실시형태에 기재된 발광 장치에 적용될 수 있음을 인지한다.
- [0161] 본 실시형태에서는, 액티브 매트릭스 발광 장치를 도 9의 (A) 및 도 9의 (B)를 참조로 하여 설명한다.
- [0162] 도 9의 (A)는 발광 장치를 나타내는 상면도이고, 도 9의 (B)는 도 9의 (A)에서 파선 A-B를 따라 절단된 단면도이다. 본 실시형태의 액티브 매트릭스 발광 장치는 소자 기관(501) 위에 있는 화소부(502), 구동 회로부 (소스 라인 구동 회로)(503), 및 구동 회로부 (게이트 라인 구동 회로)(504) ((504a) 및 (504b))를 포함한다. 화소부(502), 구동 회로부(503), 및 구동 회로부(504)는 밀봉재(505)에 의해 소자 기관(501)과 밀봉 기관(506) 사이에 밀봉된다.
- [0163] 또한, 소자 기관(501) 위에는, 구동 회로부(503) 및 구동 회로부(504)에 외부로부터의 신호 (예를 들어, 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등) 또는 전위를 전달하는 외부 입력 단자를 접속시키기 위한 배선(507)이 있다. 여기서는, 외부 입력 단자로서 플렉시블 인쇄 회로 (FPC)(508)가 있는 예를 설명한다. 여기서는 단지 FPC를 나타내었지만, FPC에 인쇄 배선판 (PWB)이 부착될 수 있다. 본 명세서에서 발광 장치는, 그의 카테고리 내에, 발광 장치 자체 뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 있는 발광 장치도 포함한다.
- [0164] 다음으로, 단면 구조를 도 9의 (B)를 참조로 하여 설명할 것이다. 구동 회로부 및 화소부가 소자 기관(501) 위에 형성되고; 여기서는 소스 라인 구동 회로인 구동 회로부(503) 및 화소부(502)가 나타나 있다.
- [0165] 구동 회로부(503)로서 n-채널 TFT(509) 및 p-채널 TFT(510)의 조합인 CMOS 회로가 형성된 예를 나타내었다. 구동 회로부에 포함된 회로는 임의의 다양한 회로, 예컨대 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로를 사용하여 형성될 수 있음을 인지한다. 본 실시형태에서는, 기관 위에 구동 회로가 형성된 드라이버-일체형 구조를 설명하였지만, 구동 회로는 반드시 기관 위에 형성될 필요는 없고, 기관 외부에 형성될 수도 있다.
- [0166] 화소부(502)는, 각각 스위칭 TFT(511), 전류 제어 TFT(512), 및 전류 제어 TFT(512)의 배선 (소스 전극 또는 드레인 전극)에 전기적으로 접속된 제1 전극(513)을 포함하는 복수의 화소로 형성된다. 제1 전극(513)의 단부를 덮도록 절연물(514)이 형성된다. 본 실시형태에서, 절연물(514)은 포지티브 감광성 아크릴 수지를 사용하여 형성된다. 본 실시형태에서는 제1 전극(513)이 애노드로서 사용됨을 인지한다.
- [0167] 또한, 절연물(514) 위에 적층되는 막에 의한 양호한 피복성을 얻기 위해서는, 절연물(514)이 바람직하게는, 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 예를 들어, 절연물(514)의 재료로서 포지티브 감광

성 아크릴 수지를 사용하는 경우, 절연물(514)은 바람직하게는, 상단부에 곡률 반경 ($0.2\ \mu\text{m}$ 내지 $3\ \mu\text{m}$)을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 절연물(514)은 네거티브 감광성 수지 또는 포지티브 감광성 수지 중 어느 한쪽을 사용하여 형성될 수 있다. 유기 화합물로 제한되지 않으며, 유기 화합물, 또는 산화규소 또는 산화질화실리콘 등의 무기 화합물을 사용할 수 있다.

[0168] 제1 전극(513) 위에는 EL 층(515) 및 제2 전극(516)이 적층된다. EL 층(515)에는, 적어도 정공 수송 층 및 발광 층이 있다. 실시형태 1 또는 2에 기재된 구조가 정공 수송 층 및 발광 층에 사용될 수 있다. 본 실시형태에서는 제2 전극(516)이 캐소드로서 사용됨을 인지한다.

[0169] 발광 소자(517)는 제1 전극(513), EL 층(515), 및 제2 전극(516)의 적층 구조로 형성된다. 제1 전극(513), EL 층(515), 및 제2 전극(516) 각각에, 실시형태 2에 기재된 임의의 재료가 사용될 수 있다. 도시되지는 않았지만, 제2 전극(516)은 외부 입력 단자인 FPC(508)에 전기적으로 접속된다.

[0170] 도 9의 (B)의 단면도에는 단지 하나의 발광 소자(517)가 나타나 있지만, 복수의 발광 소자가 화소부(502)에 매트릭스로 배열된다. 3종의 색 (R, G, 및 B)의 빛을 발광하는 발광 소자가 화소부(502)에 선택적으로 형성됨으로써 풀 컬러 디스플레이가 가능한 발광 장치가 얻어질 수 있다. 다르게는, 컬러 필터와 조합함으로써 풀 컬러 디스플레이가 가능한 발광 장치가 제조될 수 있다.

[0171] 또한, 밀봉재(505)에 의해 밀봉 기관(506)이 소자 기관(501)에 부착됨으로써 소자 기관(501), 밀봉 기관(506), 및 밀봉재(505)로 둘러싸인 공간(518)에 발광 소자(517)가 있다. 공간(518)은 불활성 기체 (예컨대 질소 및 아르곤) 또는 밀봉재(505)로 충전될 수 있음을 인지한다.

[0172] 밀봉재(505)에는 바람직하게는 에폭시계 수지가 사용된다. 이러한 재료는 바람직하게는 가능한 한 적은 수분 및 산소가 투과될 수 있게 한다. 밀봉 기관(506)으로서는, 유리 기관 또는 석영 기관 이외에도, 섬유유리-강화플라스틱 (FRP), 폴리비닐 플루오라이드 (PVF), 폴리에스테르, 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관이 사용될 수 있다.

[0173] 상기에 기재된 바와 같이, 액티브 매트릭스 발광 장치가 얻어질 수 있다.

[0174] 본 실시형태에 기재된 구조는, 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있음을 인지한다.

[0175] (실시형태 6)

[0176] 본 실시형태에서는, 각각 상기 실시형태에 기재된 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 포함하는 전자 기기를 설명할 것이다. 전자 기기의 예는, 비디오 카메라 및 디지털 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이, 네비게이션 시스템, 음성 재생 장치 (예를 들어, 카 오디오 시스템 및 오디오 시스템), 컴퓨터, 게임기, 휴대 정보 단말기 (예를 들어, 모바일 컴퓨터, 휴대 전화, 스마트폰, 휴대용 게임기, 전자 서적, 및 태블릿형 단말기), 및 기록 매체가 있는 화상 재생 장치 (구체적으로는, 디지털 다기능 디스크 (DVD) 등의 기록 매체를 재생할 수 있고, 화상을 표시할 수 있는 표시 장치가 장착된 장치)를 포함한다. 이들 전자 기기의 구체적 예를 도 10의 (A) 내지 도 10의 (D) 및 도 11의 (A) 내지 도 11의 (D)를 참조로 하여 설명할 것이다.

[0177] 도 10의 (A)는, 하우징(611), 지지대(612), 표시부(613), 스피커부(614), 비디오 입력 단자(615) 등을 포함하는, 본 발명의 하나의 실시형태의 텔레비전 장치를 나타낸다. 이 텔레비전 장치에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 표시부(613)에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 텔레비전 장치를 얻을 수 있다.

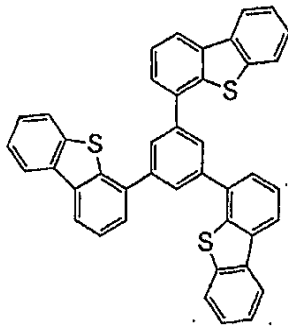
[0178] 도 10의 (B)는, 본체(621), 하우징(622), 표시부(623), 키보드(624), 외부 접속 포트(625), 포인팅 디바이스(626) 등을 포함하는, 본 발명의 하나의 실시형태의 컴퓨터를 나타낸다. 이 컴퓨터에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 표시부(623)에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 컴퓨터를 얻을 수 있다.

[0179] 도 10의 (C)는, 본체(631), 하우징(632), 표시부(633), 음성 입력부(634), 음성 출력부(635), 조작 키(636), 외부 접속 포트(637), 안테나(638) 등을 포함하는, 본 발명의 하나의 실시형태의 휴대 전화를 나타낸다. 이 휴대 전화에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 표시부(633)에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광

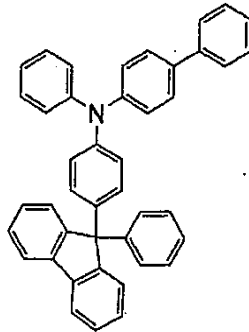
장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 휴대 전화를 얻을 수 있다.

- [0180] 도 10의 (D)는, 본체(641), 표시부(642), 하우징(643), 외부 접속 포트(644), 리모콘 수신부(645), 수상부(646), 배터리(647), 음성 입력부(648), 조작 키(649), 접안부(650) 등을 포함하는, 본 발명의 하나의 실시형태의 카메라를 나타낸다. 이 카메라에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 표시부(642)에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 카메라를 얻을 수 있다.
- [0181] 도 11의 (A) 내지 도 11의 (D)는 본 발명의 하나의 실시형태의 휴대형 단말기의 예를 나타낸다. 도 11의 (A) 내지 도 11의 (C)는 휴대형 단말기(5000)를 나타내고, 도 11의 (D)는 휴대형 단말기(6000)를 나타낸다.
- [0182] 도 11의 (A), 도 11의 (B), 및 도 11의 (C)는, 각각, 휴대형 단말기(5000)의 정면도, 측면도, 및 배면도이다. 도 11의 (D)는 휴대형 단말기(6000)의 정면도이다.
- [0183] 휴대형 단말기(5000)는 하우징(5001), 표시부(5003), 전원 버튼(5005), 전면 카메라(5007), 배면 카메라(5009), 제1 외부 접속 단자(5011), 제2 외부 접속 단자(5013) 등을 포함한다.
- [0184] 또한, 표시부(5003)는 하우징(5001)에 내장되어 있고, 이는 터치 패널로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 표시부(5003) 위의 아이콘(5015) 등을 접촉함으로써 e-메일링이나 스케줄 관리가 수행될 수 있다. 또한, 하우징(5001)의 전면에는 전면 카메라(5007)가 내장됨으로써 사용자측의 화상을 촬영할 수 있다. 하우징(5001)의 배면에는 배면 카메라(5009)가 내장됨으로써, 사용자의 반대측의 화상을 촬영할 수 있다. 또한, 하우징(5001)은 제1 외부 접속 단자(5011) 및 제2 외부 접속 단자(5013)를 포함한다. 예를 들어, 제1 외부 접속 단자(5011)를 통해 이어폰 등으로 음성이 출력될 수 있고, 제2 외부 접속 단자(5013)를 통해 데이터가 이동될 수 있다.
- [0185] 도 11의 (D)의 휴대형 단말기(6000)는 제1 하우징(6001), 제2 하우징(6003), 힌지부(6005), 제1 표시부(6007), 제2 표시부(6009), 전원 버튼(6011), 제1 카메라(6013), 제2 카메라(6015) 등을 포함한다.
- [0186] 제1 표시부(6007)는 제1 하우징(6001)에 내장되어 있다. 제2 표시부(6009)는 제2 하우징(6003)에 내장되어 있다. 예를 들어, 제1 표시부(6007) 및 제2 표시부(6009)는 각각 표시 패널 및 터치 패널로서 사용된다. 사용자는, 제1 표시부(6007)에 표시된 텍스트 아이콘(6017)을 확인하면서, 제2 표시부(6009)에 표시된 아이콘(6019) 또는 키보드(6021) (실제로, 제2 표시부(6009)에 표시된 키보드 화상)를 접촉함으로써, 화상을 선택하고, 문자를 입력하는 것 등을 행할 수 있다. 다르게는, 제1 표시부(6007) 및 제2 표시부(6009)가 각각 터치 패널 및 표시 패널일 수 있거나, 또는 제1 표시부(6007) 및 제2 표시부(6009)가 터치 패널일 수 있다.
- [0187] 제1 하우징(6001) 및 제2 하우징(6003)은 힌지부(6005)에서 서로 접속되어 개폐된다. 이러한 구조에서는, 휴대형 단말기(6000) 휴대시, 제1 하우징(6001)에 내장된 제1 표시부(6007) 및 제2 하우징(6003)에 내장된 제2 표시부(6009)는 바람직하게는 서로 마주보도록 구성되고, 이 경우 제1 표시부(6007) 및 제2 표시부(6009)의 표면(예를 들어, 플라스틱 기판)이 보호될 수 있다.
- [0188] 다르게는, 제1 하우징(6001) 및 제2 하우징(6003)은 힌지부(6005)에 의해 분리될 수 있다 (이는 컨버터블형이라 불림). 따라서, 휴대형 단말기(6000)의 적용 범위가 확장될 수 있고, 예를 들어, 제1 하우징(6001)은 수직 방향으로 사용되고, 제2 하우징(6003)은 수평 방향으로 사용된다.
- [0189] 또한, 제1 카메라(6013) 및 제2 카메라(6015)가 3D 화상을 촬영할 수 있다.
- [0190] 휴대형 단말기(5000) 및 휴대형 단말기(6000)는 무선으로 데이터를 송수신할 수 있다. 예를 들어, 무선 인터넷 접속을 통해, 원하는 데이터를 구입하고 다운로드할 수 있다.
- [0191] 휴대형 단말기(5000) 및 휴대형 단말기(6000)는 각종 데이터 (예를 들어, 정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상)를 표시하는 기능, 캘린더, 날짜, 시각 등을 표시부에 표시하는 기능, 표시부에 표시된 데이터를 터치 입력에 의해 조작 또는 편집하는 터치-입력 기능, 및 각종 소프트웨어 (프로그램)에 의해 처리를 제어하는 기능 등의 다른 기능을 가질 수 있다. 외부 광량에 따라 표시 휘도를 최적화할 수 있는 광 검출기, 또는 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 경사 검출 센서 등의 검출기가 포함될 수 있다.
- [0192] 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 휴대형 단말기(5000)의 표시부(5003) 및 휴대형 단말기(6000)의 제1 표시부(6007) 및/또는 휴대형 단말기(6000)의 제2 표시부(6009)에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 휴대형 단말기를 얻을 수 있다.

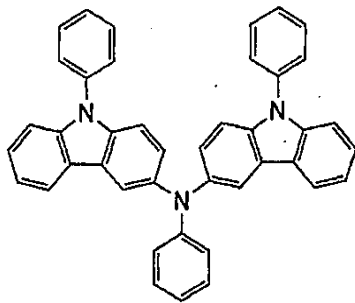
- [0193] 상기에 기재된 바와 같이, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓어서, 발광 장치를 다양한 분야의 전자 기기에 적용할 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 사용함으로써, 전력 소비가 감소된 전자 기기를 얻을 수 있다.
- [0194] 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 조명 장치로서 사용될 수도 있다. 조명 장치의 구체적 예를 도 12의 (A) 내지 도 12의 (C)를 참조로 하여 설명한다.
- [0195] 도 12의 (A)는 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 백라이트로서 사용한 액정 표시 장치의 일례를 나타낸다. 도 12의 (A)에 나타난 액정 표시 장치는 하우징(701), 액정 패널(702), 백라이트(703), 및 하우징(704)을 포함한다. 액정 패널(702)은 드라이버 IC(705)에 접속된다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 백라이트(703)로서 사용되고, 단자(706)를 통해 전류가 공급된다. 상기에 기재된 바와 같이 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 액정 표시 장치의 백라이트로서 사용함으로써, 전력 소비가 낮은 백라이트를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 면발광용의 조명 장치이고, 발광 장치의 대면적화가 가능하기 때문에, 백라이트가 대면적화될 수 있다. 따라서, 전력 소비가 낮은 대면적 액정 표시 장치를 얻을 수 있다.
- [0196] 도 12의 (B)는 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치가 조명 장치인 탁상용 스탠드에 사용된 일례를 나타낸다. 도 12의 (B)에 나타난 탁상용 스탠드는 하우징(801) 및 광원(802)을 갖고, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 광원(802)으로서 사용된다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 탁상용 스탠드를 얻을 수 있다.
- [0197] 도 12의 (C)는 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치가 실내 조명 장치(901)에 사용된 일례를 나타낸다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 또한 대면적을 가질 수 있기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 대면적을 갖는 조명 장치로서 사용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치는 저전압에서 구동되고 높은 전류 효율을 갖기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 전력 소비가 감소된 조명 장치를 얻을 수 있다. 상기에 기재된 바와 같이 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 장치가 실내 조명 장치(901)에 사용된 실내에, 도 10의 (A)를 참조로 하여 설명된 본 발명의 하나의 실시형태의 텔레비전 장치(902)가 설치될 수 있어, 공공 방송 및 영화를 감상할 수 있다.
- [0198] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 적절히 자유롭게 조합될 수 있음을 인지한다.
- [0199] [실시예 1]
- [0200] 본 실시예에서는, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자 (발광 소자 1) 및 비교용 발광 소자 (비교용 발광 소자 2)를 도 13을 참조로 하여 설명할 것이다. 본 실시예에서 사용된 재료의 화학식을 하기에 나타내었다.



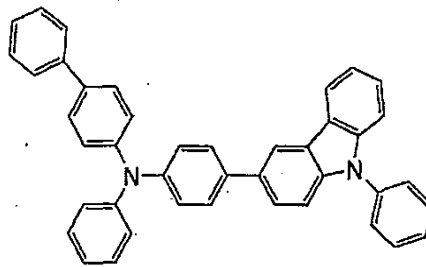
DBT3P-II



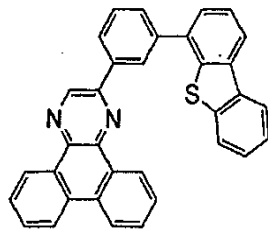
BPAFLP



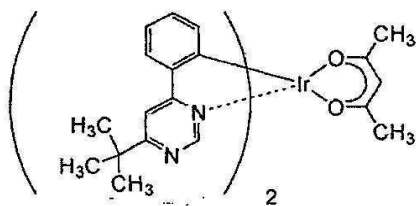
PCzPCA1



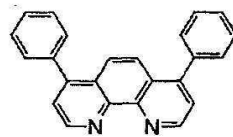
PCBA1BP



2mDBTPDBq-II



[Ir(tBuppm)₂(acac)]



BPhen

발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 제조 방법을 하기에서 설명할 것이다.

(발광 소자 1)

먼저, 기판(1100) 위에, 규소 또는 산화규소를 함유하는 산화인듐-산화주석 화합물 (ITO-SiO₂, 이하, ITS0로 약칭됨)을 스퍼터링법에 의해 침착시켜, 제1 전극(1101)을 형성하였다. 사용된 타겟에서 In₂O₃ 대 SnO₂ 대 SiO₂의 조성비는 85:10:5 [wt%]였음을 인지한다. 제1 전극(1101)의 두께를 110 nm로 셋팅하였고, 전극 면적은 2 mm x 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(1101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세척하고, 200℃에서 한 시간 동안 소성시키고, 370초 동안 UV 오존 처리를 수행하였다.

- [0207] 그 후, 기관(1100)을 대략 10^{-4} Pa까지 감압된 진공 증착 장치로 옮기고, 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행한 후, 기관(1100)을 약 30분 동안 냉각시켰다.
- [0208] 이어서, 제1 전극(1101)이 형성된 기관(1100)을, 제1 전극(1101)이 형성된 면이 아래를 향하도록 하여, 진공 증착 장치 내에 있는 기관 홀더에 고정시켰다. 진공 증착 장치의 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 그 후, 제1 전극(1101) 위에, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약어: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입 층(1111)을 형성하였다. 정공 주입 층(1111)의 두께를 40 nm로 셋팅하고, DBT3P-II (약어) 대 산화몰리브데넘의 중량비를 4:2 (= DBT3P-II:산화몰리브데넘)로 조정하였다.
- [0209] 다음으로, 정공 주입 층(1111) 위에 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어:BPAFLP) 및 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCA1)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 수송 층(1112)을 형성하였다. 정공 수송 층(1112)의 두께를 20 nm로 셋팅하였다. BPAFLP (약어) 대 PCzPCA1 (약어)의 중량비를 0.5:0.5 (= BPAFLP:PCzPCA1)로 조정하였다.
- [0210] 정공 수송 층(1112)에서, BPAFLP (약어)는 제4 유기 화합물이고, PCzPCA1 (약어)은 제5 유기 화합물임을 인지한다.
- [0211] 다음으로, 정공 수송 층(1112) 위에 2mDBTPDBq-II (약어), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBA1BP), 및 (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 공증착에 의해 침착시켜 제1 발광 층(1113a)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTPDBq-II (약어) 대 PCBA1BP (약어) 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)] (약어)의 중량비를 0.8:0.2:0.06 (= 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)])으로 조정하였다. 제1 발광 층(1113a)의 두께를 20 nm로 셋팅하였다.
- [0212] 제1 발광 층(1113a)에서, 2mDBTPDBq-II (약어)는 제1 유기 화합물 (호스트 재료)이고, PCBA1BP (약어)는 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)이고, [Ir(tBuppm)₂(acac)]은 제3 유기 화합물 (게스트 재료)임을 인지한다.
- [0213] 다음으로, 제1 발광 층(1113a) 위에 2mDBTPDBq-II (약어), PCBA1BP (약어), 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)] (약어)를 공증착에 의해 침착시켜 제2 발광 층(1113b)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTPDBq-II (약어) 대 PCBA1BP (약어) 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)] (약어)의 중량비를 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tBuppm)₂(acac)])로 조정하였다. 제2 발광 층(1113b)의 두께를 20 nm로 셋팅하였다.
- [0214] 제2 발광 층(1113b)에서, 2mDBTPDBq-II(약어)는 제1 유기 화합물 (호스트 재료)이고, PCBA1BP (약어)는 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)이고, [Ir(tBuppm)₂(acac)] (약어)는 제3 유기 화합물 (게스트 재료)임을 인지한다.
- [0215] 다음으로, 제2 발광 층(1113b) 위에 2mDBTPDBq-II (약어)를 10 nm의 두께로 침착시켜 제1 전자 수송 층(1114a)을 형성하였다.
- [0216] 그 후, 제1 전자 수송 층(1114a) 위에 바오폐난트롤린 (약어: BPhen)을 20 nm의 두께로 침착시켜 제2 전자 수송 층(1114b)을 형성하였다.
- [0217] 다음으로, 제2 전자 수송 층(1114b) 위에 플루오린화리튬 (LiF)을 증착에 의해 1 nm의 두께로 침착시켜 전자 주입 층(1115)을 형성하였다.
- [0218] 마지막으로, 캐소드로서 기능하는 제2 전극(1103)으로서 알루미늄 (Al)을 증착에 의해 200 nm의 두께로 침착시켰다. 따라서, 본 실시예의 발광 소자 1을 제조하였다.
- [0219] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항-가열법에 의해 수행하였음을 인지한다.
- [0220] (비교용 발광 소자 2)
- [0221] 비교용 발광 소자 2의 구조는, 정공 수송 층(1112)의 구조를 제외하고는 발광 소자 1의 것과 동일하다. 단지 상이한 구조만을 하기에서 설명할 것이다.
- [0222] 정공 주입 층(1111) 위에, BPAFLP (약어)를 증착에 의해 침착시켜 정공 수송 층(1112)을 형성하였다. 정공 수송 층(1112)의 두께를 20 nm로 셋팅하였다.

[0223] 표 1에, 상기에 기재된 바와 같이 얻어진 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 소자 구조를 나타내었다.

표 1

	제1 전극	정공 주입 층	정공 수송 층	제1 발광 층	제2 발광 층	제1 전자 수송 층	제2 전자 수송 층	전자 주입 층	제2 전극
발광 소자 1	ITSO 110nm	DBT3P-II: MoOx (=4:2) 40nm	BPAFLP: PCzPCA1 (0.5:0.5) 20nm	하기 참조	하기 참조	2mDBTPDBq-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교용 발광 소자 2	ITSO 110nm	DBT3P-II: MoOx (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	하기 참조	하기 참조	2mDBTPDBq-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

	제1 발광 층	제2 발광 층
발광 소자 1	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.06) 20nm	2mDBTPDBq-II:PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.05) 20nm
비교용 발광 소자 2	2mDBTPDBq-II: PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.06) 20nm	2mDBTPDBq-II:PCBA1BP: Ir(tBuppm) ₂ (acac) (=0.8:0.2:0.05) 20nm

[0224]

[0225] 다음으로, 본 실시예에서 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 정공 수송 층에 사용된 BPAFLP (약어) 및 PCzPCA1 (약어)의 박막, 및 본 실시예에서 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 제1 발광 층 및 제2 발광 층에 사용된 PCBA1BP (약어)의 박막의 전기화학적 특성 (HOMO 준위 및 LUMO 준위) (측정 기기: AC-2, 리켄 케이키 컴파니, 리미티드(Riken Keiki Co., Ltd) 제조)을 측정하였다. 박막의 전기화학적 특성은 하기에 기재되는 바와 같이 측정하였음을 인지한다.

[0226]

HOMO 준위의 값은, 대기 중에서 광전자 분광계 (AC-2, 리켄 케이키 컴파니, 리미티드 제조)로 측정된 이온화 전위의 값을 음의 값으로 환산함으로써 얻었다. LUMO 준위의 값은, 각각의 막의 흡수 스펙트럼의 데이터를 측정하고, 흡수 스펙트럼의 데이터를 이용하여 직접 전이를 가정하여 Tauc 플롯으로부터 얻은 흡수단을 광학적 에너지 갭으로 간주하여 HOMO 준위의 값에 가산하는 방식으로 얻었다.

[0227]

표 2에, 박막의 전기화학적 특성의 측정 결과를 나타내었다.

표 2

	[eV]		
	HOMO 준위	LUMO 준위	Bg(ΔE)
BPAFLP	-5.63	-2.29	3.34
PCzPCA1	-5.17	-2.26	2.91
PCBA1BP	-5.42	-2.21	3.21

[0228]

[0229] 표 2에 따르면, BPAFLP (약어)의 HOMO 준위, LUMO 준위, 및 밴드 갭 (Bg)은 각각 -5.63 eV, -2.29 eV, 및 3.34 eV였고, PCzPCA1 (약어)의 HOMO 준위, LUMO 준위, 및 밴드 갭 (Bg)은 각각 -5.17 eV, -2.26 eV, 및 2.91 eV였고, PCBA1BP (약어)의 HOMO 준위, LUMO 준위, 및 밴드 갭 (Bg)은 각각 -5.42 eV, -2.21 eV, 및 3.21 eV였다.

[0230]

표 3에, 표 1 및 표 2에 따른 본 실시예에서의 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 정공 수송 층 및 발광 층 (제2 유기 화합물)의 재료 및 HOMO 준위를 나타내었다.

표 3

	화합물명/ HOMO 준위	정공 수송 층		발광 층 (제2 유기 화합물)
발광 소자 1	화합물명(약어)	BPAFLP	PCzPCA1	PCBA1BP
	HOMO 준위 [eV]	-5.63	-5.17	-5.42
비교용 발광 소자 2	화합물명(약어)	BPAFLP	-	PCBA1BP
	HOMO 준위 [eV]	-5.63	-	-5.42

[0231]

[0232]

표 3에 나타난 바와 같이, 본 실시예의 발광 소자 1의 정공 수송 층에서는, 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)인 PCBA1BP (약어)의 HOMO 준위 이하인 HOMO 준위를 갖는 제4 유기 화합물로서 BPAFLP (약어)가 사용되었고, HOMO 준위가 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)인 PCBA1BP (약어)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물로서 PCzPCA1 (약어)이 사용되었다. 한편, 비교용 발광 소자 2에서는, 제2 유기 화합물 (어시스트 재료)인 PCBA1BP (약어)의 HOMO 준위 이하인 HOMO 준위를 갖는 1종의 유기 화합물 (BPAFLP (약어))이 사용되었다.

[0233]

질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서, 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2를 각각 유리 기판을 사용하여 밀봉하여 공기에 노출되지 않도록 하였다 (구체적으로는, 밀봉재를 소자의 외부 연부에 도포하고, 밀봉시 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행했음). 이어서, 발광 소자의 작동 특성을 측정하였다. 측정은 실온에서 (25℃에서 유지되는 분위기에서) 수행하였음을 인지한다.

[0234]

도 14는 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 휘도 대 전류 밀도 특성을 나타낸다. 도 14에서, 수평축은 전류 밀도 (mA/cm²)를 나타내고, 수직축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 15는 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 휘도 대 전압 특성을 나타낸다. 도 15에서, 수평축은 전압 (V)을 나타내고, 수직축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 16은 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 전류 효율 대 휘도 특성을 나타낸다. 도 16에서, 수평축은 휘도 (cd/m²)를 나타내고, 수직축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 17은 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 전류 대 전압 특성을 나타낸다. 도 17에서, 수평축은 전압 (V)을 나타내고, 수직축은 전류 (mA)를 나타낸다. 도 18은 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 나타낸다. 도 18에서, 수평축은 파장 (nm)을 나타내고, 수직축은 발광 강도 (임의 단위)를 나타낸다. 도 18에서, 발광 소자의 데이터는 실질적으로 서로 중첩됨을 인지한다. 도 19는 발광 소자 1 및 비교용 발광 소자 2의 전력 효율 (lm/W) 대 휘도 특성을 나타낸다.

[0235]

도 19에 나타난 바와 같이, 1000 cd/m² 부근의 휘도에서의 발광 소자 1의 전력 효율은 105 (lm/W)이고, 1000 cd/m² 부근의 휘도에서의 비교용 발광 소자 2의 전력 효율은 93 (lm/W)이다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자의 전력 효율은 비교용 발광 소자 2의 것보다 12 (lm/W)만큼 더 높다.

[0236]

또한, 표 4에, 1000 cd/m² 부근의 휘도에서의 각각의 발광 소자의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 및 외부 양자 효율 (%)을 나타내었다.

표 4

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도 좌표		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
			x	y			
발광 소자 1	2.6	1.3	0.43	0.56	1112	87	24
비교용 발광 소자 2	2.9	1.2	0.43	0.56	1037	85	24

[0237]

[0238]

표 4에 나타난 바와 같이, 1112 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 1의 CIE 색도 좌표 (x, y)는 (0.43, 0.56)이고,

1037 cd/m²의 휘도에서의 비교용 발광 소자 2의 CIE 색도 좌표 (x, y)는 (0.43, 0.56)이다.

[0239] 1112 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 1의 전압 및 전류 효율은 각각 2.6 V 및 87 cd/A이다. 1037 cd/m²의 휘도에서의 비교용 발광 소자 2의 전압 및 전류 효율은 각각 2.9 V 및 85 cd/A이다.

[0240] 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자 1의 전압은 비교용 발광 소자 2의 것에 비해 0.3 V만큼 더 낮을 수 있고, 발광 소자 1의 전류 효율은 비교용 발광 소자 2의 것에 비해 동등 이상이다. 또한, 도 17에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1의 구동개시 전압은 비교용 발광 소자 2의 것보다 낮을 수 있다.

[0241] 상기에 기재된 바와 같이, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서는, 정공 수송 층이, HOMO 준위가 발광 층에 사용된 정공 수송층을 갖는 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 이하인 제4 유기 화합물 및 HOMO 준위가 제2 유기 화합물의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물을 함유한다. 이러한 구조에 의해, 발광 소자의 구동 전압이 감소될 수 있고, 그의 전류 효율이 증가될 수 있다.

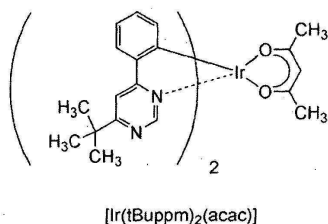
[0242] 본 실시예에서 (발광 소자 1의) 발광 층에 사용된 제1 유기 화합물 (2mDBTPDBq-II)의 박막의 PL 피크 파장은 426 nm이고, 제2 유기 화합물 (PCBA1BP)의 PL 피크 파장은 416 nm이고, 이들 유기 화합물의 혼합막의 PL 피크 파장은 519 nm이고, 이는 파장이 보다 장파장측으로 변위된 것을 나타냄을 인지한다. 따라서, 이들 2종의 유기 화합물의 조합은 엑시플렉스를 형성한다.

[0243] 상기에 기재된 바와 같이, 발광 소자 1에서는, HOMO 준위가 발광 층에서 엑시플렉스의 형성에 기여하는 제2 유기 화합물 (PCBA1BP)의 HOMO 준위보다 높은 제5 유기 화합물 (PCzPCA1)이 정공 수송 층에 첨가되고; 따라서, 발광 소자 1의 구동개시 전압은 제5 유기 화합물이 첨가되지 않은 비교용 발광 소자 2의 것보다 낮을 수 있다.

[0244] 제2 유기 화합물로서 PCBA1BP 대신에 사용된 PCzPCA1을 발광 층에 첨가하면, 구동개시 전압은 발광 소자 1의 경우에서와 같이 감소될 수 있음을 인지한다. 그러나, PCzPCA1은 PCBA1BP의 HOMO 준위보다 높은 HOMO 준위를 갖고; 따라서, 제1 유기 화합물 (2mDBTPDBq-II)과 PCzPCA1에 의해 형성된 엑시플렉스의 발광 파장이 571 nm이고, 이는 PCBA1BP를 사용한 경우 (519 nm)보다 장파장측에 위치한다. 따라서, 본 실시예에서와 같이 발광 층에 녹색 인광성 재료를 사용하는 경우에는, 녹색 인광성 재료가 쉽게 여기되지 않고, 이는 발광 효율 (외부 양자 효율)을 감소시킨다. 한편, 본 발명 (발광 소자 1)은 이러한 문제를 갖지 않는다. 즉, 본 발명의 하나의 실시형태의 구조는, 에너지 갭이 큰 (즉, 구동개시 전압이 원칙적으로 높은) 녹색 또는 청색 광을 발광하는 발광 소자에서 발광 효율을 감소시키지 않으면서 전압을 감소시키는 데 있어 특히 효과적이다.

[0245] (참고예 1)

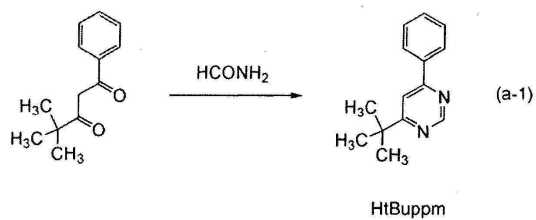
[0246] 상기 실시예에서 사용된 (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: [Ir(tBuppm)₂(acac)])의 합성예를 구체적으로 설명할 것이다. [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 구조를 하기에 나타내었다.



[0247] [Ir(tBuppm)₂(acac)]

[0248] <수순 1: 4-tert-부틸-6-페닐피리미딘 (약어: HtBuppm)의 합성 방법>

[0249] 먼저, 환류관이 장착된 나스 플라스크(recovery flask)에, 22.5 g의 4,4-디메틸-1-페닐펜탄-1,3-디온 및 50 g의 포름아미드를 넣고, 플라스크 내 공기를 질소로 치환하였다. 이 반응 용기를 가열하여, 반응 용액을 5시간 동안 환류시켰다. 그 후, 이 용액을 수성 수산화나트륨 용액에 붓고, 유기 층을 디클로로메탄으로 추출하였다. 얻어진 유기 층을 물 및 포화 식염수로 세척하고, 황산마그네슘으로 건조시켰다. 건조된 용액을 여과하였다. 이 용액의 용매를 증류시키고, 이어서 전개 용매로서 헥산 및 에틸 아세테이트를 10:1의 부피비로 사용하여 실리카 겔 컬럼 크로마토그래피에 의해 얻어진 잔류물을 정제하여, 피리미딘 유도체 HtBuppm (무색 오일형 물질, 수율 14%)을 얻었다. 수순 1의 합성 반응식을 하기 (a-1)에 나타내었다.



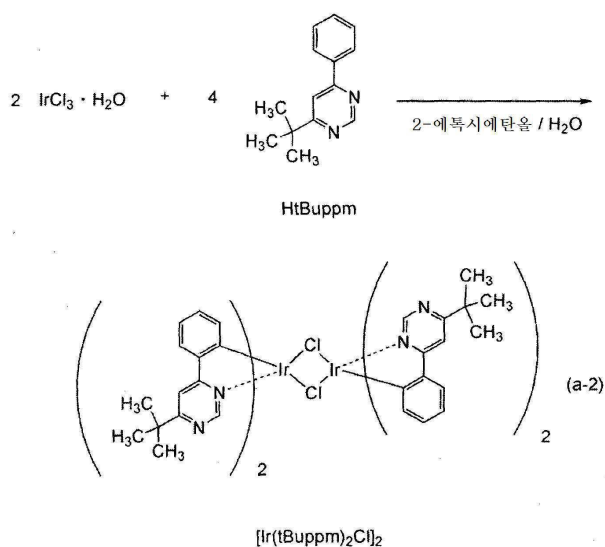
[0250]

[0251]

<수순 2: 디-μ-클로로-비스[비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)] (약어: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$)의 합성 방법>

[0252]

다음으로, 15 mL의 2-에톡시에탄올, 5 mL의 물, 수순 1에서 얻어진 1.49 g의 HtBuppm, 및 1.04 g의 염화이리듐 수화물 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)을 환류관이 장착된 나스 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 마이크로파 조사 (2.45 GHz, 100 W)를 1시간 동안 수행하여 반응을 일으켰다. 용매를 증류시키고, 이어서 얻어진 잔류물을 흡인-여과하고, 에탄올로 세척하여, 복핵 착체 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ (황녹색 분말, 수율 73%)를 얻었다. 수순 2의 합성 반응식을 하기 (a-2)에 나타내었다.



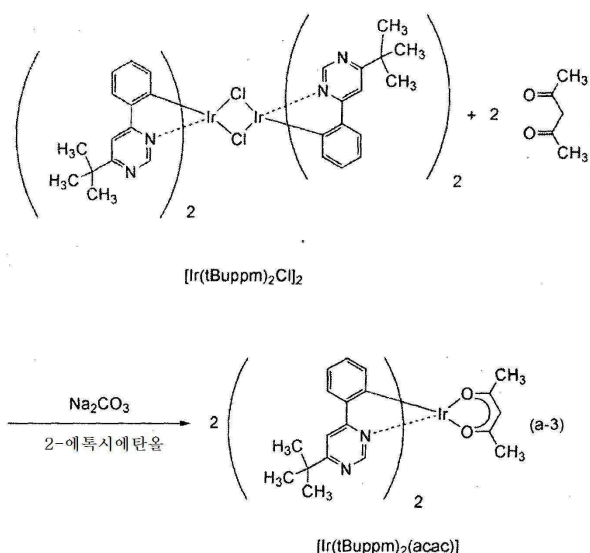
[0253]

[0254]

<수순 3: (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)의 합성 방법>

[0255]

추가로, 40 mL의 2-에톡시에탄올, 수순 2에서 얻어진 1.61 g의 복핵 착체 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$, 0.36 g의 아세틸아세톤, 및 1.27 g의 탄산나트륨을 환류관이 장착된 나스 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 마이크로파 조사 (2.45 GHz, 100 W)를 1시간 동안 수행하여 반응을 일으켰다. 용매를 증류시키고, 얻어진 잔류물을 에탄올로 흡인-여과하고, 물 및 에탄올로 세척하였다. 이 고체를 디클로로메탄 중에 용해시키고, 혼합물을, 셀라이트 (와코 퓨어 케미칼 인더스트리즈, 리미티드(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) 제조, 카탈로그 번호 531-16855), 알루미늄, 및 셀라이트가 이 순서로 적층된 여과 보조제로 여과하였다. 용매를 증류시키고, 얻어진 고체를 디클로로메탄과 hexan의 혼합 용매로 재결정화시켜, 목적물을 황색 분말로서 얻었다 (수율 68%). 수순 3의 합성 반응식을 하기 (a-3)에 나타내었다.



[0256]

[0257]

상기 합성 방법에 의해 얻어진 화합물을 핵 자기 공명(¹H-NMR) 방법에 의해 측정하였음을 인지한다. 이들 측정 결과에서는, [Ir(tBuppm)₂(acac)] (약어)가 얻어진 것으로 나타났다.

[0258]

얻어진 물질의 ¹H-NMR 데이터는 다음과 같다: ¹H-NMR. δ(CDCl₃): 1.50(s, 18H), 1.79(s, 6H), 5.26(s, 1H), 6.33(d, 2H), 6.77(t, 2H), 6.85(t, 2H), 7.70(d, 2H), 7.76(s, 2H), 9.02(s, 2H).

[0259]

(참고예 2)

[0260]

상기 실시예에서 발광 소자에 사용된, 2mDBTPDBq-II (약어), PCBA1BP (약어), 및 BPAFLP (약어)의 T₁ 준위를 측정하였다. T₁ 준위는, 각각의 물질의 인광 발광을 측정하고, 인광 발광 파장을 전자 볼트로 변환시키는 방식으로 측정하였음을 인지한다. 측정에서, 각각의 물질에 325 nm의 파장을 갖는 여기 광을 조사하였고, 측정 온도는 10 K였다. 에너지 준위 측정에서는, 흡수 파장으로부터의 계산이 발광 파장으로부터의 계산보다 정확함을 인지한다. 그러나, 여기서는, 각각의 T₁ 준위의 흡수가 매우 낮고 측정이 어려웠고; 따라서, 인광 스펙트럼에서 최단파장측에 위치하는 피크 파장을 측정하여 각각의 T₁ 준위를 측정하였다. 이 때문에, 측정값에 다소의 오차가 포함될 수 있다.

[0261]

도 20, 도 21, 및 도 22에, 각각, 2mDBTPDBq-II (약어)의 측정 인광, PCBA1BP (약어)의 측정 인광, 및 BPAFLP (약어)의 측정 인광을 나타내었다. 표 5에 측정 결과를 나타내었다. 이들 결과로부터 명백한 바와 같이, 정공 수송 층에 사용되고 제4 유기 화합물에 상응하는 BPAFLP (약어)의 T₁ 준위는, 상기 실시예에서 제1 유기 화합물로서 사용된 2mDBTPDBq-II (약어) 및 상기 실시예에서 제2 유기 화합물로서 사용된 PCBA1BP (약어)의 것들보다 높다.

표 5

화합물명	인광 발광 파장 (nm)	T ₁ 준위 (eV)
2mDBTPDBq-II (약어)	516	2.40
PCBA1BP (약어)	504	2.46
BPAFLP (약어)	497	2.49

[0262]

부호의 설명

[0263]

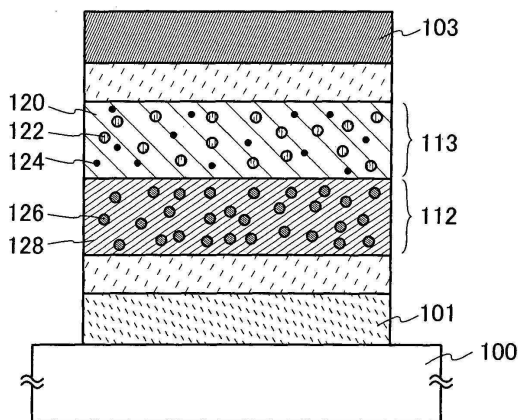
100: 기판, 101: 제1 전극, 103: 제2 전극, 111:정공 주입 층, 112: 정공 수송 층, 112a: 정공 수송 층, 112b:

정공 수송 층, 112c: 정공 수송 층, 113: 발광 층, 114: 전자 수송 층, 115: 전자 주입 층, 120, 제1 유기 화합물, 122: 제2 유기 화합물, 124: 제3 유기 화합물, 126: 제4 유기 화합물, 128: 제5 유기 화합물, 301: 제1 전극, 303: 제2 전극, 311: 제1 발광 층, 312: 제2 발광 층, 313: 전하 발생 층, 450R: 제1 발광 소자, 450G: 제2 발광 소자, 450B: 제3 발광 소자, 451: 반사 전극, 452: 반투과 및 반반사 전극, 453a: 제1 투명 도전 층, 453b: 제2 투명 도전 층, 454: 발광 층, 454B: 제1 발광 층, 454G: 제2 발광 층, 454R: 제3 발광 층, 455: EL 층, 501: 소자 기관, 502: 화소부, 503: 구동 회로부, 504: 구동 회로부, 505: 밀봉재, 506: 밀봉 기관, 507: 배선, 508: FPC, 509: n-채널 TFT, 510: p-채널 TFT, 511: 스위칭 TFT, 512: 전류 제어 TFT, 513: 제1 전극, 514: 절연물, 515: EL 층, 516: 제2 전극, 517: 발광 소자, 518: 공간, 611: 하우징, 612: 지지대, 613: 표시부, 614: 스피커부, 615: 비디오 입력 단자, 621: 본체, 622: 하우징, 623: 표시부, 624: 키보드, 625: 외부 접속 포트, 626: 포인팅 디바이스, 631: 본체, 632: 하우징, 633: 표시부, 634: 음성 입력부, 635: 음성 출력부, 636: 조작 키, 637: 외부 접속 포트, 638: 안테나, 641: 본체, 642: 표시부, 643: 하우징, 644: 외부 접속 포트, 645: 리모콘 수신부, 646: 수상부, 647: 배터리, 648: 음성 입력부, 649: 조작 키, 650: 접안부, 701: 하우징, 702: 액정 패널, 703: 백라이트, 704: 하우징, 705: 드라이버 IC, 706: 단자, 801: 하우징, 802: 광원, 901: 조명 장치, 902: 텔레비전 장치, 1100: 기관, 1101: 제1 전극, 1103: 제2 전극, 1111: 정공 주입 층, 1112: 정공 수송 층, 1113a: 제1 발광 층, 1113b: 제2 발광 층, 1114a: 제1 전자 수송 층, 1114b: 제2 전자 수송 층, 1115: 전자 주입 층, 5000: 휴대형 단말기, 5001: 하우징, 5003: 표시부, 5005: 전원 버튼, 5007: 전면 카메라, 5009: 배면 카메라, 5011: 외부 접속 단자, 5013: 외부 접속 단자, 5015: 아이콘, 6000: 휴대형 단말기, 6001: 하우징, 6003: 하우징, 6005: 힌지부, 6007: 표시부, 6009: 표시부, 6011: 전원 버튼, 6013: 카메라, 6015: 카메라, 6017: 텍스트 아이콘, 6019: 아이콘, 6021: 키보드

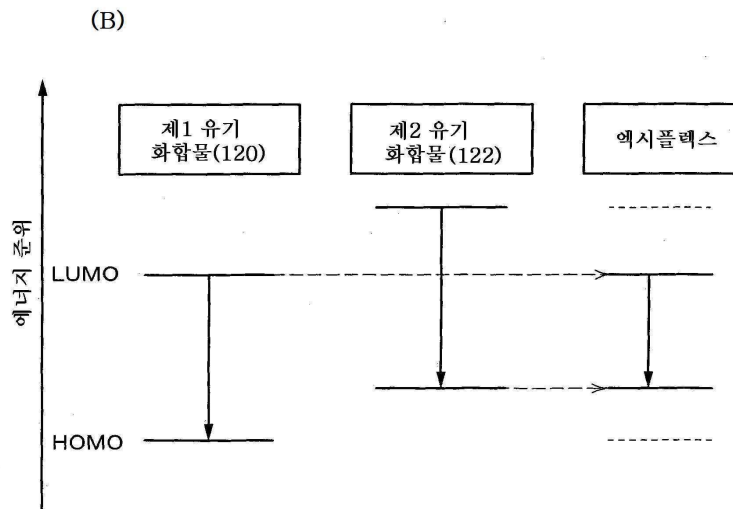
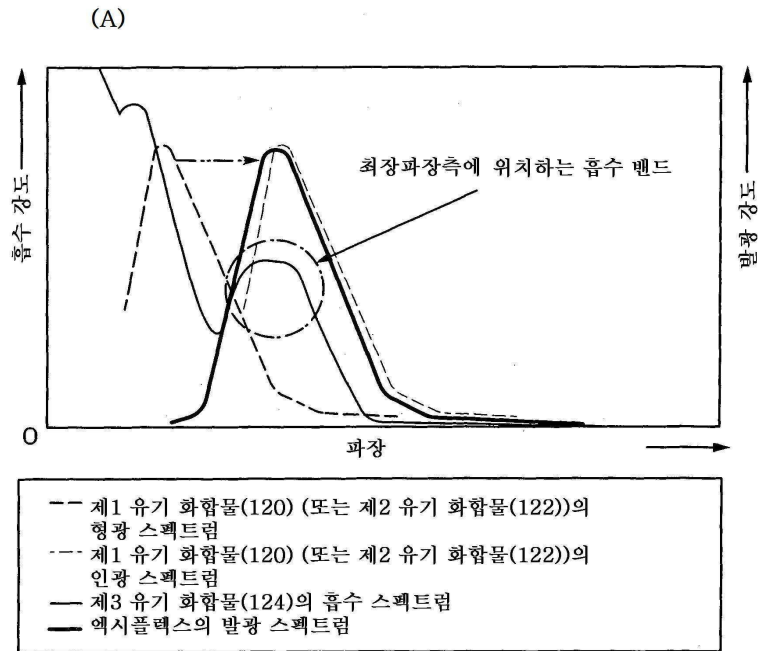
본 출원은, 2012년 4월 20일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 제2012-096887호에 기초한 것이며, 이 출원의 전문이 본원에 참조로 포함된다.

도면

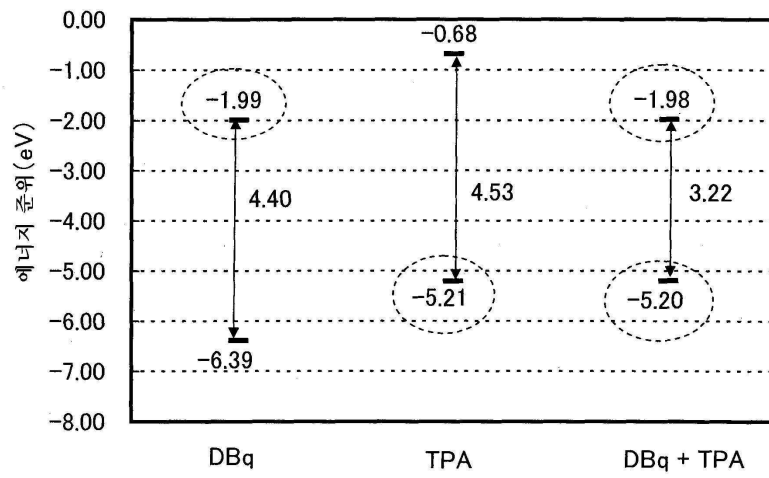
도면1



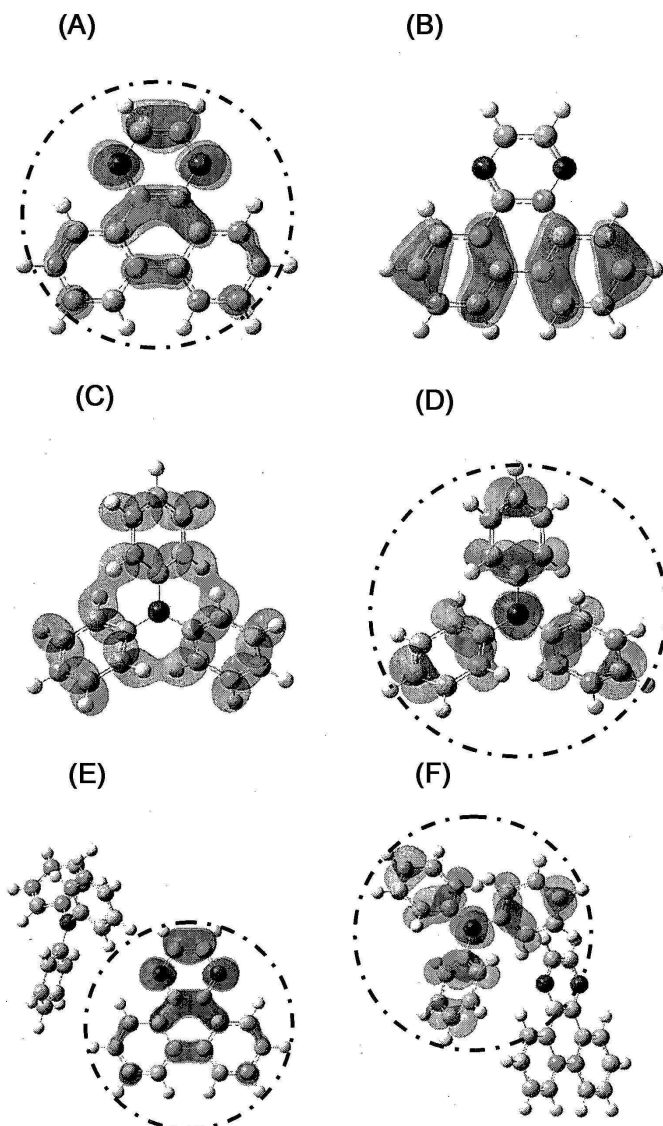
도면2



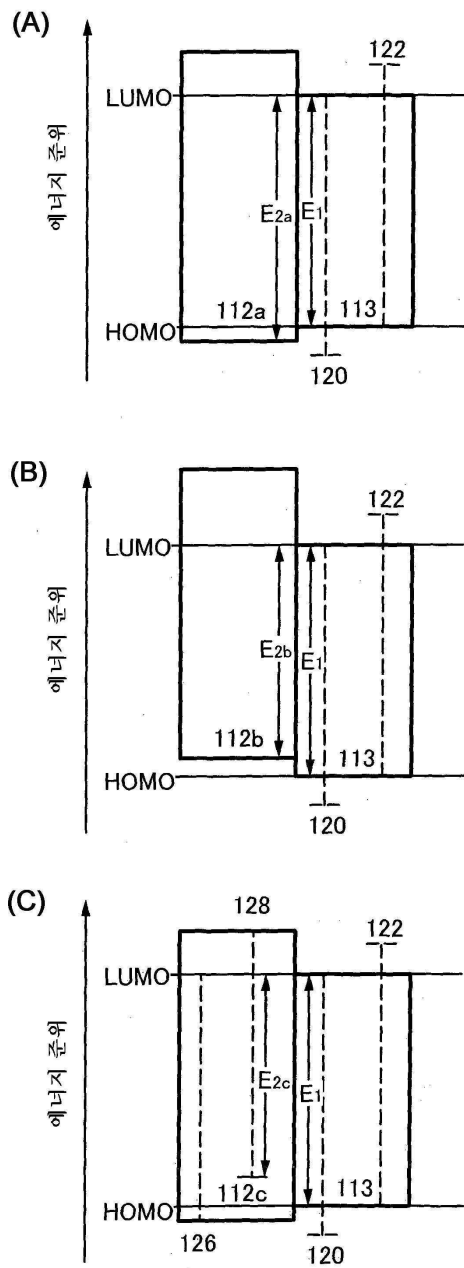
도면3



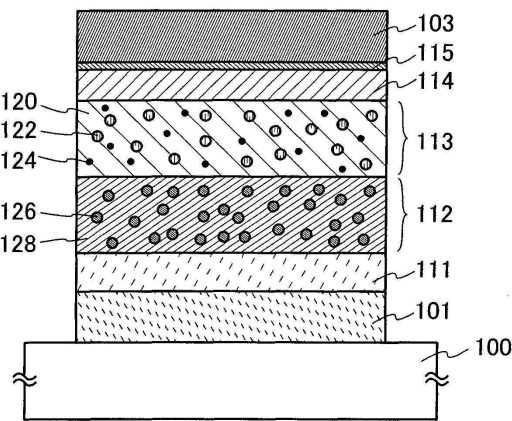
도면4



도면5

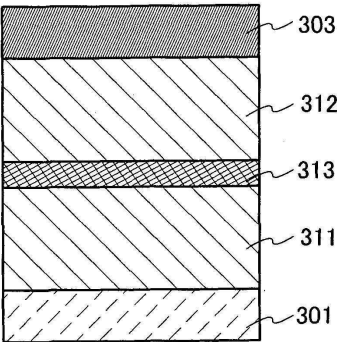


도면6

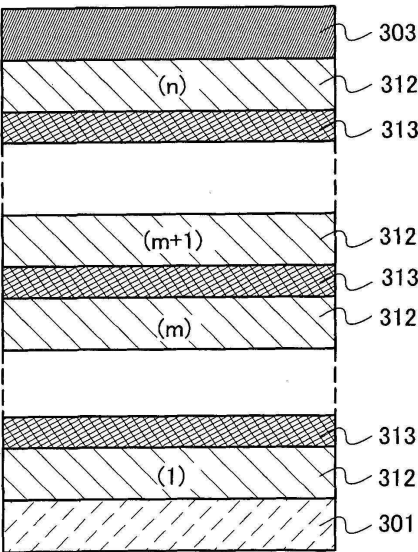


도면7

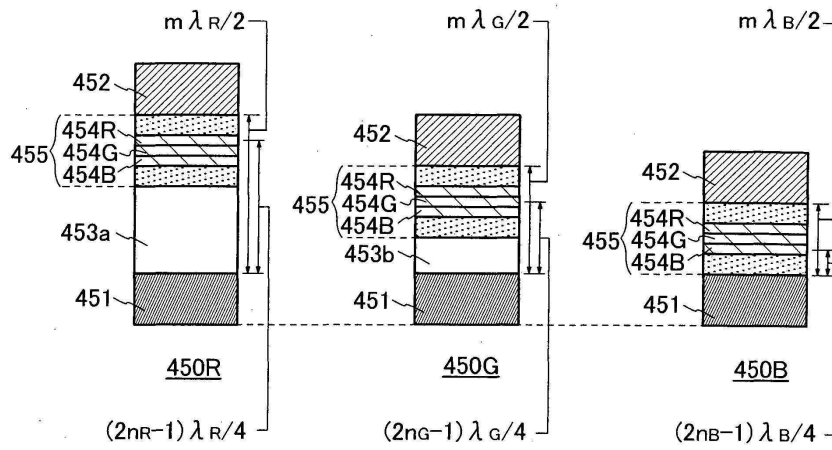
(A)



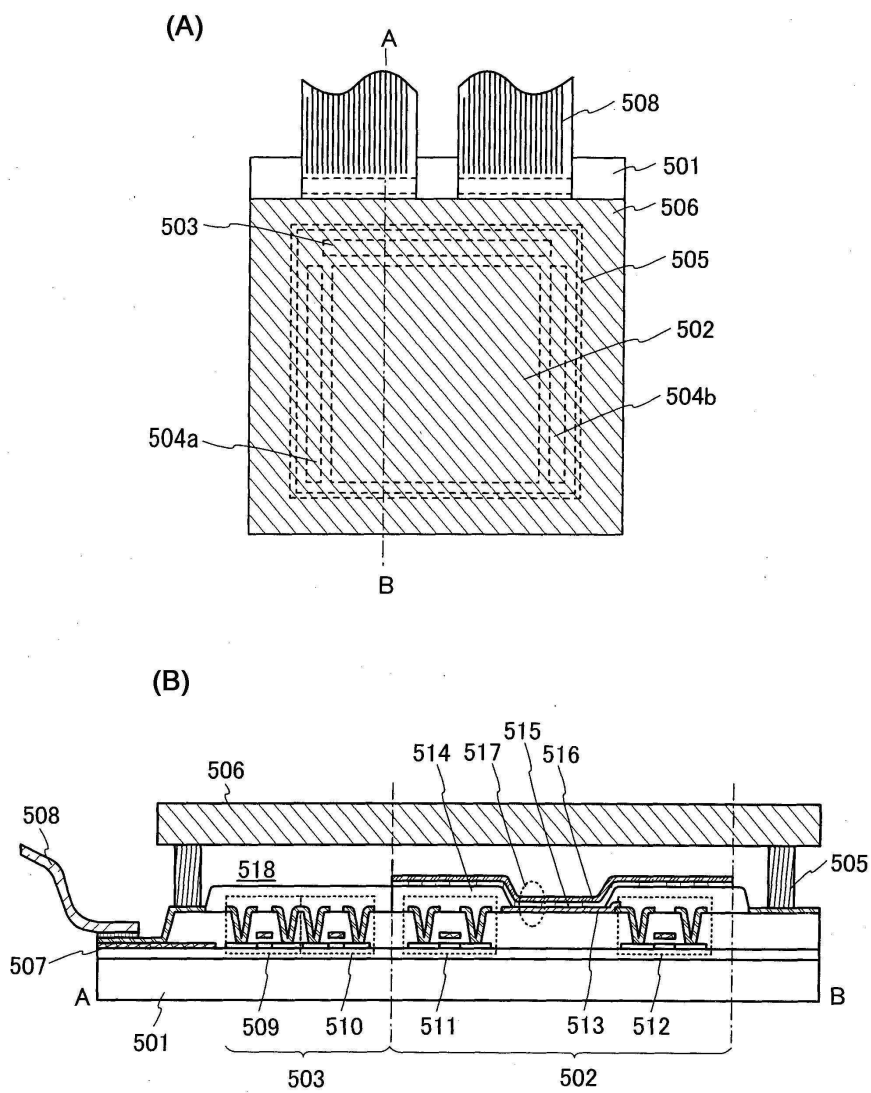
(B)



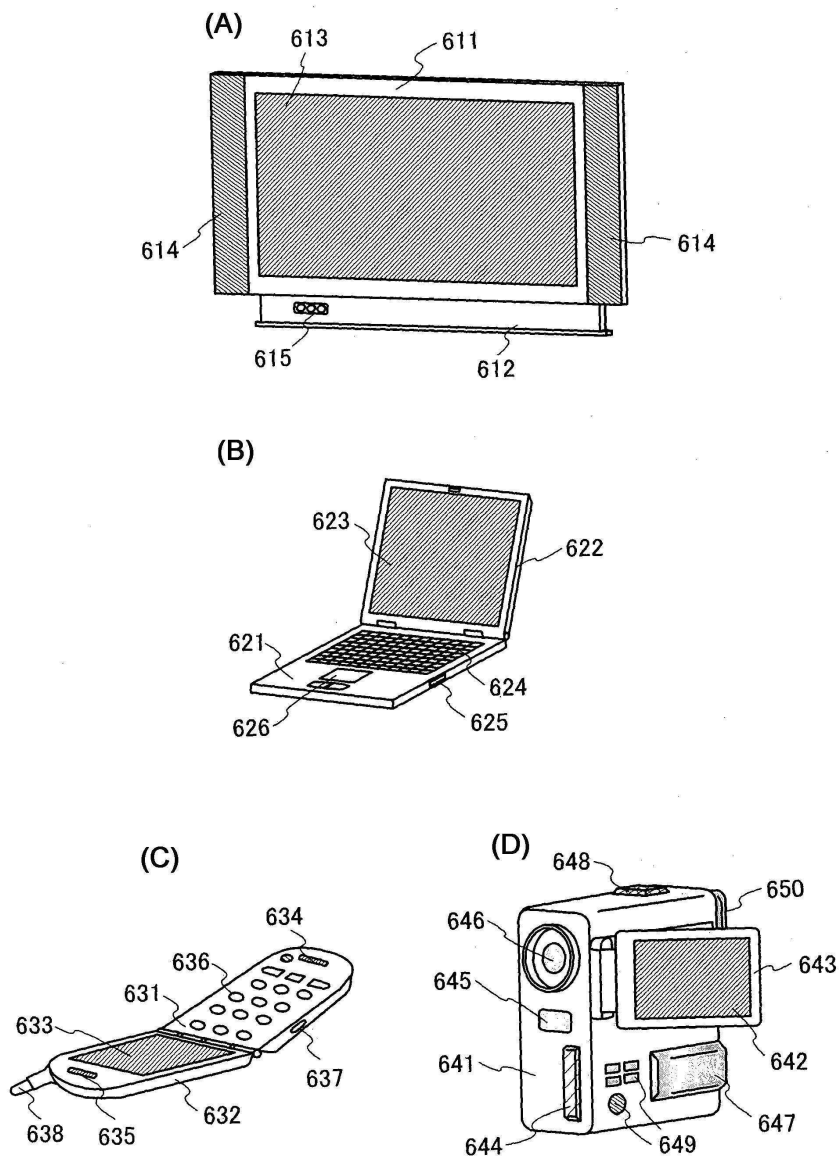
도면8



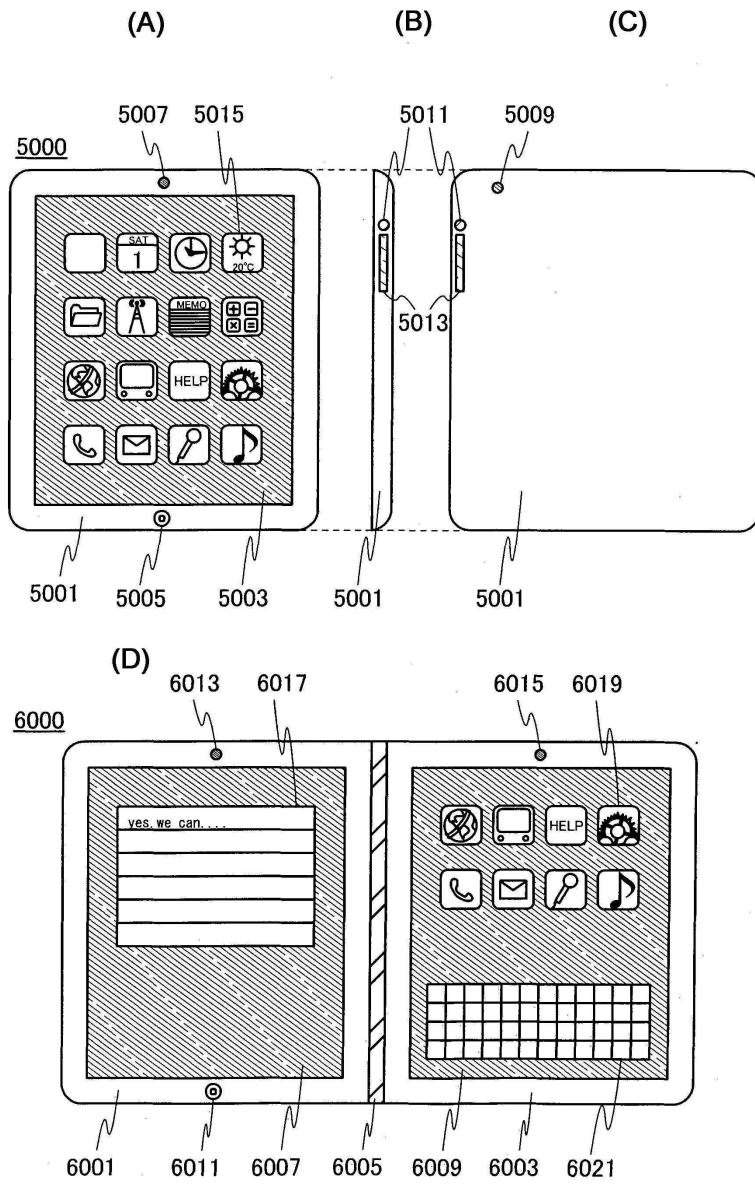
도면9



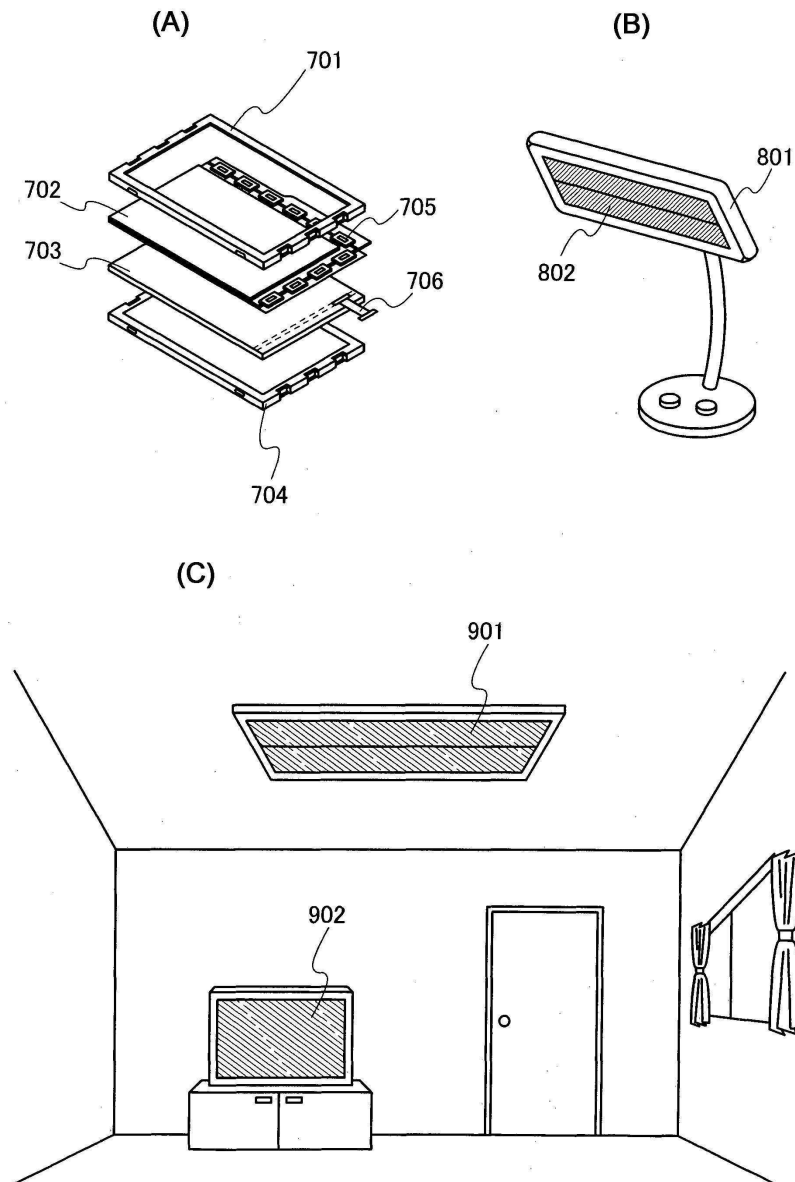
도면10



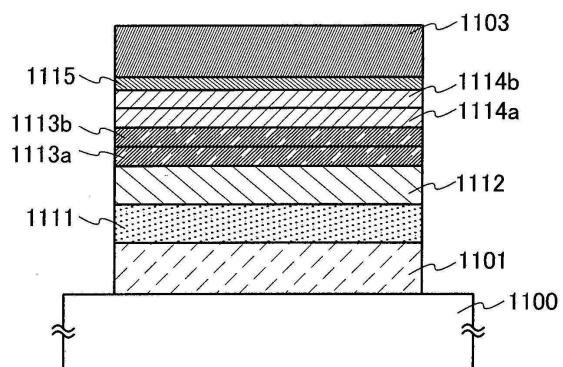
도면11



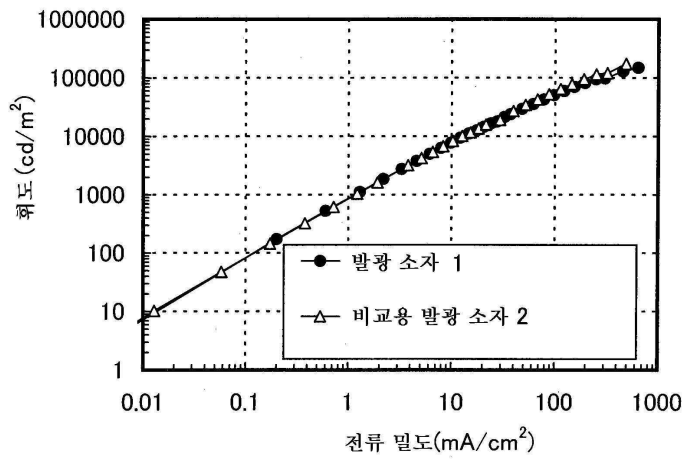
도면12



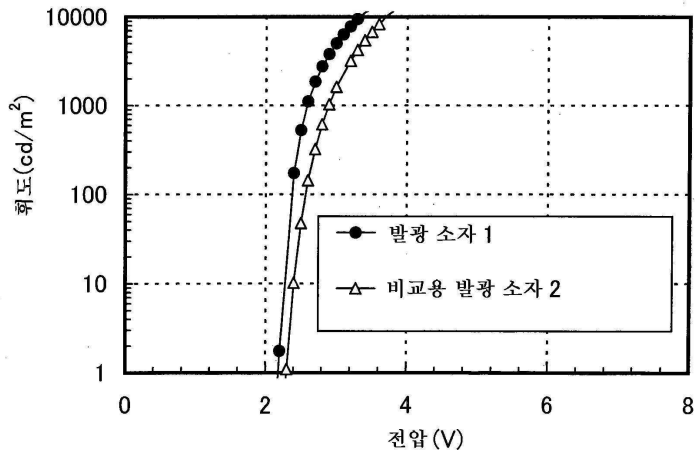
도면13



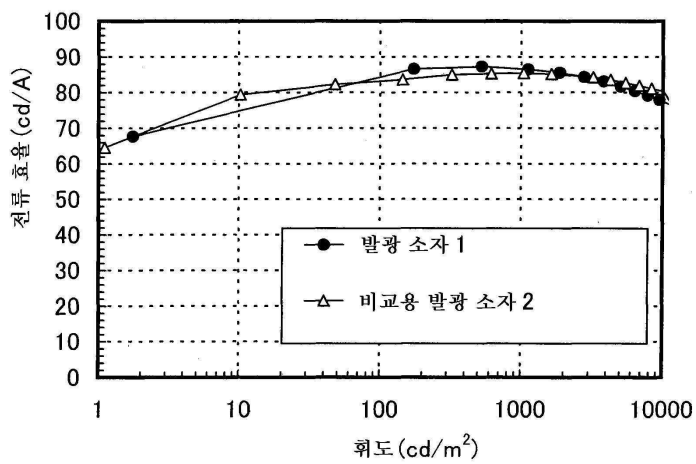
도면14



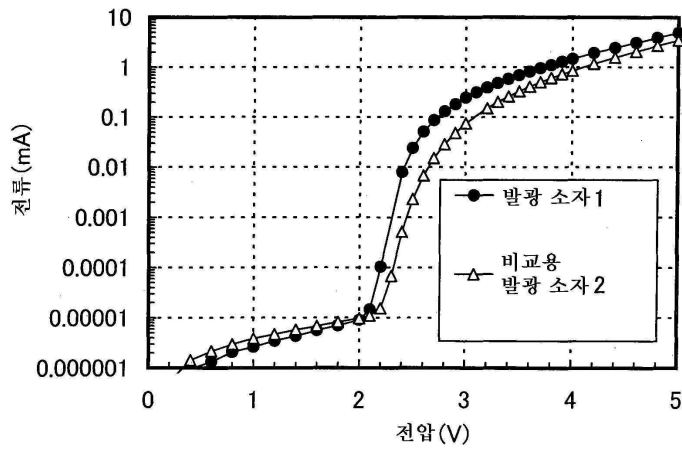
도면15



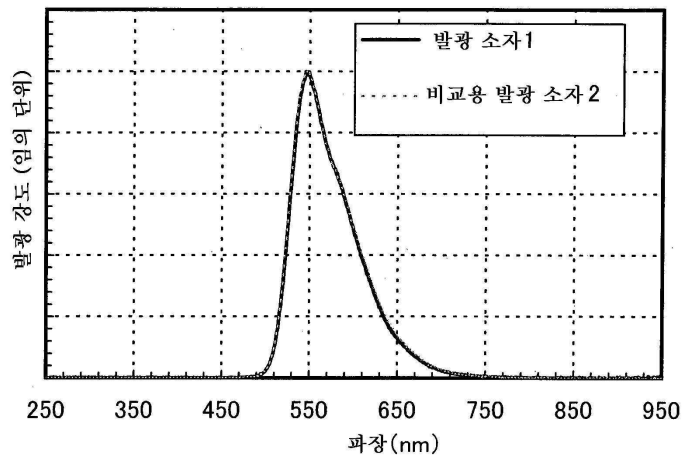
도면16



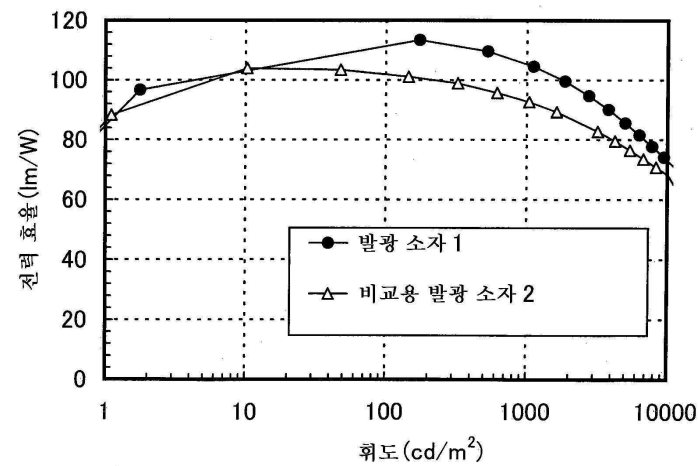
도면17



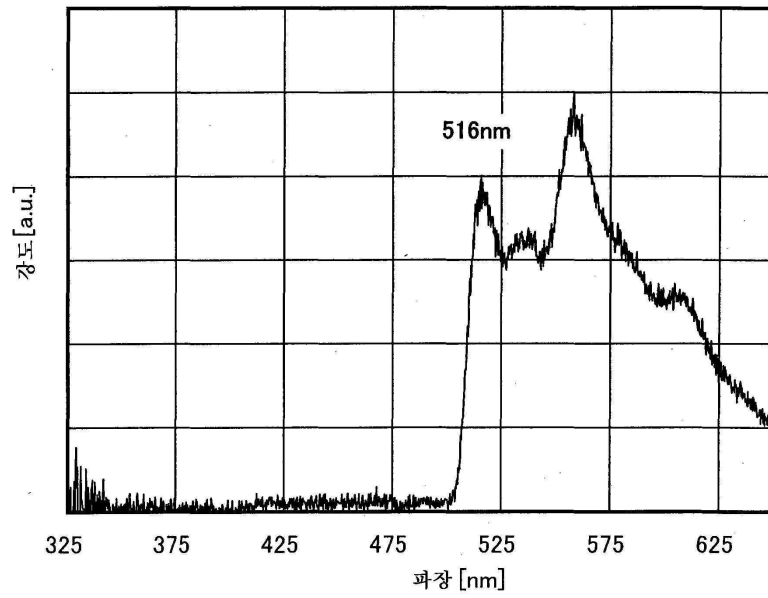
도면18



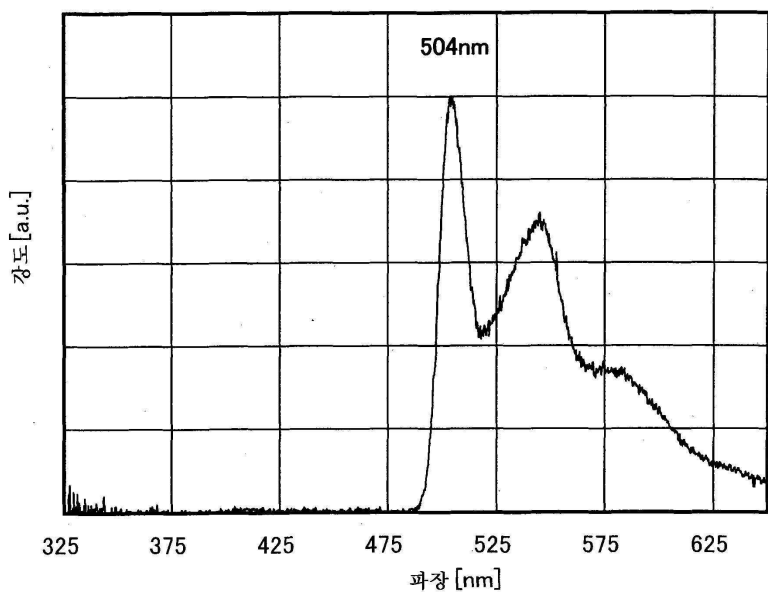
도면19



도면20



도면21



도면22

