



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월23일
(11) 등록번호 10-2639622
(24) 등록일자 2024년02월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 50/13 (2023.01) H10K 101/00 (2023.01)
H10K 101/10 (2023.01) H10K 50/12 (2023.01)
H10K 50/81 (2023.01) H10K 50/82 (2023.01)
H10K 85/60 (2023.01)
- (52) CPC특허분류
H10K 50/13 (2023.02)
H10K 50/121 (2023.02)
- (21) 출원번호 10-2023-7009011(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년11월20일
심사청구일자 2023년03월15일
- (85) 번역문제출일자 2023년03월15일
- (65) 공개번호 10-2023-0042143
- (43) 공개일자 2023년03월27일
- (62) 원출원 특허 10-2021-7037083
원출원일자(국제) 2014년11월20일
심사청구일자 2021년11월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2014/066182
- (87) 국제공개번호 WO 2015/083025
국제공개일자 2015년06월11일
- (30) 우선권주장
JP-P-2013-249486 2013년12월02일 일본(JP)
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2013219024 A
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
가부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
오사와 노부하루
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
노나카 유스케
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 박광묵

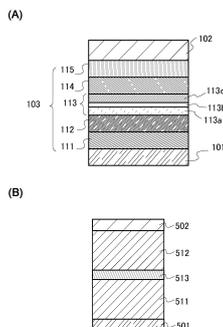
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 표시 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시형태의 목적은 형광 및 인광을 이용하고 실용화에 유리한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다. 상기 발광 소자는, 호스트 재료 및 형광 물질을 함유한 제 1 발광층, 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질을 함유한 분리층, 및 들뜬 복합체를 형성하는 2종류의 유기 화합물 및 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



변환할 수 있는 물질을 함유한 제 2 발광층의 적층 구조를 갖는다. 또한, 제 1 발광층으로부터 방출되는 광이 제 2 발광층의 발광 스펙트럼 피크보다 짧은 파장 측에 발광 스펙트럼 피크를 갖는 발광 소자가 더 효과적이다.

(52) CPC특허분류

H10K 50/81 (2023.02)
H10K 50/82 (2023.02)
H10K 85/615 (2023.02)
H10K 85/622 (2023.02)
H10K 85/633 (2023.02)
H10K 2101/10 (2023.02)
H10K 2101/27 (2023.02)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120024624 A
 JP2009302041 A
 JP2010134352 A
 JP2013125653 A
 KR1020130115027 A

(72) 발명자

이시소네 다카히로

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
 시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

세오 사토시

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
 시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

가와타 다쿠야

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
 시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

(30) 우선권주장

JP-P-2014-097803 2014년05월09일 일본(JP)
 JP-P-2014-180913 2014년09월05일 일본(JP)

명세서

청구범위

청구항 1

발광 장치로서,

음극, 제 1 발광층, 상기 제 1 발광층으로부터 떨어져 위치하는 제 2 발광층, 상기 제 2 발광층과 접하는 제 3 발광층 및 양극을 이 차례로 포함하고,

상기 제 1 발광층은, 형광 물질 및 호스트 재료를 포함하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 어느 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 1 물질, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성할 수 있는 조합이고,

상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장의 에너지 값과 상기 제 1 물질의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 피크 파장의 에너지 값의 차이가 0.2eV 이내이고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 다른 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 2 물질을 포함하고,

상기 제 1 물질 및 상기 제 2 물질은 발광 스펙트럼이 상이하고,

상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에, 제 4 유기 화합물 및 제 5 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하고,

상기 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위는, 상기 제 4 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위 및 상기 제 5 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 발광 장치.

청구항 2

발광 장치로서,

음극, 제 1 발광층, 상기 제 1 발광층으로부터 떨어져 위치하는 제 2 발광층, 상기 제 2 발광층과 접하는 제 3 발광층 및 양극을 이 차례로 포함하고,

상기 제 1 발광층은, 형광 물질 및 호스트 재료를 포함하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 어느 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 1 물질, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성할 수 있는 조합이고,

상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장의 에너지 값과 상기 제 1 물질의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 피크 파장의 에너지 값의 차이가 0.2eV 이내이고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 다른 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 2 물질을 포함하고,

상기 형광 물질은 청색 발광을 나타내고,

상기 제 1 물질은 녹색 발광을 나타내고,

상기 제 2 물질은 적색 발광을 나타내고,

상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에, 제 4 유기 화합물 및 제 5 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하고,

상기 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위는, 상기 제 4 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위 및 상기 제 5 유기 화합물

의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 발광 장치.

청구항 3

발광 장치로서,

음극, 제 1 발광층, 상기 제 1 발광층으로부터 떨어져 위치하는 제 2 발광층, 상기 제 2 발광층과 접하는 제 3 발광층 및 양극을 이 차례로 포함하고,

상기 제 1 발광층은, 형광 물질 및 호스트 재료를 포함하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 어느 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 1 물질, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제 1 유기 화합물 및 상기 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성할 수 있는 조합이고,

상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장의 에너지 값과 상기 제 1 물질의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 피크 파장의 에너지 값의 차이가 0.2eV 이내이고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 다른 하나는, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 2 물질을 포함하고,

상기 형광 물질은 400nm~480nm에 발광 스펙트럼의 피크를 갖고,

상기 제 1 물질은 500nm~560nm에 발광 스펙트럼의 피크를 갖고,

상기 제 2 물질은 580nm~680nm에 발광 스펙트럼의 피크를 갖고,

상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에, 제 4 유기 화합물 및 제 5 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하고,

상기 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위는, 상기 제 4 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위 및 상기 제 5 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 발광 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 음극과 상기 제 1 발광층 사이에, 제 3 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하고,

상기 제 3 유기 화합물은, 안트라센 골격을 갖는, 발광 장치.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료는, 안트라센 골격을 갖는 유기 화합물인, 발광 장치.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 형광 물질은 피렌다리아민 화합물인, 발광 장치.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 호스트 재료의 단일항 들뜬 준위가 상기 형광 물질의 단일항 들뜬 준위보다 높고,

상기 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위가 상기 형광 물질의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 발광 장치.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 들뜬 복합체의 삼중항 들뜬 준위는, 상기 제 1 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위 및 상기 제 2 유기 화합물의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 발광 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명의 일 실시형태는, 유기 화합물을 발광 물질로서 함유한 발광 소자, 표시 모듈, 조명 모듈, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.
- [0002] 다만, 본 발명의 일 실시형태는 상술한 기술 분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에서 개시(開示)되는 발명의 일 실시형태의 기술 분야는, 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 실시형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 구체적으로는, 본 명세서에 개시되는 본 발명의 일 실시형태의 기술 분야의 예에는, 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제작 방법이 포함된다.

배경 기술

- [0003] 근년에 들어, 유기 화합물을 사용하고 전기 발광(electroluminescence)(EL)을 이용한 발광 소자(유기 EL 소자)의 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 발광 소자의 기본적인 구조에서는, 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질을 함유한 유기 화합물층(EL층)이 개재(介在)된다. 이 소자에 전압을 인가함으로써, 발광 물질로부터 광이 방출될 수 있다.
- [0004] 상기 발광 소자는 자발광(self-luminous) 소자이기 때문에 액정 디스플레이보다 화소의 시인성(visibility)이 높고 백라이트가 필요 없다는 장점이 있어, 플랫 패널 디스플레이 소자로서 적합하다고 생각된다. 또한, 상기 발광 소자를 포함하는 디스플레이는 얇고 가볍게 제작할 수 있고 응답 속도가 매우 빠른 것도 큰 장점이다.
- [0005] 상기 발광 소자는 면 발광을 제공할 수 있다. 이 특징은 백열등 및 LED로 대표되는 점 광원 또는 형광등으로 대표되는 선 광원으로는 얻기 어렵다. 그러므로, 상기 발광 소자는 조명 장치 등에 적용 가능한 광원으로서 큰 가능성을 갖는다.
- [0006] 이러한 유기 EL 소자에서는, 음극으로부터 전자가, 및 양극으로부터 정공이 EL층에 주입된다. 주입된 전자와 정공의 재결합에 의하여, 발광성을 갖는 유기 화합물이 들뜨게 되어 발광을 제공한다.
- [0007] 유기 화합물의 들뜬 상태는 단일항 들뜬 상태 또는 삼중항 들뜬 상태일 수 있고, 단일항 들뜬 상태(S^*)로부터의 발광이 형광이라 불리고, 삼중항 들뜬 상태(T^*)로부터의 발광이 인광이라 불린다. 상기 발광 소자에서의 들뜬 상태의 통계적인 발생 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 생각된다.
- [0008] 단일항 들뜬 상태에서부터 광을 발하는 화합물(아래에서, 형광 물질이라 함)에서는, 실온에서, 일반적으로 형광만이 관찰되고 인광은 관찰되지 않는다. 따라서, 형광 물질을 사용하는 발광 소자의 내부 양자 효율(주입된 캐리어에 대한 발생된 광자(photon)의 비율)은, S^* 대 T^* 의 비율이 1:3인 것에 근거하여 25%의 이론적 한계를 갖는 것으로 추정된다.
- [0009] 한편, 삼중항 들뜬 상태에서부터 광을 발하는 화합물(아래에서, 인광 화합물이라 함)에서는, 상온에서 인광을 관찰할 수 있다. 인광 화합물에서는 항간 교차(intersystem crossing)(단일항 들뜬 상태에서부터 삼중항 들뜬 상태로의 들뜬 에너지의 전이)가 일어나기 쉽기 때문에, 내부 양자 효율은 이론상 100%까지 증가될 수 있다. 즉, 인광 물질을 사용하는 발광 소자는 형광 물질을 사용하는 발광 소자보다 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 이 이유로, 고효율 발광 소자를 얻기 위하여, 인광 화합물을 사용하는 발광 소자가 현재 활발하게 개발되고 있다.
- [0010] 특허문헌 1에 개시된 백색 발광 소자는, 인광을 발하는 복수 종류의 발광 도펀트를 함유한 발광 영역을 포함한다. 특허문헌 2에 개시된 소자는 형광층과 인광층 사이에 중간층(전하 발생층)을 포함한다(즉, 이 소자를 소위 탠덤 소자라 부름).

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) PCT 국제 출원 제2004-522276의 일본어 번역문
(특허문헌 0002) 일본 공개 특허 출원 제2006-120689

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 백색 발광 소자로 대표되는 다색(multicolor) 발광 소자로서는, 특허문헌 2와 같이, 형광층(짧은 파장의 광을 발하는 층), 인광층(긴 파장의 광을 발하는 층), 및 형광층과 인광층 사이의 중간층(전하 발생층)을 포함하는 소자가 개발되고 있으며 일부 실용화에 들어가고 있다. 이 소자는 2개의 발광 소자가 중간층을 개재하여 직렬로 접속된 구조를 갖는다.
- [0013] 이 구조에서는, 수명에 문제를 갖는 짧은 파장의 광으로서 형광이 사용되고, 긴 파장의 광으로서 인광이 사용된다. 이 구조에 의하여, 긴 파장의 광 및 짧은 파장의 광으로서 인광을 사용하는 소자보다 발광 효율은 낮지만, 안정된 특성의 다색 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0014] 상술한 구조의 다색 발광 소자는, 높은 신뢰성을 갖고 실용화에 적합한 한편, 하나의 발광 소자를 얻기 위하여 더 많은 수의 막을 형성할 필요가 있으며, 이것이 발광 소자의 실용화를 저해한다.
- [0015] 다색 소자에서 인광층과 형광층 사이에 중간층을 제공하는 이유는 몇 가지 있다. 그 이유 중 하나는 형광층으로 인한 인광의 퀸칭(quenching)을 방지하는 것이다.
- [0016] 형광층에는, 호스트 재료로서 안트라센으로 대표되는 축합 방향족 고리(특히 축합 방향족 탄화수소 고리) 골격을 갖는 물질이 흔히 사용된다. 이것은 축합 방향족 고리 골격을 갖는 물질을 형광층의 호스트 재료로서 사용하면, 양호한 특성의 발광 소자를 안정적으로 얻을 수 있기 때문이지만, 축합 방향족 고리 골격을 갖는 물질은 일반적으로 삼중항 준위가 낮다는 단점을 갖는다. 그러므로, 형광층이 인광층과 접촉되어 형성되는 경우, 인광층에서 발생된 삼중항 들뜬 에너지가 형광층의 호스트 재료의 삼중항 준위로 이동하여 퀸칭된다. 삼중항 여기자는 수명이 길기 때문에, 여기자의 확산 거리가 길어, 형광층과 인광층 사이의 계면에서 발생된 들뜬 에너지와 아울러 인광층에서 발생된 들뜬 에너지가 형광층의 호스트 재료에 의하여 퀸칭된다. 그러므로, 발광 효율의 현저한 저하가 일어난다.
- [0017] 삼중항 들뜬 에너지가 큰 호스트 재료를 형광층에 사용함으로써 상술한 문제는 해결된다. 그러나, 이 경우, 호스트 재료의 단일항 들뜬 에너지는 삼중항 들뜬 에너지보다 높아, 호스트 재료의 단일항 들뜬 에너지와 형광 도펀트의 단일항 들뜬 에너지 사이의 에너지 차이가 지나치게 커지므로, 호스트 재료로부터 형광 도펀트로 에너지가 충분히 이동하지 않는다. 이것이 결과적으로 형광층에서의 불충분한 발광 효율로 이어진다. 결과적으로, 호스트 재료의 비복사 감쇠(non-radiative decay)가 가속되어 소자의 특성(특히 수명)이 저하되는 경우가 있다. 호스트 재료의 단일항 들뜬 에너지가 더 큰 경우, 상기 호스트 재료의 HOMO-LUMO 갭이 필연적으로 크다. 이것은 구동 전압의 상승으로 이어진다.
- [0018] 상술한 관점에서, 본 발명의 일 실시형태의 목적은 신규 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 형광 및 인광을 이용하고 실용화에 유리한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 형광 및 인광을 이용하고, 형성되는 층의 수가 비교적 적기 때문에 제작 공정 수가 적고, 실용화에 유리한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0019] 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 형광 및 인광을 이용하고 높은 발광 효율을 갖는 다색 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0020] 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 형광 및 인광을 이용하고, 형성되는 층의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리하고, 높은 발광 효율을 갖는 다색 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 신규 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0021] 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 상기 발광 소자를 사용함으로써 낮은 비용으로 제작할 수 있는 표시 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공하는 것이다.

[0022] 본 발명의 일 실시형태의 또 다른 목적은 상기 발광 소자를 사용함으로써, 소비 전력이 저감된 표시 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공하는 것이다.

[0023] 본 발명에서는 상술한 목적 중 적어도 하나를 달성하기만 하면 된다.

과제의 해결 수단

[0024] 호스트 재료 및 형광 물질을 함유한 제 1 발광층, 분리층, 및 들뜬 복합체를 형성하는 2종류의 유기 화합물 및 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질을 함유한 제 2 발광층의 적층 구조를 갖는 발광 소자에 의하여 상술한 목적을 달성할 수 있다. 또한, 제 1 발광층이 제 2 발광층보다 짧은 파장 측에 발광 스펙트럼 피크를 갖는 발광 소자는 상술한 목적을 더 효율적으로 달성한다.

[0025] 본 발명의 일 실시형태는 한 쌍의 전극, 및 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 E층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 E층은 제 1 발광층, 제 2 발광층, 및 제 1 발광층과 제 2 발광층 사이에 위치하는 분리층을 포함한다. 제 1 발광층의 발광 스펙트럼은 제 2 발광층의 발광 스펙트럼보다 짧은 파장 영역에 있다. 제 1 발광층은 적어도 형광 물질 및 호스트 재료를 함유한다. 제 2 발광층은 적어도 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질, 제 1 유기 화합물, 및 제 2 유기 화합물을 함유한다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성한다.

[0026] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 분리층이 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0027] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질이 제 2 들뜬 복합체를 형성하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0028] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 분리층의 두께가 0nm보다 크고 20nm 이하인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0029] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 분리층의 두께가 1nm 이상 10nm 이하인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0030] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 정공 수송성을 갖는 물질과 전자 수송성을 갖는 물질의 조합이 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합과 같은, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0031] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 1 들뜬 복합체로부터 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질로 에너지가 이동하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0032] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 호스트 재료의 단일항 들뜬 준위가 형광 물질의 단일항 들뜬 준위보다 높고, 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위가 형광 물질의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0033] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위가, 정공 수송성을 갖는 물질의 삼중항 들뜬 준위 및 전자 수송성을 갖는 물질의 삼중항 들뜬 준위보다 낮은, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0034] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 호스트 재료가 축합 방향족 고리 골격을 갖는 유기 화합물인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0035] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 호스트 재료가 안트라센 골격을 갖는 유기 화합물인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0036] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 호스트 재료가 안트라센 골격을 갖는 유기 화합물이고, 형광 물질이 피렌 골격을 갖는 유기 화합물인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0037] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 2 발광층이 n 개(n 은 2 이상의 정수(整數))의 층을 포함하고, n 개의 층은 상이한 발광 스펙트럼을 갖고 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 n 종류의 물질을 함유하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0038] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 2 발광층이, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질로서, 상이한 발광 스펙트럼을 갖는 제 1 인광 물질 및 제 2 인광 물질을 함유하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0039] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 1 인광 물질이 적색 영역의 광을 발하고, 제 2 인광 물질이 녹색 영역의 광을 발하고, 형광 물질이 청색 영역의 광을 발하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

- [0040] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 1 인광 물질이 580nm~680nm의 발광 스펙트럼의 피크를 갖고, 제 2 인광 물질이 500nm~560nm의 발광 스펙트럼의 피크를 갖고, 형광 물질이 400nm~480nm의 발광 스펙트럼의 피크를 갖는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.
- [0041] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 2 발광층이 제 1 인광층 및 제 2 인광층을 포함하고, 제 1 인광층이 제 1 인광 물질을 함유하고, 제 2 인광층이 제 2 인광 물질을 함유하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.
- [0042] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 제 1 인광 물질이 제 1 인광층에서 캐리어 트랩성을 나타내는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 캐리어 트랩성이 전자 트랩성인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.
- [0044] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 상술한 발광 소자 중 어느 것을 포함하는 표시 모듈이다.
- [0045] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 상술한 발광 소자 중 어느 것을 포함하는 조명 모듈이다.
- [0046] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 상술한 발광 소자 중 어느 것, 및 이 발광 소자를 제어하기 위한 유닛을 포함하는 발광 장치이다.
- [0047] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 표시부에 상술한 발광 소자 중 어느 것, 및 이 발광 소자를 제어하기 위한 유닛을 포함하는 표시 장치이다.
- [0048] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 조명부에 상술한 발광 소자 중 어느 것, 및 이 발광 소자를 제어하기 위한 유닛을 포함하는 조명 장치이다.
- [0049] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 상술한 발광 소자 중 어느 것을 포함하는 전자 기기이다.
- [0050] 또한, 본 명세서에서의 발광 장치는, 그 범주에, 발광 소자를 사용하는 화상 표시 장치를 포함한다. 본 명세서에서의 발광 장치의 범주에는, 발광 소자에 이방 도전성 필름 또는 tape carrier package(TCP) 등의 커넥터가 제공된 모듈; 끝에 프린트 배선판이 제공된 TCP를 갖는 모듈; 및 집적 회로(IC)가 chip on glass(COG) 방식으로 발광 소자에 직접 탑재된 모듈이 포함된다. 또한, 그 범주에 조명 기구 등에 사용되는 발광 장치 등이 포함된다.

발명의 효과

- [0051] 본 발명의 일 실시형태에서는, 신규 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일 실시형태에서는, 형광 및 인광을 이용하고, 형성되는 층의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리한 다색 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 또 다른 실시형태에서는, 형광 및 인광을 이용하고 높은 발광 효율을 갖는 다색 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0054] 본 발명의 또 다른 실시형태에서는, 형광 및 인광을 이용하고, 형성되는 층의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리하고, 높은 발광 효율을 갖는 다색 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 또 다른 실시형태에서는, 상술한 발광 소자 중 어느 것을 사용함으로써 낮은 비용으로 제작할 수 있는 표시 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 또 다른 실시형태에서는, 상술한 발광 소자 중 어느 것을 사용함으로써, 소비 전력이 저감된 표시 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공할 수 있다. 다만, 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 실시형태는 반드시 상술한 모든 효과를 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백하며 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0057] 도 1의 (A) 및 (B)는 발광 소자의 개념도.
- 도 2의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.
- 도 3의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.

- 도 4는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.
- 도 5의 (A) 및 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 개념도.
- 도 6의 (A) 및 (B)는 조명 장치를 도시한 것.
- 도 7의 (A)~(D)는 전자 기기를 도시한 것.
- 도 8은 광원 장치를 도시한 것.
- 도 9는 조명 장치를 도시한 것.
- 도 10은 조명 장치를 도시한 것.
- 도 11은 차량 내의 표시 장치 및 조명 장치를 도시한 것.
- 도 12의 (A)~(C)는 전자 기기를 도시한 것.
- 도 13은 발광 소자 1~발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 14는 발광 소자 1~발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 15는 발광 소자 1~발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 16은 발광 소자 1~발광 소자 4의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 17은 발광 소자 1~발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
- 도 18은 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 19는 발광 소자 5의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 20은 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 21은 발광 소자 5의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 22는 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
- 도 23은 발광 소자 5의 휘도-CIE 색도 특성을 나타낸 것.
- 도 24는 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 25는 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 26은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 27은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 28은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
- 도 29는 발광 소자 8의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
- 도 30은 발광 소자 9의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 31은 발광 소자 9의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 32는 발광 소자 9의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.
- 도 33은 발광 소자 9의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것.
- 도 34는 발광 소자 9의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
- 도 35는 실시예 5에서의 조명 장치의 휘도-파워 효율 특성을 나타낸 것.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0058]

아래에서, 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 다만, 본 발명은 아래의 설명에 한정되지 않으며, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있다는 것은 당업자에 의하여 쉽게 이해된다. 따라서, 본 발명은 아래의 실시형태에서의 설명에 한정되어 해석되어서는 안 된다.

다.

- [0059] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자를 도시한 도면이다. 상기 발광 소자는 적어도 한 쌍의 전극(제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)) 및 발광층(113)을 포함하는 EL층(103)을 포함한다. 발광층(113)은 제 1 발광층(113a), 분리층(113b), 및 제 2 발광층(113c)이 이 차례로 서로 접촉하여 적층된 적층 구조를 갖는다.
- [0060] 도 1의 (A)에는 EL층(103)에서의 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)도 도시하였다. 그러나, 이 적층 구조는 일레이며, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에서의 EL층(103)의 구조는 이에 한정되지 않는다. 또한, 도 1의 (A)에서, 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하고 제 2 전극(102)은 음극으로서 기능한다.
- [0061] 제 1 발광층(113a)은 형광 물질 및 호스트 재료를 함유한다. 제 2 발광층(113c)은 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 인광 화합물을 함유한다. 상기 구조를 갖는 발광층에서는, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합이 제 1 들뜬 복합체를 형성하는 것이 바람직하다.
- [0062] 이 구조에 의하여, 제 1 발광층(113a)으로부터 형광 물질에서 유래하는 광이 효율적으로 방출될 수 있고, 제 2 발광층(113c)으로부터 인광 물질에서 유래하는 광이 효율적으로 방출될 수 있다. 또한, 상기 발광 소자가 제 1 발광층(113a)과 제 2 발광층(113c) 사이에 전하 발생층을 포함하지 않아도(즉, 발광 소자가 턴덤 소자가 아니라도) 형광 및 인광의 양쪽을 효율적으로 얻을 수 있다.
- [0063] 일반적으로, 형광층과 인광층이 전하 발생층에 의하여 분리되지 않고 같은 EL층에 포함되어 발광하면, 발광 효율이 현저하게 저감된다. 이것의 요인은 다음과 같다. 안트라센으로 대표되는 축합 방향족 고리(특히 축합 방향족 탄화수소 고리) 골격을 갖는 물질이 일반적으로 호스트 재료로서 사용되기 때문에 형광층의 호스트 재료의 삼중항 들뜬 에너지가 낮고, 인광층에서 발생된 삼중항 들뜬 에너지가 형광층으로 이동하여, 결과적으로 비복사 감쇠를 야기한다. 현재, 형광층에 관해서는 축합 방향족 고리 골격을 갖는 물질을 사용하지 않으면 원하는 발광 파장, 양호한 소자 특성, 또는 높은 신뢰성을 얻기 어렵기 때문에, 형광층과 인광층이 같은 EL층에 포함되는 구조를 갖는 발광 소자의 양호한 특성을 달성하기 어렵다.
- [0064] 삼중항 들뜬 상태는 완화 시간이 길기 때문에 여기자의 확산 거리가 길고, 인광층에 발생된 여기자 중 대부분이 확산으로 인하여 형광층으로 이동하여, 여기자의 비복사 감쇠가 일어난다. 이것이 문제를 더 심각하게 한다.
- [0065] 현재, 축합 방향족 고리 골격을 갖지 않는 재료를 사용하면 원하는 발광 파장, 양호한 소자 특성, 또는 높은 신뢰성을 얻기 어렵다. 따라서, 형광층과 인광층이 서로 인접하여 형성되는 발광 소자의 양호한 특성을 달성하기 어렵다.
- [0066] 본 실시형태의 발광 소자에서는, 제 2 발광층(113c)에서 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하고, 이 들뜬 복합체로부터 인광 물질로 삼중항 들뜬 에너지가 이동함으로써 발광을 얻을 수 있다. 이 구조는 상술한 문제를 해결할 수 있다.
- [0067] 들뜬 복합체는 2종류의 물질(본 발명의 일 실시형태에서의 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물)로부터 형성되는 들뜬 상태이다. 들뜬 복합체는 에너지를 발산하면, 들뜬 복합체를 형성하던 2종류의 물질은 원래의 상이한 물질로서 기능한다. 바꿔 말하면, 들뜬 복합체 자체는 기저 상태를 갖지 않고, 들뜬 복합체들 사이의 에너지 이동 또는 다른 물질로부터 들뜬 복합체로의 에너지 이동은 원리적으로 일어날 가능성이 낮다.
- [0068] 발광 소자에서의 들뜬 복합체의 발생에 관해서는, 양이온으로서의 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 한 쪽과 음이온으로서의 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 다른 쪽이 서로 인접되어 들뜬 복합체를 형성하는 과정(일렉트로플렉스(electroplex) 과정)이 지배적인 것으로 생각된다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 한 쪽이 들뜬 상태가 되어도, 이 한 쪽은 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 다른 쪽과 빠르게 상호 작용하여, 들뜬 복합체를 형성하기 때문에, 제 2 발광층(113c)에서의 대부분의 여기자는 들뜬 복합체로서 존재한다. 들뜬 복합체는 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물보다 작은 밴드 갭을 갖는다. 또한, 들뜬 복합체가 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 적어도 한 쪽(바람직하게는 각각)보다 낮은 삼중항 들뜬 에너지를 갖도록 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물을 선택하면, 들뜬 복합체로부터 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물로의 에너지 이동은 거의 일어나지 않는다. 또한, 상술한 바와 같이, 들뜬 복합체들 사이의 에너지 이동은 거의 일어나지 않는다. 결과적으로, 들뜬 복합체의 들뜬 에너지는 인광 물질로 이동하고 발광으로 변환된다. 따라서, 제 2 발광층(113c)에서의 여기자의 확산이 거의 일어나지 않는다. 그러므로, 상술한 문제를 해결할 수 있다.

- [0069] 여기서, 형광층인 제 1 발광층(113a)과 인광층인 제 2 발광층(113c)이 서로 접촉하면, 그 계면에서 들뜬 복합체 또는 인광 도펀트로부터 제 1 발광층(113a)의 호스트 재료로의 에너지 이동(특히 삼중항-삼중항 에너지 이동)이 약간 일어난다. 상술한 바와 같이, 들뜬 복합체의 여기자는 확산될 가능성이 낮고 인광 도펀트로 이동하기 쉽기 때문에, 여기자의 영향은 비교적 작다. 그러나, 제 1 발광층(113a)의 호스트 재료와 접촉하는 인광 도펀트가 상기 계면에 존재할 때, 텍스터 기구에 의한 에너지 이동으로 인하여 호스트 재료가 인광 도펀트의 발광을 극적으로 퀴칭시킨다. 따라서, 제 1 발광층(113a)과 제 2 발광층(113c) 사이에 분리층(113b)을 제곱함으로써, 제 1 발광층(113a)과 제 2 발광층(113c) 사이의 계면에서의 에너지 이동을 억제할 수 있어, 더 좋은 특성의 인광 및 형광의 양쪽을 방출할 수 있다.
- [0070] 본 발명의 일 실시형태에서는 제 1 발광층(113a)이 삼중항-삼중항 소멸(T-T 소멸: TTA)에 의하여 단일항 들뜬 상태가 발생되기 쉬운 구조를 가질 때, 제 1 발광층(113a)에서 발생한 삼중항 들뜬 에너지가 제 1 발광층(113a)에서 형광으로 변환될 수 있다. 이에 의하여, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자의 에너지 손실을 저감시킬 수 있다. 발광층(113a)이 TTA에 의하여 단일항 들뜬 상태가 발생되기 쉬운 구조를 가질 수 있게 되기 위해서는, 호스트 재료의 단일항 들뜬 준위가 형광 물질의 단일항 들뜬 준위보다 높고 호스트 재료의 삼중항 들뜬 준위가 형광 물질의 삼중항 들뜬 준위보다 낮게 되도록 제 1 발광층(113a)에서의 호스트 재료 및 형광 물질을 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 관계에 있는 호스트 재료와 형광 물질의 조합으로서는, 호스트 재료로서 안트라센 골격을 갖는 재료와 형광 물질로서 피렌 골격을 갖는 재료의 조합 등이 바람직하다.
- [0071] 다만, 제 1 발광층(113a)이 지나치게 두꺼우면, 제 2 발광층(113c)으로부터 발광을 얻기 어렵다. 또한, 제 1 발광층(113a)이 지나치게 얇으면, 제 1 발광층(113a)으로부터 발광을 얻기 어렵다. 이 이유로, 제 1 발광층(113a)의 두께가 5nm 이상 20nm 이하인 것이 바람직하다.
- [0072] 제 1 발광층(113a)이 양극 측에 형성되는 경우, 제 1 발광층(113a)은 정공 수송성을 갖는 것이 바람직하다. 이 경우, 높은 정공 수송성을 갖는 바이폴러 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 재료로서 안트라센 골격을 갖는 재료가 바람직하다. 또한, 형광 물질이 높은 정공 트랩성을 가질 때(예를 들어, 나중에 설명되는 축합 방향족 아민 화합물), 형광 물질의 농도는 5% 이하가 바람직하고, 1% 이상 4% 이하가 더 바람직하고, 1% 이상 3% 이하가 보다 바람직하며, 이 경우에는 인광 및 형광을 균형적으로 및 높은 효율로 얻을 수 있다. 또한, 형광 물질의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높으면, 형광 물질은 정공 트랩성을 나타낸다.
- [0073] 제 2 발광층(113c)에서의 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합은 들뜬 복합체가 형성될 수 있지만 하한정은 없지만, 한쪽 유기 화합물이 정공 수송성을 갖는 물질인 것이 바람직하고 다른 쪽 유기 화합물이 전자 수송성을 갖는 물질인 것이 바람직하다. 그 경우, 도너-억셉터 들뜬 상태가 쉽게 형성되며, 이에 의하여 들뜬 복합체가 효율적으로 형성된다. 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합이 정공 수송성을 갖는 물질과 전자 수송성을 갖는 물질의 조합인 경우, 혼합비를 조정함으로써 캐리어 균형을 쉽게 제어할 수 있다. 구체적으로는, 정공 수송성을 갖는 물질 대 전자 수송성을 갖는 물질의 중량비가 1:9-9:1인 것이 바람직하다. 상술한 구조를 갖는 발광 소자에서 캐리어 균형을 쉽게 제어할 수 있기 때문에, 재결합 영역도 쉽게 조절할 수 있다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 상술한 바와 같이 캐리어 균형을 제어함으로써 발광 색을 조절할 수 있다는 특징도 갖는다.
- [0074] 제 2 발광층(113c)에서 인광 물질의 가장 낮은 에너지 흡수대는 제 1 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼과 겹침으로써, 제 1 들뜬 복합체로부터 인광 물질로의 에너지 이동이 최적화되어 발광 소자는 양호한 발광 효율을 가질 수 있다. 인광 물질의 가장 낮은 에너지의 흡수대에서의 피크 파장과 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장 사이의 등가 에너지 값의 차이는 0.2eV 이하인 것이 바람직하고, 이 경우, 흡수대와 발광 스펙트럼 사이의 겹침이 크다. 또한, 인광 물질의 가장 낮은 에너지 흡수대는 삼중항 흡수대인 것이 바람직하고, 인광 물질 대신에 열 활성화 지연 형광(thermally activated delayed fluorescence)(TADF) 재료를 사용하는 경우, 가장 낮은 에너지 흡수대는 단일항 흡수대인 것이 바람직하다.
- [0075] 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에서는 제 2 발광층(113c)에 함유되는 발광 물질이, 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질인 것이 바람직하다. 본 명세서에서, 용어 "인광 물질"은 용어 "TADF 재료"로 치환할 수 있고, 용어 "인광층"은 용어 "TADF 발광층"으로 치환할 수 있다. TADF 재료는 삼중항 들뜬 상태를 약간의 열 에너지를 사용하여 단일항 들뜬 상태로 업컨버트(up-convert)시킬 수 있고(즉, 역항간 교차가 가능함), 단일항 들뜬 상태에서부터 발광(형광)을 효율적으로 나타내는 물질이다. TADF는, 삼중항 들뜬 준위와 단일항 들뜬 준위 사이의 에너지의 차이가 0eV 이상 0.2eV 이하, 바람직하게는 0eV 이상 0.1eV 이하인 조건으로 효율적으로 얻어진다. 인광 물질 및 TADF 재료는 둘 다 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환시킬 수 있는 물질이다.

- [0076] 본 실시형태의 발광 소자에서, 캐리어 재결합 영역은 국소적으로 형성되지 않고 어느 정도 분포되는 것이 바람직하다. 이를 위해서는, 각 발광층은 적당한 정도의 캐리어 트랩성을 갖는 것이 바람직하다. 제 1 발광층(113a)이 양극 측에 형성되고 제 2 발광층(113c)이 음극 측에 형성되는 구조에서는, 제 1 발광층(113a)에서의 형광 물질이 정공 트랩성을 갖는 것이 바람직하고, 제 2 발광층(113c)에서의 인광 물질이 전자 트랩성을 갖는 것이 바람직하다. 제 1 발광층(113a)이 음극 측에 형성되고 제 2 발광층(113c)이 양극 측에 형성되는 구조에서는, 제 1 발광층(113a)에서의 형광 물질이 전자 트랩성을 갖는 것이 바람직하고, 제 2 발광층(113c)에서의 인광 물질이 정공 트랩성을 갖는 것이 바람직하다. 높은 전자 트랩성을 갖는 물질의 예에는 배위자가 피리미딘 골격 또는 피라진 골격 등의 다이아진 골격을 포함하는 전이 금속 복합체(예를 들어, 이리듐 복합체 및 백금 복합체)가 포함된다. 또한, 인광 물질은 인광 물질의 LUMO 준위가 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 양쪽의 LUMO 준위보다 낮을 때, 전자 트랩성을 나타낸다.
- [0077] 분리층(113b)은 단일 물질로 형성되어도 좋지만, 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는 것이 바람직하다. 이들 물질이 들뜬 복합체를 형성하는 것이 더 바람직하다. 정공 수송성을 갖는 물질 대 전자 수송성을 갖는 물질의 혼합비를 변화시킴으로써, 제 2 발광층(113c)의 경우와 같이 캐리어 균형을 쉽게 제어할 수 있어, 발광 색을 조정할 수 있다.
- [0078] 분리층(113b)을 형성하는 재료의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지는 제 1 발광층(113a)의 호스트 재료와 같거나 더 높은 것이 바람직하다. 또한, 분리층(113b)에서 제 2 들뜬 복합체가 형성되는 경우에는, 상술한 바와 같이 들뜬 복합체로의 에너지 이동이 거의 일어나지 않기 때문에, 제 2 들뜬 복합체의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지는 호스트 재료보다 낮아도 좋다.
- [0079] 분리층(113b)을 형성하는 재료의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지는 제 2 발광층(113c)에서의 제 1 들뜬 복합체의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지에 의하여 한정되지 않는다. 바꿔 말하면, 분리층(113b)을 형성하는 재료의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지는 제 2 발광층(113c)에서의 제 1 들뜬 복합체보다 높거나 낮아도 좋다. 일반적인 구조에서는, 분리층의 들뜬 에너지가 제 2 발광층(113c)의 들뜬 에너지보다 낮으면, 제 2 발광층(113c)의 발광이 현저하게 저감되지만, 본 발명의 일 실시형태의 구조에서는 제 2 발광층(113c)에서의 여기자의 대부분이 들뜬 복합체로 존재하기 때문에, 여기자가 거의 확산되지 않고, 에너지 손실이 적다.
- [0080] 분리층(113b)이 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는 경우, 이들 물질의 조합은 제 2 발광층(113c)을 형성하는 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합과 같은 것이 바람직하며, 이 경우에 구동 전압의 증가가 억제된다. 즉, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 한쪽이 분리층(113b)에서의 정공 수송성을 갖는 물질이고, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 다른 쪽이 분리층(113b)에서의 전자 수송성을 갖는 물질인 것이 바람직하다. 바꿔 말하면, 분리층(113b)에서 형성되는 제 2 들뜬 복합체가 제 2 발광층(113c)에서 형성되는 제 1 들뜬 복합체와 같은 것이 바람직하다.
- [0081] 또한, 본 발광 소자에서, 제 1 발광층(113a)으로부터 방출된 광이 제 2 발광층(113c)으로부터 방출된 광보다 짧은 파장 측에 피크를 갖는 것이 바람직하다. 짧은 파장의 광을 발하는 인광 물질을 사용한 발광 소자의 휘도는 빠르게 열화되는 경향이 있다. 상술한 관점에서, 짧은 파장의 광을 발하는 형광 물질을 사용함으로써, 휘도의 열화가 적은 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발광 소자에서는, 형광층인 제 1 발광층(113a)과 인광층인 제 2 발광층(113c) 사이에 수 나노미터 두께의 분리층(113b)만 제공된다. 그러므로, 본 발광 소자에서의 EL층을 형성하는 층의 수는 탠덤 소자보다 적고 층의 두께는 탠덤 소자보다 작기 때문에, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 비용 효율이 높고 대량 생산에 적합하다. 또한, 상술한 바와 같이 EL층을 형성하는 층의 수는 적기 때문에, EL층의 두께를 작게 할 수 있어, 상기 발광 소자는 광학적으로 유리하다(즉, 광 추출 효율(out coupling efficiency)이 높다). 또한, 상기 발광 소자는 구동 전압이 낮고, 5V 이하의 구동 전압으로 형광 및 인광 양쪽을 효율적으로 제공할 수 있다.
- [0082] 또한, 형광층과 인광층은 서로 인접되지만, 인광층에서의 상술한 들뜬 복합체의 사용에 의하여 삼중항 들뜬 에너지의 감쇠가 일어날 가능성이 낮기 때문에, 인광 및 형광 양쪽을 쉽게 얻을 수 있다.
- [0083] 본 실시형태의 발광 소자에서, 제 1 발광층(113a) 및 제 2 발광층(113c)으로부터 상이한 발광 파장의 광이 얻어지기 때문에, 상기 발광 소자는 다색 발광 소자가 될 수 있다. 그러므로, 상기 발광 소자는 복수의 발광 물질로부터 방출된 광을 조합하여 다양한 발광 색을 제공할 수 있다.
- [0084] 이러한 발광 소자는 백색 발광을 얻기에 적합하다. 제 1 발광층(113a) 및 제 2 발광층(113c)이 보색의 광을 발

할 때, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 상기 발광층들 중 한쪽 또는 양쪽에 파장이 상이한 복수의 발광 물질을 사용함으로써 삼원색 또는 4 이상의 색으로 형성되는 연색성이 높은 백색 발광을 얻을 수 있다. 이 경우, 각 발광층은 층으로 분할되어도 좋고 분할된 층이 상이한 발광 물질을 함유하여도 좋다. 이러한 백색 발광 소자는, 인광을 이용하고, 높은 발광 효율을 갖고, 탠덤 발광 소자보다 적은 층의 수 및 작은 두께를 백색 발광 소자가 갖기 때문에 더 낮은 비용으로 제공할 수 있다. 또한, 백색 발광 소자는 그 두께가 작기 때문에 광 추출 효율이 향상된다.

[0085] 다음에, 상술한 발광 소자의 구조의 일례에 대하여 도 1의 (A)를 참조하여 아래에서 자세히 설명한다.

[0086] 본 실시형태에서의 발광 소자는, 한 쌍의 전극 사이에, 복수의 층을 포함하는 EL층을 포함한다. 본 실시형태에서, 발광 소자는 제 1 전극(101), 제 2 전극(102), 및 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제공된 EL층(103)을 포함한다. 또한, 본 실시형태에서, 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하고 제 2 전극(102)은 음극으로서 기능한다. 또한, 적층 순서는 반대이어도 좋다. 바꿔 말하면, 제 1 발광층(113a)은 음극 측에 형성되어도 좋고 제 2 발광층(113c)은 양극 측에 형성되어도 좋다.

[0087] 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하기 때문에, 제 1 전극(101)은 일함수가 큰(구체적으로, 4.0eV 이상의 일함수) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 그 혼합물 등을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 구체적인 예에는, 산화 인듐-산화 주석(ITO: 인듐 주석 산화물), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 및 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO)이 포함된다. 이들 도전성 금속 산화물의 막은 대개 스퍼터링법에 의하여 형성되지만, 졸-겔법 등의 응용으로 형성되어도 좋다. 예를 들어, 산화 인듐에 대하여 1wt%~20wt%의 산화 아연을 첨가하여 얻어진 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 인듐-산화 아연을 퇴적한다. 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐이 0.5wt%~5wt% 및 산화 아연이 0.1wt%~1wt% 첨가된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 인듐 산화물(IWZO)의 막을 형성할 수 있다. 그 외에, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 및 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 타이타늄) 등을 들 수 있다. 그래핀을 사용할 수도 있다. 또한, 나중에 설명하는 복합 재료를 EL층(103)에서의 제 1 전극(101)과 접촉하는 층에 사용하면, 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있다.

[0088] 발광층(113)이 상술한 구조를 갖기만 하면, EL층(103)의 적층 구조에 특별한 한정은 없다. 예를 들어, EL층(103)은 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층, 캐리어 블로킹층, 및 중간층 등을 적절히 조합함으로써 형성할 수 있다. 본 실시형태에서, EL층(103)은 제 1 전극(101) 위에 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)이 이 차례로 적층되는 구조를 갖는다. 각 층에 사용되는 재료의 구체적인 예를 아래에 제시한다.

[0089] 정공 주입층(111)은 정공 주입성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 산화 몰리브덴, 산화 바나듐, 산화 루테튬, 산화 텅스텐, 또는 산화 망가니즈 등을 사용할 수 있다. 또는, 프탈로사이아닌(약칭: H₂Pc) 또는 구리 프탈로사이아닌(CuPC) 등의 프탈로사이아닌계 화합물, 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB) 또는 N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD) 등의 방향족 아민 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌다이옥시사이오펜)/폴리(스타이렌설폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 화합물 등을 사용하여 정공 주입층(111)을 형성할 수 있다.

[0090] 또는, 정공 주입층(111)에, 정공 수송성을 갖는 물질이 억셉터성을 갖는 물질을 함유하는 복합 재료를 사용할 수 있다. 또한, 이러한 억셉터성을 갖는 물질을 함유하는 정공 수송성을 갖는 물질을 사용함으로써, 그 일함수와 상관없이 전극의 형성에 사용되는 재료를 선택할 수 있게 된다. 바꿔 말하면, 높은 일함수를 갖는 재료 이외에도, 낮은 일함수를 갖는 재료를 제 1 전극(101)에 사용할 수 있다. 억셉터 물질로서, 7,7,8,8-테트라시아이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ) 및 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 4족~8족에 속하는 금속의 산화물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브덴, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 및 산화 레늄은 전자 수용성이 높으므로 바람직하다. 이들 중에서, 특히 산화 몰리브덴은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮으며, 취급하기 쉬우므로 바람직하다.

[0091] 복합 재료에 사용하는 정공 수송성을 갖는 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 또는 폴리머) 등 다양한 유기 화합물 중 어느 것이나 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은 정공 수송성을 갖는 물질인 것이 바람직하다. 구체적으

로는, $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 복합 재료에서 정공 수송성을 갖는 물질로서 사용할 수 있는 유기 화합물의 구체적인 예를 아래에 제시한다.

- [0092] 방향족 아민 화합물의 예에는 *N,N'*-다이(*p*-톨릴)-*N,N'*-다이페닐-*p*-페닐렌다이아민(약칭: DTDPPA), 4,4'-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), *N,N'*-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-*N,N'*-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD), 및 1,3,5-트리스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B)이 있다.
- [0093] 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체의 구체적인 예에는 3-[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 및 3-[*N*-(1-나프틸)-*N*-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1)이 있다.
- [0094] 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체의 다른 예에는 4,4'-다이(*N*-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 및 1,4-비스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠이 있다.
- [0095] 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화수소의 예에는 2-*tert*-부틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-부틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-다이페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 및 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌이 있다. 다른 예에는 펜타센 및 코로넨이 있다. 14개~42개의 탄소 원자를 갖고 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.
- [0096] 또한, 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소가 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 갖는 방향족 탄화수소의 예에는 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi) 및 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA)이 포함된다.
- [0097] 다른 예에는 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[*N*-(4-{*N'*-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]페닐-*N'*-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 및 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘](약칭: poly-TPD) 등의 고분자 화합물이 있다.
- [0098] 정공 주입층을 제공함으로써, 높은 정공 주입성을 달성하여 발광 소자를 저전압으로 구동시킬 수 있다.
- [0099] 정공 수송층(112)은 정공 수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 정공 수송성을 갖는 물질의 예에는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4"-트리스(*N,N'*-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4"-트리스[*N*-(3-메틸페닐)-*N*-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 및 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP) 등의 방향족 아민 화합물이 있다. 여기서 열거한 물질은 높은 정공 수송성을 갖고 주로 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 상술한 복합 재료에서 정공 수송성을 갖는 물질의 예로서 제시된 유기 화합물은 정공 수송층(112)에도 사용할 수 있다. 또한, 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK) 및 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 정공 수송성을 갖는 물질을 함유하는 층은 단층에 한정되지 않으며, 상술한 물질 중 어느 것을 포함하는 2 이상의 층의 적층이어도 좋다.
- [0100] 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에서, 제 1 발광층(113a)이 양극 측에 제공되는 경우, 정공 수송층(112)에 사용되는 물질의 HOMO 준위 및 제 1 발광층(113a)에서의 호스트 재료의 HOMO 준위는 서로 가까운 것(0.2eV 이하의 에너지 차이)이 바람직하다. 이것은 트랩 상태에 의하여 지나치게 많은 정공이 포획되는 것을 방지할 수 있고, 정공을 분리층(113b) 및 제 2 발광층(113c)에 흘릴 수 있다. 따라서, 형광 및 인광을 균형적으로 및 높은 효율로 쉽게 얻을 수 있다.
- [0101] 발광층(113)은 상술한 구조를 갖는다. 바꿔 말하면, 제 1 발광층(113a), 분리층(113b), 및 제 2 발광층(113c)

은 제 1 전극 위에 이 차례로 적층된다. 제 1 발광층(113a)에는 호스트 재료 및 형광 물질이 함유된다. 제 2 발광층(113c)에는 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물, 및 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질(인광 화합물 또는 TADF 재료)이 함유된다.

[0102] 제 1 발광층(113a)에서 형광 물질로서 사용할 수 있는 재료의 예를 아래에 제시한다. 아래에 제시된 것 외의 형광 재료도 사용할 수 있다.

[0103] 형광 물질의 예에는, 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), *N,N'*-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), *N,N'*-비스[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐스티렌-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPPA), *N*,9-다이페닐-*N*-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라-*tert*-뷰틸페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), *N,N''*-(2-*tert*-뷰틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[*N,N',N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭: DPABPA), *N*,9-다이페닐-*N*-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA), *N*-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-*N,N',N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPPA), *N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''*-옥타페닐다이벤조[*g,p*]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린 30, *N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-*N*,9-다이페닐-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), *N*-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-*N*,9-다이페닐-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), *N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-*N,N',N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), *N*-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-*N,N',N'*-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-*N*-[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N*-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), *N,N*,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린 545T, *N,N'*-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-(2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일)-6-메틸-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: DCM1), 2-(2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: DCM2), *N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-다이페닐-*N,N,N',N'*-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-*a*]플루오란텐-3,10-다이아민(약칭: p-mPhAFD), 2-(2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: DCJTI), 2-(2-*tert*-뷰틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스[2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: BisDCM), 및 2-(2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아나이트릴(약칭: BisDCJTM)이 있다. 1,6FLPAPrn 및 1,6mMemFLPAPrn 등의 피렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고, 발광 효율이 높고, 신뢰성이 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0104] 제 1 발광층(113a)에서 호스트 재료로서 사용할 수 있는 물질의 예를 아래에 제시한다.

[0105] 상기 예에는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c,g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 및 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)바이페닐-4'-일}안트라센(약칭: FLPPA) 등의 안트라센 화합물이 포함된다. 안트라센 골격을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용함으로써 발광 효율 및 내구성이 높은 발광층을 제공할 수 있다. 특히, CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA, 및 PCzPA는 특성이 우수하기 때문에 바람직하다.

[0106] 제 2 발광층(113c)에서 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 물질로서 인광 물질 및 TADF 재료를 사용할 수 있다. 인광 물질 및 TADF 재료의 예를 아래에 제시한다.

[0107] 인광 물질의 예에는, 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트리아졸-3-일- κ 2]페닐- κ C}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4*H*-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz)₃), 또는 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4*H*-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III)

(약칭: Ir(iPrptz-3b)₃) 등의 4*H*-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1*H*-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz1-mp)₃), 또는 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1*H*-1,2,4-트리아아졸레이토)이리듐(III)(약칭: Ir(Prptz1-Me)₃) 등의 1*H*-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; *fac*-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1*H*-이미다졸]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrpmi)₃), 또는 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-*f*]페난트리디네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(dmpimpt-Me)₃) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-*N,C*^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-*N,C*^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이토-*N,C*^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 또는 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-*N,C*^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체가 배위자인 유기 금속 이리듐 복합체가 있다. 이들은 청색 인광을 발하는 화합물이며, 440nm~520nm에 발광 피크를 갖는다.

[0108] 다른 예에는 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₃), 트리스(4-*t*-부틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토네이토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₂(acac)), 비스[2-(6-*tert*-부틸-4-피리미딘일-κN3)페닐-κC](2,4-벤테인다이오네이토-κ²_{0,0'})이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이토)비스[4-(2-노보닐)-6-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(endo-및 exo-혼합물)(약칭: Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(mpmpm)₂(acac)), 및 (아세틸아세토네이토)비스(4,6-다이페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(dppm)₂(acac)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; (아세틸아세토네이토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)₂(acac)), 및 (아세틸아세토네이토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)₂(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 트리스(2-페닐피리디네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)₂(acac)), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)₂(acac)), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(bzq)₃), 트리스(2-페닐퀴놀리네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(pq)₃), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(pq)₂(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 및 트리스(아세틸아세토네이토)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: Tb(acac)₃(Phen)) 등의 희토류 금속 복합체가 있다. 이들은 주로 녹색 인광을 발하는 화합물이며 500nm~600nm에 발광 피크를 갖는다. 또한, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체는 두드러지게 높은 신뢰성 및 발광 효율을 갖기 때문에 특히 바람직하다.

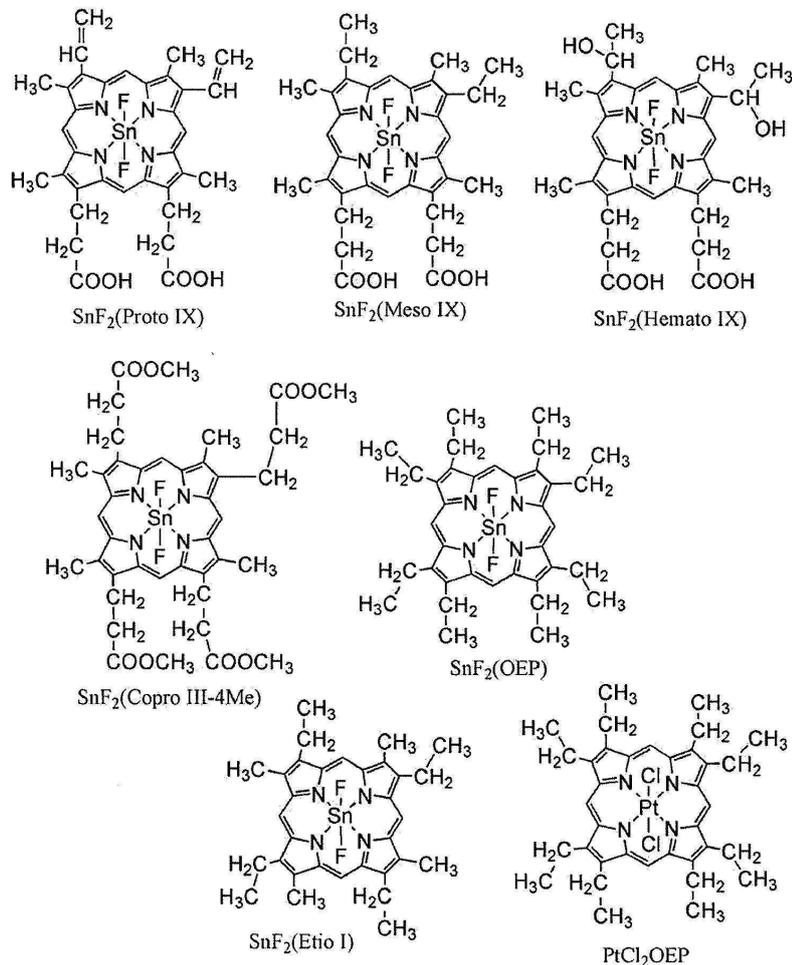
[0109] 다른 예에는, (다이아이소부틸일메타네이토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)₂(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)₂(dpm)), 및 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(d1nppm)₂(dpm)); (아세틸아세토네이토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(acac)), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)(다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(dpm)), 또는 (아세틸아세토네이토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)₂(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(piq)₃) 및 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이토-*N,C*^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)₂(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체; 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 백금 복합체; 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이토)

(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)₃(Phen)) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세트네이토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)₃(Phen)) 등의 희토류 금속 복합체가 있다. 이들은 적색 인광을 발하는 화합물이며 600nm~700nm에 발광 피크를 갖는다. 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 복합체는 바람직한 색도의 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0110] 위에 제시한 것 이외의 인광 재료를 사용하여도 좋다.

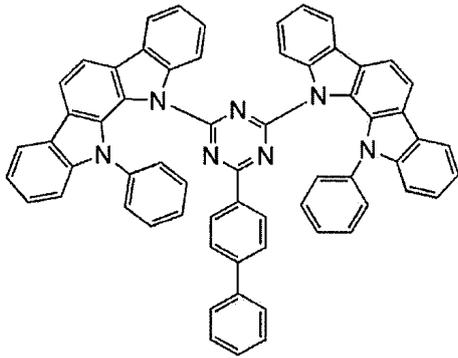
[0111] 아래에 제시하는 재료는 TADF 재료로서 사용할 수 있다.

[0112] 풀러렌, 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 에오신 등을 사용할 수 있다. 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 포함하는 포르피린 등의 금속-함유 포르피린을 사용할 수 있다. 금속 함유 포르피린의 예에는, 아래의 구조식으로 표현되는, 프로토포르피린 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(Proto IX)), 메소포르피린 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(Meso IX)), 헤마토포르피린 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(Hemato IX)), 코프로포르피린 테트라메틸 에스터 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(OEP)), 에티오포르피린 플루오린화 주석 복합체(SnF₂(Etio I)), 및 옥타에틸포르피린 염화 백금 복합체(PtCl₂(OEP))가 있다.



[0113]

[0114] 또는, 아래의 구조식으로 표현되는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸-11-일)-1,3,5-트라이아진(약칭: PIC-TRZ) 등의, π 전자 과잉 헤테로 방향족 고리 및 π 전자 부족 헤테로 방향족 고리를 포함하는 헤테로 고리 화합물을 사용할 수 있다. 상기 헤테로 고리 화합물은 π 전자 과잉 헤테로 방향족 고리 및 π 전자 부족 헤테로 방향족 고리로 인하여, 전자 수송성 및 정공 수송성이 높기 때문에 바람직하게 사용된다. 또한, π 전자 과잉 헤테로 방향족 고리가 π 전자 부족 헤테로 방향족 고리와 직접 결합된 물질은 π 전자 과잉 헤테로 방향족 고리의 도너성 및 π 전자 부족 헤테로 방향족 고리의 억셉터성이 둘 다 증가되고 S₁ 준위와 T₁ 준위 사이의 에너지 차이가 작게 되기 때문에 특히 바람직하게 사용된다.



PIC-TRZ

[0115]

[0116]

[0117]

[0118]

상술한 조건을 만족하는 재료의 조합이기만 하면 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물로서 사용될 수 있는 재료에 특별한 한정은 없다. 다양한 캐리어 수송 재료를 선택할 수 있다.

전자 수송성을 갖는 물질의 예에는, 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 또는 비스[2-(2-벤조사이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물; 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(*p-tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 또는 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBI_m-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물; 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9*H*-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 또는 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이에닐)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 다이아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물; 및 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴놀린(약칭: 2mDBTPDBQu-II), 3,5-비스[3-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 또는 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물이 있다. 상술한 재료 중에서, 다이아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 구체적으로는 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은 높은 전자 수송성을 가져 구동 전압의 저감에 기여한다.

정공 수송성을 갖는 물질의 예에는, 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9')-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBI1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), 또는 *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF) 등의 방향족 아민 골격을 갖는 화합물; 1,3-비스(*N*-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(*N*-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 또는 3,3'-비스(9-페닐-9*H*-카바졸)(약칭: PCCP) 등의 카바졸 골격을 갖는 화합물; 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 또는 4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 갖는 화합물, 및 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II) 또는 4-{3-[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBI-II) 등의 퓨란 골격을 갖는 화합물이 있다. 상술한 재료 중에서, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카바졸 골격을 갖는 화합물은, 신뢰성이 높고 정공 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여하기 때문에 바람직하다.

- [0119] 캐리어 수송 재료는 상술한 캐리어 수송 재료에 더하여 다양한 물질로부터 선택할 수 있다. 또한, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물로서, 인광 화합물의 삼중항 준위보다 높은 삼중항 준위(기저 상태와 삼중항 들뜬 상태 사이의 에너지 차이)를 갖는 물질이 선택되는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물의 조합은, 인광 물질의 가장 낮은 에너지 흡수대의 파장과 겹치는 파장의 발광을 발하는 들뜬 복합체가 형성되도록 선택되는 것이 바람직하다.
- [0120] 또한, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물 중 한쪽으로서 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하고, 다른 쪽 유기 화합물로서 정공 수송성을 갖는 물질을 사용하는 조합이 들뜬 복합체의 형성에 유리하다. 각 화합물의 함유량을 변화시킴으로써 발광층의 수송성을 쉽게 조정할 수 있어 재결합 영역을 쉽게 조정할 수 있다. 전자 수송성을 갖는 물질의 함유량에 대한 정공 수송성을 갖는 물질의 함유량의 비율은 1:9~9:1이 될 수 있다.
- [0121] 분리층(113b)을 형성하는 재료로서는, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물로서 사용할 수 있는 상술한 재료를 사용할 수 있다.
- [0122] 제 2 발광층(113c)은 2층 이상으로 나뉘어도 좋고, 나뉜 층들이 상이한 발광 물질을 함유하는 것이 바람직하다. 특히, 제 2 발광층(113c)이 적색 광(즉 580nm~680nm에 발광 스펙트럼 피크를 갖는 광)을 발하는 제 1 인광층과, 녹색 광(즉 500nm~560nm에 발광 스펙트럼 피크를 갖는 광)을 발하는 제 2 인광층으로 나뉘고, 제 1 발광층(113a)이 청색 광(즉 400nm~480nm에 발광 스펙트럼 피크를 갖는 광)을 발하는 구조가 채용되는 것이 바람직하고, 이 경우, 연색성이 바람직한 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 이 경우, 제 1 발광층(113a), 제 1 인광층, 및 제 2 인광층은 높은 내구성을 위하여 이 차례로 적층되는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 발광층(113a)은 양극 측에 형성되는 것이 바람직하고, 이 경우, 바람직한 특성을 얻을 수 있다.
- [0123] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀레이트)알루미늄(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이트)알루미늄(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(약칭: BeBq₂), 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이트)(4-페닐페놀레이트)알루미늄(약칭: BA1q) 등의 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 복합체 등을 사용하여 형성된다. 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤즈옥사졸레이트]아연(약칭: Zn(BOX)₂) 또는 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조사이아졸레이트]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 옥사졸계 또는 사이아졸계 배위자를 갖는 금속 복합체 등도 사용할 수 있다. 금속 복합체 이외에도, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아아졸(약칭: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 또는 바소큐프로인(약칭: BCP) 등도 사용할 수 있다. 여기서 열거한 물질은 높은 전자 수송성을 갖고, 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 또한, 상술한 전자 수송성을 갖는 물질 중 어느 것을 전자 수송층(114)에 사용하여도 좋다.
- [0124] 전자 수송층(114)은 단층에 한정되지 않으며, 상술한 물질 중 어느 것을 각각 함유하는 2 이상의 상이한 층의 적층이라도 좋다.
- [0125] 전자 수송층과 발광층 사이에, 전자 캐리어의 수송을 제어하기 위한 층이 제공되어도 좋다. 이는 소량의 높은 전자 트랩성을 갖는 물질을 높은 전자 수송성을 갖는 상술한 재료에 첨가함으로써 형성되는 층이고, 상기 층은 전자 캐리어의 수송을 방해함으로써 캐리어 균형을 조정할 수 있다. 이러한 구조는 전자가 발광층을 통과할 때 일어나는 문제(예를 들어, 소자 수명의 저하)를 방지하는 데에 매우 효과적이다.
- [0126] 전자 주입층(115)이 전자 수송층(114)과 제 2 전극(102) 사이에서 제 2 전극(102)과 접촉하여 제공되어도 좋다. 전자 주입층(115)에, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 또는 플루오린화 칼슘(CaF₂) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 그 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 그 화합물을 함유하는 층을 사용할 수 있다. 또한, 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유하는 층이 전자 주입층(115)으로서 사용되는 경우, 제 2 전극(102)으로부터의 전자 주입이 효과적으로 수행된다.
- [0127] 제 2 전극(102)에, 낮은 일함수(구체적으로, 3.8eV 이하의 일함수)를 갖는 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 그 혼합물 등 중 어느 것이나 사용할 수 있다. 이러한 음극 재료의 구체적인 예에는, 알칼리 금속(예를 들어, 리튬(Li) 및 세슘(Cs)), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 및 스트론튬(Sr) 등의 주기율표의 1족 및 2족에 속하는 원소, 그 합금(예를 들어, MgAg 및 AlLi), 유로퓸(Eu) 및 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 및 그 합금이 있다. 그러나, 전자 주입층이 제 2 전극(102)과 전자 수송층 사이에 제공되면, 제 2 전극(102)에, Al, Ag, ITO, 또는 실리콘

또는 산화 실리콘을 함유하는 산화 인듐 산화 주석 등의 다양한 도전성 재료 중 어느 것을 일함수와 상관없이 사용할 수 있다. 이들 도전성 재료는 스퍼터링법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등에 의하여 퇴적될 수 있다.

- [0128] 건식 공정인지 또는 습식 공정인지에 상관없이 다양한 방법 중 어느 것이나 EL층(103)을 형성하기 위해 사용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법이 채용되어도 좋다. 상이한 형성 방법이 각 전극 또는 각 층에 채용되어도 좋다.
- [0129] 전극은 졸-겔법을 사용하는 습식법에 의하여 형성되어도 좋고, 또는 금속 재료의 페이스트(paste)를 사용하는 습식법에 의하여 형성되어도 좋다. 또는, 전극은 스퍼터링법 또는 진공 증착법 등의 건식법에 의하여 형성되어도 좋다.
- [0130] 발광은 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 하나 또는 양쪽을 통하여 추출된다. 따라서, 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 하나 또는 양쪽은 투광성 전극이다. 제 1 전극(101)만 투광성 전극인 경우, 제 1 전극(101)을 통하여 발광이 추출된다. 한편, 제 2 전극(102)만 투광성 전극인 경우, 제 2 전극(102)을 통하여 발광이 추출된다. 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 양쪽이 투광성 전극인 경우, 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)을 통하여 발광이 추출된다.
- [0131] 또한, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제공되는 층의 구조는 상술한 구조에 한정되지 않는다. 발광 영역과 전극 및 캐리어 주입층에 사용되는 금속의 근접으로 인한 소광을 방지할 수 있도록, 정공과 전자가 재결합되는 발광 영역이 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)으로부터 떨어져 위치하는 것이 바람직하다.
- [0132] 발광층에서 발생된 여기자로부터의 에너지 이동을 억제할 수 있도록, 발광층(113)과 접촉하는 정공 수송층 및 전자 수송층, 특히 발광층(113)에서의 발광 영역에 가까운 측에 접촉하는 캐리어 수송층은, 발광층의 발광 물질 또는 발광층에 함유되는 발광 중심 물질보다 넓은 밴드 갭을 갖는 물질을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다.
- [0133] 본 실시형태에서의 발광 소자는 유리 기판, 석영 기판, 반도체 기판, 플라스틱 기판(폴리에스터, 폴리올레핀, 폴리아마이드(예를 들어, 나일론 또는 아라미드), 폴리이미드, 폴리카보네이트 또는 아크릴 수지) 위에 형성하면 좋다. 또는, 유리 기판, 석영 기판, 또는 반도체 기판 위에 형성하고 나서 플라스틱 기판으로 이동시켜도 좋다.
- [0134] 발광 장치에서는, 하나의 기판 위에 하나의 발광 소자를 제작하여도 좋지만, 하나의 기판 위에 복수의 발광 소자를 제작하여도 좋다. 하나의 기판 위에 형성된 상술한 바와 같은 복수의 발광 소자에 의해, 소자가 분리된 조명 장치 또는 패시브 매트릭스 발광 장치를 제작할 수 있다. 예를 들어 유리 또는 플라스틱 등의 기판 위에 전계 효과 트랜지스터(FET)가 전기적으로 접속된 전극 위에 발광 소자를 형성하여도 좋기 때문에, FET가 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 발광 장치를 제작할 수 있다. 다만, FET의 구조는 특별히 한정되지 않는다. 또한, FET에 사용되는 반도체의 결정성도 특별히 한정되지 않으며, 비정질 반도체 또는 결정성 반도체를 사용하여도 좋다. 또한, FET 기판에 형성되는 구동 회로는 n형 FET 및 p형 FET로, 또는 n형 FET 및 p형 FET 중 어느 한쪽으로 형성되어도 좋다.
- [0135] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0136] 다음에, 복수의 발광 유닛이 적층되는 구조를 갖는 발광 소자(아래에서, 적층형 소자라고도 함)의 일 형태를 도 1의 (B)를 참조하여 설명한다. 본 발광 소자에서, 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 발광 유닛이 제공된다. 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 도시된, EL층(103)과 마찬가지로 구조를 갖는다. 바꿔 말하면, 도 1의 (A)에 도시된 발광 소자는 단일 발광 유닛을 포함하며, 본 실시형태에서의 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 포함한다.
- [0137] 도 1의 (B)에서, 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502) 사이에 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)이 적층되고, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512) 사이에 전하 발생층(513)이 제공된다. 제 1 전극(501) 및 제 2 전극(502)은 각각 도 1의 (A)에 도시된 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)에 상당하며, 도 1의 (A)에 대한 설명에 제시된 재료가 사용될 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(511) 및 제 2 발광 유닛(512)은 동일한 구조 또는 상이한 구조를 가져도 좋다.
- [0138] 전하 발생층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유한다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료로서는, 도 1의 (A)에 도시된 정공 주입층(111)에 사용될 수 있는 복합 재료가 사용될 수 있다. 또한, 양극 측의 발광 유닛의 표면이 전하 발생층과 접촉되면, 상기 전하 발생층은 발광 유닛의 정공 수송층으로서도 기능할 수 있어, 상기 발광 유닛에 정공 수송층을 형성할 필요가 없다.

- [0139] 전하 발생층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과 또 다른 재료를 함유하는 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층이, 전자 공여성을 갖는 물질로부터 선택된 물질의 화합물 및 전자 수송성을 갖는 물질을 함유하는 층과 조합되어도 좋다. 또한, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층이 투명 도전막과 조합되어도 좋다.
- [0140] 도 1의 (B)를 참조하여 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 3개 이상의 발광 유닛이 적층되는 발광 소자에도 마찬가지로 적용할 수 있다. 본 실시형태의 발광 소자와 같이, 한 쌍의 전극 사이의 복수의 발광 유닛이 전하 발생층에 의하여 분할됨으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 높은 휘도로 광을 방출할 수 있는 발광 소자를 제공할 수 있다. 그 결과, 저전압에서 구동될 수 있고 소비 전력이 낮은 발광 장치를 달성할 수 있다.
- [0141] 상술한 발광층(113)의 구조가 복수의 유닛 중 적어도 하나에 적용되면, 상기 유닛의 제조 공정수를 저감할 수 있어, 실용화에 유리한 다색 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0142] 상술한 구조는 본 실시형태 및 다른 실시형태들에서의 구조 중 어느 것과 조합할 수 있다.
- [0143] (발광 장치)
- [0144] 다음에, 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치에 대하여 설명한다.
- [0145] 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치는 상술한 발광 소자를 사용하여 제작된다. 또한, 도 2의 (A)는 발광 장치를 도시한 상면도이고, 도 2의 (B)는 도 2의 (A)에서의 선 A-B 및 선 C-D를 따른 단면도이다. 이 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하고 점선으로 나타내어진, 구동 회로부(소스선 구동 회로)(601), 화소부(602), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 참조 부호 604는 밀봉 기판을 나타내고, 참조 부호 605는 실란트를 나타내며, 참조 부호 607은 실란트(605)로 둘러싸인 공간을 나타낸다. 공간(607)은 건조한 불활성 가스 또는 고체 밀봉을 위한 수지로 충전되어도 좋다. 실란트(605)는 고체 밀봉용 수지와 같거나 달라도 좋다.
- [0146] 또한, 리드 배선(lead wiring)(608)은 소스선 구동 회로(601)와 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하고, 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC(flexible printed circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 수신하기 위한 배선이다. 여기서는 FPC만이 도시되어 있지만, 상기 FPC에 PWB(printed wiring board)가 접촉되어도 좋다. 본 명세서에서의 발광 장치는, 이의 범주에, 발광 장치 자체뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 포함한다.
- [0147] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 2의 (B)를 참조하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에 구동 회로부 및 화소부를 형성한다. 여기서는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601)와, 화소부(602) 내의 화소들 중 하나를 도시하였다.
- [0148] 소스선 구동 회로(601)에서, n채널 FET(623)와 p채널 FET(624)가 조합된 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로, 및 NMOS 회로 등의 다양한 회로 중 어느 것으로 형성되어도 좋다. 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성된 드라이버 일체형을 설명하지만, 본 발명의 일 실시형태는 이 타입에 한정되지 않으며, 기판 외부에 구동 회로를 형성할 수 있다.
- [0149] 화소부(602)는 스위칭 FET(611), 전류 제어 FET(612), 및 상기 전류 제어 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 절연물(614)이 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 형성된다. 본 실시형태에서, 절연물(614)은 포지티브 감광성 아크릴 수지막을 사용하여 형성된다.
- [0150] 피복성을 향상시키기 위하여, 절연물(614)은 그 상단부(upper end portion) 또는 하단부(lower end portion)에 곡률을 갖는 곡면을 갖는 것이 바람직하다. 예를 들어, 포지티브 감광성 아크릴 수지를 절연물(614)의 재료에 사용한 경우, 절연물(614)의 상단부만 곡률 반경(0.2 μm~3 μm)을 갖는 면을 갖는 것이 바람직하다. 절연물(614)로서, 네거티브 감광성 수지 또는 포지티브 감광성 수지를 사용할 수 있다.
- [0151] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 형성된다. 양극으로서 기능하는 제 1 전극(613)에 사용되는 재료로서, 높은 일함수를 갖는 재료가 사용되는 것이 바람직하다. 예를 들어, ITO막, 실리콘을 함유하는 산화 인듐 주석막, 산화 아연을 2wt%~20wt% 함유하는 산화 인듐막, 질화 타이타늄막, 크로뮴막, 텅스텐막, Zn막, 또는 Pt막 등의 단층막, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로 함유하는 막의 적층, 질화 타이타늄막, 알루미늄을 주성분으로 함유하는 막, 및 질화 타이타늄막의 3층을 함유하는 적층 등을 사용할 수 있다. 상기 적층 구조는 낮은 배선 저항, 양호한 옴 콘택트(ohmic contact), 및 양극으로서의 기능을 가능하게 한다.

- [0152] EL층(616)은 증착 마스크(evaporation mask)를 사용하는 증착법, 잉크젯법, 및 스핀 코팅법 등의 다양한 방법 중 어느 것에 의하여 형성된다. EL층(616)은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 구조와 마찬가지로의 구조를 갖는다. EL층(616)에 함유되는 또 다른 재료로서, 저분자량 화합물 및 고분자량 화합물(올리고머 및 덴드리머를 포함함) 중 어느 것을 사용하여도 좋다.
- [0153] EL층(616) 위에 형성되고 음극으로서 기능하는 제 2 전극(617)에 사용되는 재료로서, 낮은 일함수를 갖는 재료 (예를 들어, Al, Mg, Li, Ca, 또는 그 합금 또는 화합물(MgAg, MgIn, 또는 AlLi 등))가 사용되는 것이 바람직하다. EL층(616)에서 발생된 광이 제 2 전극(617)을 통과하는 경우에는, 금속 박막과 투명 도전막(예를 들어 ITO, 2wt%~20wt% 산화 아연을 함유하는 산화 인듐, 실리콘을 함유하는 산화 인듐 주석, 또는 산화 아연(ZnO))의 적층이 제 2 전극(617)에 사용되는 것이 바람직하다.
- [0154] 실란트(605)로 밀봉 기관(604)을 소자 기관(610)에 접착시켜, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실란트(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 공간(607)은 충전제로 채워져도 좋고, 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등), 수지, 또는 실란트(605)로 채워져도 좋다. 밀봉 기관에 오목부가 제공되고 상기 오목부에 건조제가 제공되는 경우, 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.
- [0155] 실란트(605)에는 예폭시계 수지 또는 유리 프리트(glass frit)이 사용되는 것이 바람직하다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(604)으로서, 유리 기관, 석영 기관, 또는 섬유 강화 플라스틱(FRP), 폴리(바이닐 플루오라이드)(PVF), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.
- [0156] 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치는 소비 전력이 적을 수 있다. 또한, 상기 조명 장치는 저렴할 수 있다.
- [0157] 도 3의 (A) 및 (B)는 각각, 백색 발광을 발하는 발광 소자를 형성하고 착색층(컬러 필터) 등을 제공함으로써 풀 컬러 표시(full color display)가 달성되는 발광 장치의 예를 도시한 것이다. 도 3의 (A)에는, 기관(1001), 하지 절연막(base insulating film)(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007, 및 1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 및 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 및 실란트(1032) 등이 도시되었다.
- [0158] 도 3의 (A)에서, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))은 투명 기재(base material)(1033) 상에 제공된다. 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 추가로 제공되어도 좋다. 착색층과 흑색층이 제공된 투명 기재(1033)는 기관(1001)에 위치하며 고정된다. 또한, 착색층과 흑색층은 오버코트층(overcoat layer)(1036)으로 덮인다. 도 3의 (A)에서, 발광층의 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과하지 않는 한편, 발광층의 다른 부분으로부터 방출된 광은 착색층을 통과한다. 착색층들을 통과하지 않는 광은 백색이고, 착색 층들 중 어느 하나를 통과하는 광은 적색, 청색, 또는 녹색이기 때문에, 4색의 화소들을 사용하여 영상을 표시 할 수 있다.
- [0159] 도 3의 (B)는 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 게이트 절연막 (1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공된 예를 도시한 것이다. 도 3의 (B)에 나타낸 바와 같이, 착색층 은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.
- [0160] 상술한 발광 장치는, FET가 형성되는 기관(1001) 측으로부터 광이 추출되는 구조(보텀 에미션 구조(bottom emission structure))를 갖지만, 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광이 추출되는 구조(톱 에미션 구조(top emission structure))를 가져도 좋다. 도 4는 톱 에미션 구조를 갖는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 기관 (1001)으로서 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. FET와 발광 소자의 양극을 접속시키는 접속 전극 을 형성하는 단계까지의 공정은 보텀 에미션 구조를 갖는 발광 장치와 마찬가지로의 방식으로 수행된다. 그리고, 제 3 층간 절연막(1037)이 전극(1022)을 덮도록 형성된다. 이 절연막은 평탄화 기능을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막과 마찬가지로의 재료를 사용하여 형성할 수 있고, 다른 재료를 사용하여 형 성할 수도 있다.
- [0161] 여기서 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 및 1024B)은 각각 양극으로서 기능하지만, 음극으로서 기 능하여도 좋다. 도 4에 도시된 바와 같은 톱 에미션 구조를 갖는 발광 장치의 경우, 제 1 전극은 반사 전극인 것이 바람직하다. EL층(1028)은 도 1의 (A)에 도시된 EL층(103)의 구조와 마찬가지로의 구조를 갖도록 형성되며, 이에 의하여 백색 발광을 얻을 수 있다.

- [0162] 도 4에 도시된 바와 같은 튜브 에미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공되는 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 수행할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 제공되어도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))과 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)은 오버코트층으로 덮여도 좋다. 또한, 밀봉 기관(1031)으로서 투광성 기관이 사용된다.
- [0163] 여기서서는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 나타내었지만, 특별한 제한은 없으며, 적색, 녹색, 및 청색의 3색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.
- [0164] 본 실시형태에서의 발광 장치는 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 사용하여 제작되어 양호한 특성을 가질 수 있다. 구체적으로는, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 높은 발광 효율을 갖기 때문에, 상기 발광 장치의 소비 전력을 저감할 수 있다. 또한, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 대량 생산이 비교적 쉽기 때문에, 상기 발광 장치는 낮은 비용으로 제공할 수 있다.
- [0165] 위에서는 액티브 매트릭스 발광 장치에 대하여 설명하였지만, 아래에서는 패시브 매트릭스 발광 장치에 대하여 설명한다. 도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 실시형태를 사용하여 제작된 패시브 매트릭스 발광 장치를 도시한 것이다. 도 5의 (A)는 상기 발광 장치의 투시도이고, 도 5의 (B)는 도 5의 (A)에서의 선 X-Y를 따른 단면도이다. 도 5의 (A) 및 (B)에서, 기관(951) 위에는 전극(952)과 전극(956) 사이에 EL층(955)이 제공된다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮인다. 또한, 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공된다. 격벽층(954)의 측벽은, 한 측벽과 다른 측벽 사이의 거리가 기관 표면을 향하여 서서히 좁아지도록 경사져 있다. 바꿔 말하면, 격벽층(954)의 짧은 쪽 방향을 따른 단면은 사다리꼴이고, 맨 아래 부분(절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향이고 절연층(953)과 접촉되는 변)이 상면 쪽(절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향이고 절연층(953)과 접촉되지 않는 변)보다 짧다. 이와 같이 하여 격벽층(954)을 제공함으로써, 정전기 등으로 인한 발광 소자의 결함을 방지할 수 있다. 패시브 매트릭스 발광 장치도, 높은 발광 효율을 갖는 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 포함함으로써, 소비 전력이 더 적게 될 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 대량 생산이 쉽기 때문에, 상기 발광 장치는 낮은 비용으로 제공할 수 있다.
- [0166] 상술한 발광 장치에서 매트릭스로 배열된 다수의 미세한 발광 소자를 각각 제어할 수 있기 때문에, 상기 발광 장치는 영상을 표시하기 위한 표시 장치로서 적합하게 사용할 수 있다.
- [0167] (조명 장치)
- [0168] 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자가 조명 장치에 사용되는 일례를 도 6의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다. 도 6의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 6의 (A)는 도 6의 (B)에서의 선 e-f를 따른 단면도이다.
- [0169] 본 실시형태의 조명 장치에서는, 지지체이며 투광성을 갖는 기관(400) 위에 제 1 전극(401)이 형성된다. 제 1 전극(401)은 도 1의 (A)에서의 제 1 전극(101)에 상당한다. 제 1 전극(401) 측을 통하여 광이 추출될 때, 제 1 전극(401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다.
- [0170] 제 2 전극(404)에 전압을 인가하기 위한 패드(412)가 기관(400) 위에 제공된다.
- [0171] 제 1 전극(401) 위에는 EL층(403)이 형성된다. EL층(403)의 구조는 예를 들어, 도 1의 (A)에서의 EL층(103)의 구조, 또는 도 1의 (B)에서의 제 1 발광 유닛(511), 제 2 발광 유닛(512), 및 전하 발생층(513)이 조합된 구조에 상당한다. 이들 구조에 대해서는, 대응하는 설명을 참조할 수 있다.
- [0172] 제 2 전극(404)은 EL층(403)을 덮도록 형성한다. 제 2 전극(404)은 도 1의 (A)에서의 제 2 전극(102)에 상당한다. 광이 제 1 전극(401) 측을 통하여 추출되면, 제 2 전극(404)은 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 제 2 전극(404)은 패드(412)에 접속됨으로써, 전압이 인가된다.
- [0173] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태의 조명 장치는 제 1 전극(401), EL층(403), 및 제 2 전극(404)을 포함하는 발광 소자를 포함한다.
- [0174] 상술한 구조를 갖는 발광 소자를 실란트(405 및 406)로 밀봉 기관(407)에 고정하여 밀봉을 수행함으로써, 조명 장치가 완성된다. 실란트(405) 및 실란트(406) 중 어느 하나만을 사용하는 것이 가능하다. 또한, 내부 실란트(406)(도 6의 (B)에는 미도시)는 수분을 흡착시킬 수 있는 건조제와 혼합될 수 있어, 결과적으로 신뢰성이 향상된다.
- [0175] 패드(412) 및 제 1 전극(401)의 일부가 실란트(405 및 406)의 외부로 연장될 때, 상기 연장된 부분은 외부 입력

단자로서 기능할 수 있다. 상기 외부 입력 단자 위에 컨버터 등이 탑재된 IC 칩(420)이 제공되어도 좋다.

- [0176] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에서 설명한 조명 장치는 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 EL 소자로서 포함하기 때문에, 상기 조명 장치는 소비 전력이 낮을 수 있다. 또한, 상기 발광 장치는 낮은 구동 전압을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 장치는 저렴할 수 있다.
- [0177] (전자 기기)
- [0178] 다음에, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 각각 포함하는 전자 기기의 예를 설명한다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 발광 효율이 높고 소비 전력이 저감된다. 결과적으로, 본 실시형태에서 설명한 전자 기기는 소비 전력이 저감된 발광부를 각각 포함한다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 형성된 층의 수가 적기 때문에 상기 전자 기기는 저렴할 수 있다.
- [0179] 상술한 발광 소자를 적용하는 전자 기기의 예에는 텔레비전 장치(TV 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화(이동 전화 또는 이동 전화기라고도 함), 휴대용 게임기, 휴대용 정보 단말기, 음향 재생 장치, 및 파친코 기기 등의 대형 게임기가 포함된다. 이들 전자 기기의 구체적인 예를 아래에서 제시한다.
- [0180] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한 것이다. 상기 텔레비전 장치에서, 하우징(7101)에 표시부(7103)가 내장된다. 또한, 여기서, 하우징(7101)은 스탠드(7105)에 의하여 지탱된다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자가 매트릭스로 배열된 표시부(7103)에 영상이 표시될 수 있다.
- [0181] 상기 텔레비전 장치는 하우징(7101)의 조작 스위치 또는 별도의 리모트 컨트롤러(7110)로 조작할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)의 조작 키(7109)에 의하여, 채널과 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 제어할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤러(7110)에는 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공되어도 좋다.
- [0182] 또한, 상기 텔레비전 장치에는 수신기 및 모뎀 등이 제공된다. 수신기에 의하여, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 표시 장치를 모뎀을 통하여 유선 또는 무선의 통신 네트워크에 접속시키면, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자간, 또는 수신자간)의 데이터 통신을 수행할 수 있다.
- [0183] 도 7의 (B1)은, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 및 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 도시한 것이다. 또한, 이 컴퓨터는, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 것과 동일한, 표시부(7203)에 매트릭스로 배열된 발광 소자를 사용하여 제작된다. 도 7의 (B1)에 도시된 컴퓨터는 도 7의 (B2)에 도시된 구조를 가져도 좋다. 도 7의 (B2)에 도시된 컴퓨터에는 키보드(7204)와 포인팅 디바이스(7206) 대신에 제 2 표시부(7210)가 제공된다. 제 2 표시부(7210)는 터치스크린이며, 제 2 표시부(7210) 상의 입력용 표시를 손가락 또는 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 수행할 수 있다. 제 2 표시부(7210)는 입력용 표시 이외의 영상을 표시할 수도 있다. 표시부(7203)도 터치스크린이어도 좋다. 상기 2개의 스크린을 힌지로 접속시킴으로써, 예를 들어, 컴퓨터를 보관 또는 운반하는 동안에 스크린이 긁히거나 파손되는 문제를 방지할 수 있다. 또한, 상기 컴퓨터는, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 표시부(7203)에 매트릭스로 배열하여 제작된다.
- [0184] 도 7의 (C)는, 휴대용 게임기를 개폐할 수 있도록 이음매부(7303)가 접속된 하우징(7301) 및 하우징(7302)의 2개의 하우징을 포함하는 휴대용 게임기를 도시한 것이다. 하우징(7301)에는, 매트릭스로 배열된, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 포함하는 표시부(7304)가 내장되고, 하우징(7302)에는 표시부(7305)가 내장된다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는 스피커(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작 키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 또는 마이크로폰(7312)) 등을 포함한다. 상기 휴대용 게임기의 구조는, 매트릭스로 배열된, 도 1의 (A) 또는 (B)에 각각 도시된 발광 소자를 포함하는 표시부가 표시부(7304) 또는 표시부(7305) 중 적어도 어느 하나 또는 양쪽으로서 사용되지만 하면 상술한 구조에 한정되지 않는 것은 말할 나위 없고, 상기 구조는 다른 부속물을 적절히 포함할 수 있다. 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는, 기록 매체에 저장되는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 이를 표시부에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의하여 또 다른 휴대용 게임기와 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는 상술한 기능에 한정되지 않으며, 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0185] 도 7의 (D)는 휴대 전화의 예를 도시한 것이다. 상기 휴대 전화에는, 하우징(7401)에 내장된 표시부(7402), 조

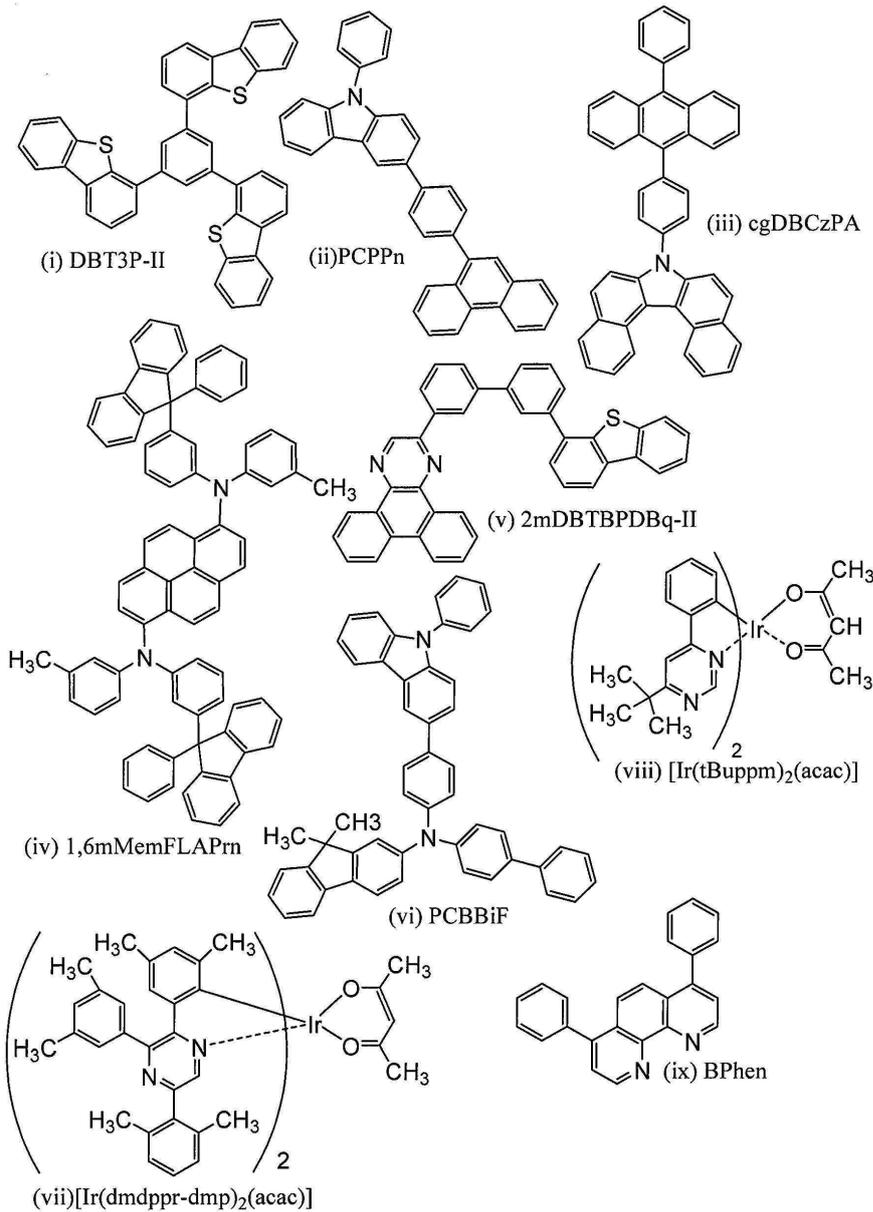
작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크로폰(7406) 등이 제공된다. 또한, 휴대 전화는, 매트릭스로 배열된, 도 1의 (A) 또는 (B)에 각각 도시된 발광 소자를 포함하는 표시부(7402)를 갖는다.

- [0186] 도 7의 (D)에 도시된 휴대 전화의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하면, 휴대 전화에 데이터를 입력할 수 있다. 이 경우, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 등의 조작은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하여 수행할 수 있다.
- [0187] 표시부(7402)에는 주로 3가지 화면 모드가 있다. 제 1 모드는 주로 영상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제 2 모드는 주로 문자 등의 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2가지 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.
- [0188] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 경우, 표시부(7402)에 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드가 선택되어, 화면에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이 경우, 표시부(7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 숫자 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0189] 상기 휴대 전화 내부에, 자이로스코프 또는 가속도 센서 등 기울기를 검출하기 위한 센서를 포함하는 검출 장치를 제공하면, 휴대 전화의 방향(휴대 전화가 풍경 모드 또는 인물 사진 모드를 위하여 수평으로 배치되는지 또는 수직으로 배치되는지)을 판정하여 표시부(7402)의 화면상의 표시를 자동으로 전환할 수 있다.
- [0190] 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 또는 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)을 조작함으로써 전환된다. 화면 모드는 표시부(7402)에 표시되는 영상의 종류에 따라 전환될 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시되는 영상의 신호가 동영상 데이터 신호일 때, 화면 모드는 표시 모드로 전환된다. 상기 신호가 문자 데이터 신호일 때, 화면 모드는 입력 모드로 전환된다.
- [0191] 또한, 입력 모드에서, 표시부(7402)에서의 광 센서에 의하여 검출되는 신호가 검출되면서, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 수행되지 않을 때, 화면 모드가 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 제어되어도 좋다.
- [0192] 표시부(7402)는 영상 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치함으로써 장문 또는 지문 등의 영상을 촬영함으로써, 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 발하는 백라이트 또는 센싱 광원을 제공함으로써, 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥 등의 영상을 촬영할 수 있다.
- [0193] 상술한 바와 같이, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 포함하는 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓기 때문에, 상기 발광 장치는 다양한 분야의 전자 기기에 적용할 수 있다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 사용함으로써, 소비 전력이 저감된 전자 기기를 얻을 수 있다.
- [0194] 도 8은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 백라이트에 사용하는 액정 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 8에 도시된 액정 표시 장치는 하우징(901), 액정층(902), 백라이트 유닛(903), 및 하우징(904)을 포함한다. 액정층(902)은 드라이버 IC(905)에 접속된다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 백라이트 유닛(903)에 사용되어, 단자(906)를 통하여 전류가 공급된다.
- [0195] 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자가 액정 표시 장치의 백라이트에 사용됨으로써 상기 백라이트의 소비 전력을 저감할 수 있다. 또한, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 사용함으로써 평면 발광 조명 장치, 더 나아가서는 대면적 평면 발광 조명 장치의 제작을 가능하게 하여, 백라이트는 대면적 백라이트가 될 수 있고, 액정 표시 장치도 대면적 장치가 될 수 있다. 또한, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 사용하는 발광 장치는 종래의 발광 장치보다 얇게 될 수 있기 때문에 상기 표시 장치도 얇게 될 수 있다.
- [0196] 도 9는 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 조명 장치인 테이블 램프에 사용한 예를 도시한 것이다. 도 9에 도시된 테이블 램프는 하우징(2001) 및 광원(2002)을 포함한다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 조명 소자가 광원(2002)에 사용된다.
- [0197] 도 10은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 실내 조명 장치(3001)에 사용한 예를 도시한 것이다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 대면적으로 할 수 있기 때문에, 상기 발광 소자는 대면적 조명 장치에 사용할 수 있다. 또한, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 얇기 때문에, 발광 소자는 두께가 저감된 조명 장치에 사용할 수 있다.
- [0198] 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 자동차 앞 유리 또는 자동차 대시보드에 사용할 수도 있다. 도 11은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 자동차 앞 유리 및 자동차 대시보드에 사용한 일 형태를 도시한

것이다. 표시 영역(5000)~표시 영역(5005)은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 각각 포함한다.

- [0199] 표시 영역(5000) 및 표시 영역(5001)은, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자가 내장되는 자동차 앞 유리에 제공된다. 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는, 투광성을 갖는 전극으로 형성된 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함함으로써, 반대쪽을 볼 수 있는 소위 시스루 표시 장치(see-through display device)로 형성될 수 있다. 이러한 시스루 표시 장치는 시야를 가리지 않아서 자동차 앞 유리에 제공할 수 있다. 또한, 구동을 위한 트랜지스터 등이 제공된 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투광성을 갖는 트랜지스터가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0200] 표시 영역(5002)은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자가 내장된 필러(pillar)부에 제공된다. 표시 영역(5002)은 차체에 제공된 촬상 수단(imaging unit)에 의하여 촬영된 영상을 보여줌으로써 필러부로 가려진 시야를 보완할 수 있다. 마찬가지로, 대시보드에 제공된 표시 영역(5003)은 차체의 외부에 제공된 촬상 수단에 의하여 촬영된 영상을 보여줌으로써 차체로 가려진 시야를 보완할 수 있어 사각 지대의 제거 및 안전성의 향상으로 이어진다. 운전자가 볼 수 없는 지대를 보완하도록 영상을 보여줌으로써 운전자가 쉽고 편안하게 안전을 확인할 수 있다.
- [0201] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 내비게이션 데이터, 속도계, 회전 속도계, 주행 거리, 연료 미터, 기어 시프트 인디케이터, 및 에어컨 설정 등의 다양한 정보를 제공할 수 있다. 표시의 항목 또는 레이아웃은 사용자에 의하여 적절히 변화시킬 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000)~표시 영역(5003)에 의하여 나타낼 수도 있다. 표시 영역(5000)~표시 영역(5005)은 조명 장치로서 사용될 수도 있다.
- [0202] 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자는 발광 효율이 높고 소비 전력이 낮을 수 있다. 따라서, 표시 영역(5000)~표시 영역(5005) 등의 대화면이 많이 제공되더라도 배터리에 대한 부하가 적어 사용하기 편리해진다. 이러한 이유로, 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 각각 포함하는 발광 장치 및 조명 장치는 차량 내의 발광 장치 및 차량 내의 조명 장치로서 적합하게 사용될 수 있다.
- [0203] 도 12의 (A) 및 (B)는 접을 수 있는 태블릿 단말기의 예를 도시한 것이다. 도 12의 (A)에서 상기 태블릿 단말기는 열려 있고, 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 전환 버튼(9034), 전원 버튼(9035), 절전 모드 전환 버튼(9036), 클립(clip)(9033), 및 조작 버튼(9038)을 포함한다. 또한, 상기 태블릿 단말기에서, 표시부(9631a)와 표시부(9631b) 중 하나 또는 양쪽은 도 1의 (A) 또는 (B)에 도시된 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 사용하여 형성된다.
- [0204] 표시부(9631a)의 일부는 터치스크린 영역(9632a)일 수 있으며, 표시된 조작 키(9637)를 터치하면 데이터를 입력할 수 있다. 표시부(9631a)의 절반 영역은 표시 기능만을 갖고 나머지 절반 영역도 터치스크린 기능을 갖는 구조를 예로서 도시하였지만, 표시부(9631a)의 구조는 이에 한정되지 않는다. 표시부(9631a)의 영역 전체가 터치스크린 기능을 가져도 좋다. 예를 들어, 표시부(9631a)의 영역 전체가 키보드 버튼을 표시하여 터치스크린으로서 기능할 수 있는 한편, 표시부(9631b)는 표시 화면으로서 사용할 수 있다.
- [0205] 표시부(9631a)와 같이, 표시부(9631b)의 일부가 터치스크린 영역(9632b)일 수 있다. 터치스크린에 키보드를 나타내기/감추기 위한 전환 버튼(9639)을 손가락 또는 스타일러스 등으로 터치하면, 표시부(9631b)에 키보드를 표시할 수 있다.
- [0206] 터치스크린 영역(9632a) 및 터치스크린 영역(9632b)에서 동시에 터치 입력을 수행할 수 있다.
- [0207] 표시 모드 전환 버튼(9034)에 의하여, 예를 들어, 인물 사진 모드와 풍경 모드가 전환되고, 흑백 표시와 컬러 표시가 전환된다. 절전 모드 전환 버튼(9036)에 의하여, 태블릿 단말기에 내장된 광 센서로 검출되는, 태블릿 단말기가 사용될 때의 외부 광량에 따라 표시의 휘도를 최적화시킬 수 있다. 상기 태블릿 단말기는 광 센서에 더하여 방위를 검출하기 위한 센서(예를 들어, 자이로스코프 또는 가속도 센서) 등 다른 검출 장치를 포함하여도 좋다.
- [0208] 도 12의 (A)에서는 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)가 동일한 표시 면적을 갖지만, 본 발명의 일 실시형태는 이에 예에 한정되지 않는다. 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)는 상이한 면적 또는 상이한 표시 품질을 가져도 좋다. 예를 들어, 이들 중 하나가 다른 하나보다 고밀도의 영상을 표시할 수 있는 표시 패널이어도 좋다.
- [0209] 도 12의 (B)에서 상기 태블릿 단말기는 접혀 있고 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), 및 DC-DC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 12의 (B)에는 충방전 제어 회로(9634)가 배터리(9635) 및 DC-DC 컨버터(9636)를 포함하는 예를 도시하였다.

- [0210] 상기 태블릿 단말기는 접을 수 있기 때문에, 태블릿 단말기를 사용하지 않을 때에는 하우징(9630)을 닫을 수 있다. 따라서, 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)가 보호될 수 있으므로, 높은 내구성 및 장기 사용을 위한 높은 신뢰성을 갖는 태블릿 단말기를 제공할 수 있다.
- [0211] 도 12의 (A) 및 (B)에 도시된 태블릿 단말기는 다양한 데이터(예를 들어, 정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상)를 표시하는 기능, 표시부에 달력, 날짜, 또는 시간 등을 표시하는 기능, 표시부에 표시된 데이터를 터치 입력에 의하여 조작 또는 편집하는 터치 입력 기능, 및 각종 소프트웨어(프로그램)에 의하여 처리를 제어하는 기능 등을 가질 수도 있다.
- [0212] 상기 태블릿 단말기의 표면에 접촉된 태양 전지(9633)는 터치스크린, 표시부, 및 영상 신호 처리기 등에 전력을 공급한다. 또한, 태양 전지(9633)가 하우징(9630)의 하나 또는 2개의 면에 제공되면, 배터리(9635)가 효율적으로 충전될 수 있어 바람직하다.
- [0213] 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)의 구조 및 동작을 도 12의 (C)의 블록도를 참조하여 설명한다. 도 12의 (C)에는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1~SW3), 및 표시부(9631)가 도시되었다. 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 및 스위치(SW1~SW3)는 도 12의 (B)에서의 충방전 제어 회로(9634)에 상당한다.
- [0214] 먼저, 외광을 사용하는 태양 전지(9633)에 의하여 전력이 생성되는 경우의 동작예를 설명한다. 상기 태양 전지에 의하여 생성된 전력의 전압은 상기 전력이 배터리(9635)를 충전시키기 위한 전압을 갖도록 DC-DC 컨버터(9636)에 의하여 높아지거나 낮아진다. 이 후, 태양 전지(9633)에 의하여 충전된 배터리(9635)로부터 공급된 전력이 표시부(9631)의 동작에 사용될 때에는, 스위치(SW1)를 온으로 하고, 상기 전력의 전압을 표시부(9631)에 필요한 전압이 되도록 컨버터(9638)에 의하여 높이거나 낮춘다. 또한, 표시부(9631)에 표시를 수행하지 않을 때에는, 스위치(SW1)를 오프로 하고 스위치(SW2)를 온으로 하여 배터리(9635)의 충전을 수행할 수 있다.
- [0215] 태양 전지(9633)를 발전 수단인 예로서 설명하였지만, 발전 수단은 특별히 한정되지 않고, 배터리(9635)는 압전 소자 또는 열전 변환 소자(Peltier element) 등 다른 발전 수단에 의하여 충전되어도 좋다. 배터리(9635)는 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전할 수 있는 비접촉 전력 전송 모듈, 또는 조합하여 사용되는 다른 충전 수단에 의하여 충전될 수 있어, 발전 수단은 반드시 제공될 필요는 없다.
- [0216] 본 발명의 일 실시형태는 표시부(9631)가 포함되어 있지만 하면, 도 12의 (A)~(C)에 도시된 형상을 갖는 태블릿 단말기에 한정되지 않는다.
- [0217] (실시예 1)
- [0218] 본 실시예에서, 각각 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 1~발광 소자 3과 비교 발광 소자인 발광 소자 4의 제작 방법 및 그 특성을 설명한다. 발광 소자 1~발광 소자 4에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0219]

[0220]

(발광 소자 1의 제작 방법)

[0221]

산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 유리 기판 위에 스퍼터링법에 의하여 형성하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 두께는 110nm이고 전극 면적은 2mm×2mm이었다. 여기서, 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능한다.

[0222]

다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리(pretreatment)에서, 기판의 표면을 물로 세척하고 200℃로 1시간 동안 소성하고 나서, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0223]

그 후, 압력이 약 10⁻⁴Pa까지 저감된 진공 증착 기기 내로 기판을 이동하고, 진공 증착 기기의 가열실에서 170℃로 30분 동안의 진공 소성을 수행하고 나서, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0224]

그리고, 제 1 전극(101)이 제공된 기판을, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 기기에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 기기 내의 압력을 약 10⁻⁴Pa로 저감시켰다. 이 후, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 상에 구조식(i)으로 표현되는 4,4',4"-[벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)](약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(VI)을 공증착에 의하여 퇴적시켜, 정공 주입층(111)을 형성하였다. 두께는 40nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화 몰리브데넘의 증량비를 4:2(=DBT3P-II: 산화 몰리브데넘)로 조정하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실에서 동시에 복수의 증발원으로부터 증착을 수행하는 증착법을 가리킨다.

- [0225] 다음에, 정공 주입층(111) 상에, 구조식(ii)으로 표현되는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn)을 두께 20nm로 퇴적시킴으로써 정공 수송층(112)을 형성하였다.
- [0226] 정공 수송층(112) 상에, 구조식(iii)으로 표현되는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[*c,g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 구조식(iv)으로 표현되는 *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6MemFLPAPrn)을 cgDBCzPA 대 1,6MemFLPAPrn의 중량비가 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6MemFLPAPrn)이 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 형광층인 제 1 발광층(113a)을 형성하였다. 다음에, 구조식(v)으로 표현되는 2-[3'-(다이벤조사이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDq-II) 및 구조식(vi)으로 표현되는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-*N*'-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 2mDBTBPDq-II 대 PCBBiF의 중량비가 0.6:0.4(=2mDBTBPDq-II:PCBBiF)가 되도록 두께 2nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 분리층(113b)을 형성하였다. 그리고, 2mDBTBPDq-II, PCBBiF, 및 구조식(vii)으로 표현되는 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,6-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-파라진일- κ M]페닐- κ C}(2,4-펜테인다이오네이토- κ^2O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])을 2mDBTBPDq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]의 중량비가 0.2:0.8:0.05(=2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])가 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 1 인광층(113c-1)을 형성하고, 2mDBTBPDq-II, PCBBiF, 및 구조식(viii)으로 표현되는 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미딘일- κ N3)페닐- κ C](2,4-펜테인다이오네이토- κ^2O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])가 되도록 두께 20nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 2 인광층(113c-2)을 연속적으로 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 인광층인 제 2 발광층(113c)을 형성하였다. 발광 소자 1에서, 발광층(113)은 제 1 발광층(113a) 및 제 2 발광층(113c)을 포함한다.
- [0227] 또한, 2mDBTBPDq-II와 PCBBiF는 인광층(제 2 발광층(113c))에서 들뜬 복합체를 형성한다. 그 발광 파장은 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 겹치기 때문에 에너지 이동 효율이 높다.
- [0228] 형광층(제 1 발광층(113a))에서의 호스트 재료인 cgDBCzPA의 단일항 들뜬 에너지는 형광 물질인 1,6MemFLPAPrn의 단일항 들뜬 에너지보다 높다. 또한, cgDBCzPA의 삼중항 들뜬 에너지는 1,6MemFLPAPrn의 삼중항 들뜬 에너지보다 낮다. 따라서, 형광층(제 1 발광층(113a))에서, 삼중항-삼중항 소멸과 관련된 단일항 여기자의 재생 및 발광이 쉽게 얻어진다.
- [0229] 그 후, 인광층(제 2 발광층(113c)) 상에, 2mDBTBPDq-II를 두께 10nm로 퇴적시키고, 구조식(ix)으로 표현되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께 15nm로 퇴적시켜, 전자 수송층(114)을 형성하였다.
- [0230] 전자 수송층(114)의 형성 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착에 의하여 퇴적시켜 전자 주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 두께 200nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 1을 제작하였다.
- [0231] 또한, 상술한 모든 증착 단계에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.
- [0232] (발광 소자 2 및 발광 소자 3의 제작 방법)
- [0233] 발광 소자 2 및 발광 소자 3은, 발광 소자 1에서의 분리층(113b)의 두께를 각각 5nm 및 10nm로 변화시킨 소자이다.
- [0234] (발광 소자 4의 제작 방법)
- [0235] 발광 소자 4는 발광 소자 1의 구조로부터 분리층(113b)을 제거한 구조를 갖는다.
- [0236] 질소 분위기 하의 글로브 박스에서, 발광 소자 1~발광 소자 4의 각각을 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판으로 밀봉하였다(특히, 실란트를 소자의 외부 가장자리에 바르고, 밀봉 시에, UV 처리를 수행하고 나서 가열 처리를 1시간 동안 80°C로 수행하였다). 그리고, 이들 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온에서(25°C로 유지된 분위기에서) 수행하였다.
- [0237] 표 1은 발광 소자 1~발광 소자 4의 소자 구조를 나타낸 것이다.

[0238] [표 1]

정공 주입층	정공 수송층	제 1 발광층	분리층	제 2 발광층	전자 수송층	전자 주입층		
DBT3P-II : MoOx	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
2 : 1		1 : 0.03						
40nm	20nm	5nm	X	5nm	20nm	10nm	15nm	1nm

* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.6:0.4
X : 발광 소자 1 2nm, 발광 소자 2 5nm, 발광 소자 3 10nm, 발광 소자 4 0nm
** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)= 0.2 : 0.8 : 0.05
*** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)= 0.7 : 0.3 : 0.05

[0239]

[0240]

도 13은 발광 소자 1~발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 14는 발광 소자 1~발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 15는 발광 소자 1~발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 16은 발광 소자 1~발광 소자 4의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 17은 발광 소자 1~발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0241]

상기 특성으로부터 알 수 있듯이, 발광 소자 1~발광 소자 4는 중간층을 포함하지 않지만, 발광 소자 1~발광 소자 4는 약 1000cd/m²에서의 전류 효율이 40cd/A 이상, 및 외부 양자 효율이 18% 이상이었다. 이것은 발광 소자 1~발광 소자 4가 높은 발광 효율을 가진 것을 시사한다. 약 1000cd/m²에서의 구동 전압은 3V대로 낮으며, 이것은 턴덤 발광 소자의 구동 전압보다 매우 낮다. 또한, 발광 소자 1~발광 소자 3은 각각 아주 양호한 효율을 가지며, 약 1000cd/m²에서의 외부 양자 효율이 19% 이상이다. 표 2는 약 1000cd/m²에서의 발광 소자 1~발광 소자 4의 주된 특성 값을 열거한 것이다.

[0242]

[표 2]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)	에너지 효율 (%)	상관 색 온도 (K)	duv
발광 소자 1	3.1	1.8	47	48	20	14	2570	0.011
발광 소자 2	3.2	2.0	43	42	19	13	2520	0.01
발광 소자 3	3.3	2.8	40	38	19	12	2180	0.006
발광 소자 4	3.2	2.5	45	44	18	12	2930	0.016

[0243]

[0244]

또한, 도 17에서의 발광 스펙트럼은 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]에서 유래하는 적색 발광, [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 녹색 발광, 및 1,6mMemFLPAPrn에서 유래하는 청색 발광이 관찰된 것을 나타낸다. 이것은 형광층인 제 1 발광층(113a) 및 인광층인 제 2 발광층(113c) 양쪽으로부터 발광이 충분히 얻어진 것을 시사한다.

[0245]

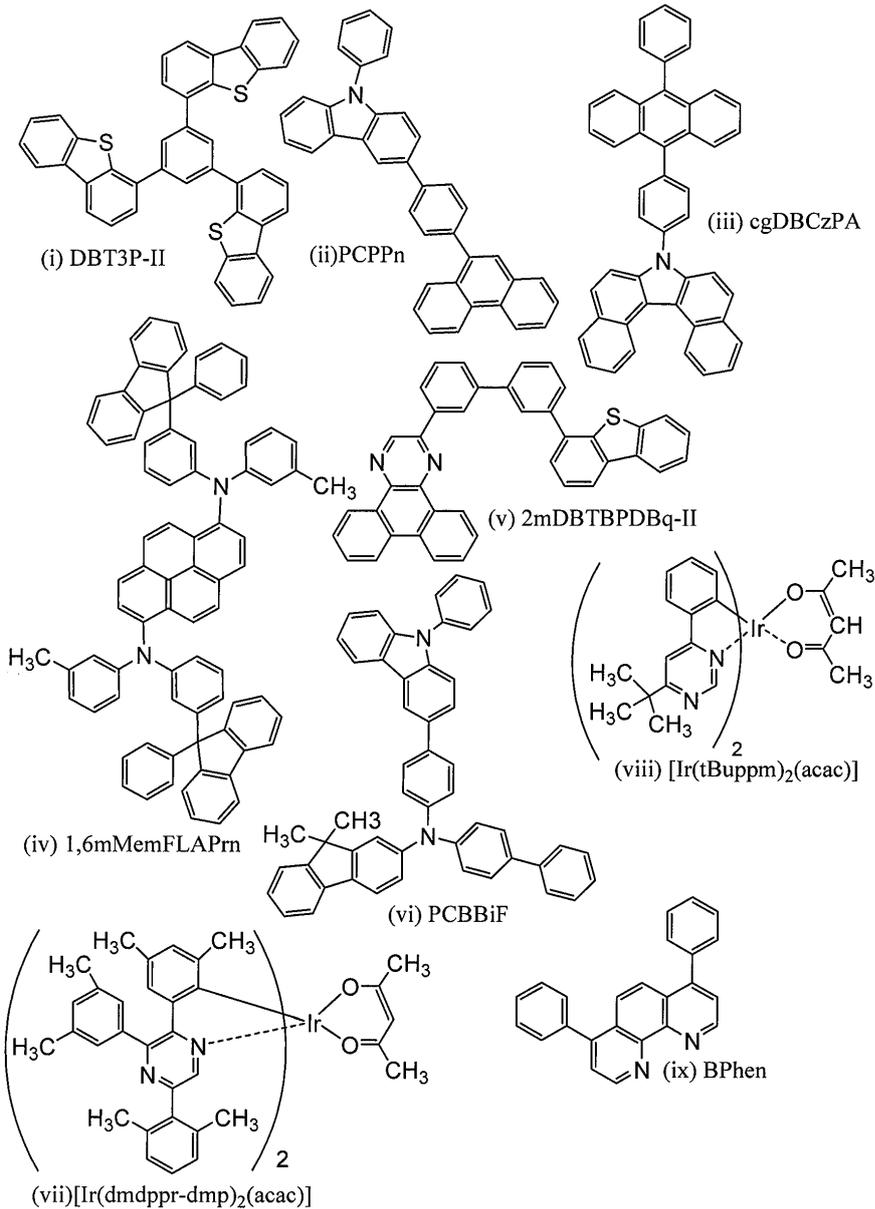
상술한 바와 같이, 발광 소자 1~발광 소자 4는 매우 균형 잡힌 양호한 특성을 갖고, 쉽고 저렴하게 제작할 수 있었다. 상술한 결과는, 인광층의 에너지 도너로서 들뜬 복합체를 사용함으로써 여기자의 확산이 억제되고 삼중항 들뜬 에너지의 비복사 감쇠가 저감되고, 형광층에서의 호스트 재료에서의 삼중항-삼중항 소멸로 인한 지연 형광의 발생에 의하여 발광 효율이 향상된 것에 기인한다. 분리층(113b)의 사용에 의하여, 인광층(제 2 발광층(113c))으로부터 형광층(제 1 발광층(113a))으로 그 계면에서의 에너지 이동이 억제되어, 발광 소자 1~발광 소자 3은 더 양호한 특성을 가질 수 있다.

[0246]

(실시예 2)

[0247]

본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 5의 제작 방법 및 그 특성에 대하여 설명한다. 발광 소자 5에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0248]

[0249]

[0250]

[0251]

[0252]

[0253]

(발광 소자 5의 제작 방법)

산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 유리 기판 위에 스퍼터링법에 의하여 형성하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 두께는 110nm이고 전극 면적은 2mm×2mm이었다. 여기서, 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능한다.

다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세척하고 200℃로 1시간 동안 소성하고 나서, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

그 후, 압력이 약 10⁻⁴Pa까지 저감된 진공 증착 기기 내로 기판을 이동하고, 진공 증착 기기의 가열실에서 170℃로 30분 동안의 진공 소성을 수행하고 나서, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

그리고, 제 1 전극(101)이 제공된 기판을, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 기기에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 기기 내의 압력을 약 10⁻⁴Pa로 저감시켰다. 이 후, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 상에 구조식(i)으로 표현되는 4,4',4"- (벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(VI)을 공증착에 의하여 퇴적시켜, 정공 주입층(111)을 형성하였다. 두께는 40nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화 몰리브데넘의 증량비를 4:2(=DBT3P-II: 산화 몰리브데넘)로 조정하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실에서 동시에 복수의 증발원으로부터 증착을 수행하는 증착법을 가리킨다.

- [0254] 다음에, 정공 주입층(111) 상에, 구조식(ii)으로 표현되는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn)을 두께 10nm로 퇴적시킴으로써 정공 수송층(112)을 형성하였다.
- [0255] 정공 수송층(112) 상에, 구조식(iii)으로 표현되는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 구조식(iv)으로 표현되는 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6MemFLPAPrn)을 cgDBCzPA 대 1,6MemFLPAPrn의 중량비가 1:0.04(=cgDBCzPA:1,6MemFLPAPrn)가 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 형광층인 제 1 발광층(113a)을 형성하였다. 다음에, 구조식(v)으로 표현되는 2-[3'-(다이벤조사이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II) 및 구조식(vi)으로 표현되는 N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF의 중량비가 0.6:0.4(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF)가 되도록 두께 2nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 분리층(113b)을 형성하였다. 그리고, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(vii)으로 표현되는 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,6-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-파라진일-κM]페닐-κC}(2,4-펜테인다이오네이토-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]의 중량비가 0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])가 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 1 인광층(113c-1)을 형성하고, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(viii)으로 표현되는 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미딘일-κM3)페닐-κC](2,4-펜테인다이오네이토-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])가 되도록 두께 20nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 2 인광층(113c-2)을 연속적으로 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 인광층인 제 2 발광층(113c)을 형성하였다.
- [0256] 또한, 2mDBTBPDBq-II와 PCBBiF는 인광층(제 2 발광층(113c))에서 들뜬 복합체를 형성한다. 그 발광 파장은 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 겹치기 때문에 에너지 이동 효율이 높다.
- [0257] 형광층(제 1 발광층(113a))에서의 호스트 재료인 cgDBCzPA의 단일항 들뜬 에너지는 형광 물질인 1,6MemFLPAPrn의 단일항 들뜬 에너지보다 높다. 또한, cgDBCzPA의 삼중항 들뜬 에너지는 1,6MemFLPAPrn의 삼중항 들뜬 에너지보다 낮다. 따라서, 형광층(제 1 발광층(113a))에서, 삼중항-삼중항 소멸과 관련된 단일항 여기자의 재생 및 발광이 쉽게 얻어진다.
- [0258] 그 후, 인광층(제 2 발광층(113c)) 상에, 2mDBTBPDBq-II를 두께 10nm로 퇴적시키고, 구조식(ix)으로 표현되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께 15nm로 퇴적시켜, 전자 수송층(114)을 형성하였다.
- [0259] 전자 수송층(114)의 형성 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착에 의하여 퇴적시켜 전자 주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 두께 200nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 5를 제작하였다.
- [0260] 또한, 상술한 모든 증착 단계에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.
- [0261] 질소 분위기 하의 글로브 박스에서, 발광 소자 5를 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판으로 밀봉하였다(특히, 실란트를 소자의 외부 가장자리에 바르고, 밀봉 시에, UV 처리를 수행하고 나서 가열 처리를 1시간 동안 80℃로 수행하였다). 그리고, 상기 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온에서(25℃로 유지된 분위기에서) 수행하였다.
- [0262] 표 3은 발광 소자 5의 소자 구조를 나타낸 것이다.

[0263] [표 3]

정공 주입층	정공 수송층	제 1 발광층	분리층	제 2 발광층		전자 수송층		전자 주입층
DBT3P-II : MoOx 2 : 1 40nm	PCPP n 10nm	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn 1 : 0.04 5nm	*	**	***	2mDBT BPDBq-II 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm

- * 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.6:0.4
- ** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)= 0.5 : 0.5 : 0.05
- *** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)= 0.7 : 0.3 : 0.05

[0264]

[0265]

발광 소자 5에 관해서, 도 18은 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고, 도 19는 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 20은 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 21은 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고, 도 22는 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 23은 휘도-CIE 색도 특성을 나타낸 것이다.

[0266]

상기 특성으로부터 알 수 있듯이, 발광 소자 5는 중간층을 포함하지 않지만, 발광 소자 5는 약 1000cd/m²에서의 전류 효율이 40cd/A 이상, 및 외부 양자 효율이 18% 이상이였다. 이것은 발광 소자 5가 높은 발광 효율을 가진 것을 시사한다. 구동 전압은 3V대로 낮으며, 이것은 탠덤 발광 소자의 구동 전압보다 매우 낮다. 표 4는 약 1000cd/m²에서의 발광 소자 5의 주된 특성 값을 열거한 것이다.

[0267]

[표 4]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)	에너지 효율 (%)	상관 색 온도 (K)	duv
발광 소자 5	3.2	2.5	46	46	18	12	3010	0.017

[0268]

[0269]

또한, 도 22에서의 발광 스펙트럼은 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]에서 유래하는 적색 발광, [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 녹색 발광, 및 1,6mMemFLPAPrn에서 유래하는 청색 발광이 관찰된 것을 나타낸다. 이것은 형광층인 제 1 발광층(113a) 및 인광층인 제 2 발광층(113c) 양쪽으로부터 발광이 충분히 얻어진 것을 시사한다.

[0270]

도 23에 나타낸 휘도-CIE 색도 특성은, 발광 소자 5의 실용 휘도 영역에서의 색 변화가 아주 작다는 것을 시사한다. 또한, 약 100cd/m²에서의 색 변화는 인광의 발광 개시 전압과 형광의 발광 개시 전압의 차이에 기인한다. 인광층은 형광층보다 낮은 발광 개시 전압을 갖기 때문에, 낮은 휘도의 영역에서는 인광만 관찰되고, 약 100cd/m²에서는 형광도 관찰된다. 이 이유로, 색 변화는 약 100cd/m²에서 일어난다. 형광 및 인광이 둘 다 안정적인 실용 휘도 영역에서는, 색 변화가 아주 작다.

[0271]

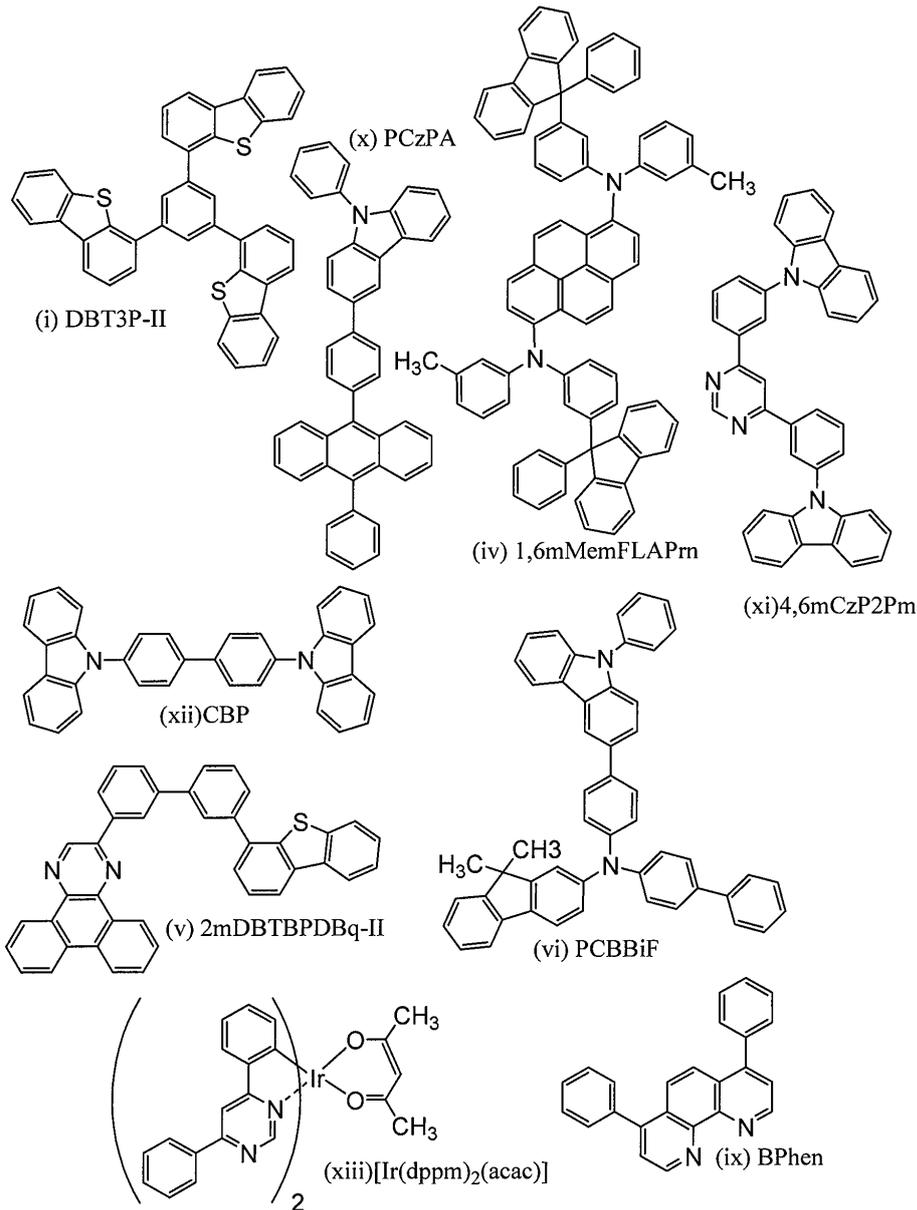
상술한 바와 같이, 발광 소자 5는 매우 균형 잡힌 양호한 특성을 갖고, 쉽고 저렴하게 제작할 수 있었다. 상술한 결과는, 인광층의 에너지 도너로서 들뜬 복합체를 사용함으로써 여기자의 확산이 억제되고 삼중항 들뜬 에너지의 비복사 감쇠가 저감되고, 형광층에서의 호스트 재료에서의 삼중항-삼중항 소멸로 인한 지연 형광의 발생에 의하여 발광 효율이 향상된 것에 기인한다. 분리층(113b)의 사용에 의하여, 인광층(제 2 발광층(113c))으로부터 형광층(제 1 발광층(113a))으로 그 계면에서의 에너지 이동이 억제되어, 발광 소자 5는 더 양호한 특성을 가질 수 있다.

[0272]

(실시예 3)

[0273]

본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 제작 방법 및 그 특성에 대하여 설명한다. 발광 소자 6 및 발광 소자 7에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0274]

[0275]

(발광 소자 6의 제작 방법)

[0276]

산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 유리 기판 위에 스퍼터링법에 의하여 형성하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 두께는 110nm이고 전극 면적은 2mm×2mm이었다. 여기서, 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능한다.

[0277]

다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세척하고 200℃로 1시간 동안 소성하고 나서, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0278]

그 후, 압력이 약 10⁻⁴Pa까지 저감된 진공 증착 기기 내로 기판을 이동하고, 진공 증착 기기의 가열실에서 170℃로 30분 동안의 진공 소성을 수행하고 나서, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0279]

그리고, 제 1 전극(101)이 제공된 기판을, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 기기에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 기기 내의 압력을 약 10⁻⁴Pa로 저감시켰다. 이 후, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 상에 구조식(i)으로 표현되는 4,4',4"-[벤젠-1,3,5-트라이일]트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(VI)을 공증착에 의하여 퇴적시켜, 정공 주입층(111)을 형성하였다. 두께는 30nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화 몰리브데넘의 중량비를 2:1(=DBT3P-II: 산화 몰리브데넘)로 조정하였다.

[0280] 다음에, 정공 주입층(111) 상에, 구조식(x)으로 표현되는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA)을 두께 20nm로 퇴적시켜, 정공 수송층(112)을 형성하였다.

[0281] 정공 수송층(112) 상에, PCzPA 및 1,6MemFLPAPrn을 PCzPA 대 1,6MemFLPAPrn의 중량비가 1:0.05(=PCzPA:1,6MemFLPAPrn)가 되도록 두께 5nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 형광층인 제 1 발광층(113a)을 형성하였다. 다음에, 구조식(xi)으로 표현되는 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 및 구조식(xii)으로 표현되는 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP)을 4,6mCzP2Pm 대 CBP의 중량비가 0.4:0.6(=4,6mCzP2Pm:CBP)이 되도록 두께 2nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 분리층(113b)을 형성하였다. 그리고, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(xiii)으로 표현되는 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)])가 되도록 두께 20nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 인광층인 제 2 발광층(113c)을 형성하였다.

[0282] 또한, 2mDBTBPDBq-II 및 PCBBiF는 인광층(제 2 발광층(113c))에서 들뜬 복합체를 형성한다. 그 발광 파장은 [Ir(dppm)₂(acac)]의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 겹치기 때문에 에너지 이동 효율이 높다.

[0283] 형광층(제 1 발광층(113a))에서의 호스트 재료인 PCzPA의 단일항 들뜬 에너지는 형광 물질인 1,6MemFLPAPrn의 단일항 들뜬 에너지보다 높다. 또한, PCzPA의 삼중항 들뜬 에너지는 1,6MemFLPAPrn의 삼중항 들뜬 에너지보다 낮다. 따라서, 형광층(제 1 발광층(113a))에서, 삼중항-삼중항 소멸과 관련된 단일항 여기자의 재생 및 발광이 쉽게 얻어진다.

[0284] 그 후, 인광층(제 2 발광층(113c)) 상에, 2mDBTBPDBq-II를 두께 10nm로 퇴적시키고, BPhen을 두께 15nm로 퇴적시켜, 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0285] 전자 수송층(114)의 형성 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착에 의하여 퇴적시켜 전자 주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 두께 200nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 6을 제작하였다.

[0286] 또한, 상술한 모든 증착 단계에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.

[0287] (발광 소자 7의 제작 방법)

[0288] 발광 소자 7은, 분리층(113b)이 4,6mCzP2Pm 단독으로 형성된 것을 제외하고는 발광 소자 6과 마찬가지로 제작하였다.

[0289] 질소 분위기 하의 글로브 박스에서, 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 각각을 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판으로 밀봉하였다(특히, 실란트를 소자의 외부 가장자리에 바르고, 밀봉 시에, UV 처리를 수행하고 나서 가열 처리를 1시간 동안 80℃로 수행하였다). 그리고, 이들 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온에서(25℃로 유지된 분위기에서) 수행하였다.

[0290] 표 5는 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 소자 구조를 나타낸 것이다.

[0291] [표 5]

정공 주입층	정공 수송층	제 1 발광층	분리층	제 2 발광층	전자 수송층		전자 주입층
DBT3P-II : MoOx	PCzPA	PCzPA : 1,6Mem FLPAPrn	*	2mDBT BPDBq-II : PCBBiF : Ir(dppm) ₂ (acac) 0.8 : 0.2 : 0.05	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
2 : 1		1 : 0.05					
30nm	20nm	10nm	2nm	20nm	10nm	15nm	1nm

*발광 소자 6 4,6mCzP2Pm:CBP=0.4:0.6
발광 소자 7 4,6mCzP2Pm

[0292] 도 24는 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 25는 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 26은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 전압-휘도 특성을 나타낸 것이다.

타낸 것이다. 도 27은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 28은 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0294] 상술한 결과는, 발광 소자 6 및 발광 소자 7이 각각 약 1000cd/m²에서의 전류 효율이 20cd/A 이상으로 양호한 발광 효율을 갖는 것을 나타낸다. 또한, 구동 전압은 3V대이며, 이것은 텐덤 발광 소자의 구동 전압보다 매우 낮다. 표 6은 약 1000cd/m²에서의 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 주된 특성 값을 열거한 것이다.

[0295] [표 6]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)	에너지 효율 (%)	상관 색 온도 (K)	duv
발광 소자 6	3.1	1.7	31	32	12	9	2710	0.003
발광 소자 7	3.3	4.8	23	22	10	6	3540	0.009

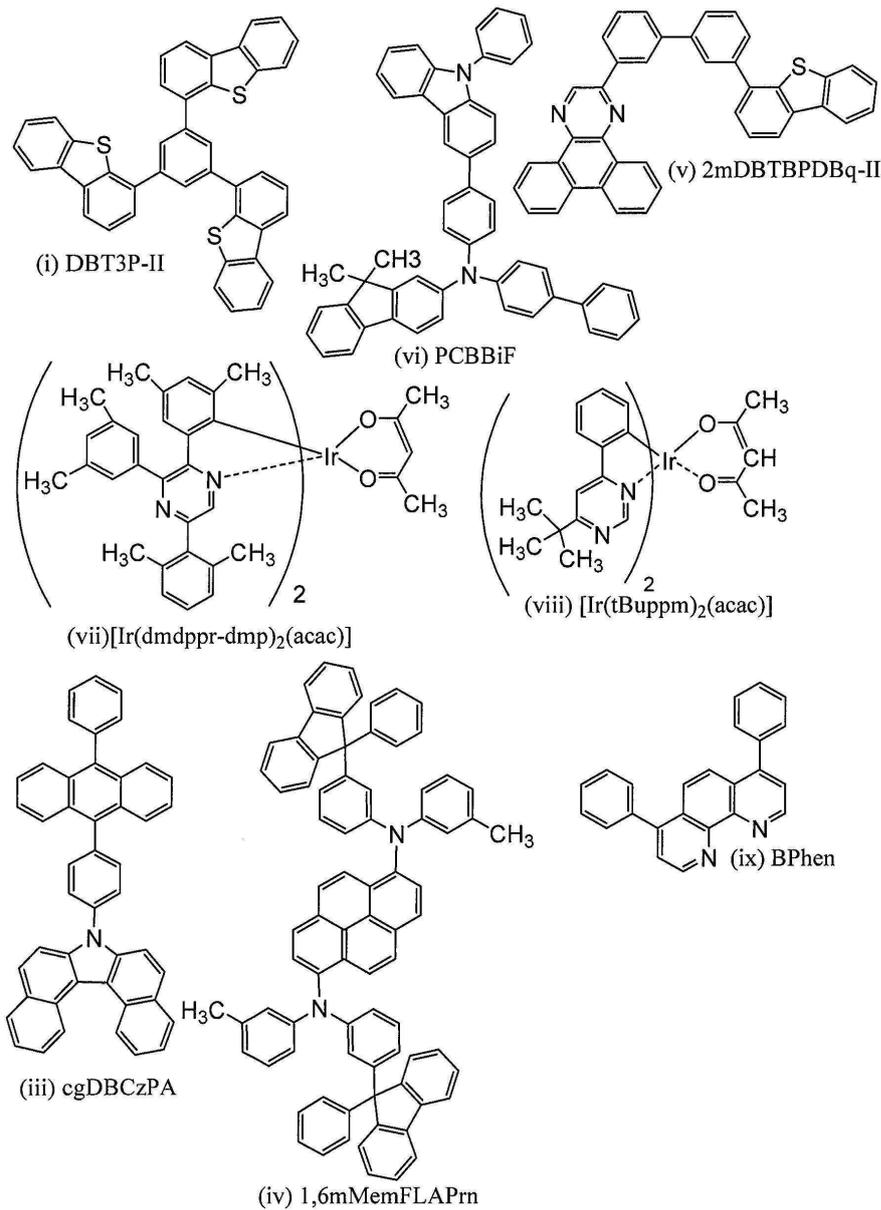
[0296]

[0297] 또한, 상기 발광 스펙트럼은 [Ir(dppm)₂(acac)]에서 유래하는 주황색 발광 및 1,6mMemFLPAPrn에서 유래하는 청색 발광이 관찰된 것을 나타낸다. 이것은 발광 소자 6 및 발광 소자 7에서, 형광층인 제 1 발광층(113a) 및 인광층인 제 2 발광층(113c) 양쪽으로부터 발광이 충분히 얻어진 것을 시사한다.

[0298] 상술한 바와 같이, 발광 소자 6 및 발광 소자 7은 매우 균형 잡힌 양호한 특성을 갖고, 쉽고 저렴하게 제작할 수 있다. 상술한 결과는, 인광층의 에너지 도너로서 들뜬 복합체를 사용함으로써 여기자의 확산이 억제되고 삼중항 들뜬 에너지의 비복사 감쇠가 저감되고, 형광층의 호스트 재료에서의 삼중항-삼중항 소멸로 인한 지연 형광의 발생에 의하여 발광 효율이 향상된 것에 기인한다. 또한, 분리층(113b)의 사용에 의하여, 인광층(제 2 발광층(113c))으로부터 형광층(제 1 발광층(113a))으로 그 계면에서의 에너지 이동이 억제되며, 이것도 양호한 특성의 이유이다. 발광 소자 6은 발광 소자 7보다 좋은 특성을 갖기 때문에, 분리층(113b)은 정공 수송성을 갖는 물질 및 전자 수송성을 갖는 물질로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 이들 물질은 들뜬 복합체를 형성하는 것이 더 바람직하다.

[0299] (실시예 4)

[0300] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 8의 제작 방법 및 그 특성에 대하여 설명한다. 발광 소자 8에서, 제 1 발광층(113a)은 음극 측에 형성되고 제 2 발광층(113c)은 양극 측에 형성된다. 발광 소자 8에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0301]

[0302]

(발광 소자 8의 제작 방법)

[0303]

인듐 주석 산화물(ITO)의 막을 고굴절률($n=1.84$)의 유리 기판 위에 두께 110nm로 스퍼터링법에 의하여 퇴적시켜 제 1 전극(101)을 형성하였다. 전극 면적은 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 이었다.

[0304]

다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세척하고 나서 UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0305]

그 후, 압력이 약 10^{-4}Pa 까지 저감된 진공 증착 기기 내로 기판을 이동하고, 진공 증착 기기의 가열실에서 190°C 로 60분 동안의 진공 소성을 수행하고 나서, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0306]

그리고, 제 1 전극(101)이 제공된 기판을, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 기기에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 기기 내의 압력을 약 10^{-4}Pa 로 저감시켰다. 이후, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 상에 구조식(i)으로 표현되는 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(VI)을 공증착에 의하여 퇴적시켜, 정공 주입층(111)을 형성하였다. 두께는 30nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화 몰리브데넘의 중량비를 1:0.5(=DBT3P-II: 산화 몰리브데넘)로 조정하였다.

[0307]

다음에, 정공 주입층(111) 상에, 구조식(vi)으로 표현되는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-*N*'-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-

일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 두께 20nm로 퇴적시켜 정공 수송층(112)을 형성하였다.

[0308] 그리고, 정공 수송층(112) 상에, 구조식(v)으로 표현되는 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 구조식(vi)으로 표현되는 N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 및 구조식(vii)으로 표현되는 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,6-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-과라진일-κM]페닐-κC}(2,4-펜테인다이오네이트-κ²O, O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]의 중량비가 0.1:0.9:0.06(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)])이 되도록 두께 15nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 1 인광층(113c-1)을 형성하고, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(viii)으로 표현되는 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미딘일-κM)페닐-κC](2,4-펜테인다이오네이트-κ²O, O')이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.5:0.5:0.06(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)])이 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 2 인광층(113c-2)을 연속적으로 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 인광층인 제 2 발광층(113c)을 형성하였다. 그 후, 2mDBTBPDBq-II 및 PCBBiF를 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF의 중량비가 0.5:0.5(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF)가 되도록 두께 2nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 분리층(113b)을 형성하였다. 그리고, 구조식(iii)으로 표현되는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 구조식(iv)으로 표현되는 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6MemFLPAPrn)을 cgDBCzPA 대 1,6MemFLPAPrn의 중량비가 1:0.025(=cgDBCzPA:1,6MemFLPAPrn)가 되도록 두께 20nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 형광층인 제 1 발광층(113a)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 발광층(113)을 형성하였다.

[0309] 또한, 2mDBTBPDBq-II와 PCBBiF는 인광층(제 2 발광층(113c)) 및 분리층(113b)에서 들뜬 복합체를 형성한다. 그 발광 과정은 [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)] 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 겹치기 때문에 에너지 이동 효율이 높다.

[0310] 형광층(제 1 발광층(113a))에서의 호스트 재료인 cgDBCzPA의 단일항 들뜬 에너지는 형광 물질인 1,6MemFLPAPrn의 단일항 들뜬 에너지보다 높다. 또한, cgDBCzPA의 삼중항 들뜬 에너지는 1,6MemFLPAPrn의 삼중항 들뜬 에너지보다 낮다. 따라서, 형광층(제 1 발광층(113a))에서, 삼중항-삼중항 소멸과 관련된 단일항 여기자의 재생 및 발광이 쉽게 얻어진다.

[0311] 그 후, 형광층(제 1 발광층(113a)) 상에, cgDBCzPA를 두께 10nm로 퇴적시키고, 구조식(ix)으로 표현되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께 15nm로 퇴적시켜, 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0312] 전자 수송층(114)의 형성 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착에 의하여 퇴적시켜 전자 주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 은과 마그네슘의 합금(1:0.5)을 두께 1nm로, 은을 두께 150nm로 증착에 의하여 퇴적시켜, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 8을 제작하였다. 또한, 상술한 모든 증착 단계에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.

[0313] 표 7은 발광 소자 8의 소자 구조를 나타낸 것이다.

[표 7]

정공 주입층	정공 수송층	제 2 발광층		분리층	제 1 발광층	전자 수송층		전자 주입층
DBT3P-II : MoOx	PCBBiF	*	**	***	cgDBCzPA : 1,6MemFLPAPrn	cgDBCzPA	BPhen	LiF
1:0.5					1 : 0.03			
30nm	20nm	15nm	5nm	2nm	5nm	10nm	15nm	1nm

* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)= 0.1 : 0.9 : 0.06

** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(tBuppm)₂(acac)= 0.5 : 0.5 : 0.06

*** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF= 0.5 : 0.5

[0315]

[0316] 질소 분위기 하의 글로브 박스에서, 발광 소자 8을 대기에 노출시키지 않도록 유리 기관으로 밀봉하였다(특히, 실란트를 소자의 외부 가장자리에 바르고, 밀봉 시에, UV 처리를 수행하고 나서 가열 처리를 1시간 동안 80℃로 수행하였다). 그리고, 상기 발광 소자의 특성을 측정하였다. 또한, 측정은 적분구를 이용하여 실온에서(25℃로 유지된 분위기에서) 수행하였다. 표 8은 전류 밀도 3.75mA/cm²에서의 특성 값을 나타낸 것이다.

[0317] [표 8]

	전압 (V)	상관 색 온도 (K)	duv	평균 연색 평가 지수 Ra	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 8	2.8	2840	0.0149	87	57	21

[0318]

[0319] 발광 소자 8은 양호한 외부 양자 효율 및 파워 효율을 나타내었다. 발광 소자 8은 2.8V로 텐덤 발광 소자와 비교하여 매우 낮은 구동 전압을 가졌다.

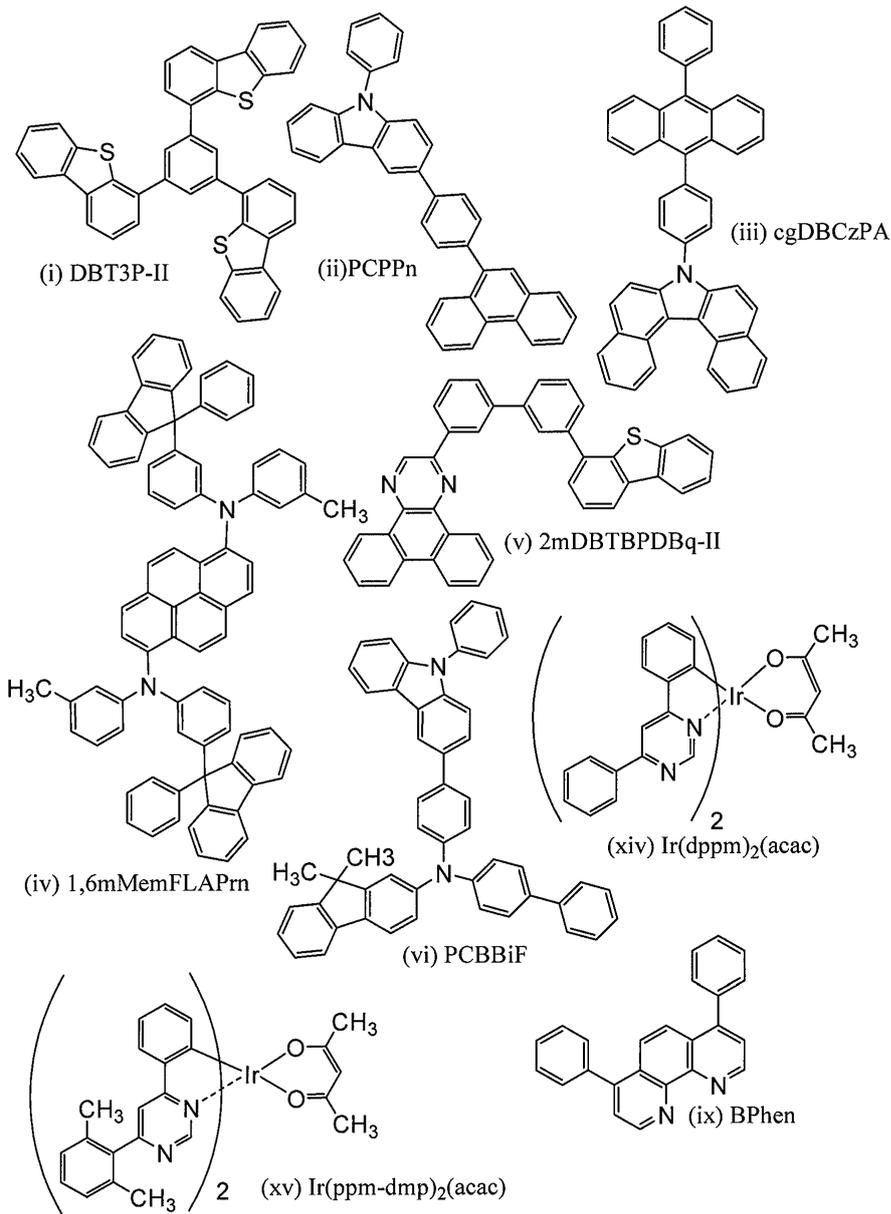
[0320] 도 29는 발광 소자 8의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이 발광 스펙트럼으로부터 알 수 있듯이, [Ir(dmdppr-dmp)₂(acac)]에서 유래하는 적색 발광, [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 녹색 발광, 및 1,6mMemFLPAPrn에서 유래하는 청색 발광이 관찰되었다. 이것은 형광층인 제 1 발광층(113a) 및 인광층인 제 2 발광층(113c) 양쪽으로부터 발광이 효율적으로 얻어진 것을 시사한다.

[0321] 발광 소자 8은, 발광 소자 8이 양호한 연색성을 갖는 것을 의미하는 87의 평균 연색 평가 지수(Ra)를 갖고, duv(흑체 복사 장소(blackbody radiation locus)에서 유래함)가 작기 때문에, 발광 소자 8은 조명에 적합하게 사용된다. 또한, 발광 소자 8은 백열 색인 2840K의 색 온도를 가졌다.

[0322] 상술한 바와 같이, 발광 소자 8은 균형 잡힌 양호한 특성을 갖고, 쉽고 저렴하게 제작할 수 있었다. 상술한 결과는, 인광층의 에너지 도너로서 들뜬 복합체를 사용함으로써 여기자의 확산이 억제되고 삼중항 들뜬 에너지의 비복사 감쇠가 저감되고, 형광층에서의 호스트 재료에서의 삼중항-삼중항 소멸로 인한 지연 형광의 발생에 의하여 발광 효율이 향상된 것에 기인한다.

[0323] (실시예 5)

[0324] 본 실시예에서, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자 9의 제작 방법 및 그 특성을 설명한다. 발광 소자 9에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0325]

[0326]

(발광 소자 9의 제작 방법)

[0327]

산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 유리 기판 위에 스퍼터링법에 의하여 형성하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 두께는 110nm이고 전극 면적은 2mm×2mm이었다. 여기서, 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능한다.

[0328]

다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세척하고 200℃로 1시간 동안 소성하고 나서, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0329]

그 후, 압력이 약 10⁻⁴Pa까지 저감된 진공 증착 기기 내로 기판을 이동하고, 진공 증착 기기의 가열실에서 170℃로 30분 동안의 진공 소성을 수행하고 나서, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0330]

그리고, 제 1 전극(101)이 제공된 기판을, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 기기에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 기기 내의 압력을 약 10⁻⁴Pa로 저감시켰다. 이 후, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 상에 구조식(i)으로 표현되는 4,4',4"-[벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)](약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데넘(VI)을 공증착에 의하여 퇴적시켜, 정공 주입층(111)을 형성하였다. 두께는 15nm로 설정하고, 산화 몰리브데넘에 대한 DBT3P-II의 중량비를 2:1(=DBT3P-II: 산화 몰리브데넘)로 조정하였다.

- [0331] 다음에, 정공 주입층(111) 상에, 구조식(ii)으로 표현되는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn)을 두께 20nm로 퇴적시킴으로써 정공 수송층(112)을 형성하였다.
- [0332] 그리고, 정공 수송층(112) 상에, 구조식(iii)으로 표현되는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 구조식(iv)으로 표현되는 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6MemFLPAPrn)을 cgDBCzPA 대 1,6MemFLPAPrn의 중량비가 2:0.1(=cgDBCzPA:1,6MemFLPAPrn)이 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 형광층인 제 1 발광층(113a)을 형성하였다. 다음에, 구조식(v)으로 표현되는 2-[3'-(다이벤조사이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II) 및 구조식(vi)으로 표현되는 N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF의 중량비가 0.4:1.6(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF)이 되도록 두께 2nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 분리층(113b)을 형성하였다. 그 후, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(xiv)으로 표현되는 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:1.2:0.12(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)])가 되도록 두께 5nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 1 인광층(113c-1)을 형성하고, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF, 및 구조식(xv)으로 표현되는 비스{2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-피리미딘일-κN3]페닐-κC}(2,4-펜테인다이오네이트-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(ppm-dmp)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(ppm-dmp)₂(acac)]의 중량비가 1.6:0.4:0.12(=2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(ppm-dmp)₂(acac)])가 되도록 두께 15nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜 제 2 인광층(113c-2)을 연속적으로 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 인광층인 제 2 발광층(113c)을 형성하였다. 상술한 바와 같이, 발광 소자 9에서의 발광층(113)은 제 1 발광층(113a) 및 제 2 발광층(113c)으로 형성된다.
- [0333] 또한, 2mDBTBPDBq-II 및 PCBBiF는 인광층(제 2 발광층(113c))에서 들뜬 복합체를 형성한다. 그 발광 파장은 [Ir(dppm)₂(acac)] 및 [Ir(ppm-dmp)₂(acac)]의 가장 긴 파장 측의 흡수대와 겹치기 때문에 에너지 이동 효율이 높다.
- [0334] 형광층(제 1 발광층(113a))에서의 호스트 재료인 cgDBCzPA의 단일항 들뜬 에너지는 형광 물질인 1,6MemFLPAPrn의 단일항 들뜬 에너지보다 높다. 또한, cgDBCzPA의 삼중항 들뜬 에너지는 1,6MemFLPAPrn의 삼중항 들뜬 에너지보다 낮다. 따라서, 형광층(제 1 발광층(113a))에서, 삼중항-삼중항 소멸과 관련된 단일항 여기자의 재생 및 발광이 쉽게 얻어진다.
- [0335] 그 후, 인광층(제 2 발광층(113c)) 상에, 2mDBTBPDBq-II를 두께 10nm로 퇴적시키고, 구조식(ix)으로 표현되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께 15nm로 퇴적시켜, 전자 수송층(114)을 형성하였다.
- [0336] 전자 수송층(114)의 형성 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착에 의하여 퇴적시켜 전자 주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 은(Ag)과 마그네슘(Mg)을 은 대 마그네슘의 비율이 1:0.5가 되도록 두께 1nm로 공증착에 의하여 퇴적시켜, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)을 형성하였다. 그리고, 은을 스퍼터링법으로 두께 150nm로 퇴적시켰다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 9를 제작하였다.
- [0337] 또한, 상술한 모든 증착 단계에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.
- [0338] 질소 분위기 하의 글로브 박스에서, 발광 소자 9를 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판으로 밀봉하였다(특히, 실란트를 소자의 외부 가장자리에 바르고, 밀봉 시에, UV 처리를 수행하고 나서 가열 처리를 1시간 동안 80℃로 수행하였다). 그리고, 이 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온에서(25℃로 유지된 분위기에 서) 수행하였다.
- [0339] 표 9는 발광 소자 9의 소자 구조를 나타낸 것이다.

[0340] [표 9]

정공 주입층	정공 수송층	제 1 발광층	분리층	제 2 발광층		전자 수송층		전자 주입층
DBT3P-II : MoOx 2 : 1	PCPPn	cgDBCzPA : 1,6mMem FLPAPrn 2 : 0.1	*	**	***	2mDBT BPDBq-II	BPhen	LiF
15nm	20nm	5nm	2nm	5nm	15nm	10nm	15nm	1nm

* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF=0.4 : 1.6

** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(dppm)₂(acac)=0.8 : 1.2 : 0.12

*** 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(ppm-dmp)₂(acac)=1.6 : 0.4 : 0.12

[0341]

[0342]

도 30은 발광 소자 9의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 31은 발광 소자 9의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 32는 발광 소자 9의 전압-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 33은 발광 소자 9의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸 것이다. 도 34는 발광 소자 9의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0343]

상기 특성으로부터 알 수 있듯이, 발광 소자 9는 중간층을 포함하지 않지만, 발광 소자 9는 약 1000cd/m²에서의 전류 효율이 약 70cd/A, 및 외부 양자 효율이 22% 이상이었다. 이것은 발광 소자 9가 매우 높은 발광 효율을 가진 것을 시사한다. 구동 전압은 2.9V이며, 이것은 탠덤 발광 소자의 구동 전압보다 매우 낮다.

[0344]

[표 10]

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)	상관 색 온도 (K)
발광 소자 9	2.9	1.3	69	75	22	2730

[0345]

[0346]

발광 스펙트럼으로부터 알 수 있듯이, [Ir(dppm)₂(acac)] 및 [Ir(ppm-dmp)₂(acac)]에서 유래하는 인광 및 1,6mMemFLPAPrn에서 유래하는 형광이 둘 다 관찰되었다. 이것은 형광층인 제 1 발광층(113a) 및 인광층인 제 2 발광층(113c) 양쪽으로부터 발광이 충분히 얻어진 것을 시사한다.

[0347]

상술한 바와 같이, 발광 소자 9는 매우 높은 발광 효율의 백색 발광을 발하고, 쉽고 저렴하게 제작할 수 있었다. 상기 결과는, 인광층의 에너지 도너로서 들뜬 복합체를 사용함으로써 여기자의 확산이 억제되고 삼중항 들뜬 에너지의 비복사 감쇠가 저감되고, 형광층의 호스트 재료에서의 삼중항-삼중항 소멸로 인한 지연 형광의 발생에 의하여 발광 효율이 향상된 것에 기인한다. 분리층(113b)의 사용에 의하여, 인광층(제 2 발광층(113c))으로부터 형광층(제 1 발광층(113a))으로 그 계면에서의 에너지 이동이 억제되어, 발광 소자 9는 더 양호한 특성을 가질 수 있다.

[0348]

발광 소자 9의 구조와 마찬가지로 구조를 갖고 두께 70nm의 제 1 전극을 포함하는 소자를 발광 면적이 90mm×90mm이 되도록 굴절률 1.84의 유리 기판 위에 형성하고, 광이 방출되는 기판의 표면을 프로스트 처리함으로써, 유기 EL 조명 장치를 제작하였다.

[0349]

도 35는 이 유기 EL 조명 장치의 휘도-파워 효율 특성을 나타낸 것이다. 상기 유기 EL 조명 장치는 백열 색의 규격에 따른, 색 온도 2700K 및 duv=0.019를 갖고, 휘도 약 1500cd/m²에서 140lm/W로 매우 높은 파워 효율을 가졌다.

부호의 설명

[0350]

101: 제 1 전극, 102: 제 2 전극, 103: EL층, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 113: 발광층, 113a: 제 1 발광층, 113b: 분리층, 113c: 제 2 발광층, 113c-1: 제 1 인광층, 113c-2: 제 2 인광층, 114: 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 400: 기판, 401: 제 1 전극, 403: EL층, 404: 제 2 전극, 405: 실란트, 406: 실란트, 407: 밀봉 기판, 412: 패드, 420: IC 칩, 501: 제 1 전극, 502: 제 2 전극, 511: 제 1 발광 유닛, 512: 제 2 발광 유닛, 513: 전하 발생층, 601: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 604: 밀봉 기판, 605: 실란트, 607: 공간, 608: 배선, 609: FPC(flexible printed circuit), 610: 소자 기판, 611: 스위칭 FET, 612: 전류 제어 FET, 613: 제 1 전극, 614: 절연물, 616: EL층, 617: 제 2 전극, 618: 발광 소자, 623: n채널 FET, 624: p채널 FET, 901: 하우징, 902: 액정층, 903: 백라이트 유닛, 904: 하우징,

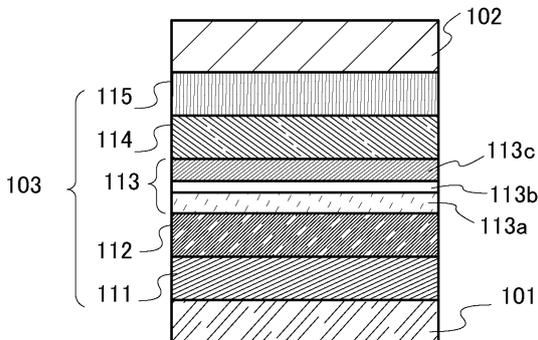
905: 드라이버 IC, 906: 단자, 951: 기관, 952: 전극, 953: 절연층, 954: 격벽층, 955: EL층, 956: 전극, 1001: 기관, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 제 1 층간 절연막, 1021: 제 2 층간 절연막, 1022: 전극, 1024W: 발광 소자의 제 1 전극, 1024R: 발광 소자의 제 1 전극, 1024G: 발광 소자의 제 1 전극, 1024B: 발광 소자의 제 1 전극, 1025: 격벽, 1028: EL층, 1029: 발광 소자의 제 2 전극, 1031: 밀봉 기관, 1032: 실란트, 1033: 투명 기재, 1034R: 적색 착색층, 1034G: 녹색 착색층, 1034B: 청색 착색층, 1035: 흑색층(블랙 매트릭스), 1036: 오버코트층, 1037: 제 3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 2001: 하우징, 2002: 광원, 3001: 조명 장치, 5000: 표시 영역, 5001: 표시 영역, 5002: 표시 영역, 5003: 표시 영역, 5004: 표시 영역, 5005: 표시 영역, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모트 컨트롤러, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7210: 제 2 표시부, 7301: 하우징, 7302: 하우징, 7303: 이음매부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 조작 키, 7310: 접속 단자, 7311: 센서, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 9033: 클립, 9034: 스위치, 9035: 전력 공급 스위치, 9036: 스위치, 9038: 조작 스위치, 9630: 하우징, 9631: 표시부, 9631a: 표시부, 9631b: 표시부, 9632a: 터치 패널 영역, 9632b: 터치 패널 영역, 9633: 태양 전지, 9634: 충방전 제어 회로, 9635: 배터리, 9636: DC-DC 컨버터, 9637: 조작 키, 9638: 컨버터, 9639: 버튼

본 출원은 2013년 12월 2일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2013-249486의 일본 특허 출원, 2014년 5월 9일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2014-097803의 일본 특허 출원, 및 2014년 9월 5일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2014-180913의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

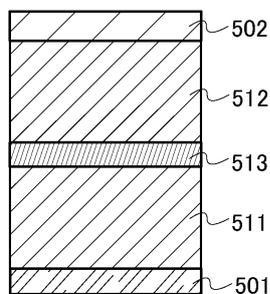
도면

도면1

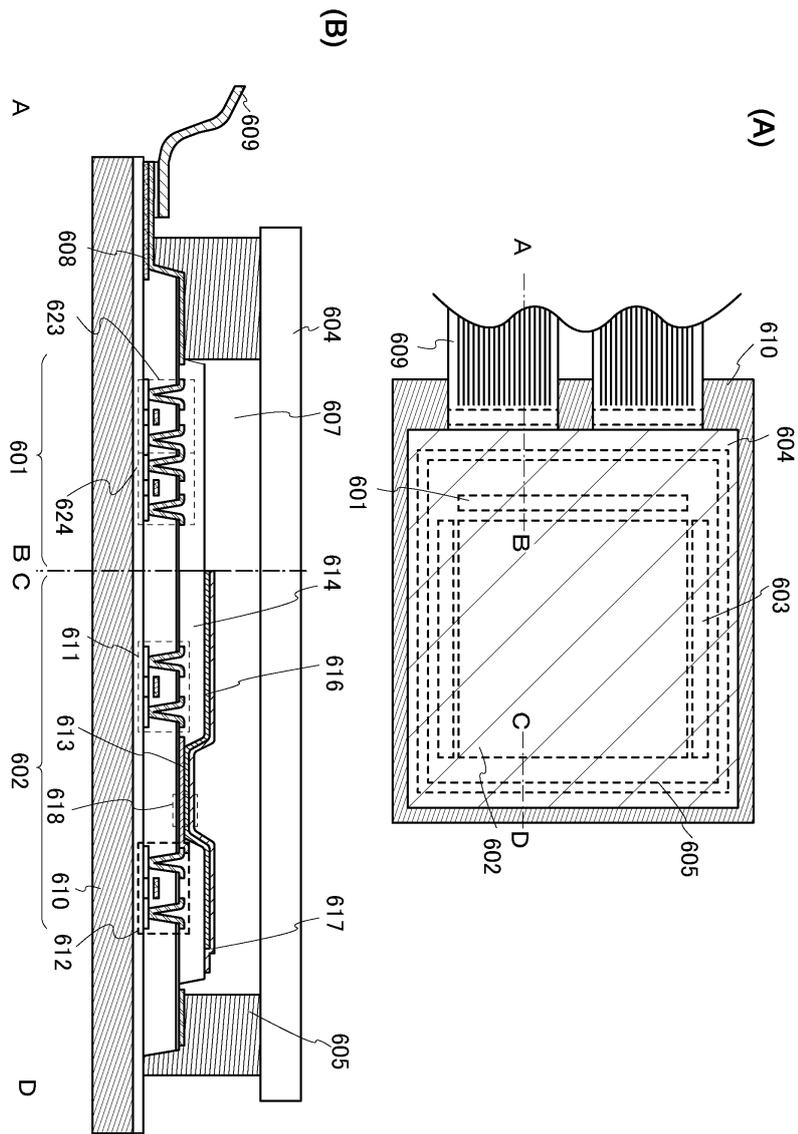
(A)



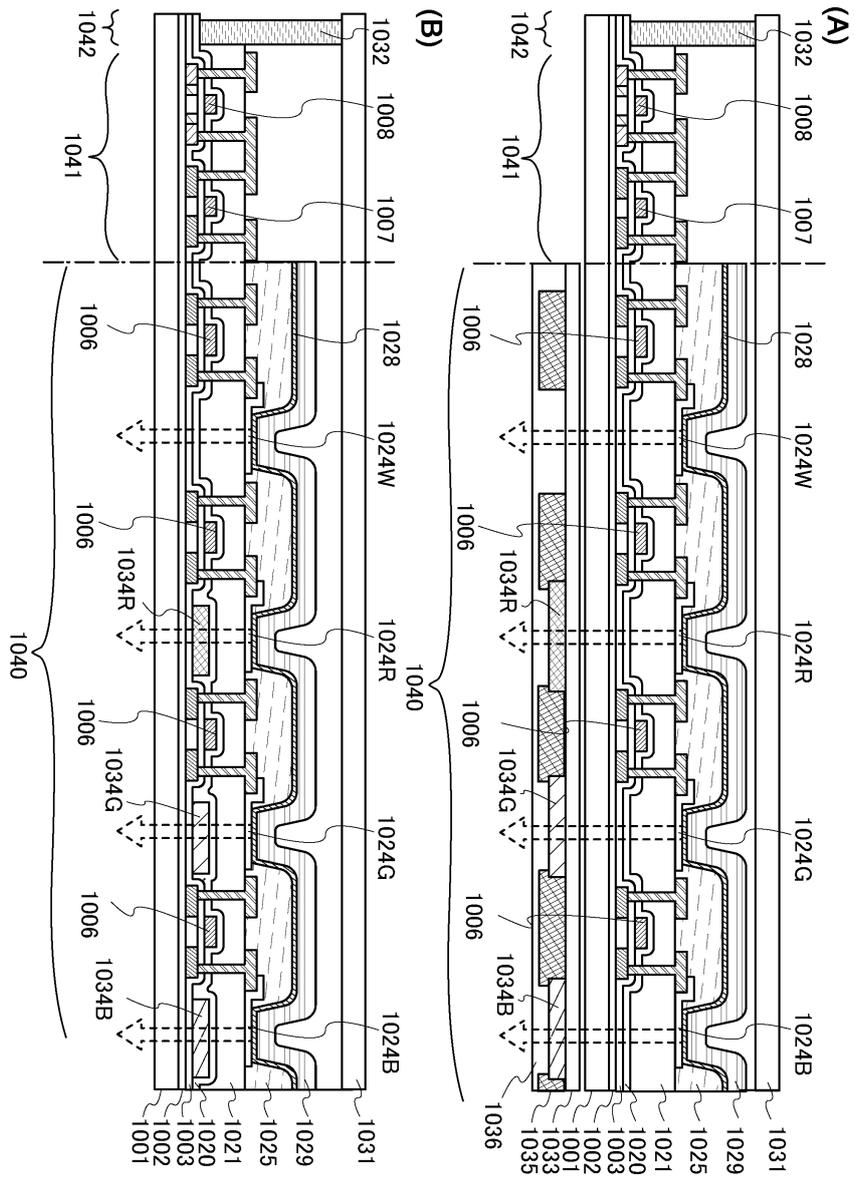
(B)



도면2

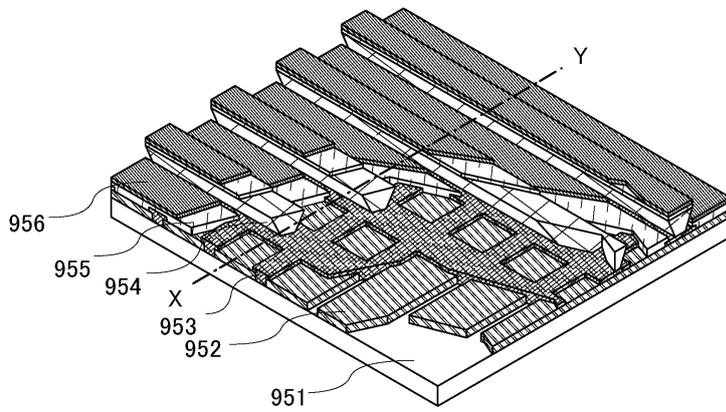


도면3

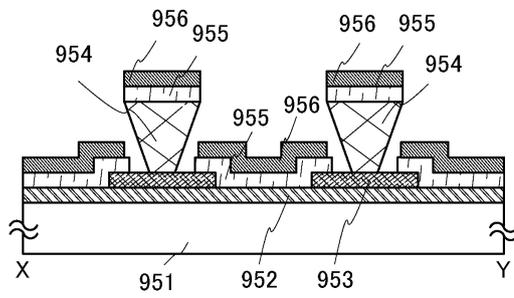


도면5

(A)

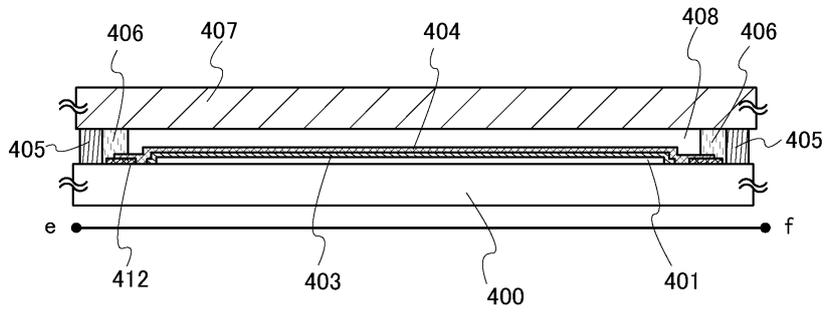


(B)

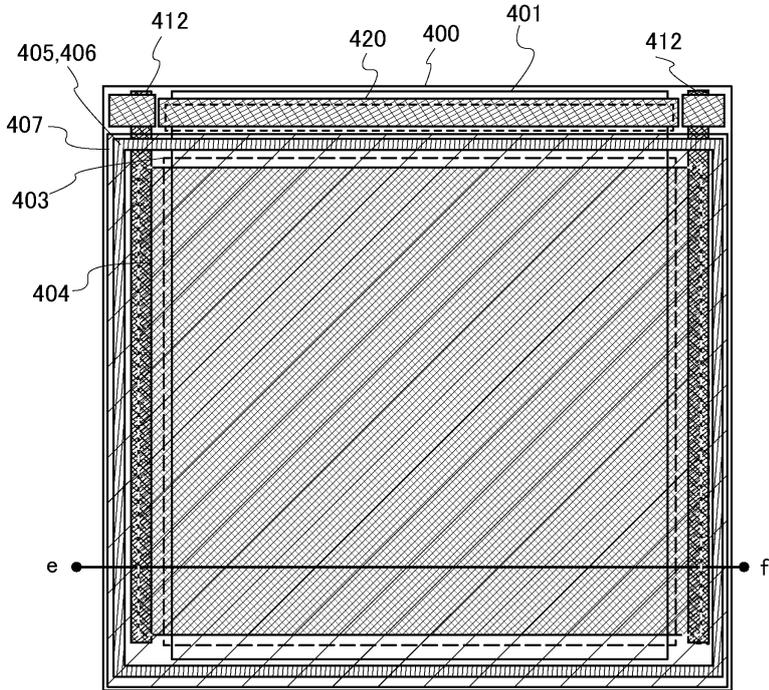


도면6

(A)

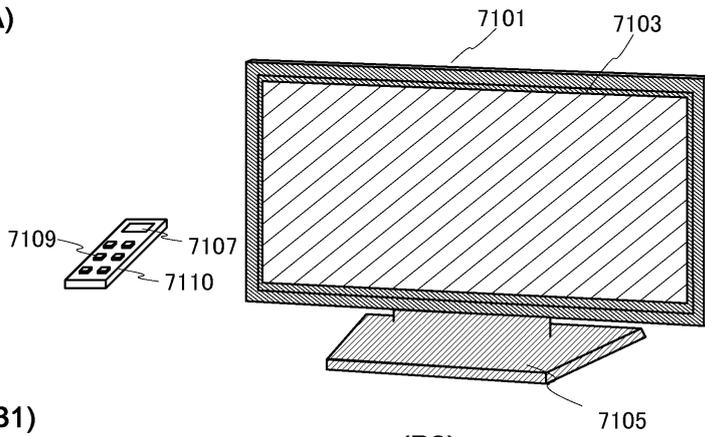


(B)

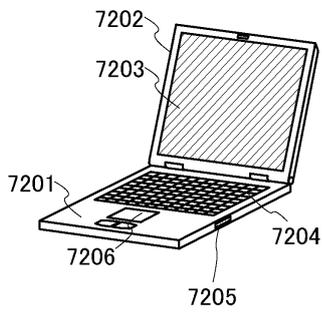


도면7

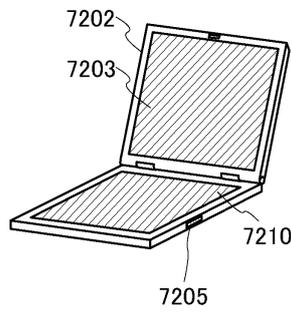
(A)



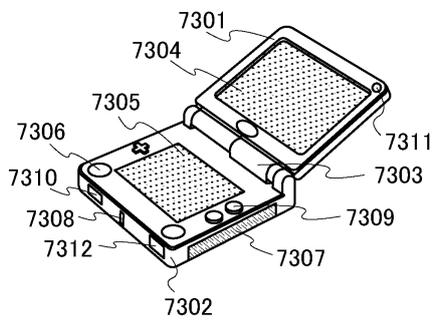
(B1)



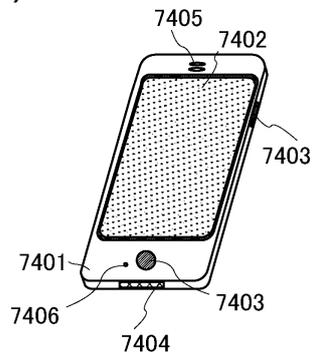
(B2)



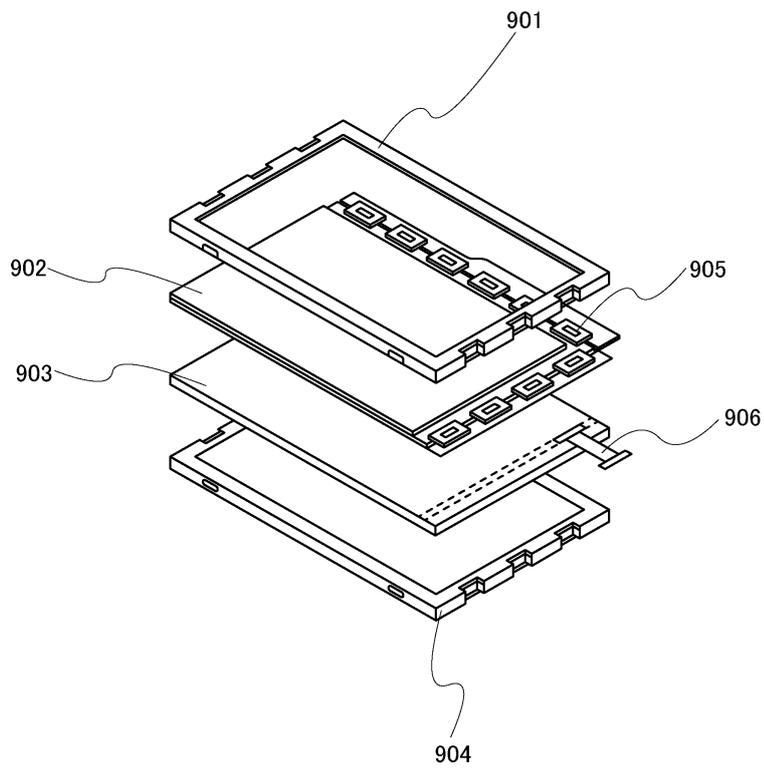
(C)



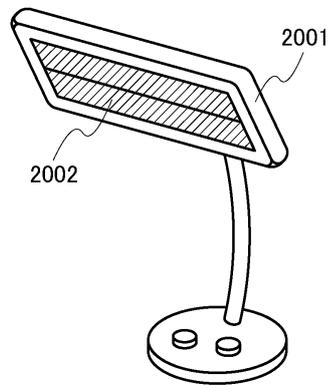
(D)



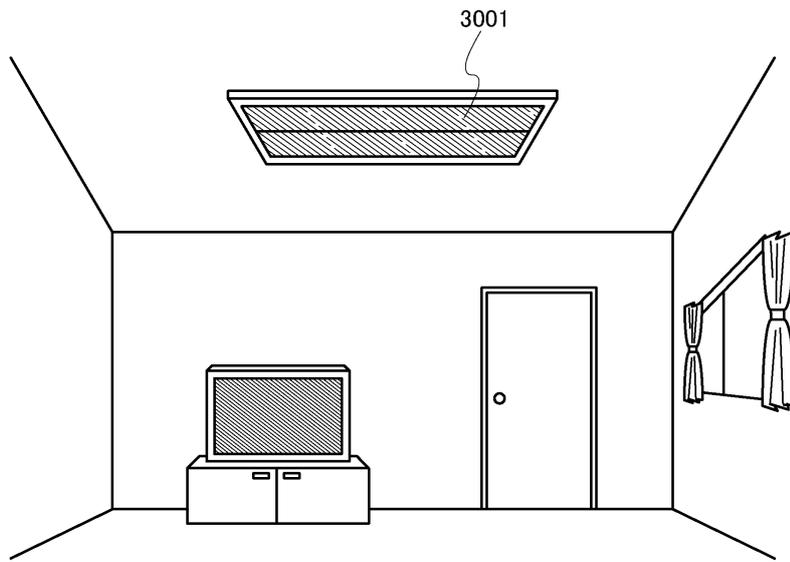
도면8



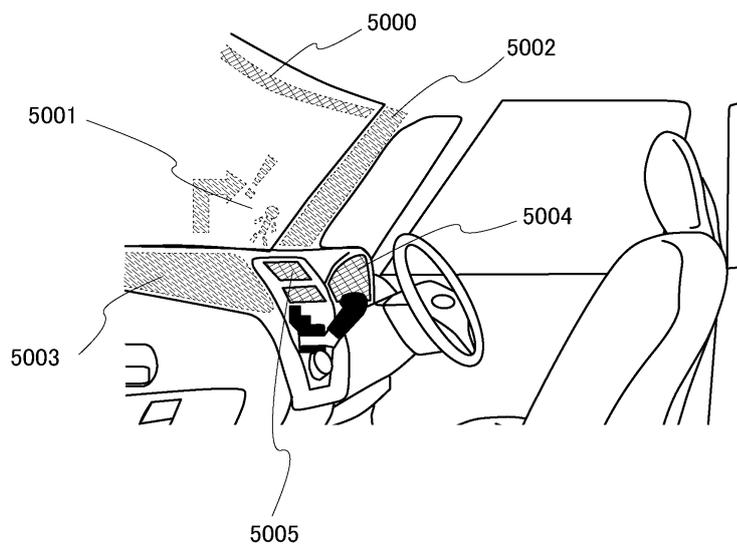
도면9



도면10

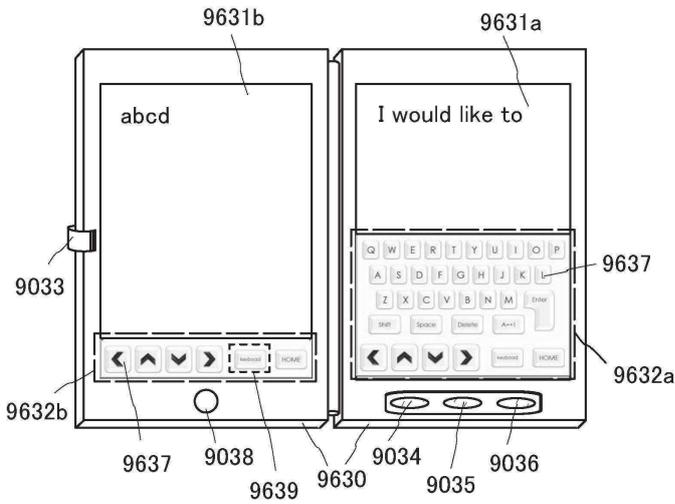


도면11

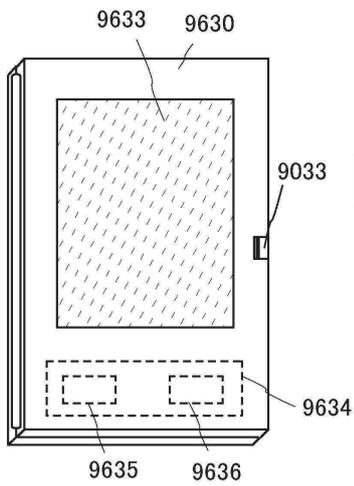


도면12

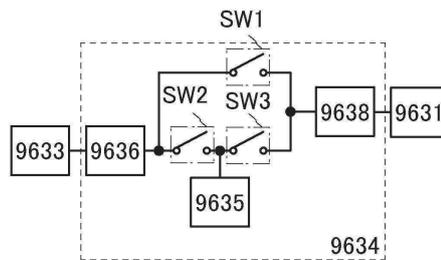
(A)



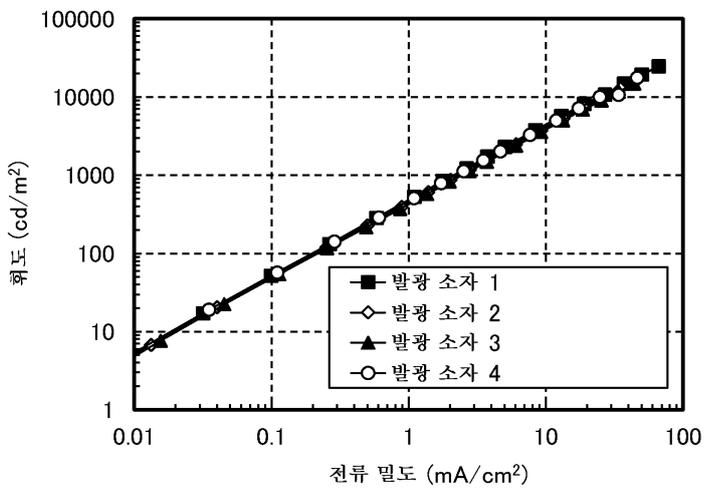
(B)



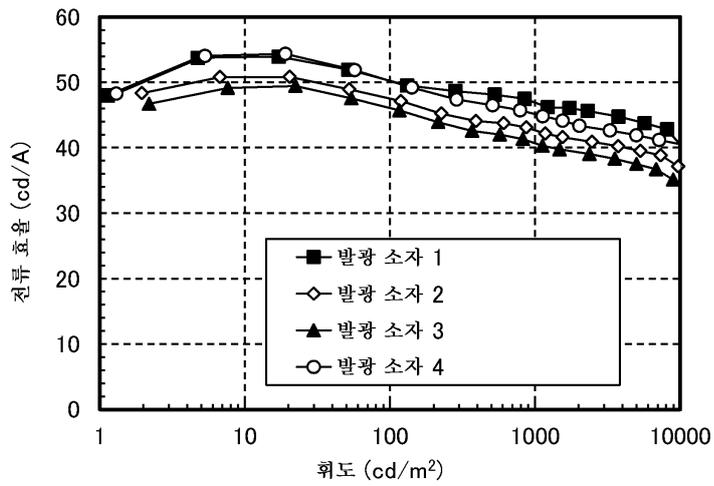
(C)



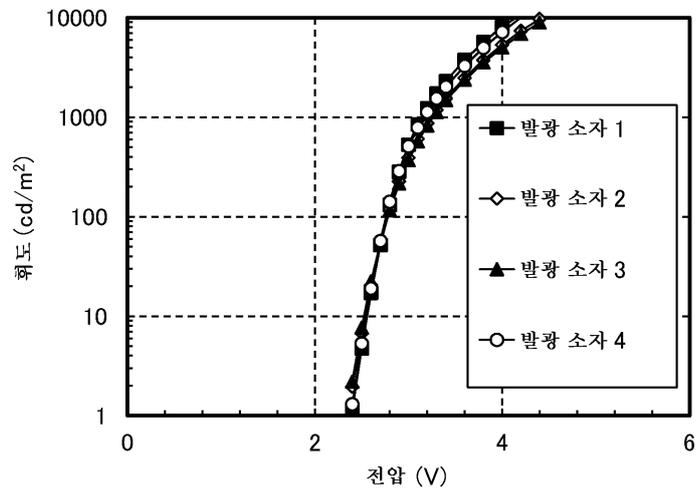
도면13



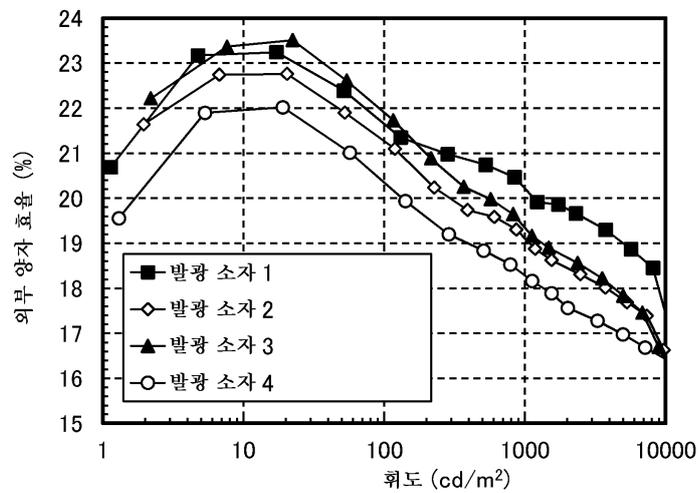
도면14



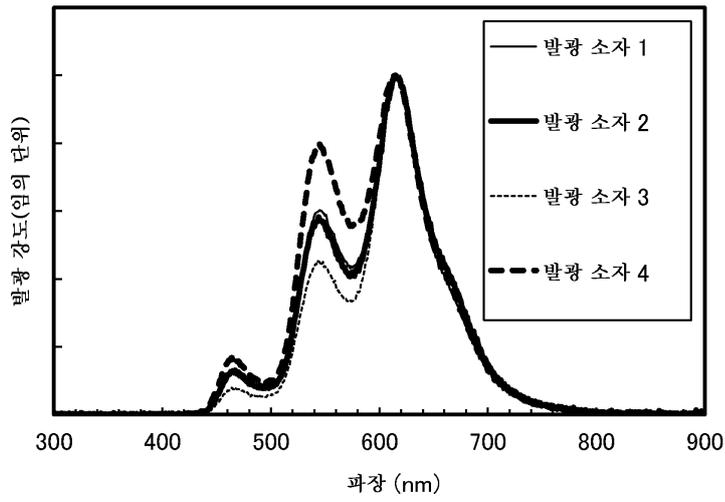
도면15



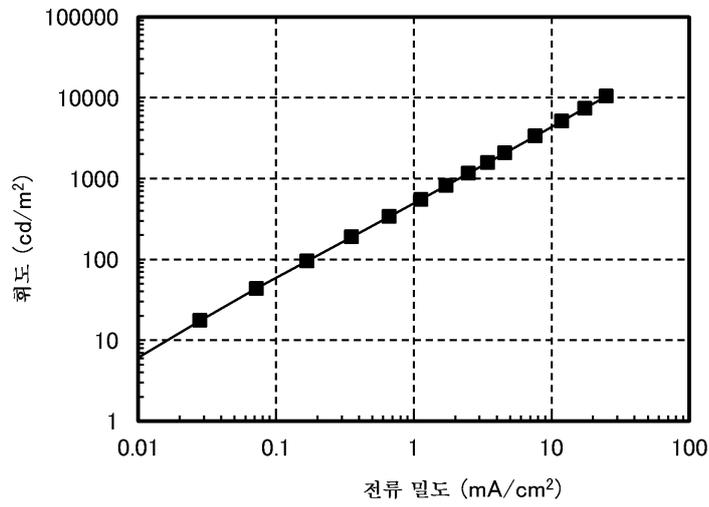
도면16



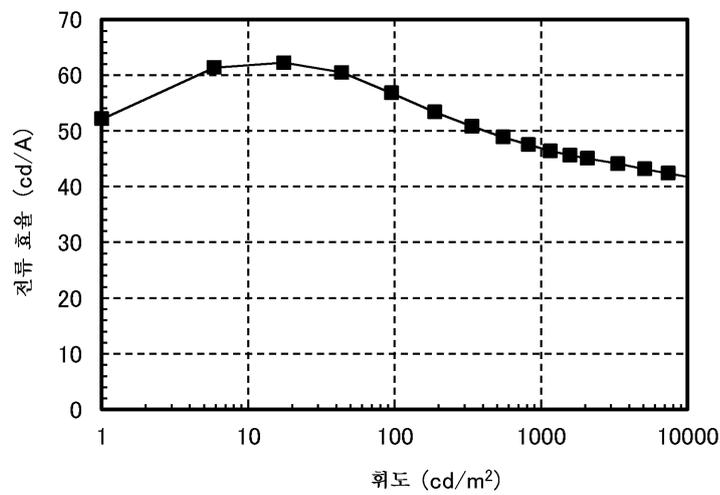
도면17



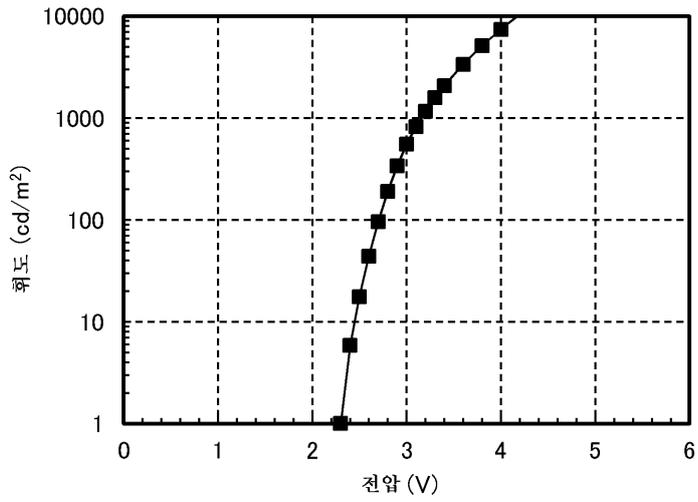
도면18



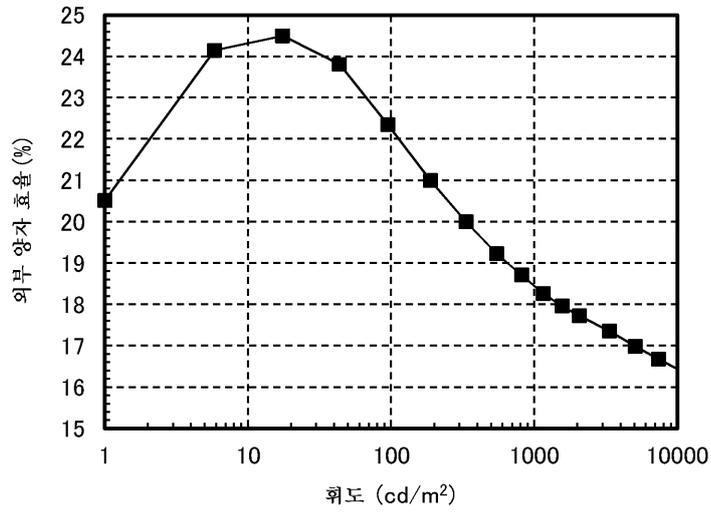
도면19



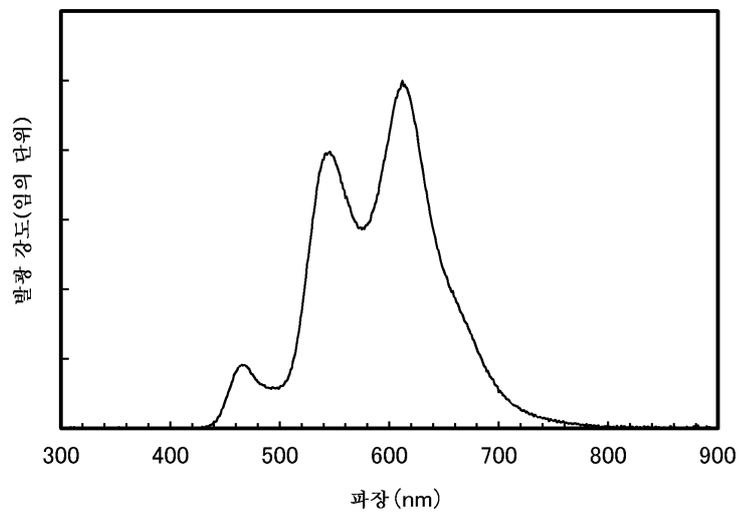
도면20



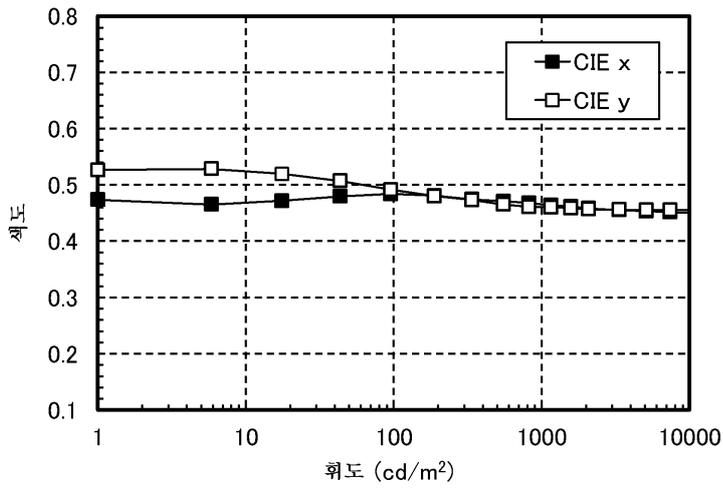
도면21



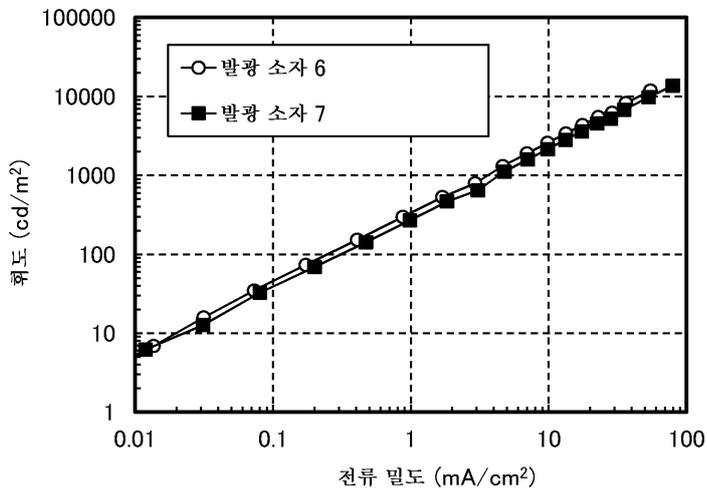
도면22



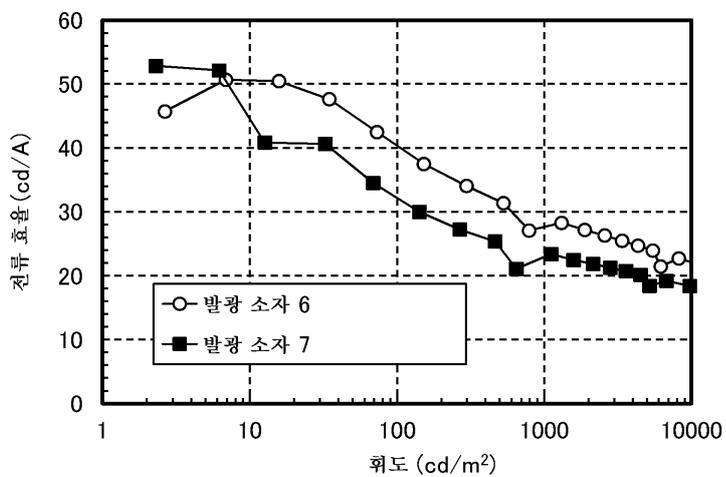
도면23



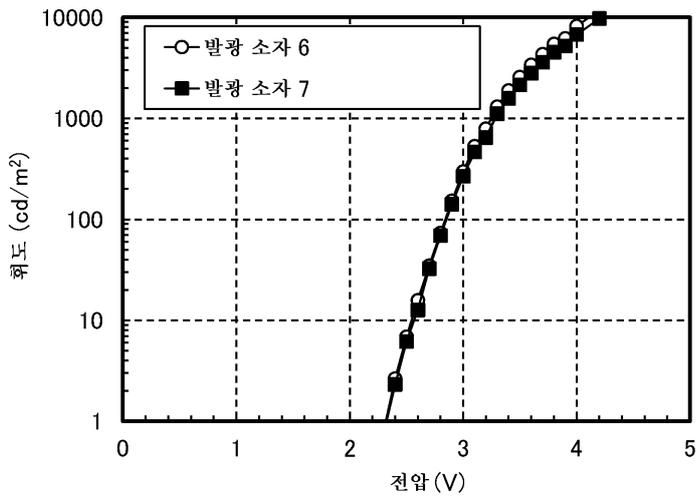
도면24



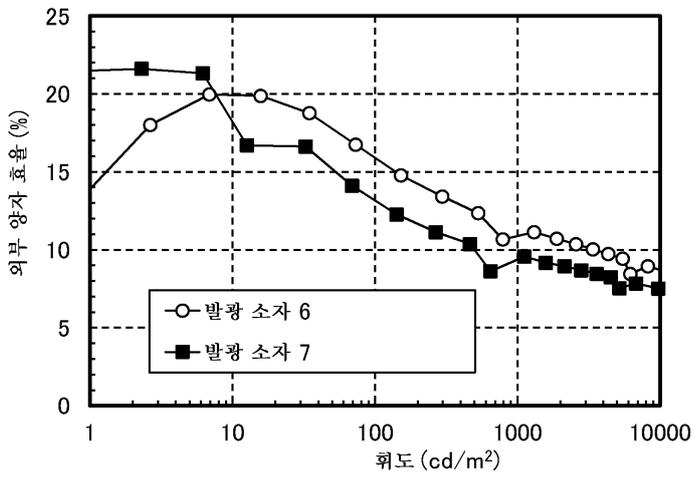
도면25



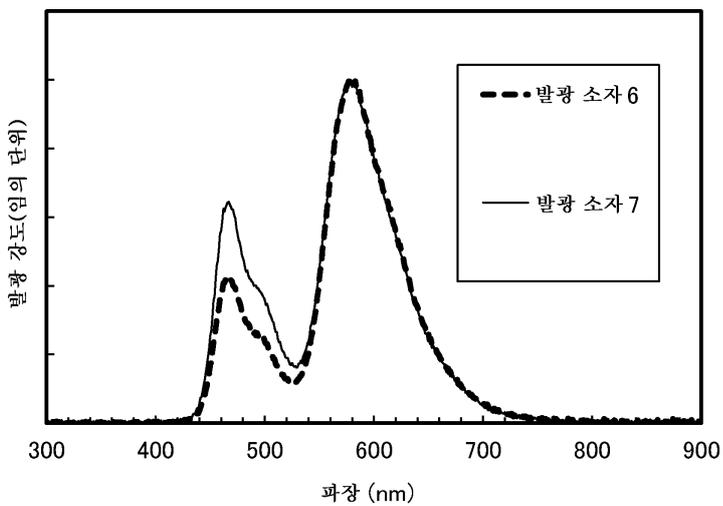
도면26



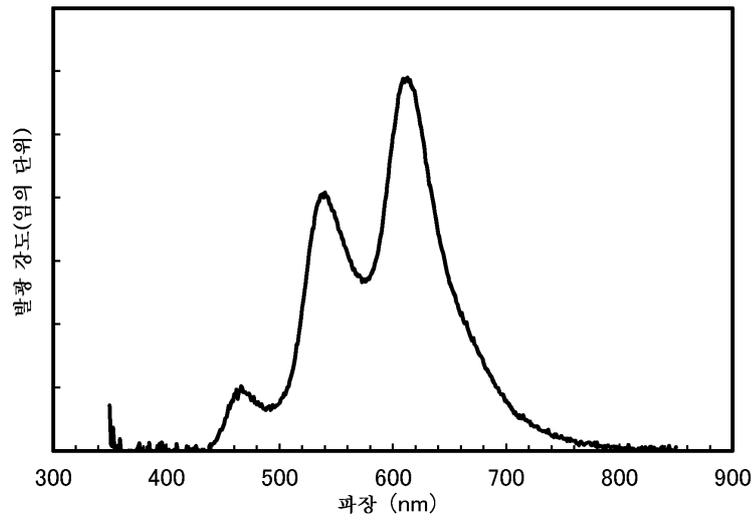
도면27



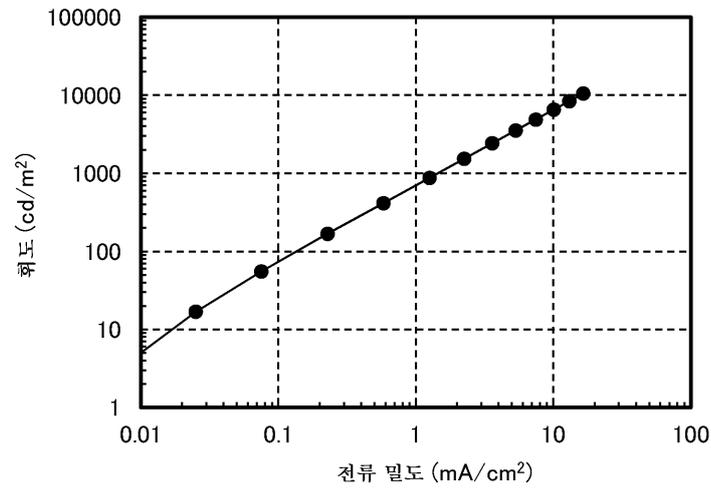
도면28



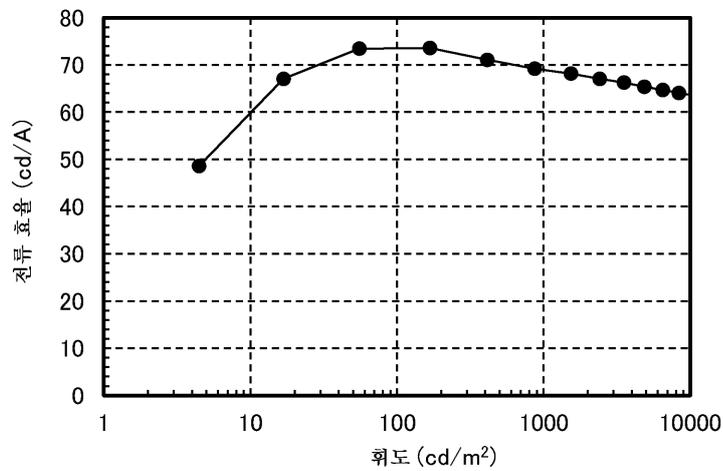
도면29



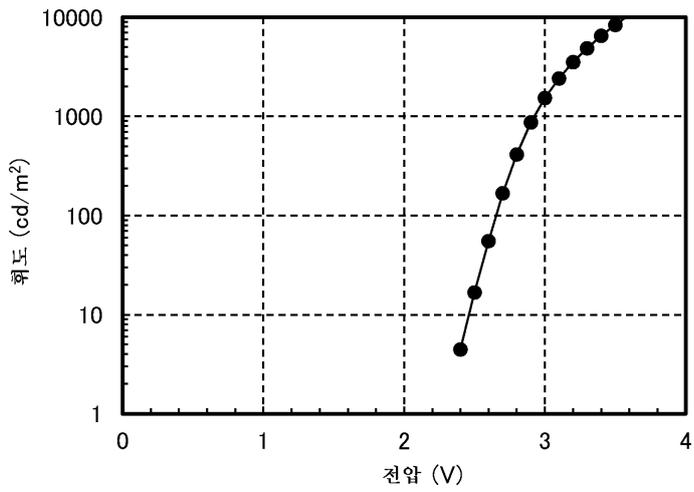
도면30



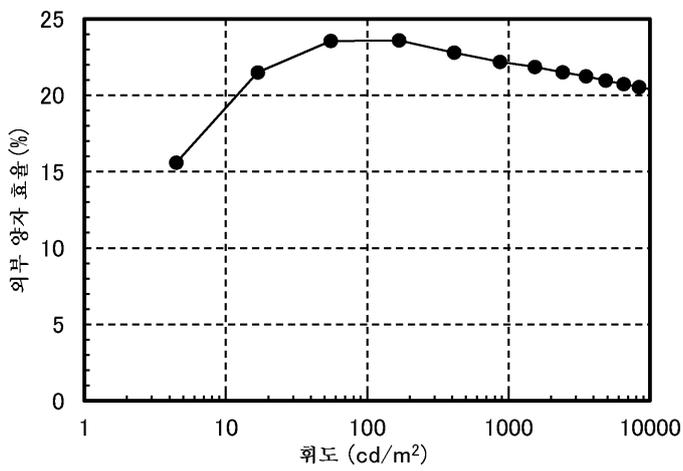
도면31



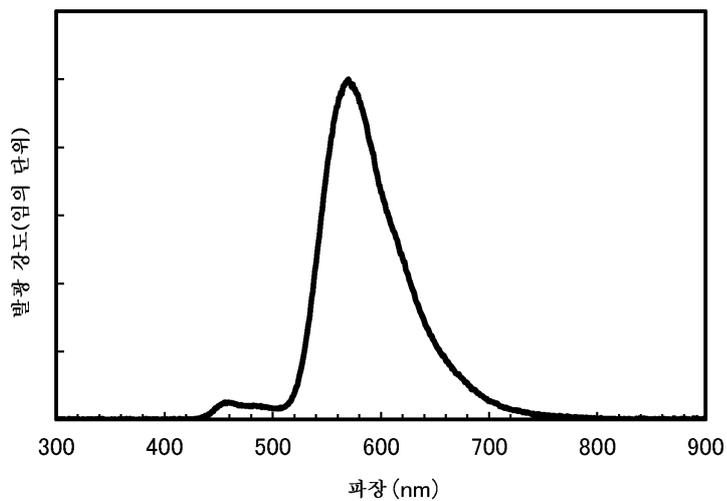
도면32



도면33



도면34



도면35

