



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월15일

(11) 등록번호 10-2794565

(24) 등록일자 2025년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07F 15/00 (2024.01) H10K 50/00 (2023.01)
H10K 99/00 (2023.01)

(52) CPC특허분류
C07F 15/0033 (2013.01)
C09K 11/06 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2018-7011058

(22) 출원일자(국제) 2016년09월20일

심사청구일자 2021년09월14일

(85) 번역문제출일자 2018년04월19일

(65) 공개번호 10-2018-0063152

(43) 공개일자 2018년06월11일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2016/055595

(87) 국제공개번호 WO 2017/055964

국제공개일자 2017년04월06일

(30) 우선권주장

JP-P-2015-193189 2015년09월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2013147496 A*

JP2014193856 A*

KR1020100055324 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자

야마구치 토모야

일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내

이노우에 히데코

일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장훈

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김지은

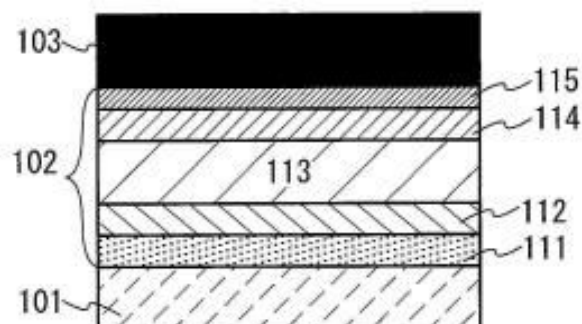
(54) 발명의 명칭 유기 금속 착체, 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

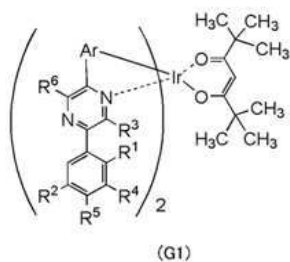
본 발명에서는 신뢰성이 높은 신규 유기 금속 착체를 제공한다. 유기 금속 착체는 이리듐, 및 이리듐에 배위하
(뒷면에 계속)

대표도

(A)



는 배위자를 포함한다. 배위자는 다이피발로일메타네이트 배위자, 및 피라진 고리의 5위치에 알킬기가 결합한 페닐기를 포함하는 배위자이다.



식(G1)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R1 및 R2는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R3 내지 R6은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

(52) CPC특허분류

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 50/15 (2023.02)

H10K 50/16 (2023.02)

H10K 50/17 (2023.02)

H10K 50/171 (2023.02)

H10K 85/342 (2023.02)

C09K 2211/185 (2013.01)

H10K 2101/90 (2023.02)

(72) 발명자

다카하시 다쓰요시

일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

세오 사토시

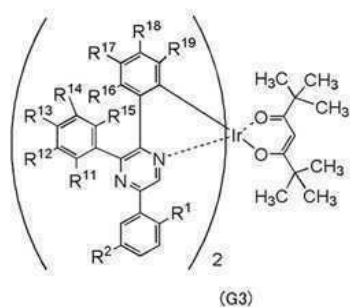
일본 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

명세서

청구범위

청구항 1

일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 금속 착체로서,



R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고,

R^{11} 내지 R^{15} 중 2개, 및 R^{16} 내지 R^{19} 중 2개는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고, 다른 R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소 또는 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 유기 금속 착체.

청구항 2

삭제

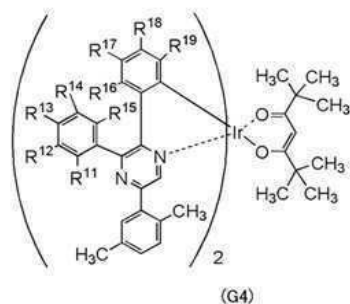
청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 일반식(G4)으로 나타내어지고,

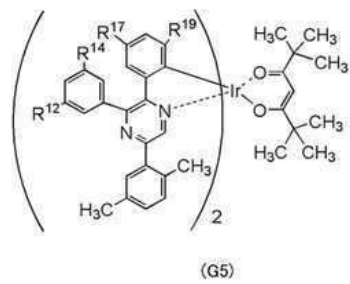


R^{11} 내지 R^{15} 중 2개, 및 R^{16} 내지 R^{19} 중 2개는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고, 다른 R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소 또는 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 유기 금속 착체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 일반식(G5)으로 나타내어지고,

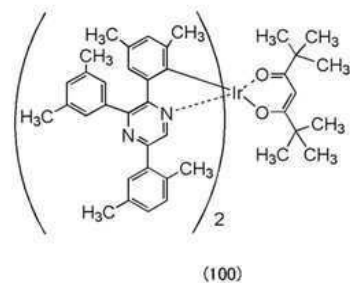


R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 유기 금속 착체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 구조식(100)으로 나타내어지는, 유기 금속 착체:



청구항 7

발광 소자로서,

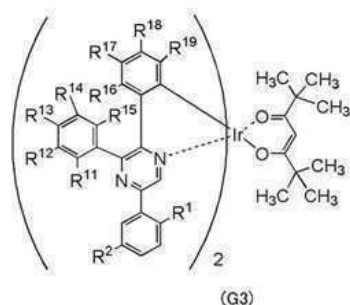
제 1 항에 따른 유기 금속 착체를 포함하는, 발광 소자.

청구항 8

발광 소자로서,

한 쌍의 전극 사이의 일렉트로루미네선스(electroluminescence: EL)층을 포함하고,

상기 일렉트로루미네선스층은 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 금속 착체를 포함하고,



R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고,

R^{11} 내지 R^{15} 중 2개, 및 R^{16} 내지 R^{19} 중 2개는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고, 다른 R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소 또는 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 발광 소자.

청구항 9

삭제

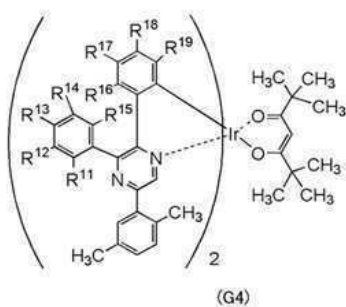
청구항 10

삭제

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 일반식(G4)으로 나타내어지고,

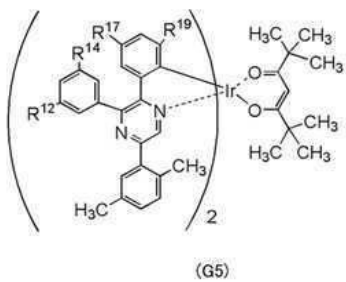


R^{11} 내지 R^{15} 중 2개, 및 R^{16} 내지 R^{19} 중 2개는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내고, 다른 R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소 또는 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 발광 소자.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 일반식(G5)으로 나타내어지고,

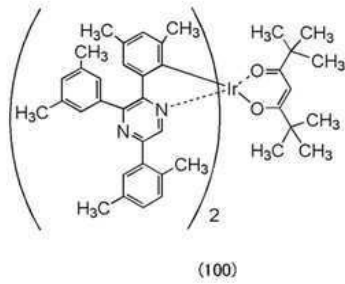


R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인 알킬기를 나타내는, 발광 소자.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체는 구조식(100)으로 나타내어지는, 발광 소자:



청구항 14

제 8 항에 있어서,
상기 일렉트로루미네이션층은 발광층을 포함하고,
상기 발광층은 상기 유기 금속 착체를 포함하는, 발광 소자.

청구항 15

제 8 항에 있어서,
상기 일렉트로루미네이션층은 발광층을 포함하고,
상기 발광층은 복수의 유기 화합물을 포함하고,
상기 복수의 유기 화합물 중 하나는 상기 유기 금속 착체인, 발광 소자.

청구항 16

발광 장치로서,
제 7 항에 따른 발광 소자; 및
트랜지스터 또는 기판을 포함하는, 발광 장치.

청구항 17

전자 기기로서,
제 16 항에 따른 발광 장치; 및
마이크로폰, 카메라, 조작 버튼, 외부 접속 포트, 및 스피커 중 적어도 하나를 포함하는, 전자 기기.

청구항 18

전자 기기로서,
제 16 항에 따른 발광 장치; 및
하우징 또는 터치 센서를 포함하는, 전자 기기.

청구항 19

조명 장치로서,
제 7 항에 따른 발광 소자; 및
하우징, 커버, 및 지지물 중 적어도 하나를 포함하는, 조명 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명의 일 형태는 유기 금속 착체, 특히, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 유기 금속 착체에

[0001]

관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 각각 유기 금속 착체를 포함하는 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 기술 분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 기술 분야는 물건, 방법, 또는 제조 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 구체적으로는, 본 명세서에 개시된 본 발명의 일 형태의 기술 분야의 예에는, 상기에 더하여, 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 축전 장치, 기억 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제조 방법이 포함된다.

배경 기술

- [0002] 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질인 유기 화합물이 제공된 구조를 갖는 발광 소자(유기 EL 소자라고도 함)를 포함하는 디스플레이는 얇고 가볍고, 고속 응답이나 저전압 구동 등의, 발광 소자의 특성의 관점에서, 차세대 평판 디스플레이 소자로서 주목을 받고 있다. 이 유기 EL 소자(발광 소자)에 전압이 인가되면, 전극으로부터 주입된 전자와 정공이 재결합하여 발광 물질이 여기 상태로 되고 나서, 여기 상태에서 기저 상태로 복귀할 때에 광이 방출된다. 여기 상태는 단일항 여기 상태(S^*) 및 삼중항 여기 상태(T^*)일 수 있다. 단일항 여기 상태에서부터의 발광은 형광이라고 하고, 삼중항 여기 상태에서부터의 발광은 인광이라고 한다. 발광 소자에서의 그 통계적인 생성 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 생각되고 있다.
- [0003] 상기 발광 물질 중에서, 단일항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 화합물을 형광성 화합물(형광 재료)이라고 부르고, 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 화합물을 인광성 화합물(인광 재료)이라고 부른다.
- [0004] 따라서, 형광 재료를 포함하는 발광 소자의 내부 양자 효율(주입된 캐리어의 개수에 대한 생성된 광자의 개수의 비율)은 $S^*:T^*=1:3$ 을 기초로 하여 25%의 이론적 한계를 갖는 것으로 생각되지만, 인광 재료를 포함하는 발광 소자의 내부 양자 효율은 75%의 이론적 한계를 갖는 것으로 생각된다.
- [0005] 바꿔 말하면, 인광 재료를 포함하는 발광 소자는 형광 재료를 포함하는 발광 소자보다 발광 효율이 높다. 따라서, 근년에 들어, 다양한 종류의 인광 재료가 활발하게 개발되고 있다. 그 높은 인광 양자 수율 덕분에, 중심 금속으로서 이리듐 등을 함유하는 유기 금속 착체가 특히 주목을 받고 있다(예를 들어, 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2009-023938호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 특허문헌 1에 개시된 바와 같이, 우수한 특성을 나타내는 인광 재료가 활발하게 개발되고 있지만, 더 좋은 특성을 갖는 신규 재료의 개발이 요구되고 있다.
- [0008] 상기 관점에서, 본 발명의 일 형태의 목적은 신규 유기 금속 착체를 제공하는 것이다. 다른 목적은 신뢰성이 높은 신규 유기 금속 착체를 제공하는 것이다. 다른 목적은 발광 소자에 사용할 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공하는 것이다. 다른 목적은 발광 소자의 EL층에 사용할 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공하는 것이다. 다른 목적은 신규 발광 소자를 제공하는 것이다. 다른 목적은 신규 발광 장치, 신규 전자 기기, 또는 신규 조명 장치를 제공하는 것이다. 또한, 이들 목적의 기재는 다른 목적의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서 모든 목적을 달성할 필요는 없다. 다른 목적은 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

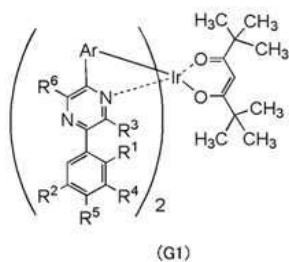
과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 형태는 이리듐, 및 이리듐에 배위하는 배위자를 포함하는 유기 금속 착체이다. 배위자는 다이피

발로일메타네이트 배위자, 및 피라진 고리의 5위치에, 알킬기가 결합한 페닐기를 포함하는 배위자이다.

[0010] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0011] [화학식 1]

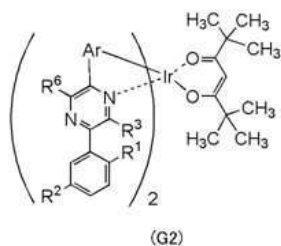


[0012]

[0013] 또한, 일반식(G1)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R³ 내지 R⁶은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0014] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0015] [화학식 2]

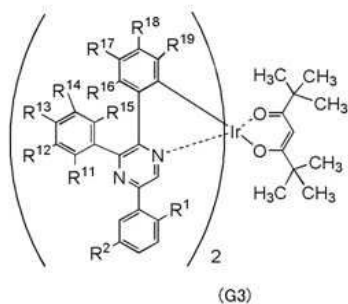


[0016]

[0017] 또한, 일반식(G2)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R³ 내지 R⁶은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0018] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0019] [화학식 3]



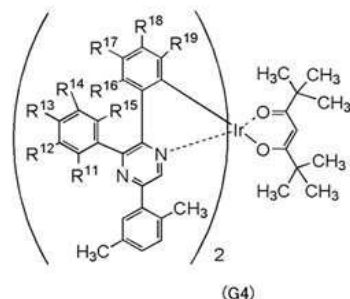
[0020]

[0021] 또한, 일반식(G3)에서, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸

다. R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0022] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0023] [화학식 4]

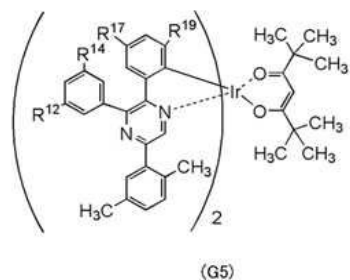


[0024]

[0025] 또한, 일반식(G4)에서, R¹¹ 내지 R¹⁹는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0026] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0027] [화학식 5]



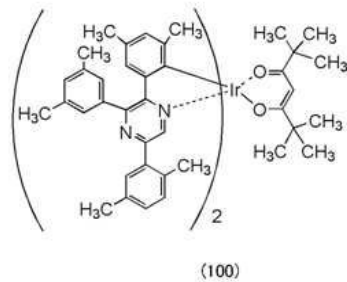
[0028]

[0029] 또한, 일반식(G5)에서, R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0030] 본 발명의 일 형태인 상기 유기 금속 착체는 중심 금속인 이리듐에, 다이피발로일메타네이트 배위자 및 피라진 골격을 포함하는 배위자가 배위하는 구조를 각각 갖는다. 피라진 골격을 포함하는 배위자에서는, 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 치환기를 갖기 때문에, 분자의 결합을 확대할 수 있어, 각 유기 금속 착체의 발광 파장 범위를 장파장 측으로 시프트시킬 수 있다. 특히, 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 2위치 및 5위치에 치환기를 갖는 경우, 페닐기가 2위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우와 비교하여, 페닐기의 비틀림을 저감할 수 있다; 그러므로, 분자의 결합이 더 확대되어, 더 긴 발광 파장을 달성할 수 있다. 또한, 페닐기의 비틀림이 저감되기 때문에, 화학적 및 물리적 구조의 안정성이 향상되어, 신뢰성이 높아진다. 또한, 유기 금속 착체는 상술한 이러한 구조의 안정성 덕분에, 높은 내열성 및 높은 승화성 등의 우수한 열 물성을 갖는다. 이리듐과 결합하는 페닐기가 4위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우, 이리듐과 결합하는 페닐기의 이면각이 커지기 때문에, 페닐기의 평면성이 낮아진다. 이는 배위자 내의 C-C 결합 또는 C-N 결합의 신축 진동의 진동 상태들 사이의 전이의 확률을 낮추기 때문에, 신축 진동이 기여하는 발광 스펙트럼의 제 2 피크에 영향을 미친다. 즉, 유기 금속 착체의 발광 스펙트럼의 제 2 피크가 감소되어, 발광 스펙트럼의 반치폭이 더 좁아지기 때문에 바람직하다.

[0031] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0032] [화학식 6]



[0033]

[0034] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체는 다음의 이유로 매우 효과적이다: 유기 금속 착체는 인광을 방출할 수 있고, 즉, 이는 삼중항 여기 상태에서부터의 발광을 제공할 수 있고 발광을 나타낼 수 있기 때문에, 유기 금속 착체가 발광 소자에 적용되면 고효율화가 가능하다. 따라서, 본 발명의 일 형태는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체를 사용하는 발광 소자도 포함한다.

[0035] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이다. EL층은 발광층을 포함한다. 발광층은 상기 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함한다.

[0036] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이다. EL층은 발광층을 포함한다. 발광층은 복수의 유기 화합물을 포함한다. 복수의 유기 화합물 중 하나는 상기 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함한다.

[0037] 본 발명의 일 형태는 발광 소자를 포함하는 발광 장치뿐만 아니라 발광 장치를 포함하는 조명 장치도 그 범주에 포함한다. 본 명세서에서 발광 장치란 화상 표시 장치 및 광원(예를 들어, 조명 장치)을 말한다. 또한, 발광 장치는, 그 카테고리 내에, 발광 장치에 FPC(flexible printed circuit) 또는 TCP(tape carrier package) 등의 커넥터가 접속된 모듈, TCP 끝에 인쇄 배선판이 제공된 모듈, 및 COG(chip on glass) 방식에 의하여 발광 소자에 IC(집적 회로)가 직접 장착된 모듈 모두를 포함한다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 일 형태에 의하여, 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 신뢰성이 높은 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 발광 소자에 사용할 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 의하여, 발광 소자의 EL층에 사용할 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 또한, 신규 유기 금속 착체를 포함하는 새로운 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한, 신규 발광 장치, 신규 전자 기기, 또는 신규 조명 장치를 제공할 수 있다. 또한, 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태는 상술한 효과 모두를 반드시 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)는 발광 소자의 구조를 도시한 것이다.

도 2의 (A) 및 도 2의 (B)는 발광 소자의 구조를 도시한 것이다.

도 3의 (A) 내지 도 3의 (C)는 발광 장치를 도시한 것이다.

도 4의 (A) 및 도 4의 (B)는 발광 장치를 도시한 것이다.

도 5의 (A) 내지 도 5의 (D'1) 및 도 5의 (D'2)는 전자 기기를 도시한 것이다.

도 6의 (A) 내지 도 6의 (C)는 전자 기기를 도시한 것이다.

도 7의 (A) 및 도 7의 (B)는 자동차를 도시한 것이다.

도 8의 (A) 내지 도 8의 (D)는 조명 장치를 도시한 것이다.

도 9는 조명 장치를 도시한 것이다.

도 10의 (A) 및 도 10의 (B)는 터치 패널의 예를 도시한 것이다.

도 11의 (A) 및 도 11의 (B)는 터치 패널의 예를 도시한 것이다.

도 12의 (A) 및 도 12의 (B)는 터치 패널의 예를 도시한 것이다.

도 13의 (A) 및 도 13의 (B)는 터치 센서의 블록도 및 타이밍 차트이다.

도 14는 터치 센서의 회로도이다.

도 15의 (A), 도 15의 (B1), 및 도 15의 (B2)는 표시 장치의 블록도를 도시한 것이다.

도 16은 표시 장치의 회로 구성을 도시한 것이다.

도 17은 표시 장치의 단면 구조를 도시한 것이다.

도 18은 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트이다.

도 19는 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 20은 발광 소자를 도시한 것이다.

도 21은 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것이다.

도 22는 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 나타낸 것이다.

도 23은 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것이다.

도 24는 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전압-전류 특성을 나타낸 것이다.

도 25는 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 CIE 색도도를 나타낸 것이다.

도 26은 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 27은 발광 소자 1 그리고 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 신뢰성을 나타낸 것이다.

도 28은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 3의 TGA(thermal gravity analysis)의 결과를 나타낸 것이다.

도 29는 구조식(116)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트를 나타낸 것이다.

도 30은 구조식(116)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 31은 구조식(124)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트를 나타낸 것이다.

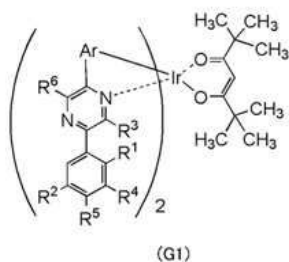
도 32는 구조식(124)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 이하, 본 발명의 일 형태에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 설명하겠다. 또한, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다. 그러므로, 본 발명은 이하의 실시형태의 설명에 한정하여 해석되지 말아야 한다.
- [0041] 또한, "막"이라는 용어와 "층"이라는 용어는 상황에 따라 서로 교체될 수 있다. 예를 들어, "도전막"이라는 용어를 "도전층"이라는 용어 대신에 사용할 수 있는 경우가 있고, "절연층"이라는 용어를 "절연막"이라는 용어 대신에 사용할 수 있는 경우가 있다.
- [0042] (실시형태 1)
- [0043] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체에 대하여 설명하겠다.
- [0044] 본 실시형태에서 설명하는 각 유기 금속 착체는 중심 금속인 이리듐에 배위하는 배위자로서, 다이피발로일메타네이트 배위자 및 피라진 골격을 갖는 배위자를 포함한다. 피라진 골격을 갖는 배위자는 피라진 고리의 5위치에, 알킬기가 결합하는 페닐기를 포함한다. 또한, 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기의 2위치 및 5위치는 각각 알킬기와 결합하는 것이 바람직하다.

[0045] 본 발명의 일 형태는 이하의 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0046] [화학식 7]

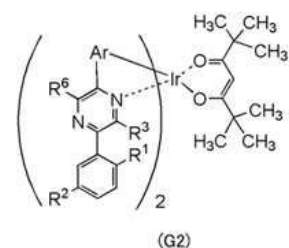


[0047]

[0048] 일반식(G1)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^3 내지 R^6 은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0049] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0050] [화학식 8]

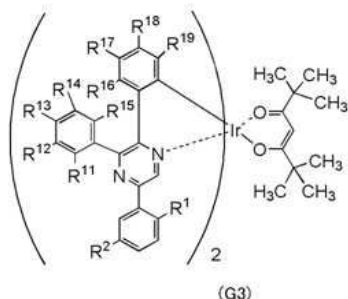


[0051]

[0052] 상기 일반식(G2)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^3 내지 R^6 은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0053] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0054] [화학식 9]



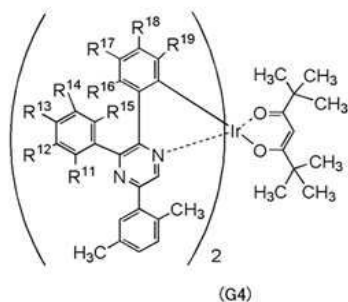
[0055]

[0056] 상기 일반식(G3)에서, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^{11} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비

치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캡토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0057] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0058] [화학식 10]

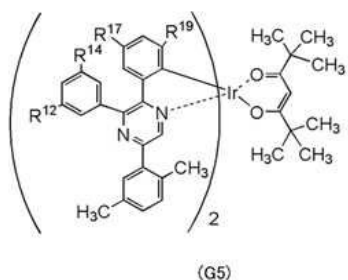


[0059]

[0060] 상기 일반식(G4)에서, R¹¹ 내지 R¹⁹는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캡토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0061] 본 발명의 다른 일 형태는 이하의 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0062] [화학식 11]



[0063]

[0064] 상기 일반식(G5)에서, R¹², R¹⁴, R¹⁷, 및 R¹⁹는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캡토기, 및 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기 중 어느 것을 나타낸다.

[0065] 또한, 상기 일반식(G1) 내지 일반식(G5) 중 어느 것에서, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캡토기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 또는 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 치환기의 예에는 예를 들어, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *sec*-뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 펜틸기, 또는 헥실기와 같은 탄소수가 1 내지 6인 알킬기; 예를 들어, 사이클로펜틸기, 사이클로헥실기, 및 사이클로헵틸기, 1-노본일기, 또는 2-노본일기와 같은 탄소수가 5 내지 7인 사이클로알킬기, 그리고 예를 들어, 페닐기 또는 바이페닐기와 같은 탄소수가 6 내지 12인 아릴기가 포함된다.

[0066] 상기 식(G1) 및 식(G2)의 각각에서의 Ar로 나타내어지는 아릴렌기의 구체적인 예에는, 페닐렌기, 나프탈렌다이일기, 바이페닐다이일기, 펜타렌다이일기, 인텐다이일기, 및 플루오렌다이일기가 포함된다.

[0067] 상기 일반식(G1)의 R¹ 내지 R⁶, 상기 일반식(G2)의 R¹ 내지 R³ 및 R⁶, 상기 일반식(G3)의 R¹, R², 및 R¹¹ 내지 R¹⁹, 상기 일반식(G4)의 R¹¹ 내지 R¹⁹, 및 상기 일반식(G5)의 R¹², R¹⁴, R¹⁷, 및 R¹⁹에서의 탄소수가 1 내지 6인 알킬기의 구체적인 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, *sec*-뷰틸기, 아이소뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 펜틸기, 아이소펜틸기, *sec*-펜틸기, *tert*-펜틸기, 네오펜틸기, 헥실기, 아이소헥실기, *sec*-헥실기,

tert-헥실기, 네오헥실기, 3-메틸펜틸기, 2-메틸펜틸기, 2-에틸뷰틸기, 1,2-다이메틸뷰틸기, 2,3-다이메틸뷰틸기, 및 트라이플루오로메틸기가 포함된다.

[0068] 상기 일반식(G1)의 R^3 내지 R^6 , 상기 일반식(G2)의 R^3 및 R^6 , 상기 일반식(G3)의 R^{11} 내지 R^{19} , 상기 일반식(G4)의 R^{11} 내지 R^{19} , 및 상기 일반식(G5)의 R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 에서의 아미노기의 구체적인 예에는, 메틸아미노기, 에틸아미노기, 다이메틸아미노기, 메틸에틸아미노기, 다이에틸아미노기, 프로필아미노기, 및 다이페닐아미노기가 포함된다.

[0069] 상기 일반식(G1)의 R^3 내지 R^6 , 상기 일반식(G2)의 R^3 및 R^6 , 상기 일반식(G3)의 R^{11} 내지 R^{19} , 상기 일반식(G4)의 R^{11} 내지 R^{19} , 및 상기 일반식(G5)의 R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 에서의 하이드록시기의 구체적인 예에는, 메톡시기, 에톡시기, 프로폭시기, 아이소프로폭시기, 뷰톡시기, 및 페녹시기가 포함된다.

[0070] 상기 일반식(G1)의 R^3 내지 R^6 , 상기 일반식(G2)의 R^3 및 R^6 , 상기 일반식(G3)의 R^{11} 내지 R^{19} , 상기 일반식(G4)의 R^{11} 내지 R^{19} , 및 상기 일반식(G5)의 R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 에서의 머갑토기의 구체적인 예에는, 메틸설파닐기, 에틸설파닐기, 프로필설파닐기, 뷰틸설파닐기, 및 페닐설파닐기가 포함된다.

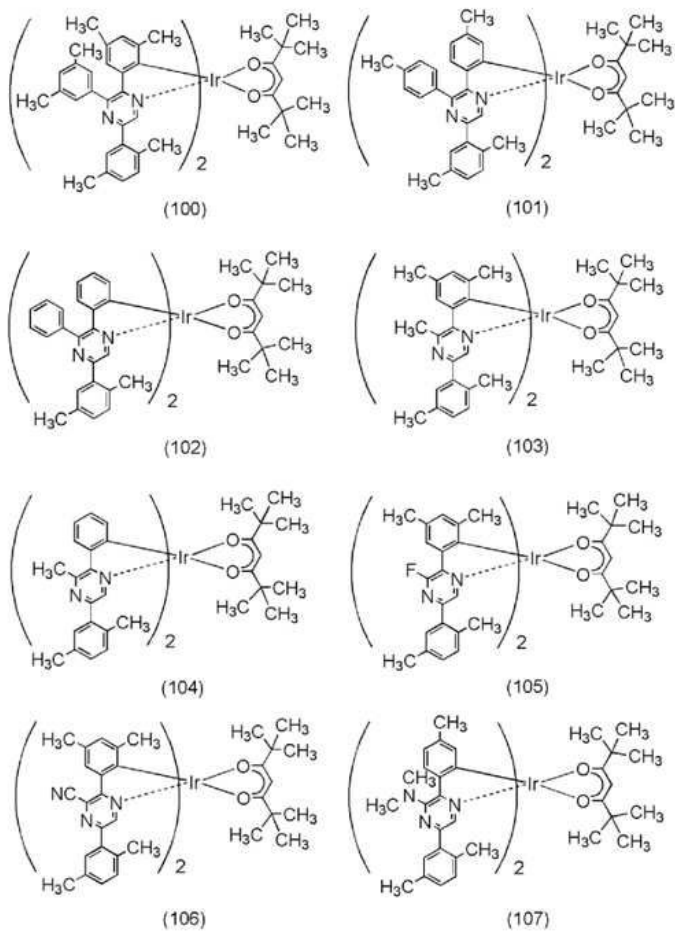
[0071] 상기 일반식(G1)의 R^3 내지 R^6 , 상기 일반식(G2)의 R^3 및 R^6 , 상기 일반식(G3)의 R^{11} 내지 R^{19} , 상기 일반식(G4)의 R^{11} 내지 R^{19} , 및 상기 일반식(G5)의 R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 에서의, 탄소수가 6 내지 13인 아릴기의 구체적인 예에는, 페닐기, 톨릴기(*o*-톨릴기, *m*-톨릴기, 및 *p*-톨릴기), 나프틸기(1-나프틸기 및 2-나프틸기), 바이페닐기(바이페닐-2-일기, 바이페닐-3-일기, 및 바이페닐-4-일기), 자일릴기, 펜타레닐기, 인텐일기, 플루오렌일기, 페난트릴기, 및 인텐일기가 포함된다. 이러한 경우, 예를 들어, 플루오렌일기의 9위치의 탄소가 치환기로서 2개의 페닐기를 갖고, 이들 페닐기가 서로 결합하는 식으로 스파이로플루오렌 골격이 형성된다.

[0072] 상기 일반식(G1)의 R^3 내지 R^6 , 상기 일반식(G2)의 R^3 및 R^6 , 상기 일반식(G3)의 R^{11} 내지 R^{19} , 상기 일반식(G4)의 R^{11} 내지 R^{19} , 및 상기 일반식(G5)의 R^{12} , R^{14} , R^{17} , 및 R^{19} 에서의, 탄소수가 3 내지 12인 헤테로 아릴기의 구체적인 예에는, 이미다졸릴기, 피라졸릴기, 피리딜기, 피리다질기, 트리아질기, 벤즈이미다졸릴기, 및 퀴놀릴기가 포함된다.

[0073] 본 발명의 일 형태이고 일반식(G1) 내지 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 금속 착체는 각각 중심 금속인 이리듐에, 다이피발로일메타네이트 배위자 및 피라진 골격을 포함하는 배위자가 배위한 구조를 갖고, 피라진 골격을 포함하는 배위자에서는, 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 치환기를 갖기 때문에, 분자의 결합을 확대할 수 있어, 각 유기 금속 착체의 발광 파장 범위를 장파장 측으로 시프트시킬 수 있다. 특히, 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 2위치 및 5위치에 치환기를 갖는 경우, 페닐기가 2위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우와 비교하여 페닐기의 비틀림을 저감할 수 있다; 그러므로, 분자의 결합이 더 확대되어, 더 긴 발광 파장을 달성할 수 있다. 또한, 페닐기의 비틀림이 저감되기 때문에, 화학적 및 물리적 구조의 안정성이 향상되어, 신뢰성이 높아진다. 또한, 유기 금속 착체는 상술한 이러한 구조의 안정성 덕분에, 높은 내열성 및 높은 승화성 등의 우수한 열 물성을 갖는다. 이리듐과 결합하는 페닐기가 4위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우, 이리듐과 결합하는 페닐기의 이면각은 크기 때문에, 페닐기의 평면성이 낮아진다. 이는 배위자 내의 C-C 결합과 C-N 결합의 신축 진동의 진동 상태 사이의 전이의 가능성이 낮기 때문에, 신축 진동이 기여하는 발광 스펙트럼의 제 2 피크에 영향을 미친다. 즉, 유기 금속 착체의 발광 스펙트럼의 제 2 피크가 감소되어, 발광 스펙트럼의 반폭이 더 좁아지기 때문에 바람직하다.

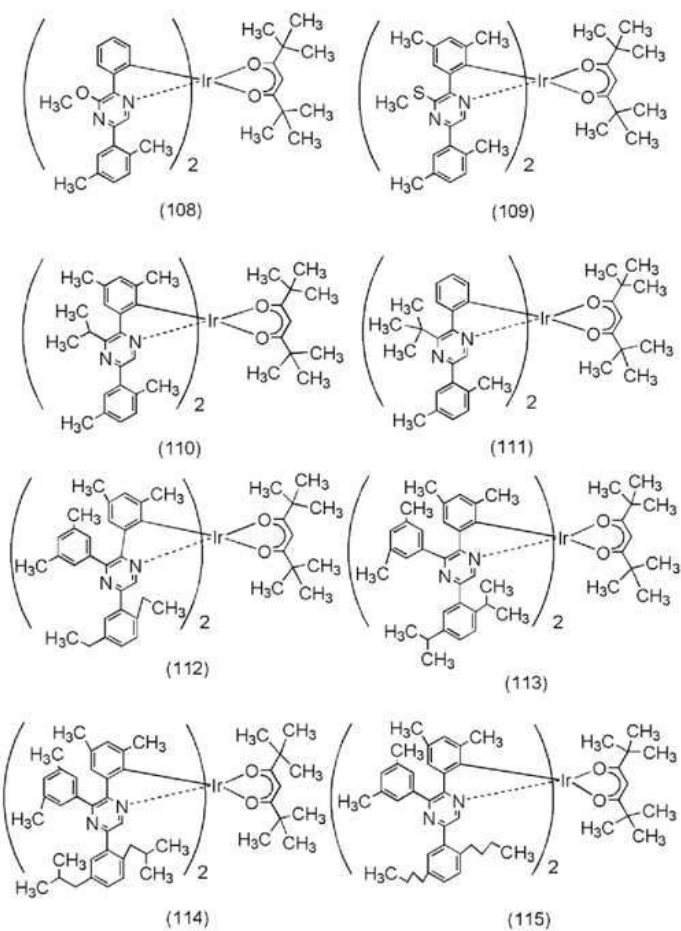
[0074] 다음에, 각각 본 발명의 일 형태인, 상술한 유기 금속 착체의 구체적인 구조식에 대하여 이하에 나타낸다. 또한, 본 발명은 이들 식에 한정되지 않는다.

[0075] [화학식 12]



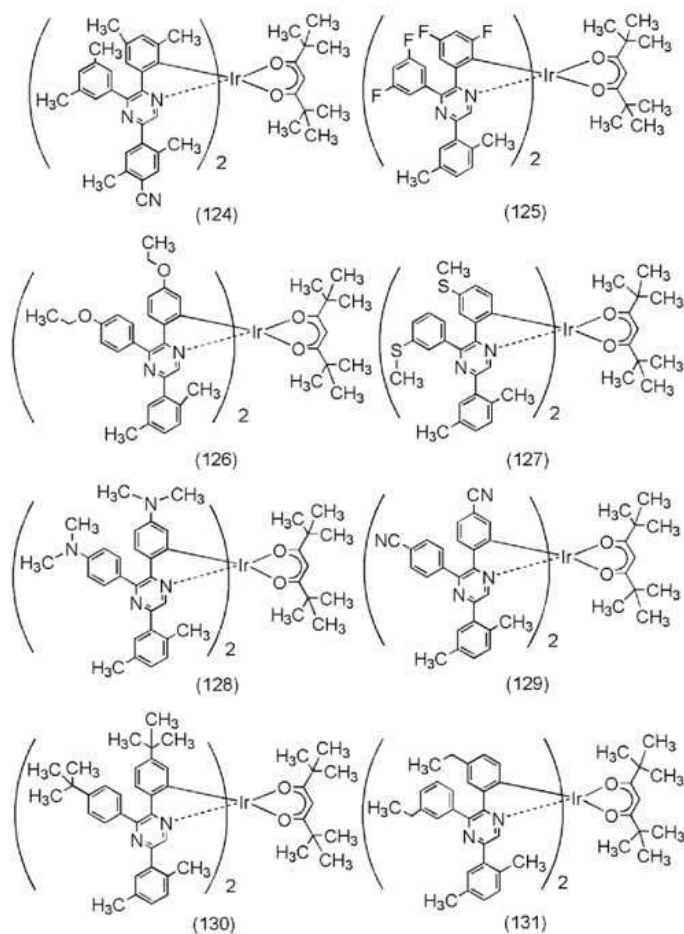
[0076]

[0077] [화학식 13]



[0078]

[0081] [화학식 15]



[0082]

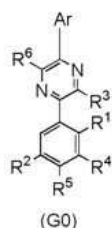
[0083] 또한, 구조식(100) 내지 구조식(131)으로 나타내어지는 유기 금속 착체는 인광을 방출할 수 있는 신규 물질이다. 또한, 배위자의 종류에 따라 이들 물질의 기하 이성질체(geometrical isomer) 및 입체 이성질체(stereoisomer)가 있을 수 있다. 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체에는 각각 이들 이성질체 모두가 포함된다.

[0084] 다음에, 본 발명의 일 형태이고 상기 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법의 예에 대하여 설명한다.

[0085] <<일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체의 합성 방법>>

[0086] 이하의 일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체는 이하에서 나타낸 3종류의 합성 스킴(A1), 합성 스킴(A2), 및 합성 스킴(A3) 중 어느 것에 의하여 합성할 수 있다.

[0087] [화학식 16]



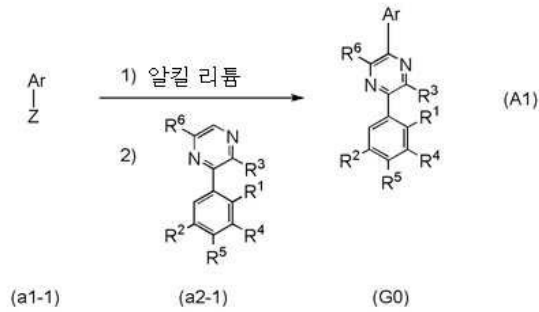
[0088]

[0089] 일반식(G0)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R³ 내지 R⁶은 각각 독립적으로, 수소, 할

로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0090] 예를 들어, 합성 스킴(A1)에 나타낸 바와 같이, 할로젠화 아릴렌(a1-1)을 알킬리튬 등으로 리튬화하고 피라진(a2-1)과 반응시키는 식으로, 일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체를 얻을 수 있다.

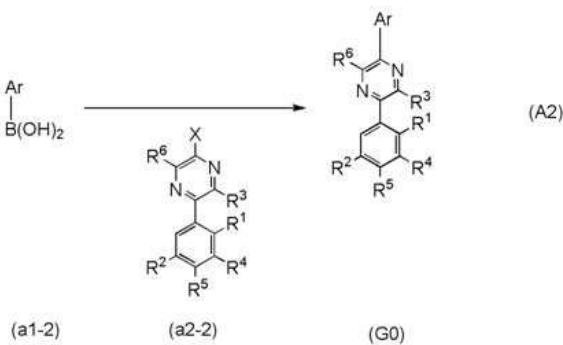
[0091] [화학식 17]



[0092] 상기 합성 스킴(A1)에서, Z는 할로젠을 나타낸다; Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R³ 내지 R⁶은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0094] 또는, 합성 스킴(A2)에 나타낸 바와 같이, 아릴렌의 보론산(a1-2)을 피라진의 할로젠화물(a2-2)과 결합시키는 식으로, 일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체를 얻을 수 있다.

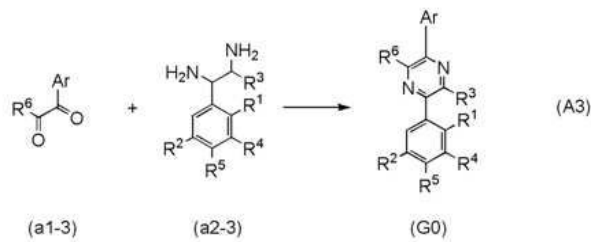
[0095] [화학식 18]



[0096] 합성 스킴(A2)에서, X는 할로젠을 나타낸다; Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R¹ 및 R²는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R³ 내지 R⁶은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0098] 또는, 합성 스킴(A3)에 나타낸 바와 같이, 아릴렌 치환의 다이케톤(a1-3)을 다이아민(a2-3)과 반응시키는 식으로, 일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체를 얻을 수 있다.

[0099] [화학식 19]



[0100]

[0101] 합성 스킴(A3)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^3 내지 R^6 는 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

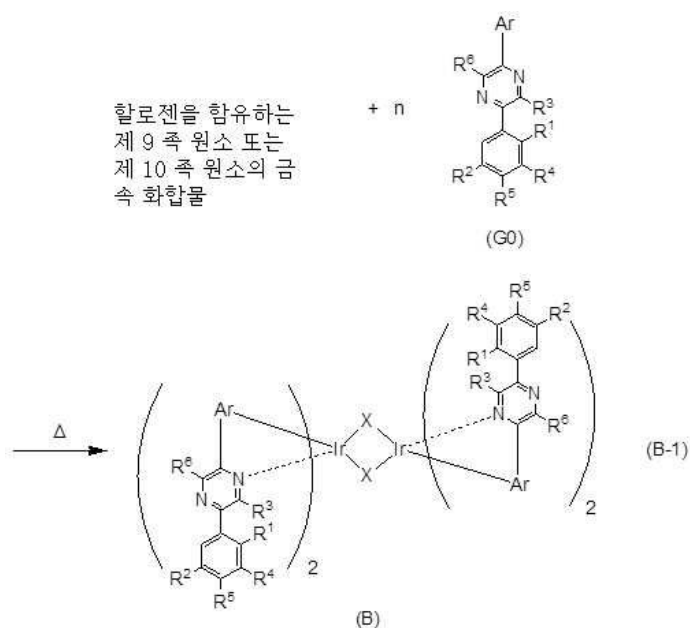
[0102] 상술한 3개의 방법 이외에, 유도체(G0)를 합성하는 복수의 공지의 방법이 있다. 따라서, 방법 중 어느 것을 채용할 수 있다.

[0103] 다양한 종류의 상기 화합물(a1-1), 화합물(a1-2), 화합물(a1-3), 화합물(a2-1), 화합물(a2-2), 및 화합물(a2-3)은 시판되고 있거나 합성할 수 있기 때문에, 일반식(G0)으로 나타내어지는 많은 종류의 피라진 유도체를 합성할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체의 특징은 배위자 배리에이션이 풍부한 것이다.

[0104] <<일반식(G1)으로 나타내어지는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체의 합성 방법>>

[0105] 이하의 합성 스킴(B-1)에 나타난 바와 같이, 일반식(G0)으로 나타내어지는 피라진 유도체, 및 할로젠을 함유하는 이리듐 화합물(예를 들어, 염화 이리듐, 브로민화 이리듐, 또는 요오드화 이리듐)을 무용매, 알코올계 용매(예를 들어, 글리세롤, 에틸렌 글라이콜, 2-메톡시에탄올, 또는 2-에톡시에탄올) 단독, 또는 물과 하나 이상의 알코올계 용매의 혼합 용매를 사용하여, 불활성 가스 분위기에서 가열하여, 할로젠-다리 구조를 포함하고 신규 물질인 유기 금속 착체의 1형태인 복핵(複核) 착체(B)를 얻을 수 있다. 가열 수단에 특별한 제한은 없고, 오일 배스(oil bath), 샌드 배스(sand bath), 또는 알루미늄 블록(aluminum block)을 사용하여도 좋다. 또는, 마이크로파를 가열 수단으로서 사용할 수 있다.

[0106] [화학식 20]



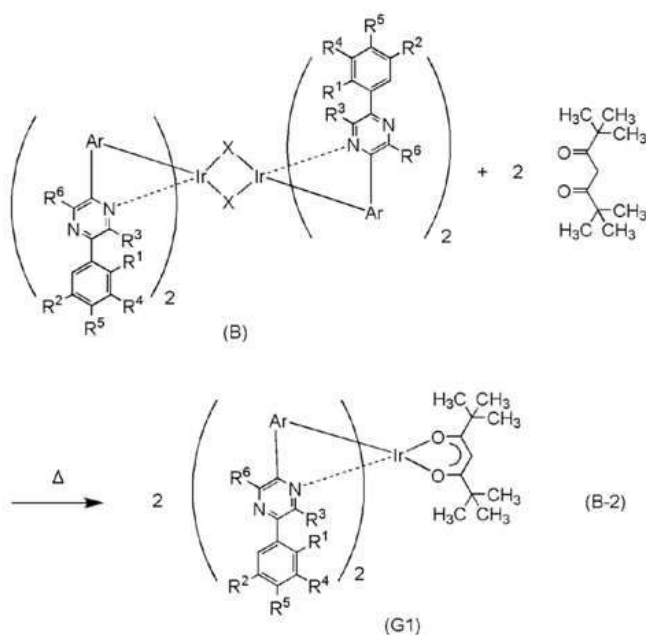
[0107]

[0108] 합성 스킴(B-1)에서, X는 할로젠을 나타낸다; Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타

내고, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^3 내지 R^6 은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0109] 또한, 이하의 합성 스킴(B-2)에 나타난 바와 같이, 상기 합성 스킴(B-1)에서 얻어진 복합 착체(B)를 불활성 가스 분위기에서 다이피발로일메테인과 반응시킴으로써, 본 발명의 일 형태이고 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체를 얻을 수 있다. 가열 수단에 특별한 제한은 없고, 오일 베스, 샌드 베스, 또는 알루미늄 블록을 사용하여도 좋다. 또는, 마이크로파를 가열 수단으로서 사용할 수 있다.

[0110] [화학식 21]



[0111]

[0112] 합성 스킴(B-2)에서, Ar는 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타내고, R^1 및 R^2 는 각각 독립적으로, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기를 나타낸다. R^3 내지 R^6 은 각각 독립적으로, 수소, 할로젠, 사이아노기, 치환 또는 비치환된 아미노기, 치환 또는 비치환된 하이드록실기, 치환 또는 비치환된 머캅토기, 탄소수가 1 내지 6인, 치환 또는 비치환된 알킬기, 탄소수가 6 내지 13인, 치환 또는 비치환된 아릴기, 및 탄소수가 3 내지 12인, 치환 또는 비치환된 헤테로 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

[0113] 상기 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체를 합성하는 방법의 예를 설명한 것이지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않고 다른 합성 방법을 채용하여도 좋다.

[0114] 상술한 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체는 인광을 방출할 수 있기 때문에, 발광 재료 또는 발광 소자의 발광 물질로서 사용될 수 있다.

[0115] 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체를 사용하여, 발광 효율이 높은 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 또는 조명 장치를 얻을 수 있다. 또는, 소비전력이 낮은 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 또는 조명 장치를 얻을 수 있다.

[0116] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태에 대하여 설명한다. 다른 실시형태에서는, 본 발명의 다른 실시형태에 대하여 설명한다. 또한, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 즉, 본 발명의 다양한 형태가 본 실시형태 및 다른 실시형태에 개시되기 때문에, 본 발명의 일 형태는 특정한 실시형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태를 발광 소자에 적용한 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 상황 또는 조건에 따라서는, 본 발명의 일 형태에서 발광 소자 이외의 물질을 적용하여도 좋다.

- [0117] 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0118] (실시형태 2)
- [0119] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대하여 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)를 참조하여 설명하겠다.
- [0120] 본 실시형태에서 설명하는 발광 소자에서는, 한 쌍의 전극(제 1 전극(양극)(101)과 제 2 전극(음극)(103)) 사이에 발광층(113)을 포함하는 EL층(102)이 개재(介在)되고, EL층(102)은 발광층(113)에 더하여 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115) 등을 포함한다.
- [0121] 이 발광 소자에 전압을 인가하면, 제 1 전극(101) 측으로부터 주입된 정공과 제 2 전극(103) 측으로부터 주입된 전자가 발광층(113)에서 재결합한다; 재결합에 의하여 발생한 에너지로, 발광층(113)에 함유되는 유기 금속 착체 등의 발광 물질이 광을 방출한다.
- [0122] EL층(102)의 정공 주입층(111)은 정공 수송층(112) 또는 발광층(113)에 정공을 주입할 수 있고, 예를 들어, 정공 수송성이 높은 물질, 및 엑셉터성을 갖는 물질로 형성할 수 있고, 이 경우, 엑셉터성을 갖는 물질에 의하여 정공 수송성이 높은 물질로부터 전자가 추출되어 정공이 발생한다. 따라서, 정공은 정공 주입층(111)으로부터 정공 수송층(112)을 통하여 발광층(113)에 주입된다. 정공 주입층(111)에 정공 주입성이 높은 물질을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 산화 몰리브데넘, 산화 바나듐, 산화 루테튬, 산화 텅스텐, 또는 산화 망가니즈 등을 사용할 수 있다. 또는, 프탈로사이아닌(약칭: H_2Pc) 및 구리 프탈로사이아닌($CuPc$) 등의 프탈로사이아닌계 화합물, 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N'-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB) 및 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-에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌술폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 화합물을 사용하여 정공 주입층(111)을 형성할 수 있다.
- [0123] 본 실시형태에서 설명하는 발광 소자를 제작하는, 바람직한 구체적인 예에 대하여 이하에서 설명한다.
- [0124] 제 1 전극(양극)(101) 및 제 2 전극(음극)(103)에는, 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 구체적인 예로서는 산화 인듐-산화 주석(인듐 주석 산화물), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유하는 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연(인듐 아연 산화물), 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유하는 산화 인듐, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 및 타이타늄(Ti)이 있다. 또한, 주기율표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 예를 들어 리튬(Li) 또는 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 칼슘(Ca) 또는 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토금속, 마그네슘(Mg), 이러한 원소를 함유하는 합금(MgAg 또는 AlLi), 유로퓸(Eu) 또는 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 이러한 원소를 함유하는 합금, 및 그래핀 등을 사용할 수 있다. 제 1 전극(양극)(101) 및 제 2 전극(음극)(103)은, 예를 들어 스퍼터링법 또는 증착법(진공 증착법을 포함함)에 의하여 형성할 수 있다.
- [0125] 정공 주입층(111) 및 정공 수송층(112)에 사용되는 정공 수송성이 높은 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 또는 폴리머) 등 다양한 유기 화합물 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은, 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 정공 수송성이 높은 물질을 사용하여 형성되는 층은 단층에 한정되지 않고, 2층 이상의 적층에 의하여 형성되어도 좋다. 정공 수송성을 갖는 물질로서 사용할 수 있는 유기 화합물을 이하에서 구체적으로 제시한다.
- [0126] 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), DNTPD, 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N'-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B), 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N'-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α -NPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4' '-트리스(카바졸-9-일)트라이페닐아민(약칭: TCTA), 4,4',4' '-트리스(N,N'-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4' '-트리스[N-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: MTDATA), 및 4,4'-비스[N-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N'-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB) 등이 있다.
- [0127] 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-페닐

카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등이다. 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-테트라페닐벤젠 등이 있다.

[0128] 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)페릴렌 등이 있다. 이 이외에 펜타센 또는 코로넨 등을 사용할 수도 있다. 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인, 탄소수 14 내지 42의 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다. 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐 골격을 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 있다.

[0129] 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), 또는 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0130] 정공 주입층(111) 및 정공 수송층(112)에 사용되는, 엑셉터성을 갖는 물질의 예에는, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메딘(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐, 및 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(HAT-CN) 등 전자 흡인기(할로젠기 또는 사이아노기)를 갖는 화합물이 있다. 특히 HAT-CN과 같이, 복수의 복소 원자를 갖는 축합 방향 고리에 전자 흡인기가 결합한 화합물은 열적으로 안정적이므로 바람직하다. 주기율표 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 및 산화 레늄이 이들의 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 이들 중에서, 산화 몰리브데넘은 대기에서 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉽기 때문에 특히 바람직하다.

[0131] 발광층(113)은 형광성 물질 또는 인광성 물질이어도 좋은 발광 물질을 함유한다. 본 발명의 일 형태인 발광 소자에서는, 실시형태 1에서 설명한 유기 금속 착체를 발광층(113)에 발광 물질로서 사용하는 것이 바람직하다. 발광층(113)은 호스트 재료로서, 이 유기 금속 착체(게스트 재료)보다 삼중항 여기 에너지가 높은 물질을 함유하는 것이 바람직하다. 또는, 발광층(113)은 발광 물질에 더하여, 발광층(113)의 캐리어(전자 및 정공)가 재결합할 때에, 들뜬 복합체(엑시플렉스라고도 부름)를 형성할 수 있는 2종류의 유기 화합물(2종류의 유기 화합물은 상술한 바와 같은 호스트 재료 중 어느 것이어도 좋음)을 함유하여도 좋다. 들뜬 복합체를 효율적으로 형성하기 위해서는, 전자를 받기 쉬운 화합물(전자 수용성을 갖는 재료)과 정공을 받기 쉬운 화합물(정공 수용성을 갖는 재료)을 조합하는 것이 특히 바람직하다. 상술한 바와 같이, 들뜬 복합체를 형성하는, 전자 수용성을 갖는 재료와 정공 수용성을 갖는 재료의 조합을 호스트 재료로서 사용하는 경우, 전자 수용성을 갖는 재료와 정공 수용성을 갖는 재료의 혼합비를 조절함으로써, 발광층의 정공과 전자의 캐리어 밸런스를 용이하게 최적화할 수 있다. 발광층의 정공과 전자의 캐리어 밸런스의 최적화는 전자와 정공이 재결합하는 영역이 발광층의 한쪽에 존재하는 것을 방지할 수 있다. 전자와 정공이 재결합하는 영역이 한쪽에 존재하는 것을 방지함으로써, 발광 소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0132] 상기 들뜬 복합체를 형성하기 위하여 사용하는 것이 바람직하고 전자를 받기 쉬운 화합물(전자 수용성을 갖는 재료)로서는, 함질소 복소 방향족 화합물 등의 π -전자 부족형 복소 방향족 화합물, 또는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적인 예에는, 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이트)(4-페닐페놀레이트)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이트)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnPB0), 및 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체; 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-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 및 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 복소 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: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 6mDBTPDBq-II), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 및 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 등의 다이아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물; 2-{4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn) 등의 트리아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물; 및 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy) 및 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 갖는 복소 고리 화합물이 포함된다. 상기 재료 중에서, 다이아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물, 트리아진 골격을 갖는 복소 고리 화합물, 및 피리딘 골격을 갖는 복소 고리 화합물은 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 특히, 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 복소 고리 화합물 및 트리아진 골격을 갖는 복소 고리 화합은 전자 수송성이 높고 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0133] 상기 들뜬 복합체를 형성하기 위하여 사용하는 것이 바람직하고, 정공을 받기 쉬운 화합물(정공 수송성을 갖는 재료)로서는, π -전자 과잉형 복소 방향족 화합물(예를 들어, 카바졸 유도체 또는 인돌 유도체), 또는 방향족 아민 화합물 등을 적합하게 사용할 수 있다. 구체적인 예에는, 2-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: PCASF), 4,4',4''-트리스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: 1'-TNATA), 2,7-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPA2SF), N,N'-비스(9-페닐카바졸-3-일)-N,N'-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭: PCA2B), N-(9,9-다이메틸-2-다이메틸아미노-9H-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭: DPNF), N,N',N''-트라이페닐-N,N',N''-트리스(9-페닐카바졸-3-일)벤젠-1,3,5-트리아진(약칭: PCA3B), 2-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPASF), N,N'-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F), NPB, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), BSPB, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), N-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-N-{9,9-다이메틸-2-[N'-페닐-N''-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)아미노]-9H-플루오렌-7-일}페닐아민(약칭: DFLADFL), PCzPCA1, 3-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA1), 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA2), DNTPD, 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-(1-나프틸)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzTPN2), PCzPCA2, 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1), 9,9-다이메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASf), N-(4-바이페닐)-N-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCBIF), 및 N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBIF) 등의 방향족 아민 골격을 갖는 화합물; 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), CBP, 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 및 9-페닐-9H-3-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)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-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 및 4-[4-(9-페닐-9H-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) 및 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBi-II) 등의 퓨란 골격을 갖는 화합물이 포함된다. 상기 재료 중에서, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카바졸 골격을 갖는 화합물은, 신뢰성이 높고 정공 수송성이 높고 구동 전압의 저감에 기여하기 때문에 바람직하다.

[0134] 또한, 발광층(113)이 상술한 유기 금속 착체(게스트 재료) 및 호스트 재료를 함유하는 경우에는, 발광층(113)으로부터 발광 효율이 높은 인광을 얻을 수 있다.

[0135] 발광 소자에서, 발광층(113)은 도 1의 (A)에 나타난 단층 구조를 반드시 가질 필요는 없고, 도 1의 (B)에 나타

낸 바와 같은 2층 이상을 포함하는 적층 구조를 가져도 좋다. 이 경우, 적층 구조의 각 층은 광을 방출한다. 예를 들어, 형광이 제 1 발광층(113)(a1)으로부터 얻어지고, 인광이 제 1 발광층 위에 적층되는 제 2 발광층(113)(a2)으로부터 얻어진다. 또한, 이 적층 순서는 반대이어도 좋다. 들뜬 복합체로부터 도펀트로의 에너지 이동에 의한 발광이 인광을 방출하는 층으로부터 얻어지는 것이 바람직하다. 한쪽 층의 발광색과 다른 층의 발광색은 동일하여도 좋고, 상이하여도 좋다. 발광색이 상이한 경우에는, 예를 들어, 한쪽의 층으로부터 청색광, 및 다른 층으로부터 주황색광 또는 황색광 등을 얻을 수 있는 구조를 형성할 수 있다. 각 층은 다양한 종류의 도펀트를 함유하여도 좋다.

[0136] 또한, 발광층(113)이 적층 구조를 갖는 경우, 예를 들어, 실시형태 1에서 설명한 유기 금속 착체, 단일항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 물질, 및 삼중 항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 물질을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다. 이 경우, 다음 물질을 사용할 수 있다.

[0137] 단일항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 물질의 예로서는, 형광을 방출하는 물질(형광성 화합물)을 들 수 있다.

[0138] 형광을 방출하는 물질의 예에는, N,N' -비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]- N,N' -다이페닐스티렌-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPA), $N,9$ -다이페닐- N -[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), N,N' -(2-*tert*-부틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[N,N',N' -트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭: DPABPA), $N,9$ -다이페닐- N -[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N -[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]- N,N',N' -트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), N,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-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N -[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]- $N,9$ -다이페닐-9H-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-(9H-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-4H-피란-4-일리텐)프로페인다이 나이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리텐}프로페인다이 나이트릴(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-1H,5H-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리텐}프로페인다이 나이트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-*tert*-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리텐}프로페인다이 나이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스[2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일]-4H-피란-4-일리텐)프로페인다이 나이트릴(약칭: BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리텐}프로페인다이 나이트릴(약칭: BisDCJTM) 등이 있다.

[0139] 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 재료의 예에는, 인광을 방출하는 물질(인광성 화합물) 및 열 활성화 지연 형광을 방출하는 열 활성화 지연 형광성(TADF) 재료가 있다. 또한, TADF로 나타내어지는 "지연 형광"은 통상의 형광과 동일한 스펙트럼을 가지며 수명이 매우 긴 발광을 말한다. 그 수명은 1×10^{-6} 초 이상, 바람직하게는 1×10^{-3} 초 이상이다.

[0140] 인광을 방출하는 물질의 예에는, 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이토- $N,C^{2'}$ }이리듐(III)피콜리네이트(약칭: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토- $N,C^{2'}$]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIracac), 트리스(2-페닐피리디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(ppy)₃]), 비스(2-페닐피리디네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(ppy)₂(acac)]), 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: [Tb(acac)₃(Phen)]), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(bzq)₂(acac)]), 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸레이토- $N,C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:

[Ir(dpo)₂(acac)]), 비스{2-[4'-(퍼플루오로페닐)페닐]피리디네이토-*N*,*C*^{2'}}이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(p-PF-ph)₂(acac)]), 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토-*N*,*C*^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(bt)₂(acac)]), 비스[2-(2'-벤조[4,5-*a*]싸이엔일)피리디네이토-*N*,*C*^{3'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(btp)₂(acac)]), 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이토-*N*,*C*^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(piq)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Fdpq)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)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)]), (아세틸아세토네이트)비스(6-*tert*-부틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)₂(acac)]), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP), 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(DBM)₃(Phen)]), 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(TTA)₃(Phen)]) 등이 있다.

[0141] TADF 재료의 예에는, 풀러렌, 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 및 예오신 등이 있다. 다른 예에는, 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 함유하는 포르피린 등의 금속 함유 포르피린이 있다. 금속 함유 포르피린의 예에는, 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF₂(Proto IX)), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF₂(Meso IX)), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF₂(Hemato IX)), 코프로포르피린 테트라메틸 에스터-플루오린화 주석 착체(SnF₂(Copro III-4Me)), 옥타에틸 포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF₂(OEP)), 에티오프로르피린-플루오린화 주석 착체(SnF₂(Etio I)), 및 옥타에틸 포르피린-염화 백금 착체(PtCl₂OEP) 등이 있다. 또는, 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-*a*]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(PIC-TRZ) 등의 π -전자 과잉형 복소 방향족 고리 및 π -전자 부족형 복소 방향족 고리를 포함하는 복소고리 화합물을 사용할 수 있다. 또한, π -전자 과잉형 복소 방향족 고리가 π -전자 부족형 복소 방향족 고리에 직접 결합한 재료가 사용되면, π -전자 과잉형 복소 방향족 고리의 도너성 및 π -전자 부족형 복소 방향족 고리의 억셉터성의 양쪽이 높아지고 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작아지기 때문에, 특히 바람직하다.

[0142] 독특한 광학 특성을 갖는 퀀텀닷(QD:quantum dot)을 사용하여 발광층(113)을 형성할 수 있다. 또한, QD는 나노 스케일의 반도체 결정을 의미한다. 구체적으로, 나노 스케일의 반도체 결정은 수nm 내지 수십nm의 직경을 갖는다. 또한, 사이즈가 상이한 결정을 사용함으로써, 광학 특성 및 전자적 특성을 변경할 수 있기 때문에, 발광색 등을 용이하게 조정할 수 있다. 퀀텀닷은 피크가 좁은 발광 스펙트럼을 갖기 때문에, 색 순도가 높은 발광을 얻을 수 있다.

[0143] 퀀텀닷을 형성하는 재료의 예에는, 주기율표의 제 14 족 원소, 주기율표의 제 15 족 원소, 주기율표의 제 16 족 원소, 주기율표의 복수의 제 14 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 4 족 내지 제 14 족 중 어느 것에 속하는 원소와 주기율표의 제 16 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 2 족 원소와 주기율표의 제 16 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 13 족 원소와 주기율표의 제 15 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 13 족 원소와 주기율표의 제 17 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 14 족 원소와 주기율표의 제 15 족 원소의 화합물, 주기율표의 제 11 족 원소와 주기율표의 제 17 족 원소의 화합물, 산화 철류, 산화 타이타늄류, 칼코게나이드스피넬류, 및 각종 반도체 클러스터가 포함된다.

[0144] 구체적인 예에는, 셀레늄화 카드뮴; 황화 카드뮴; 텔루륨화 카드뮴; 셀레늄화 아연; 산화 아연; 황화 아연; 텔루륨화 아연; 황화 수은; 셀레늄화 수은; 텔루륨화 수은; 비소화 인듐; 인화 인듐; 비소화 갈륨; 인화 갈륨; 질화 인듐; 질화 갈륨; 안티모니화 인듐; 안티모니화 갈륨; 인화 알루미늄; 비소화 알루미늄; 안티모니화 알루미늄; 셀레늄화 납(II); 텔루륨화 납(II); 황화 납(II); 셀레늄화 인듐; 텔루륨화 인듐; 황화 인듐; 셀레늄화 갈륨; 황화 비소(III); 셀레늄화 비소(III); 텔루륨화 비소(III); 황화 안티모니(III); 셀레늄화 안티모니(III); 텔루

륨화 안티모니(III); 황화 비스무트(III); 셀레늄화 비스무트(III); 텔루륨화 비스무트(III); 실리콘(Si); 탄소화 실리콘; 저마늄; 주석; 셀레늄; 텔루륨; 붕소; 탄소; 인; 질화 붕소; 인화 붕소; 비소화 붕소; 질화 알루미늄; 황화 알루미늄; 황화 바륨; 셀레늄화 바륨; 텔루륨화 바륨; 황화 갈륨; 셀레늄화 갈륨; 텔루륨화 갈륨; 황화 베릴륨; 셀레늄화 베릴륨; 텔루륨화 베릴륨; 황화 마그네슘; 셀레늄화 마그네슘; 황화 저마늄; 셀레늄화 저마늄; 텔루륨화 저마늄; 황화 주석; 셀레늄화 주석; 텔루륨화 주석; 산화 납; 플루오린화 구리; 염화 구리; 브로민화 구리; 아이오딘화 구리; 산화 구리; 셀레늄화 구리; 산화 니켈; 산화 코발트; 황화 코발트; 사산화 삼철; 황화 철; 산화 망가니즈; 황화 몰리브데넘; 산화 바나듐; 산화 바나듐; 산화 텅스텐; 산화 탄탈럼; 산화 타이타늄; 산화 지르코늄; 질화 실리콘; 질화 저마늄; 산화 알루미늄; 타이타늄산 바륨; 셀레늄, 아연, 및 카드뮴의 화합물; 인듐, 비소, 및 인의 화합물; 카드뮴, 셀레늄, 및 황의 화합물; 카드뮴, 셀레늄, 및 텔루륨의 화합물; 인듐, 갈륨, 및 비소의 화합물; 인듐, 갈륨, 및 셀레늄의 화합물; 인듐, 셀레늄, 및 황의 화합물; 구리, 인듐, 및 황의 화합물; 및 이들의 조합 등이 포함되지만, 이들에 한정되지 않는다. 조성이 임의의 비율로 나타내어지는, 소위 합금화된 퀀텀닷을 사용하여도 좋다. 예를 들어, 카드뮴, 셀레늄, 및 황의 합금화된 퀀텀닷은, 원소의 비율을 변화시킴으로써 발광 파장을 변화시킬 수 있기 때문에, 청색광을 얻기 위한 효과적인 재료이다.

[0145] 퀀텀닷의 구조로서는, 코어 구조, 코어-셸 구조, 또는 코어-멀티셸 구조 등을 들 수 있고, 상기 구조 중 어느 것을 사용하여도 좋다. 또한, 코어로서 사용되는 무기 재료보다 밴드갭이 넓은 무기 재료로 형성되는 셸이 나노 결정의 표면에 존재하는 결함 및 덩글링 본드의 영향을 저감하거나 발광의 양자 효율을 충분히 향상시킬 수 있기 때문에 셸이 코어를 덮는 코어-셸 퀀텀닷 또는 코어-멀티셸 퀀텀닷이 바람직하다.

[0146] 또한, QD를 용액에 분산시킬 수 있기 때문에, 도포법, 잉크젯법, 또는 인쇄법 등에 의하여 발광층(113)을 형성할 수 있다. 또한, QD는 밝고 선명한 색의 광뿐만 아니라, 파장 범위가 넓고 효율이 높고 수명이 긴 광도 방출할 수 있다. 따라서, QD가 발광층(113)에 포함되는 경우, 소자 특성을 향상시킬 수 있다.

[0147] 전자 수송층(114)은 전자 수송성이 높은 물질(전자 수송성 화합물이라고도 함)을 함유하는 층이다. 전자 수송층(114)에는 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(약칭: Alq₃), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(약칭: Almq₃), BeBq₂, BAlq, 비스[2-2(하이드록시페닐)벤즈옥사졸레이토]아연(약칭: Zn(BOX)₂), 또는 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조싸이아졸레이토]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 금속 착체를 사용할 수 있다. 또는, PBD, 1,3-비스[5-(*p-tert*-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), TAZ, 3-(4-*tert*-부틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-바이페닐릴)-1,2,4-트리아졸(약칭: p-EtTAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 또는 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 복소 방향족 화합물을 사용할 수도 있다. 폴리(2,5-피리딘다이일)(약칭: PPy), 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-*co*-(피리딘-3,5-다이일)](약칭: PF-Py), 또는 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-*co*-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭: PF-BPy) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 여기서 열거한 물질은 주로 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질이다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높기만 하면, 여기서 열거한 물질 이외의 임의의 물질을 전자 수송층(114)에 사용하여도 좋다.

[0148] 전자 수송층(114)은 단층에 한정되지 않지만, 상기에서 열거한 물질 중 어느 것을 각각 함유하는 2개 이상의 층의 적층이어도 좋다.

[0149] 전자 주입층(115)은 전자 주입성이 높은 물질을 함유하는 층이다. 전자 주입층(115)에는, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF₂), 또는 리튬 산화물(LiO_x) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 플루오린화 어븀(ErF₃)과 같은 희토류 금속 화합물을 사용할 수도 있다. 전자화물(electride)을 전자 주입층(115)에 사용하여도 좋다. 전자화물의 예에는 산화 칼슘-산화 알루미늄에 전자가 고농도로 첨가된 물질이 포함된다. 상기에 든 전자 수송층(114)을 형성하기 위한 물질 중 어느 것을 사용할 수도 있다.

[0150] 전자 주입층(115)에, 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에서 전자가 발생되기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물은 발생된 전자의 수송이 우수한 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 예를 들어 상술한 전자 수송층(114)을 형성하는 물질(예를 들어, 금속 착체 또는 복소 방향족 화합물)을 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는, 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질을 사용하여도 좋다. 구체적으로는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 및 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 어븀, 및 이터븀 등을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물,

및 바륨 산화물 등을 들 수 있다. 산화 마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 테트라사이아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0151] 또한, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115) 각각은 다음 방법 중 어느 하나 또는 어느 조합에 의하여 형성될 수 있다; 증착법(진공 증착법을 포함함), 인쇄법(철판 인쇄, 오판 인쇄, 그라비어 인쇄, 평판 인쇄, 및 스텐실 인쇄 등), 잉크젯법, 및 도포법 등이다. 상술한 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)에는, 상술한 재료 이외에, 퀀텀닷 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 사용하여도 좋다.

[0152] 상술한 발광 소자에서, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(103) 사이에 가해지는 전위차에 의하여 전류가 흘러, 정공과 전자가 EL층(102)에서 재결합함으로써 광을 방출한다. 그리고, 이 방출된 광은 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(103) 중 한쪽 또는 양쪽을 통하여 외부에 추출된다. 따라서, 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(103) 중 한쪽 또는 양쪽은 투광성을 갖는 전극이다.

[0153] 상술한 발광 소자는 유기 금속 착체에서 유래되는 인광을 방출할 수 있기 때문에 형광성 화합물만을 사용하는 발광 소자보다 고효율을 가질 수 있다.

[0154] 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태 중 임의의 것에서 설명한 구조와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0155] (실시형태 3)

[0156] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태이고 복수의 EL층을 포함하는 발광 소자(이하에서는, 탠덤 발광 소자라고 함)에 대해서 설명한다.

[0157] 본 실시형태에서 설명하는 발광 소자는 도 2의 (A)에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 전극(제 1 전극(201)과 제 2 전극(204)) 사이에 전하 발생층(205)을 개재하여 복수의 EL층(제 1 EL층(202)(1) 및 제 2 EL층(202)(2))을 포함하는 탠덤 발광 소자이다.

[0158] 본 실시형태에서, 제 1 전극(201)은 양극으로서 기능하고, 제 2 전극(204)은 음극으로서 기능한다. 또한, 제 1 전극(201) 및 제 2 전극(204)은 실시형태 2에서 설명한 구조와 비슷한 구조를 가질 수 있다. 또한, 복수의 EL층(제 1 EL층(202)(1) 및 제 2 EL층(202)(2)) 중 어느 한쪽 또는 양쪽은 실시형태 2에서 설명한 것과 비슷한 구조를 가져도 좋다. 바꿔 말하면, 제 1 EL층(202)(1) 및 제 2 EL층(202)(2)의 구조는 서로 동일하여도 좋고 상이하여도 좋다. 구조가 동일하면, 실시형태 2를 참조할 수 있다.

[0159] 복수의 EL층(제 1 EL층(202)(1) 및 제 2 EL층(202)(2)) 사이에 제공된 전하 발생층(205)은 제 1 전극(201)과 제 2 전극(204) 사이에 전압을 인가하였을 때, 한쪽 EL층에 전자를 주입하고 다른 쪽 EL층에 정공을 주입하는 기능을 갖는다. 본 실시형태에서는, 제 1 전극(201)의 전위가 제 2 전극(204)보다 높게 되도록 전압을 인가하면, 전하 발생층(205)은 제 1 EL층(202)(1)에 전자를 주입하고 제 2 EL층(202)(2)에 정공을 주입한다.

[0160] 또한, 전하 발생층(205)은 광 추출 효율의 관점에서 가시광을 투과시키는 성질을 갖는(구체적으로는, 전하 발생층(205)은 40% 이상의 가시광 투과율을 갖는) 것이 바람직하다. 전하 발생층(205)은 제 1 전극(201) 또는 제 2 전극(204)보다 도전율이 낮아도 기능한다.

[0161] 전하 발생층(205)은 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 수용체(억셉터)가 첨가된 구조 또는 전자 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 공여체(도너)가 첨가된 구조 중 어느 것을 가져도 좋다. 또는 이들 양쪽 구조가 적층되어도 좋다.

[0162] 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 수용체가 첨가된 구조의 경우, 정공 수송성이 높은 유기 화합물로서는, 정공 주입층(111) 및 정공 수송층(112)에 사용되는 물질로서 실시형태 2에 든 정공 수송성이 높은 물질을 사용할 수 있다. 예를 들어, NPB, TPD, TDATA, MTDATA, 또는 BSPB 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다. 여기서 열거한 물질은 주로 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질이다. 또한, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높기만 하면, 여기서 열거한 화합물 이외의 어느 유기 화합물을 사용하여도 좋다.

[0163] 전자 수용체로서는, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가

니즈, 및 산화 레늄은 그 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 이들 중에서, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서 안정적이고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 특히 바람직하다.

- [0164] 전자 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 공여체가 첨가된 구조의 경우, 전자 수송성이 높은 유기 화합물로서는, 실시형태 2에서 전자 수송층(114)에 사용되는 물질로서 든 전자 수송성이 높은 물질을 사용할 수 있다. 예를 들어, Alq, Almq₃, BeBq₂, 또는 BAlq 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 복합체 등을 사용할 수 있다. 또는, Zn(BOX)₂ 또는 Zn(BTZ)₂ 등 옥사졸계 배위자 또는 싸이아졸계 배위자를 갖는 금속 복합체를 사용할 수 있다. 또는, 이러한 금속 복합체에 더하여, PBD, OXD-7, TAZ, Bphen, BCP 등을 사용할 수 있다. 여기서 열거한 물질은 주로 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질이다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높기만 하면, 여기서 열거한 화합물 이외의 어느 유기 화합물을 사용하여도 좋다.
- [0165] 전자 공여체로서는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 원소 주기율표의 제 2 족 및 제 13 족에 속하는 금속, 또는 그 산화물 또는 탄산염을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 리튬(Li), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이터븀(Yb), 인듐(In), 산화 리튬, 탄산 세슘 등을 사용하는 것이 바람직하다. 또는, 테트라싸이아나프타센 등의 유기 화합물을 전자 공여체로서 사용하여도 좋다.
- [0166] 또한, 상기 재료 중 어느 것을 사용함으로써 전하 발생층(205)을 형성하면, EL층의 적층에 의하여 일어나는 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다. 전하 발생층(205)은 다음 방법 중 어느 하나 또는 어느 조합에 의하여 형성될 수 있다; 증착법(진공 증착법을 포함함), 인쇄법(철판 인쇄, 오판 인쇄, 그라비어 인쇄, 평판 인쇄, 및 스텐실 인쇄 등), 잉크젯법, 및 도포법 등이다.
- [0167] 본 실시형태에서는 2개의 EL층을 포함하는 발광 소자에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 도 2의 (B)에 도시된 바와 같이 n 개의 EL층(202(1) 내지 202(n))(n 은 3 이상)이 적층된 발광 소자에 마찬가지로 적용할 수 있다. 본 실시형태에 따른 발광 소자와 같이 한 쌍의 전극 사이에 복수의 EL층을 포함하는 경우, EL층들 사이에 전하 발생층(205(1) 내지 205($n-1$))을 제공함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 고휘도 영역에서의 발광을 얻을 수 있다. 전류 밀도를 낮게 유지할 수 있기 때문에, 소자는 긴 수명을 가질 수 있다.
- [0168] EL층들의 발광색이 상이한 경우, 발광 소자 전체로부터 원하는 발광색을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 EL층을 갖는 발광 소자에서, 제 1 EL층의 발광색과 제 2 EL층의 발광색이 보색이라면, 발광 소자 전체로서 백색광을 방출할 수 있다. 또한, "보색"이란, 혼합하면 무채색을 생성하는 색들을 말한다. 바꿔 말하면, 보색인 광의 혼합에 의하여 백색의 발광을 얻을 수 있다. 구체적으로는, 제 1 EL층으로부터 청색의 발광이 얻어지고 제 2 EL층으로부터 황색 또는 주황색의 발광이 얻어지는 조합을 예로서 든다. 이 경우, 청색의 발광 및 황색(또는 주황색)의 발광 양쪽이 반드시 형광일 필요는 없고, 양쪽이 반드시 인광일 필요도 없다. 예를 들어, 청색의 발광이 형광이고 황색(또는 주황색)의 발광이 인광인 조합, 또는 청색의 발광이 인광이고 황색(또는 주황색)의 발광이 형광인 조합을 채용하여도 좋다.
- [0169] 3개의 EL층을 갖는 발광 소자의 경우에도 마찬가지로 적용할 수 있다. 예를 들어, 제 1 EL층의 발광색이 적색이고, 제 2 EL층의 발광색이 녹색이고, 제 3 EL층의 발광색이 청색일 때, 발광 소자 전체로서 백색 발광을 제공할 수 있다.
- [0170] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0171] (실시형태 4)
- [0172] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치에 대하여 설명한다.
- [0173] 상기 발광 장치는 패시브 매트릭스 발광 장치 및 액티브 매트릭스 발광 장치 중 어느 쪽이어도 좋다. 다른 실시형태에서 설명하는 발광 소자 중 어느 것을 본 실시형태에서 설명하는 발광 장치에 사용할 수 있다.
- [0174] 본 실시형태에서는, 우선, 액티브 매트릭스 발광 장치에 대하여 도 3의 (A) 내지 도 3의 (C)를 참조하여 설명한다.
- [0175] 또한, 도 3의 (A)는 발광 장치를 도시한 상면도이고, 도 3의 (B)는 도 3의 (A) 내의 섹션(A-A')을 따라 자른 단면도이다. 본 실시형태에 따른 발광 장치는 소자 기관(301) 위에 제공된 화소부(302), 구동 회로부(소스선 구동 회로)(303), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(304a) 및 구동 회로부(304b)를 포함한다. 화소부(302), 그리고 구동 회로부(304a) 및 구동 회로부(304b)는 실란트(sealant)(305)로 소자 기관(301)과 밀봉 기관(306)

사이에 밀봉된다.

- [0176] 또한, 소자 기관(301) 위에는, 외부로부터의 신호(예를 들어, 비디오 신호, 클록 신호, 스타트 신호, 또는 리셋 신호) 또는 전위를 구동 회로부(303), 그리고 구동 회로부(304a) 및 구동 회로부(304b)에 전송하는 외부 입력 단자를 접속하기 위한 리드(lead) 배선(307)이 제공된다. 여기서, 외부 입력 단자로서 FPC(flexible printed circuit)(308)를 제공하는 예에 대하여 설명한다. 여기서는 FPC만을 도시하였지만, 이 FPC에 PWB(printed wiring board)가 제공되어도 좋다. 본 명세서에서의 발광 장치는, 그 범주에 발광 장치 자체뿐만 아니라, FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 포함한다.
- [0177] 다음에, 도 3의 (B)를 참조하여 단면 구조에 대하여 설명한다. 소자 기관(301) 위에 구동 회로부 및 화소부가 형성되고, 여기서는 소스선 구동 회로인 구동 회로부(303)와, 화소부(302)를 도시하였다.
- [0178] 구동 회로부(303)는 FET(309) 및 FET(310)가 조합된 예이다. 또한, 구동 회로부(303)는, 전도형(n채널형 트랜지스터 및 p채널형 트랜지스터 중 어느 한쪽)이 동일한 트랜지스터를 포함하는 회로 또는 n채널 트랜지스터 및 p채널 트랜지스터를 포함하는 CMOS 회로로 형성되어도 좋다. 본 실시형태에는, 구동 회로가 기관 위에 형성되는 드라이버 일체형을 나타내지만, 구동 회로를 반드시 기관 위에 형성할 필요는 없고, 구동 회로를 외부에 형성하여도 좋다.
- [0179] 화소부(302)는 스위칭 FET(미도시) 및 전류 제어 FET(312)를 포함하고, 전류 제어 FET(312)의 배선(소스 전극 또는 드레인 전극)은 발광 소자(317a 및 317b)의 제 1 전극(양극)(313a) 및 제 1 전극(313b)과 전기적으로 접속된다. 본 실시형태에서 화소부(302)는 2개의 FET(스위칭 FET 및 전류 제어 FET(312))를 포함하지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 화소부(302)는 예를 들어, 3개 이상의 FET 및 용량 소자의 조합을 포함하여도 좋다.
- [0180] FET(309), FET(310), 및 FET(312)로서는, 예를 들어, 스테거형 트랜지스터 또는 역스테거형 트랜지스터를 사용할 수 있다. FET(309), FET(310), 및 FET(312)에 사용할 수 있는 반도체 재료의 예에는 제 13 족 반도체, 제 14 족 반도체(예를 들어, 실리콘), 화합물 반도체, 산화물 반도체, 및 유기 반도체가 포함된다. 또한, 반도체 재료의 결정성에 특별한 한정은 없고, 비정질 반도체 또는 결정성 반도체를 사용할 수 있다. 특히, 산화물 반도체를 FET(309), FET(310), FET(311), 및 FET(312)에 사용하는 것이 바람직하다. 산화물 반도체의 예에는 In-Ga 산화물 및 In-M-Zn 산화물(M은 Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, Hf, 또는 Nd) 등이 있다. 예를 들어, 에너지 갭이 2eV 이상, 바람직하게는 2.5eV 이상, 더 바람직하게는 3eV 이상의 산화물 반도체 재료를 FET(309), FET(310), 및 FET(312)에 사용하면, 트랜지스터의 오프 상태 전류를 저감할 수 있다.
- [0181] 또한, 광학 조절을 위한 도전막(320a) 및 도전막(320b)이 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b) 위에 적층된다. 예를 들어, 도 3의 (B)에 도시된 바와 같이, 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)로부터 추출되는 광의 파장이 서로 상이한 경우, 도전막(320a) 및 도전막(320b)의 두께가 서로 상이하다. 또한, 절연체(314)는 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b)의 단부를 덮도록 형성된다. 본 실시형태에서, 절연체(314)는 포지티브형 감광성 아크릴 수지를 사용하여 형성된다. 본 실시형태에서, 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b)은 양극으로서 사용된다.
- [0182] 절연체(314)는 이것의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 면을 갖는 것이 바람직하다. 이로써, 절연체(314) 위에 형성되는 막의 피복성을 양호하게 할 수 있다. 절연체(314)는, 예를 들어, 네거티브형 감광성 수지 및 포지티브형 감광성 수지 중 어느 한쪽을 사용하여 형성될 수 있다. 절연체(314)의 재료는 유기 화합물에 한정되지 않고, 산화 실리콘, 산화질화 실리콘, 또는 질화 실리콘 등의 무기 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0183] EL층(315) 및 제 2 전극(316)은 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b) 위에 적층된다. EL층(315)에서는, 적어도 발광층이 제공된다. 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b), EL층(315), 그리고 제 2 전극(316)을 포함하는 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)에서, EL층(315)의 단부는 제 2 전극(316)으로 덮인다. EL층(315)의 구조는 실시형태 2 및 실시형태 3에서 설명한 단층 구조 및 적층 구조와 동일하여도 좋고 상이하여도 좋다. 또한, 발광 소자들 사이에서 구조가 상이하여도 좋다.
- [0184] 제 1 전극(313), EL층(315), 및 제 2 전극(316)에는, 실시형태 2에 든 재료의 어느 것을 사용할 수 있다. 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)의 제 1 전극(313a) 및 제 1 전극(313b)은 영역(321)에서 리드 배선(307)과 전기적으로 접속되어, 외부 신호가 FPC(308)를 통하여 입력된다. 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)의 제 2 전극(316)은 영역(322)에서 리드 배선(323)과 전기적으로 접속되어, 외부 신호가 도면에 도시되지 않은 FPC(308)를 통하여 입력된다.

- [0185] 도 3의 (B)의 단면도에는 2개의 발광 소자(317)만을 도시하였지만, 복수의 발광 소자가 화소부(302)에서 매트릭스로 배치된다. 구체적으로는, 화소부(302)에서, 2종류의 색(예를 들어, B 및 Y)의 광을 방출하는 발광 소자, 3종류의 색(예를 들어, R, G, 및 B)의 광을 방출하는 발광 소자, 또는 4종류의 색(예를 들어, (R, G, B, 및 Y) 또는 (R, G, B, 및 W))의 광을 방출하는 발광 소자 등을 형성하여 풀 컬러 표시가 가능한 발광 장치를 얻을 수 있다. 이러한 경우, 풀 컬러 표시를 다음과 같이 달성하여도 좋다: 발광 소자의 발광색 등에 따라 상이한 재료를 사용하여 발광층을 형성한다(소위, 구분 착색 형성(separate coloring formation)); 또는 복수의 발광 소자가 동일한 재료를 사용하여 형성된 하나의 발광층을 공유하고 더 컬러 필터를 포함한다. 따라서, 복수의 종류의 색의 광을 방출하는 발광 소자를 조합하여 사용하여, 색 순도의 향상 및 소비전력의 저감 등의 효과를 달성할 수 있다. 또한, 쿼터닷과 조합함으로써, 발광 장치의 발광 효율을 향상시켜도 좋고, 소비전력을 저감하여도 좋다.
- [0186] 밀봉 기관(306)은 실란트(305)로 소자 기관(301)에 접착됨으로써, 소자 기관(301), 밀봉 기관(306), 및 실란트(305)로 둘러싸이는 공간(318)에 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)가 제공된다.
- [0187] 착색층(컬러 필터)(324)이 밀봉 기관(306)에 제공되고, 흑색층(블랙 매트릭스)(325)은 인접한 착색층들 사이에 제공된다. 또한, 흑색층(블랙 매트릭스)(325)과 부분적으로 정첩되도록, 인접한 착색층(컬러 필터)(324) 중 한 쪽 또는 양쪽을 제공하여도 좋다. 발광 소자(317a) 및 발광 소자(317b)로부터 얻어지는 발광은 착색층(컬러 필터)(324)을 통하여 추출된다.
- [0188] 또한, 공간(318)은 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등) 또는 실란트(305)로 충전되어도 좋다. 기관을 접착하기 위하여 실란트를 도포하는 경우, UV 처리 및 가열 처리 등 중 하나 이상을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0189] 에폭시계 수지 또는 유리 프릿을 실란트(305)에 사용하는 것이 바람직하다. 이들 재료는 수분 및 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(306)으로서, 유리 기관, 석영 기관, 또는 FRP(fiber-reinforced plastic), PVF(poly(vinyl fluoride)), 폴리에스터, 또는 아크릴 수지 등으로 형성되는 플라스틱 기관을 사용할 수 있다. 실란트로서 유리 프릿이 사용되는 경우, 소자 기관(301) 및 밀봉 기관(306)은 높은 접착성을 위하여 유리 기관인 것이 바람직하다.
- [0190] 발광 소자와 전기적으로 접속된 FET의 구조는 게이트 전극의 위치가 도 3의 (B)와 상이하여도 좋다; 즉, 도 3의 (C)에 도시된 바와 같이, FET(326), FET(327), 및 FET(328)의 구조와 동일한 구조이어도 좋다. 밀봉 기관(306)이 제공된 착색층(컬러 필터)(324)은 도 3의 (C)에 도시된 바와 같이, 착색층(컬러 필터)(324)이 흑색층(블랙 매트릭스)(325)과 중첩되는 위치에서 더 착색층(컬러 필터)(324)이 인접한 착색층(컬러 필터)(324)과 중첩되도록 제공되어도 좋다.
- [0191] 상술한 바와 같이, 액티브 매트릭스 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0192] 상술한 액티브 매트릭스형 대신에, 본 발명의 일 형태인 발광 장치는 패시브 매트릭스형이어도 좋다.
- [0193] 도 4의 (A) 및 도 4의 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치를 도시한 것이다. 도 4의 (A)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 상면도이고, 도 4의 (B)는 이것의 단면도이다.
- [0194] 도 4의 (A)에 도시된 바와 같이, 제 1 전극(402), EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c), 그리고 제 2 전극(404)을 포함하는 발광 소자(405)는 기관(401) 위에 형성된다. 또한, 제 1 전극(402)은 섬 형상을 갖고, 복수의 제 1 전극(402)이 한 방향(도 4의 (A)에서의 가로 방향)으로 형성되어 스트라이프 패턴으로 형성된다. 제 1 전극(402)의 일부 위에 절연막(406)이 형성된다. 절연 재료를 사용하여 형성되는 격벽(407)은 절연막(406) 위에 제공된다. 격벽(407)의 측벽은 도 4의 (B)에 도시된 바와 같이, 한쪽의 측벽과 다른 쪽의 측벽 사이의 거리가 기관의 표면을 향하여 서서히 좁아지도록 기울고 있다.
- [0195] 절연막(406)은 제 1 전극(402)의 일부 위에 개구를 포함하기 때문에, 원하도록 분할된, EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c), 그리고 제 2 전극(404)을 제 1 전극(402) 위에 형성할 수 있다. 도 4의 (A) 및 도 4의 (B)의 예에서는, 금속 마스크 등의 마스크, 및 절연막(406) 위의 격벽(407)을 채용하여 EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c), 그리고 제 2 전극(404)을 형성한다. 이 예에서는, EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c)이 상이한 색(예를 들어, 적색, 녹색, 청색, 황색, 주황색, 및 백색)의 광을 방출한다.
- [0196] EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c)의 형성 후에, 제 2 전극(404)을 형성한다. 따라서, 제 2 전극(404)은 EL층(403a), EL층(403b), 및 EL층(403c) 위에, 제 1 전극(402)과 접촉되지 않고 형성된다.
- [0197] 또한, 액티브 매트릭스 발광 장치에 사용된 방법과 비슷한 방법에 의하여 밀봉을 수행할 수 있기 때문에, 이에

대해서는 설명하지 않는다.

[0198] 상술한 바와 같이, 패시브 매트릭스 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0199] 또한, 본 명세서 등에서 예를 들어, 트랜지스터 또는 발광 소자는 다양한 기관 중 어느 것을 사용하여 형성될 수 있다. 기관의 종류는 특정한 종류에 한정되지 않는다. 기관으로서는 예를 들어, 반도체 기관(예를 들어, 단결정 기관 또는 실리콘 기관), SOI 기관, 유리 기관, 석영 기관, 플라스틱 기관, 금속 기관, 스테인리스강 기관, 스테인리스강 포일을 포함하는 기관, 텅스텐 기관, 텅스텐 포일을 포함하는 기관, 플렉시블 기관, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 또는 기재 필름 등을 사용할 수 있다. 유리 기관의 예로서는, 바륨 붕규산염 유리 기관, 알루미늄 붕규산염 유리 기관, 또는 소다 석회 유리 기관 등을 들 수 있다. 플렉시블 기관, 접합 필름, 및 기재 필름 등의 예에는, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르설폰(PES), 및 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 대표되는 플라스틱의 기관이 있다. 다른 예에는 아크릴 등의 합성 수지가 있다. 또는, 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화바이닐, 또는 폴리염화바이닐 등을 사용할 수 있다. 또는, 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 또는 종이 등을 사용할 수 있다. 특히, 반도체 기관, 단결정 기관, 또는 SOI 기관 등을 사용함으로써, 특성, 크기, 또는 형상 등의 편차가 적고 전류 공급 능력이 높은 소형의 트랜지스터를 제작할 수 있다. 이러한 트랜지스터를 사용한 회로는, 회로의 저소비전력화 또는 회로의 고집적화를 실현한다.

[0200] 또는, 기관으로서 플렉시블 기관을 사용하여도 좋고, 플렉시블 기관에 트랜지스터 또는 발광 소자를 직접 제공하여도 좋다. 또는, 기관과, 트랜지스터 또는 발광 소자 사이에 분리층을 제공하여도 좋다. 분리층은, 분리층 위에 형성된 반도체 장치의 일부 또는 전체를 기관으로부터 분리하고, 다른 기관으로 전치(轉置)할 때에 사용될 수 있다. 이러한 경우, 트랜지스터 또는 발광 소자는 내열성이 낮은 기관 또는 플렉시블 기관으로 전치될 수 있다. 분리층에는 예를 들어, 텅스텐막과 산화 실리콘막인 무기막을 포함하는 적층, 또는 기관 위에 형성된 폴리이미드 등의 유기 수지막을 사용할 수 있다.

[0201] 바꿔 말하면, 트랜지스터 또는 발광 소자를 하나의 기관을 사용하여 형성하고 나서, 다른 기관으로 전치하여도 좋다. 트랜지스터 또는 발광 소자를 전치하는 기관의 예에는, 상술한 트랜지스터 또는 발광 소자를 형성할 수 있는 기관에 더하여, 종이 기관, 셀로판 기관, 아라미드 필름 기관, 폴리이미드 필름 기관, 석재 기관, 목재 기관, 천 기관(천연 섬유(예를 들어, 견(silk), 면(cotton), 또는 삼(hemp)), 합성 섬유(예를 들어, 나일론, 폴리우레탄, 또는 폴리에스터), 또는 재생 섬유(예를 들어, 아세테이트, 큐프라, 레이온, 또는 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기관, 및 고무 기관 등이 있다. 이러한 기관을 사용하면, 특성이 우수한 트랜지스터 또는 소비전력이 낮은 트랜지스터를 형성할 수 있고, 내구성 또는 내열성이 높은 장치를 제공하거나, 또는 무게 또는 두께의 감소를 실현할 수 있다.

[0202] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.

[0203] (실시형태 5)

[0204] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 사용하여 제작되는 다양한 전자 기기 및 자동차의 예에 대하여 설명한다.

[0205] 발광 장치를 포함하는 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(휴대 전화 장치라고도 함), 휴대 게임기, 휴대 정보 단말, 오디오 재생 장치, 및 파чин코기 등의 대형 게임기 등이 있다. 전자 기기의 구체적인 예를 도 5의 (A) 내지 도 5의 (D), 도 5의 (D'1), 및 도 5의 (D'2), 그리고 도 6의 (A) 내지 도 6의 (C)에 도시하였다.

[0206] 도 5의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한 것이다. 텔레비전 장치(7100)에서, 표시부(7103)는 하우징(7101)에 제공되어 있다. 표시부(7103)는 화상을 표시할 수 있고, 터치 센서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다. 또한, 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(7103)에 사용할 수 있다. 또한, 여기서는 하우징(7101)이 스탠드(7105)에 의하여 지지되어 있다.

[0207] 텔레비전 장치(7100)는 하우징(7101)의 조작 스위치 또는 별체의 리모컨(7110)으로 조작될 수 있다. 리모컨(7110)의 조작 키(7109)로 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다. 또한, 리모컨(7110)에는, 리모컨(7110)으로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공되어도

좋다.

- [0208] 또한, 텔레비전 장치(7100)에 수신기 및 모뎀 등이 제공된다. 수신기를 사용함으로써, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선의 통신 네트워크에 텔레비전 장치를 접속하면, 단방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이 또는 수신자들 사이)의 정보 통신을 수행할 수 있다.
- [0209] 도 5의 (B)는 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 및 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 도시한 것이다. 또한, 이 컴퓨터는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(7203)에 사용하여 제작될 수 있다. 표시부(7203)는 터치 센서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다.
- [0210] 도 5의 (C)는, 하우징(7302), 표시부(7304), 조작 버튼(7311) 및 조작 버튼(7312), 접속 단자(7313), 밴드(7321), 및 클래스프(7322) 등을 포함하는 스마트 워치를 도시한 것이다.
- [0211] 베젤로서 기능하는 하우징(7302)에 탑재된 표시부(7304)는 비(非)직사각형의 표시 영역을 포함한다. 표시부(7304)는 시각을 가리키는 아이콘(7305) 및 기타 아이콘(7306) 등을 표시할 수 있다. 표시부(7304)는 터치 센서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다.
- [0212] 도 5의 (C)에 도시된 스마트 워치는 다양한 정보(예를 들어, 정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상)를 표시부에 표시하는 기능, 터치 패널 기능, 달력, 날짜, 및 시각 등을 표시하는 기능, 다양한 소프트웨어(프로그램)로 처리를 제어하는 기능, 무선 통신 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 컴퓨터 네트워크에 접속되는 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 데이터를 송신 및 수신하는 기능, 및 기록 매체에 저장된 프로그램 또는 데이터를 판독하고 프로그램 또는 데이터를 표시부에 표시하는 기능 등의 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0213] 하우징(7302)은 스피커, 센서(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기(磁氣), 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전계, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰 등을 포함할 수 있다. 또한, 스마트 워치는 발광 장치를 표시부(7304)에 사용하여 제작될 수 있다.
- [0214] 도 5의 (D), 도 5의 (D'1), 및 도 5의 (D'2)는 휴대 전화(예를 들어, 스마트폰)의 예를 도시한 것이다. 휴대 전화(7400)는 표시부(7402), 마이크로폰(7406), 스피커(7405), 카메라(7407), 외부 접속부(7404), 및 조작 버튼(7403) 등이 제공된 하우징(7401)을 포함한다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 플렉시블 기판 위에 형성함으로써 발광 장치를 제작하는 경우, 도 5의 (D)에 도시된 바와 같이 곡면을 갖는 표시부(7402)에 발광 소자를 사용할 수 있다.
- [0215] 도 5의 (D)에 도시된 휴대 전화(7400)의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하면, 휴대 전화(7400)에 데이터를 입력할 수 있다. 또한, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 등의 조작은, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 수행할 수 있다.
- [0216] 표시부(7402)에는 주로 3개의 화면 모드가 있다. 제 1 모드는 주로 화상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제 2 모드는 주로 문자 등의 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드 및 입력 모드의 2개의 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.
- [0217] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 경우에는 표시부(7402)에 대하여, 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드를 선택하여, 화면에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이 경우, 표시부(7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0218] 휴대 전화(7400) 내부에 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 검출 장치를 제공하면, 휴대 전화(7400)의 방향(휴대 전화가 가로 모드가 되도록 수평으로 놓여 있는지 또는 세로 모드가 되도록 수직으로 놓여 있는지)을 판단하여 표시부(7402)의 화면 표시를 자동적으로 전환할 수 있다.
- [0219] 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 또는 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)으로 조작함으로써 전환된다. 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 화면 모드를 전환할 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시되는 화상의 신호가 동영상 데이터의 신호이면 화면 모드가 표시 모드로 전환된다. 신호가 텍스트 데이터의 신호이면 화면 모드가 입력 모드로 전환된다.
- [0220] 또한, 입력 모드에서 표시부(7402)의 광 센서에 의하여 검출되는 신호를 검출하고, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 행해지지 않는 경우에는, 화면 모드가 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 제어하여도

좋다.

- [0221] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치함으로써, 장문 또는 지문 등의 화상을 찍음으로써, 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 근적외광을 발하는 백라이트 또는 센싱 광원을 표시부에 제공함으로써, 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥 등의 화상을 찍을 수도 있다.
- [0222] 휴대 전화(예를 들어, 스마트폰)의 다른 구조인 도 5의 (D'1) 또는 도 5의 (D'2)에 도시된 구조를 갖는 휴대 전화에 발광 장치를 사용할 수 있다.
- [0223] 또한, 도 5의 (D'1) 또는 도 5의 (D'2)에 도시된 구조의 경우, 텍스트 데이터 또는 화상 데이터 등을 하우징(7500)(1) 및 하우징(7500)(2)의 제 1 스크린(7501)(1) 및 제 1 스크린(7501)(2)뿐만 아니라 제 2 스크린(7502)(1) 및 제 2 스크린(7502)(2)에 표시할 수 있다. 이러한 구조에 의하여 사용자는, 사용자의 가슴 포켓에 휴대 전화를 넣은 상태에서 제 2 스크린(7502)(1) 및 제 2 스크린(7502)(2)에 표시된 텍스트 데이터 또는 화상 데이터 등을 용이하게 볼 수 있다.
- [0224] 발광 장치를 포함하는 다른 전자 기기는 도 6의 (A) 내지 도 6의 (C)에 도시된 폴더블 휴대 정보 단말이다. 도 6의 (A)는 펼친 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 6의 (B)는 펼치거나 접히고 있는 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 6의 (C)는 접은 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 휴대 정보 단말(9310)은 접으면 가반성(可搬性)이 높다. 휴대 정보 단말(9310)을 펼쳤을 때는 이음매가 없고 표시 영역이 크기 때문에 일람성(一覽性)이 높다.
- [0225] 표시부(9311)는 힌지(9313)로 서로 연결된 3개의 하우징(9315)에 의하여 지지되어 있다. 또한, 표시부(9311)는 터치 센서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다. 힌지(9313)를 사용하여 표시부(9311)를, 2개의 하우징(9315) 사이의 연결부에서 구부림으로써, 휴대 정보 단말(9310)을 펼친 상태에서부터 접은 상태로 가역적으로 변형할 수 있다. 표시부(9311)에는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 사용할 수 있다. 표시부(9311)의 표시 영역(9312)은, 접은 휴대 정보 단말(9310)의 측면에 위치하는 표시 영역이다. 표시 영역(9312)에는 정보 아이콘, 사용 빈도가 높은 애플리케이션 또는 프로그램의 바로가기 등을 표시할 수 있고, 정보의 확인 및 애플리케이션의 기동을 원활하게 수행할 수 있다.
- [0226] 도 7의 (A) 및 도 7의 (B)는 발광 장치를 포함하는 자동차를 도시한 것이다. 발광 장치는 자동차에 제공할 수 있고, 구체적으로는, 도 7의 (A)에 도시된 자동차 외측에서의, 라이트(5101)(자동차의 뒷부분의 라이트를 포함함), 타이어의 휠(5102), 또는 도어(5103)의 일부 또는 전체 등에 포함될 수 있다. 발광 장치는 도 7의 (B)에 도시된 자동차 내측에서의, 또는 유리창의 일부에서의, 표시부(5104), 핸들(5105), 시프트 레버(5106), 시트(5107), 또는 백미러(inner rearview mirror)(5108) 등에 포함될 수도 있다.
- [0227] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 사용하여 전자 기기 및 자동차를 얻을 수 있다. 또한, 발광 장치는 본 실시형태에서 설명한 전자 기기에 한정되지 않고 다양한 분야의 전자 기기 및 자동차에 사용될 수 있다.
- [0228] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0229] (실시형태 6)
- [0230] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 사용하여 제작한 조명 장치의 구조에 대하여, 도 8의 (A) 내지 도 8의 (D)를 참조하여 설명한다.
- [0231] 도 8의 (A) 내지 도 8의 (D)는 조명 장치의 단면도의 예이다. 도 8의 (A) 및 도 8의 (B)는 광이 기관 측으로부터 추출되는 보텀 이미지션 조명 장치를 도시한 것이고, 도 8의 (C) 및 도 8의 (D)는 광이 밀봉 기관 측으로부터 추출되는 톱 이미지션 조명 장치를 도시한 것이다.
- [0232] 도 8의 (A)에 도시된 조명 장치(4000)는 기관(4001) 위에 발광 소자(4002)를 포함한다. 또한, 조명 장치(4000)는 기관(4001) 외측에 요철을 갖는 기관(4003)을 포함한다. 발광 소자(4002)는 제 1 전극(4004), EL층(4005), 및 제 2 전극(4006)을 포함한다.
- [0233] 제 1 전극(4004)은 전극(4007)과 전기적으로 접속되고, 제 2 전극(4006)은 전극(4008)과 전기적으로 접속된다. 또한, 제 1 전극(4004)과 전기적으로 접속되는 보조 배선(4009)을 제공하여도 좋다. 또한, 절연층(4010)은 보조 배선(4009) 위에 형성된다.

- [0234] 기관(4001)과 밀봉 기관(4011)은 실란트(4012)에 의하여 서로 접합된다. 건조제(4013)를 밀봉 기관(4011)과 발광 소자(4002) 사이에 제공하는 것이 바람직하다. 기관(4003)이 도 8의 (A)에 도시된 요철을 가짐으로써, 발광 소자(4002)로부터 방출되는 광의 추출 효율을 높일 수 있다.
- [0235] 기관(4003) 대신에, 도 8의 (B)에 도시된 조명 장치(4100)와 같이, 확산판(4015)을 기관(4001)의 외측에 제공하여도 좋다.
- [0236] 도 8의 (C)에 도시된 조명 장치(4200)는 기관(4201) 위에 발광 소자(4202)를 포함한다. 발광 소자(4202)는 제 1 전극(4204), EL층(4205), 및 제 2 전극(4206)을 포함한다.
- [0237] 제 1 전극(4204)은 전극(4207)과 전기적으로 접속되고, 제 2 전극(4206)은 전극(4208)과 전기적으로 접속된다. 제 2 전극(4206)과 전기적으로 접속되는 보조 배선(4209)을 제공하여도 좋다. 절연층(4210)을 보조 배선(4209) 아래에 제공하여도 좋다.
- [0238] 기관(4201)과, 요철을 갖는 밀봉 기관(4211)은 실란트(4212)에 의하여 서로 접합된다. 배리어막(4213) 및 평탄화막(4214)을 밀봉 기관(4211)과 발광 소자(4202) 사이에 제공하여도 좋다. 밀봉 기관(4211)이 도 8의 (C)에 도시된 요철을 가짐으로써, 발광 소자(4202)로부터 방출되는 광의 추출 효율을 높일 수 있다.
- [0239] 밀봉 기관(4211) 대신에, 도 8의 (D)에 도시된 조명 장치(4300)와 같이 확산판(4215)을 발광 소자(4202) 위에 제공하여도 좋다.
- [0240] 또한, 본 실시형태에서 설명한 조명 장치는 본 발명의 일 형태인 발광 소자 중 어느 것과, 하우징, 커버, 또는 지지물을 포함하여도 좋다. 발광 소자의 EL층(4005) 및 EL층(4205)은 각각 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함할 수 있다. 이 경우, 소비전력이 낮은 조명 장치를 제공할 수 있다.
- [0241] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0242] (실시형태 7)
- [0243] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치가 적용된 조명 장치의 예에 대하여, 도 9를 참조하여 설명한다.
- [0244] 도 9는 발광 장치를 실내 조명 장치(8001)로서 사용한 예를 도시한 것이다. 발광 장치는 대면적으로 할 수 있기 때문에, 대면적의 조명 장치에 사용될 수 있다. 또한, 곡면을 갖는 하우징을 사용함으로써, 발광 영역이 곡면을 갖는 조명 장치(8002)를 얻을 수도 있다. 본 실시형태에서 설명한 발광 장치에 포함되는 발광 소자는 박막 형상이고, 이로써 하우징을 더 자유로이 설계할 수 있다. 따라서, 조명 장치를 다양한 방법으로 정교하게 설계할 수 있다. 또한, 방의 벽에 조명 장치(8003)를 제공하여도 좋다.
- [0245] 상기 예 이외에도, 방에서의 가구의 일부로서 발광 장치를 사용하면, 그 가구로서 기능하는 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0246] 상술한 바와 같이, 발광 장치를 포함하는 다양한 조명 장치를 얻을 수 있다. 또한, 이들 조명 장치는 본 발명의 일 형태이기도 하다.
- [0247] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0248] (실시형태 8)
- [0249] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 또는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 포함하는 터치 패널에 대하여, 도 10의 (A) 및 도 10의 (B), 도 11의 (A) 및 도 11의 (B), 도 12의 (A) 및 도 12의 (B), 도 13의 (A) 및 도 13의 (B), 그리고 도 14를 참조하여 설명하겠다.
- [0250] 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)는 터치 패널(2000)의 사시도이다. 또한, 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)에는 단순화를 위하여 터치 패널(2000)의 대표적인 구성 요소를 도시하였다.
- [0251] 터치 패널(2000)은 표시 패널(2501) 및 터치 센서(2595)를 포함한다(도 10의 (B) 참조). 또한, 터치 패널(2000)은 기관(2510), 기관(2570), 및 기관(2590)을 포함한다.
- [0252] 표시 패널(2501)은 기관(2510) 위의 복수의 화소, 및 화소들에 신호를 공급하는 복수의 배선(2511)을 포함한다.

복수의 배선(2511)은 기관(2510)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2511)의 일부가 단자(2519)를 형성한다. 단자(2519)는 FPC(2509)(1)와 전기적으로 접속된다.

- [0253] 기관(2590)은 터치 센서(2595), 및 터치 센서(2595)와 전기적으로 접속된 복수의 배선(2598)을 포함한다. 복수의 배선(2598)은 기관(2590)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2598)의 일부는 단자(2599)를 형성한다. 단자(2599)는 FPC(2509)(2)와 전기적으로 접속된다. 또한, 도 10의 (B)에서는 명료화를 위하여, 기관(2590)의 후면 측(기관(2510)과 대향하는 측)에 제공되는 터치 센서(2595)의 전극 및 배선 등을 실선으로 나타내었다.
- [0254] 터치 센서(2595)로서는, 예를 들어, 정전 용량 터치 센서를 사용할 수 있다. 정전 용량 터치 센서의 예에는, 표면형 정전 용량 터치 센서 및 투영형 정전 용량 터치 센서 등이 있다.
- [0255] 투영형 정전 용량 터치 센서의 예에는, 주로 구동 방법이 상이한 자기 용량 터치 센서 및 상호 용량 터치 센서 등이 있다. 상호 용량 터치 센서를 사용하면, 여러 지점을 동시에 검지할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0256] 우선, 투영형 정전 용량 터치 센서를 사용하는 예에 대하여 도 10의 (B)를 참조하여 설명한다. 또한, 투영형 정전 용량 터치 센서의 경우, 손가락 등의 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있는 다양한 센서를 사용할 수 있다.
- [0257] 투영형 정전 용량 터치 센서(2595)는 전극(2591) 및 전극(2592)을 포함한다. 전극(2591)은 복수의 배선(2598) 중 어느 것과 전기적으로 접속되고, 전극(2592)은 복수의 배선(2598) 중 다른 어느 것과 전기적으로 접속된다. 전극들(2592)은 각각 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)에 도시된 바와 같이 복수의 사각형이 한 방향으로 배치된 형상을 갖고, 사각형의 한 모서리는 한 방향으로 배선(2594)으로 다른 사각형의 한 모서리와 접속된다. 마찬가지로, 전극(2591)은 복수의 사각형이 배치된 형상을 갖고, 사각형의 한 모서리는 다른 사각형의 한 모서리와 접속되어 있지만, 전극들(2591)이 접속되는 방향은 전극들(2592)이 접속되는 방향과 교차되는 방향이다. 또한, 전극들(2591)이 접속되는 방향과 전극들(2592)이 접속되는 방향이 반드시 서로 수직일 필요는 없고, 전극들(2591)을 0° 보다 크고 90° 미만의 각도로 전극들(2592)과 교차하도록 배치하여도 좋다.
- [0258] 배선(2594)과 전극들(2592) 중 하나의 교차 면적은 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여 전극이 제공되지 않는 영역의 면적을 줄일 수 있어, 투과율의 불균일을 저감할 수 있다. 그 결과, 터치 센서(2595)로부터의 광의 휘도의 불균일을 저감할 수 있다.
- [0259] 또한, 전극(2591) 및 전극(2592)의 형상은 상술한 형상에 한정되지 않고 다양한 형상 중 어느 것으로 할 수 있다. 예를 들어, 복수의 전극(2591)을, 전극들(2591) 사이의 공간이 가능한 한 저감되도록 제공하여도 좋고, 전극(2591)과 전극(2592) 사이에 절연층을 개재하여 복수의 전극(2592)을 제공하여도 좋다. 이 경우, 인접한 2개의 전극(2592) 사이에 이들 전극과는 전기적으로 절연된 더미 전극을 제공하면, 투과율이 상이한 영역의 면적을 저감할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0260] 다음에, 터치 패널(2000)에 대하여, 도 11의 (A) 및 도 11의 (B)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 11의 (A) 및 도 11의 (B)는 도 10의 (A)의 일점쇄선(X1-X2)을 따라 찢은 단면도이다.
- [0261] 터치 패널(2000)은 터치 센서(2595) 및 표시 패널(2501)을 포함한다.
- [0262] 터치 센서(2595)는 스테거 패턴으로 제공되고 기관(2590)과 접속되는 전극(2591) 및 전극(2592), 전극(2591) 및 전극(2592)을 덮는 절연층(2593), 및 인접한 전극들(2591)을 서로 전기적으로 접속시키는 배선(2594)을 포함한다. 인접한 전극(2591)들 사이에는, 전극(2592)이 제공된다.
- [0263] 투광성 도전 재료를 사용하여, 전극(2591) 및 전극(2592)을 형성할 수 있다. 투광성 도전 재료로서는 산화 인듐, 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물, 산화 아연, 또는 갈륨이 첨가된 산화 아연 등의 도전성 산화물을 사용할 수 있다. 마찬가지로, 그래핀 화합물을 사용하여도 좋다. 그래핀 화합물을 사용하면, 예를 들어, 산화 그래핀막을 환원함으로써 형성할 수 있다. 환원 방법으로서, 가열 또는 레이저 조사 등의 방법을 채용할 수 있다.
- [0264] 전극(2591) 및 전극(2592)은 예를 들어, 스퍼터링법에 의하여 기관(2590)에 투광성 도전 재료를 성막하고 나서, 포토리소그래피 등 다양한 패터닝 기술 중 임의의 것에 의하여 불필요한 부분을 제거함으로써 형성할 수 있다.
- [0265] 절연층(2593)의 재료의 예에는, 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지, 실록산 결합을 갖는 수지, 및 산화 실리콘, 산화질화 실리콘, 또는 산화 알루미늄 등의 무기 절연 재료가 있다.
- [0266] 인접한 전극(2591)은 절연층(2593)의 일부에 형성된 배선(2594)과 서로 전기적으로 접속된다. 또한, 배선

(2594)의 재료는 전기 저항을 저감하기 위하여, 전극(2591) 및 전극(2592)의 재료보다 높은 도전성을 갖는 것이 바람직하다.

- [0267] 하나의 배선(2598)은 전극(2591) 및 전극(2592) 중 한쪽과 전기적으로 접속된다. 배선(2598)의 일부는 단자로서 기능한다. 배선(2598)에는 알루미늄, 금, 백금, 은, 니켈, 타이타늄, 텅스텐, 크로뮴, 몰리브데넘, 철, 코발트, 구리, 또는 팔라듐 등의 금속 재료 또는 이들 금속 재료 중 어느 것을 함유하는 합금 재료를 사용할 수 있다.
- [0268] 단자(2599)를 통하여 배선(2598)과 FPC(2509)(2)는 서로 전기적으로 접속된다. 단자(2599)는 다양한 종류의 이방성 도전 필름(ACF: anisotropic conductive film) 및 이방성 도전 페이스트(ACP: anisotropic conductive paste) 등 중 어느 것을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0269] 접착층(2597)은 배선(2594)과 접촉되어 제공된다. 즉, 터치 센서(2595)는 접착층(2597)을 개재하여 서로 중첩되도록, 표시 패널(2501)과 접합된다. 또한, 도 11의 (A)에 도시된 바와 같이, 기관(2570)을 접착층(2597)과 접촉되는 표시 패널(2501)의 표면 위에 제공하여도 좋다; 그러나, 기관(2570)은 항상 필요한 것은 아니다.
- [0270] 접착층(2597)은 투광성을 갖는다. 예를 들어, 열 경화성 수지 또는 자외선 경화 수지를 사용할 수 있고, 구체적으로는 아크릴계 수지, 우레탄계 수지, 에폭시계 수지, 또는 실록산계 수지 등의 수지를 사용할 수 있다.
- [0271] 도 11의 (A)에서의 표시 패널(2501)은 기관(2510)과 기관(2570) 사이에, 매트릭스로 배치된 복수의 화소, 및 그들 회로를 포함한다. 각 화소는 발광 소자, 및 발광 소자를 구동하는 화소 회로를 포함한다.
- [0272] 도 11의 (A)에서는, 표시 패널(2501)의 화소의 예로서 화소(2502R)를 나타내고, 구동 회로의 예로서 주사선 구동 회로(2503g)를 나타내었다.
- [0273] 화소(2502R)는 발광 소자(2550R), 및 발광 소자(2550R)에 전력을 공급할 수 있는 트랜지스터(2502t)를 포함한다.
- [0274] 트랜지스터(2502t)는 절연층(2521)으로 덮여 있다. 절연층(2521)은 이미 형성된 트랜지스터 등에 기인하는 요철을 덮어 평면을 제공한다. 또한, 절연층(2521)은 불순물의 확산을 방지하기 위한 층으로서 기능하여도 좋다. 이는 불순물의 확산으로 인한 트랜지스터 등의 신뢰성의 저하를 방지할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0275] 발광 소자(2550R)는 배선을 통하여 트랜지스터(2502t)와 전기적으로 접속된다. 배선과 직접 접속되는 것은 발광 소자(2550R) 중 하나의 전극이다. 발광 소자(2550R) 중 하나의 전극의 단부는 절연체(2528)로 덮여 있다.
- [0276] 발광 소자(2550R)는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함한다. 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩되도록 제공되고, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광의 일부는 착색층(2567R)을 투과하고, 도면의 화살표로 가리킨 방향으로 추출된다. 차광층(2567BM)은 착색층의 단부에 제공되고, 밀봉층(2560)은 발광 소자(2550R)와 착색층(2567R) 사이에 제공된다.
- [0277] 또한, 발광 소자(2550R)로부터의 광을 추출하는 측에 밀봉층(2560)이 제공되면, 밀봉층(2560)은 투광성을 갖기 때문에 바람직하다. 또한, 밀봉층(2560)은 공기보다 큰 굴절률을 갖기 때문에 바람직하다.
- [0278] 주사선 구동 회로(2503g)는 트랜지스터(2503t) 및 용량 소자(2503c)를 포함한다. 또한, 구동 회로 및 화소 회로를 동일한 공정으로 동일한 기관 위에 형성할 수 있다. 따라서, 화소 회로의 트랜지스터(2502t)와 비슷한 식으로, 구동 회로(주사선 구동 회로(2503g))의 트랜지스터(2503t)도 절연층(2521)으로 덮여 있다.
- [0279] 트랜지스터(2503t)에 신호를 공급할 수 있는 배선(2511)이 제공된다. 단자(2519)가 배선(2511)과 접촉되어 제공된다. 단자(2519)는 FPC(2509)(1)와 전기적으로 접속되고, FPC(2509)(1)는 화상 신호 및 동기 신호 등의 신호를 공급하는 기능을 갖는다. 또한, FPC(2509)(1)에 프린트 배선판(PWB, printed wiring board)이 접착되어도 좋다.
- [0280] 도 11의 (A)에 도시된 표시 패널(2501)이 보텀 게이트 트랜지스터를 포함하는 경우에 대하여 설명하였지만, 트랜지스터의 구조는 이에 한정되지 않고, 다양한 구조를 갖는 트랜지스터 중 어느 것을 사용할 수 있다. 도 11의 (A)에 도시된 트랜지스터(2502t) 및 트랜지스터(2503t) 각각에서, 산화물 반도체를 함유하는 반도체층을 채널 영역에 사용할 수 있다. 또는, 비정질 실리콘을 함유하는 반도체층, 또는 레이저 어닐링 등의 결정화 처리에 의하여 얻어진 다결정 실리콘을 함유하는 반도체층을 채널 영역에 사용할 수 있다.
- [0281] 도 11의 (B)는, 도 11의 (A)에 도시된 보텀 게이트 트랜지스터 대신에, 톱 게이트 트랜지스터를 포함하는 표시

패널(2501)의 구조를 도시한 것이다. 채널 영역에 사용할 수 있는 반도체층의 종류는 트랜지스터의 구조에 의존하지 않는다.

- [0282] 도 11의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)에서는, 도 11의 (A)에 도시된 바와 같이, 화소로부터의 광이 추출되는 측에서의 터치 패널의 표면에, 적어도 화소와 중첩되는 반사 방지층(2567p)이 제공되는 것이 바람직하다. 반사 방지층(2567p)으로서는, 원 편광판 등을 사용할 수 있다.
- [0283] 도 11의 (A)에서의 기관(2510), 기관(2570), 및 기관(2590)에는 예를 들어, 수증기의 투과율이 $1 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 이하, 바람직하게는 $1 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 이하인 플렉시블 재료를 적합하게 사용할 수 있다. 또는, 이들 기관의 열 팽창 계수가 대략 동일한 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 재료의 선 팽창 계수는 $1 \times 10^{-3}/\text{K}$ 이하, 바람직하게는 $5 \times 10^{-5}/\text{K}$ 이하, 더 바람직하게는 $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 이하이다.
- [0284] 다음에, 도 11의 (A) 및 도 11의 (B)에 도시된 터치 패널(2000)의 구조와 상이한 구조를 갖는 터치 패널(2000')에 대하여, 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)를 참조하여 설명한다. 이것은 터치 패널(2000)과 마찬가지로 터치 패널로서 사용될 수 있다.
- [0285] 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)는 터치 패널(2000')의 단면도이다. 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)에 도시된 터치 패널(2000')에서는, 표시 패널(2501)에 대한 터치 센서(2595)의 위치가 도 11의 (A) 및 도 11의 (B)에 도시된 터치 패널(2000)의 위치와 상이하다. 이하에서는 상이한 구조에 대해서만 설명하고, 다른 비슷한 구조에 대해서는 상기 터치 패널(2000)의 설명을 참조할 수 있다.
- [0286] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩된다. 도 12의 (A)에 도시된 발광 소자(2550R)로부터의 광은 트랜지스터(2502t)가 제공되어 있는 측으로 방출된다. 즉, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광(의 일부)은 착색층(2567R)을 투과하여, 도 12의 (A)의 화살표로 가리킨 방향으로 추출된다. 또한, 차광층(2567BM)은 착색층(2567R)의 단부에 제공된다.
- [0287] 터치 센서(2595)는 표시 패널(2501)의 트랜지스터(2502t) 측(발광 소자(2550R)로부터 먼 측)에 제공된다(도 12의 (A) 참조).
- [0288] 접착층(2597)은 표시 패널(2501)의 기관(2510)과 접촉되며, 도 12의 (A)에 도시된 구조에서는 표시 패널(2501)과 터치 센서(2595)가 서로 접촉된다. 접착층(2597)에 의하여 서로 접촉되는, 표시 패널(2501)과 터치 센서(2595) 사이에, 반드시 기관(2510)을 제공할 필요는 없다.
- [0289] 터치 패널(2000)과 같이, 다양한 구조를 갖는 트랜지스터를 터치 패널(2000')의 표시 패널(2501)에 사용할 수 있다. 도 12의 (A)에서는 보텀 게이트 트랜지스터가 사용되지만, 도 12의 (B)에 도시된 바와 같이, 톱 게이트 트랜지스터를 사용하여도 좋다.
- [0290] 터치 패널의 구동 방법의 예에 대하여, 도 13의 (A) 및 도 13의 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0291] 도 13의 (A)는 상호 용량 터치 센서의 구조를 도시한 블록도이다. 도 13의 (A)는 펄스 전압 출력 회로(2601) 및 전류 감지 회로(2602)를 도시하고 있다. 또한, 도 13의 (A)의 예에서 6개의 배선(X1 내지 X6)은 펄스 전압이 공급되는 전극(2621)을 나타내고, 6개의 배선(Y1 내지 Y6)은 전류의 변화를 감지하는 전극(2622)을 나타낸다. 도 13의 (A)는 전극(2621) 및 전극(2622)이 서로 중첩되는 영역에 형성되는 용량 소자(2603)도 도시하고 있다. 또한, 전극(2621)과 전극(2622) 사이의 기능 치환이 가능하다.
- [0292] 펄스 전압 출력 회로(2601)는 배선(X1 내지 X6)에 순차적으로 펄스 전압을 인가하기 위한 회로이다. 배선(X1 내지 X6)에 펄스 전압이 인가됨으로써 용량 소자(2603)의 전극(2621)과 전극(2622) 사이에 전계가 발생된다. 예를 들어 전극들 사이의 전계가 차폐되면, 용량 소자(2603)에서 변화가 일어난다(상호 용량). 이 변화를 이용하여 감지 대상의 근접 또는 접촉을 감지할 수 있다.
- [0293] 전류 감지 회로(2602)는 용량 소자(2603)에서의 상호 용량의 변화에 기인하는 배선(Y1 내지 Y6)을 흐르는 전류의 변화를 감지하기 위한 회로이다. 감지 대상의 근접 또는 접촉이 없으면 배선(Y1 내지 Y6)에서 전류값의 변화가 감지되지 않지만, 감지 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 상호 용량이 감소되면 전류값의 감소가 감지된다. 또한, 전류의 감지에는 적분 회로 등을 사용한다.
- [0294] 도 13의 (B)는 도 13의 (A)에 도시된 상호 정전식 터치 센서의 입출력 파형을 나타낸 타이밍 차트이다. 도 13의 (B)에서는, 하나의 프레임 기간에 모든 행렬에서 감지 대상의 감지가 행해진다. 도 13의 (B)는 감지 대상이

검지되지 않는 기간(비(非)터치)과 검지 대상이 검지되는 기간(터치)을 나타내고 있다. 검지된 배선(Y1 내지 Y6)의 전류값을 전압값의 파형으로 나타내었다.

- [0295] 배선(X1 내지 X6)에는 순차적으로 펄스 전압이 인가되고, 이 펄스 전압에 따라 배선(Y1 내지 Y6)의 파형이 변화된다. 검지 대상의 근접 또는 접촉이 없는 경우에는 배선(X1 내지 X6)의 전압의 변화에 따라 배선(Y1 내지 Y6)의 파형이 균일하게 변화한다. 검지 대상이 근접 또는 접촉된 지점에서는 전류값이 감소되기 때문에 이에 따라 전압값의 파형이 변화된다. 이와 같이 상호 용량의 변화를 검지함으로써 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0296] 도 13의 (A)에는 터치 센서로서 배선들의 교차부에 용량 소자(2603)만을 제공한 패시브 터치 센서를 도시하였지만, 트랜지스터 및 용량 소자를 포함하는 액티브 터치 센서를 사용하여도 좋다. 도 14는 액티브 터치 센서에 포함되는 센서 회로이다.
- [0297] 도 14에 도시된 센서 회로는 용량 소자(2603), 트랜지스터(2611), 트랜지스터(2612), 및 트랜지스터(2613)를 포함한다.
- [0298] 트랜지스터(2613)의 게이트에는 신호(G2)가 입력된다. 트랜지스터(2613)의 소스 및 드레인 중 한쪽에는 전압(VRES)이 인가되고, 용량 소자(2603)의 한쪽 전극 및 트랜지스터(2611)의 게이트는 트랜지스터(2613)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다. 트랜지스터(2611)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 트랜지스터(2612)의 소스 및 드레인 중 한쪽에 전기적으로 접속되고, 트랜지스터(2611)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에는 전압(VSS)이 인가된다. 트랜지스터(2612)의 게이트에는 신호(G1)가 입력되고, 트랜지스터(2612)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에는 배선(ML)이 전기적으로 접속된다. 용량 소자(2603)의 다른 쪽 전극에는 전압(VSS)이 인가된다.
- [0299] 다음에, 도 14에 도시된 센서 회로의 동작에 대하여 설명한다. 우선, 신호(G2)로서 트랜지스터(2613)를 온으로 하기 위한 전위가 공급되어, 트랜지스터(2611)의 게이트에 접속된 노드(n)에 전압(VRES)에 대응하는 전위가 인가된다. 그리고, 신호(G2)로서 트랜지스터(2613)를 오프로 하기 위한 전위가 인가되어, 노드(n)의 전위가 유지된다. 이어서 손가락 등 검지 대상의 근접 또는 접촉으로 용량 소자(2603)의 상호 용량이 변화된다; 따라서, 노드(n)의 전위가 VRES에서 변화된다.
- [0300] 판독 동작에서는 신호(G1)로서 트랜지스터(2612)를 온으로 하기 위한 전위를 공급한다. 노드(n)의 전위에 따라 트랜지스터(2611)를 흐르는 전류, 즉 배선(ML)을 흐르는 전류가 변화된다. 이 전류를 검지함으로써 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0301] 트랜지스터(2611), 트랜지스터(2612), 및 트랜지스터(2613) 각각에서, 채널 영역이 형성되는 반도체층으로서 산화물 반도체층을 사용하는 것이 바람직하다. 특히 트랜지스터(2613)로서 이러한 트랜지스터를 사용하면, 노드(n)의 전위가 장기간 유지될 수 있고 노드(n)에 VRES를 다시 공급하는 동작(리프레시 동작)의 빈도를 줄일 수 있으므로 바람직하다.
- [0302] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조 중 임의의 것과 적절히 조합하여 사용될 수 있다.
- [0303] (실시형태 9)
- [0304] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자 중 어느 것을 포함하는 표시 장치로서, 반사 액정 소자 및 발광 소자를 포함하고 투과 모드 및 반사 모드 양쪽의 표시를 수행할 수 있는 표시 장치에 대하여, 도 15의 (A), 도 15의 (B1), 및 도 15의 (B2), 도 16, 그리고 도 17을 참조하여 설명한다.
- [0305] 본 실시형태에서 설명한 표시 장치는, 옥외 등의 밝은 장소에서 반사 모드를 사용한 표시 덕분에, 매우 저소비 전력으로 구동될 수 있다. 또한, 야간의 실내 등의 어두운 장소에서는 투과 모드를 사용함으로써, 최적의 휘도로 화상을 표시할 수 있다. 따라서, 이 표시 장치는, 이들 모드를 조합함으로써, 종래의 표시 패널과 비교하여 소비전력이 낮고 콘트라스트가 높은 화상을 표시할 수 있다.
- [0306] 본 실시형태의 표시 장치의 예로서는, 반사 전극이 제공된 액정 소자와, 발광 소자가 적층되고 발광 소자와 중첩되는 위치에 반사 전극의 개구가 제공되는 표시 장치에 대하여 설명한다. 반사 모드 시에는 가시광이 반사 전극에 의하여 반사되고, 투과 모드 시에는 발광 소자로부터 방출되는 광이 반사 전극의 개구를 통하여 방출된다. 또한, 이들 소자(액정 소자 및 발광 소자)의 구동에 사용되는 트랜지스터는 동일한 평면에 형성되는 것이 바람직하다. 액정 소자 및 발광 소자는 절연층을 통하여 적층되는 것이 바람직하다.

- [0307] 도 15의 (A)는 본 실시형태에서 설명하는 표시 장치를 도시한 블록도이다. 표시 장치(500)는 회로(G)(501), 회로(S)(502), 및 표시부(503)를 포함한다. 표시부(503)에서는, 복수의 화소(504)가 R 방향 및 C 방향으로 매트릭스로 배치된다. 복수의 배선(G1), 배선(G2), 배선(ANO), 및 배선(CSCOM)은 회로(G)(501)와 전기적으로 접속된다. 이들 배선은 R 방향으로 배치된 복수의 화소(504)와도 전기적으로 접속된다. 복수의 배선(S1) 및 배선(S2)은 회로(S)(502)와 전기적으로 접속되고, 이들 배선은 C 방향으로 배치된 복수의 화소(504)와도 전기적으로 접속된다.
- [0308] 복수의 화소(504) 각각은 액정 소자 및 발광 소자를 포함한다. 액정 소자 및 발광 소자는 서로 중첩되는 부분을 포함한다.
- [0309] 도 15의 (B1)은 화소(504)에 포함되는 액정 소자의 반사 전극으로서 기능하는 도전막(505)의 형상을 나타낸 것이다. 또한, 도전막(505)의 일부이고 발광 소자와 중첩되는 위치(506)에 개구(507)가 제공된다. 즉, 발광 소자로부터 방출되는 광은 개구(607)를 통하여 방출된다.
- [0310] 도 15의 (B1)에서의 화소(504)는 R 방향에 인접한 화소(504)가 상이한 색을 나타내도록 배치된다. 또한, 개구(507)는 R 방향으로 일렬로 배치되지 않도록 제공된다. 이러한 배치는 인접한 화소(504)의 발광 소자들 사이에서의 크로스토크를 억제하는 효과를 갖는다.
- [0311] 개구(507)는 예를 들어, 다각형, 사각형, 타원형, 원형, 십자형, 스트라이프 형상, 또는 슬릿 형상을 가질 수 있다.
- [0312] 도 15의 (B2)는 도전막(505)의 다른 배치의 예를 도시한 것이다.
- [0313] 도전막(505)의 총면적(개구(507)를 제외함)에 대한 개구(507)의 비율은 표시 장치의 표시에 영향을 미친다. 즉, 개구(507)의 면적이 클수록 액정 소자를 사용하는 표시가 어두워지는 한편, 개구(507)의 면적이 작을수록 발광 소자를 사용하는 표시는 어두워진다는 문제가 발생한다. 또한, 개구의 비율의 물체에 더하여, 개구(507) 자체의 면적이 작은 경우에도, 발광 소자로부터 방출되는 광의 추출 효율이 저하된다는 문제도 발생한다. 도전막(505)의 총면적(개구(507) 이외)에 대한 개구(507)의 비율은, 액정 소자 및 발광 소자를 조합할 때에 표시 품질을 유지하기 위하여, 5% 이상 60% 이하인 것이 바람직하다.
- [0314] 다음에, 화소(504)의 회로 구성의 예에 대하여, 도 16을 참조하여 설명한다. 도 16은 2개의 인접한 화소(504)를 나타낸 것이다.
- [0315] 화소(504)는 트랜지스터(SW1), 용량 소자(C1), 액정 소자(510), 트랜지스터(SW2), 트랜지스터(M), 용량 소자(C2), 및 발광 소자(511) 등을 포함한다. 또한, 이들 구성 요소는 화소(604)에서, 배선(G1), 배선(G2), 배선(ANO), 배선(CSCOM), 배선(S1), 및 배선(S2) 중 어느 것과 전기적으로 접속된다. 액정 소자(510) 및 발광 소자(511)는 각각, 배선(VCOM1) 및 배선(VCOM2)과 전기적으로 접속된다.
- [0316] 트랜지스터(SW1)의 게이트는 배선(G1)과 접속된다. 트랜지스터(SW1)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S1)과 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C1)의 한쪽의 전극 및 액정 소자(510)의 한쪽의 전극과 접속된다. 용량 소자(C1)의 다른 쪽의 전극은 배선(CSCOM)과 전기적으로 접속된다. 액정 소자(510)의 다른 쪽의 전극은 배선(VCOM1)과 접속된다.
- [0317] 트랜지스터(SW2)의 게이트는 배선(G2)과 접속된다. 트랜지스터(SW2)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S2)과 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C2)의 한쪽의 전극 및 트랜지스터(M)의 게이트와 접속된다. 용량 소자(C2)의 다른 쪽의 전극은 트랜지스터(M)의 소스 및 드레인 중 한쪽, 및 배선(ANO)과 접속된다. 트랜지스터(M)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 발광 소자(511)의 한쪽의 전극과 접속된다. 또한, 발광 소자(511)의 다른 쪽의 전극은 배선(VCOM2)과 접속된다.
- [0318] 또한, 트랜지스터(M)는 사이에 반도체가 제공되고 서로 전기적으로 접속되는 2개의 게이트를 포함한다. 이러한 구조로 함으로써, 트랜지스터(M)를 흐르는 전류량을 증가시킬 수 있다.
- [0319] 트랜지스터(SW1)의 온/오프 상태는 배선(G1)으로부터의 신호에 의하여 제어된다. 미리 결정된 전위는 배선(VCOM1)으로부터 공급된다. 또한, 액정 소자(510)의 액정의 배향을 배선(S1)으로부터의 신호에 의하여 제어할 수 있다. 미리 결정된 전위는 배선(CSCOM)으로부터 공급된다.
- [0320] 트랜지스터(SW2)의 온/오프 상태는 배선(G2)으로부터의 신호에 의하여 제어된다. 배선(VCOM2) 및 배선(ANO)으로부터 인가되는 전위의 차이에 의하여, 발광 소자(511)는 광을 방출할 수 있다. 또한, 트랜지스터(M)의 온/오프

프 상태는 배선(S2)으로부터의 신호에 의하여 제어된다.

- [0321] 따라서, 본 실시형태의 구조에서는, 반사 모드의 경우에, 액정 소자(510)는 배선(G1) 및 배선(S1)으로부터 공급되는 신호에 의하여 제어되고 광학 변조를 이용함으로써, 표시를 수행할 수 있다. 투과 모드의 경우에는, 신호가 배선(G2) 및 배선(S2)으로부터 공급될 때에 발광 소자(511)는 광을 방출할 수 있다. 양쪽 모드를 동시에 수행하는 경우에는, 배선(G1), 배선(G2), 배선(S1), 및 배선(S2)으로부터의 신호에 따라 원하는 구동을 수행할 수 있다.
- [0322] 다음에, 본 실시형태에서 설명한 표시 장치(500)의 단면 모식도인 도 17을 참조하여 구체적으로 설명하겠다.
- [0323] 표시 장치(500)는 기관(521)과 기관(522) 사이에 발광 소자(523) 및 액정 소자(524)를 포함한다. 또한, 발광 소자(523) 및 액정 소자(524)는 절연층(525)을 개재하여 형성된다. 즉, 발광 소자(523)는 기관(521)과 절연층(525) 사이에 위치하고, 액정 소자(524)는 기관(522)과 절연층(525) 사이에 위치한다.
- [0324] 트랜지스터(515), 트랜지스터(516), 트랜지스터(517), 및 착색층(528) 등은 절연층(525)과 발광 소자(523) 사이에 제공된다.
- [0325] 기관(521)과 발광 소자(523) 사이에 접합층(529)이 제공된다. 발광 소자(523)는 절연층(525) 위에 이하의 순서대로 적층되는, 한쪽의 전극으로서 기능하는 도전층(530), EL층(531), 및 다른 쪽의 전극으로서 기능하는 도전층(532)을 포함한다. 보텀 이미전 발광 소자인 발광 소자(523)에서, 도전층(532) 및 도전층(530)은 각각, 가시광을 반사하는 재료 및 가시광을 투과시키는 재료를 함유한다. 발광 소자(523)로부터 방출되는 광은 착색층(528) 및 절연층(525)을 투과하고 나서, 개구(533)를 통하여 액정 소자(524)를 투과함으로써, 기관(522)의 외부에 방출된다.
- [0326] 절연층(525)과 기관(522) 사이에는, 액정 소자(524)에 더하여, 착색층(534), 차광층(535), 절연층(546), 및 구조체(536) 등이 제공된다. 액정 소자(524)는 한쪽의 전극으로서 기능하는 도전층(537), 액정(538), 다른 쪽의 전극으로서 기능하는 도전층(539), 그리고 배향막(540) 및 배향막(541) 등을 포함한다. 또한, 액정 소자(524)는 반사형 액정 소자이고, 도전층(539)은 반사 전극으로서 기능한다; 따라서, 액정 소자(524) 및 도전층(539)은 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 또한, 도전층(537)은 투명 전극으로서 기능하기 때문에, 가시광을 투과시키는 재료를 사용하여 형성된다. 배향막(540) 및 배향막(541)은 도전층(537)과 도전층(539)에 제공되어도 좋고 액정 소자층(538)과 접촉되어도 좋다. 절연층(546)은 착색층(534) 및 차광층(535)을 덮도록 제공되고 오버코트층으로서 기능한다. 또한, 배향막(540) 및 배향막(541)을 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0327] 개구(533)는 도전층(539)의 일부에 제공된다. 도전층(543)은 도전층(539)과 접촉되어 제공되며, 가시광을 투과시키는 재료를 포함한다.
- [0328] 구조체(536)는 기관(522)이 절연층(525)과 필요 이상으로 가까워지는 것을 방지하는 스페이서로서 기능한다. 구조체(536)를 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0329] 트랜지스터(515)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 발광 소자(523)의 도전층(530)과 전기적으로 접속된다. 예를 들어, 트랜지스터(515)는 도 16의 트랜지스터(M)에 상당한다.
- [0330] 트랜지스터(516)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 단자부(518)를 통하여 액정 소자(524)의 도전층(539) 및 도전층(543)과 전기적으로 접속된다. 즉, 단자부(518)는 절연층(525)의 양면에 제공되는 도전층들을 전기적으로 접속시킨다. 트랜지스터(516)는 도 16의 스위치(SW1)에 상당한다.
- [0331] 기관(521)과 기관(522)이 서로 중첩되지 않는 영역에 단자부(519)가 제공된다. 단자부(518)와 마찬가지로, 단자부(519)는 절연층(525)의 양면에 제공되는 도전층들을 전기적으로 접속시킨다. 단자부(519)는 도전층(543)과 동일한 도전막을 가공함으로써 얻어진 도전층과 전기적으로 접속된다. 따라서, 단자부(519)와 FPC(544)는 도전층(545)을 통하여 서로 전기적으로 접속될 수 있다.
- [0332] 접합층(542)이 제공되는 영역의 일부에 접속부(547)가 제공된다. 접속부(547)에서는, 도전층(543)과 동일한 도전막을 가공함으로써 얻어진 도전층, 및 도전층(537)의 일부가 커넥터(548)와 전기적으로 접속된다. 따라서, FPC(544)로부터 입력되는 신호 또는 전위는 커넥터(548)를 통하여 도전층(537)에 공급될 수 있다.
- [0333] 도전층(537)과 도전층(543) 사이에는 구조체(536)가 제공된다. 구조체(536)는 액정 소자(524)의 셀 갭을 유지한다.
- [0334] 도전층(543)으로서는, 금속 산화물, 금속 질화물, 또는 저항이 저감된 산화물 반도체 등의 산화물을 사용하는

것이 바람직하다. 산화물 반도체를 사용하는 경우에는, 수소, 붕소, 인, 질소, 및 그 이외의 불순물의 농도, 및 산소 결손량 중 적어도 하나가 트랜지스터의 반도체층보다 높아진 재료가 도전층(543)에 사용된다.

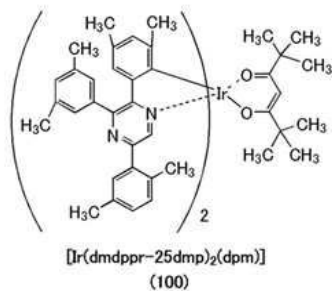
[0335] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명한 구조 중 임의의 것과 적절히 조합될 수 있다.

[0336] (실시예 1)

[0337] <<합성예 1>>

[0338] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태이고 실시형태 1의 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체인, 비스 {4,6-다이메틸-2-[5-(2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κM]페닐-κC}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]의 합성 방법에 대하여 설명한다. [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]의 구조를 이하에 나타낸다.

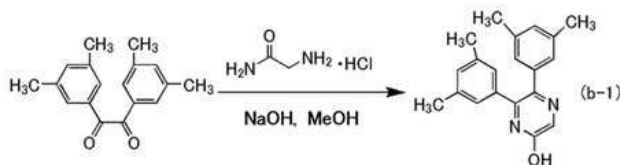
[0339] [화학식 22]



[0340] <단계 1: 5-하이드록시-2,3-(3,5-다이메틸페닐)피라진의 합성>

[0341] 우선, 3,3',5,5'-테트라메틸벤질 5.27g, 글라이신아마이드염산염 2.61g, 수산화 소듐 1.92g, 및 메탄올 50mL를, 환류관을 구비한 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 그 후, 상기 혼합물을 80℃에서 7시간 동안 교반하여, 반응을 일으켰다. 또한, 이 혼합물에 12M 염산 2.5mL를 첨가하고 30분 동안 교반하였다. 그리고, 탄산 수소 포타슘 2.02g을 첨가하고, 30분 동안 교반하였다. 이 얻어진 현탁액에 흡인 여과를 수행한 후, 얻어진 고체를 물 및 메탄올로 세척하여, 목적의 피리딘 유도체를 유백색 분말로서 수율 79%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 (b-1)에 나타낸다.

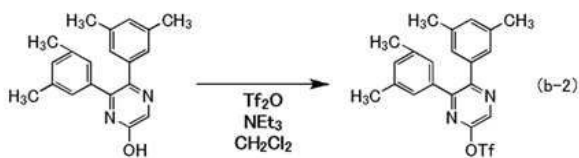
[0343] [화학식 23]



[0345] <단계 2: 5,6-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진-2-일 트라이플루오로메테인설폰산의 합성>

[0346] 다음에, 단계 1에서 얻어진 5-하이드록시-2,3-(3,5-다이메틸페닐)피라진 4.80g, 트라이에틸아민 4.5mL, 및 dry 다이클로로메테인 80mL를 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 플라스크를 -20℃까지 냉각하고, 트라이플루오로메테인설폰산 무수물 3.5mL를 그들에 적하하고, 실온에서 17.5시간 동안 교반하였다. 여기서, 플라스크를 0℃까지 냉각하고, 트라이플루오로메테인설폰산 무수물 0.7mL를 그들에 더 적하하고, 실온에서 22시간 동안 교반하여 반응을 일으켰다. 물 및 5mL의 1M 염산을 반응 용액에 첨가하고, 유기층을 다이클로로메테인으로 추출하였다. 추출하고 얻어진 용액을 포화 탄산 수소 소듐 수용액 및 포화 식염수로 세척하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 건조에 의하여 얻어진 용액을 여과하였다. 이 여과액을 농축하고, 전개 용매로서 톨루엔:헥세인=1:1을 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 얻어진 잔류물을 정제하여, 목적의 피라진 유도체를 황색 오일로서 수율 96%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 (b-2)에 나타낸다.

[0347] [화학식 24]

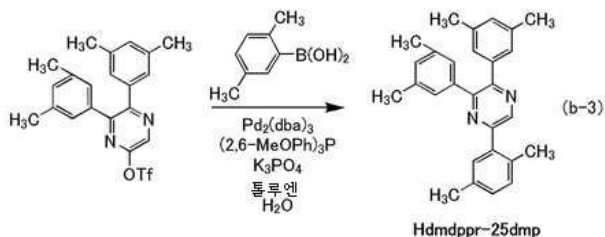


[0348]

[0349] <단계 3: 5-(2,5-다이메틸페닐)-2,3-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진(약칭: Hdmdppr-25dmp)의 합성>

[0350] 다음에, 단계 2에서 얻어진 5,6-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진-2-일 트라이플루오로메테인설폰산 1.22g, 2,5-다이메틸페닐보론산 0.51g, 인산 삼포타슘 2.12g, 톨루엔 20mL, 및 물 2mL를 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 플라스크 내의 혼합물을 감압하에서 교반함으로써 탈기하고, 트리스(다이벤질리텐 아세톤)다이팔라듐(0) 0.026g 및 트리스(2,6-다이메톡시페닐)포스핀 0.053g을 이에 첨가하고, 이 혼합물을 4시간 동안 환류시켰다. 다음에, 물을 반응 용액에 첨가하고, 유기층을 톨루엔으로 추출하였다. 추출하고 얻어진 용액을 포화 식염수로 세척하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 건조에 의하여 얻어진 용액을 여과하였다. 이 여과액을 농축하고, 전개 용매로서 톨루엔을 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 얻어진 잔류물을 정제하여, 목적의 피라진 유도체인 Hdmdppr-25dmp를 무색 오일로서 수율 97%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 (b-3)에 나타낸다.

[0351] [화학식 25]

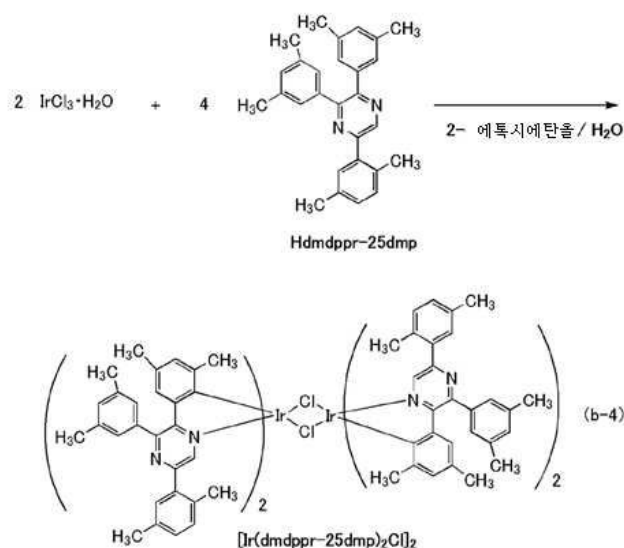


[0352]

[0353] <단계 4: 다이-μ-클로로-테트라키스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κM]페닐-κC}다이이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-25dmp)2Cl]2)의 합성>

[0354] 다음에, 2-에톡시에탄올 15mL, 물 5mL, 상술한 단계 3에서 얻어진 Hdmdppr-25dmp 1.04g, 및 염화 이리듐 수화물(IrCl3·H2O)(Furuya Metal Co., Ltd. 제조) 0.36g을 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 1시간 동안 마이크로파 조사(2.45GHz, 100W)를 수행하여 반응을 일으켰다. 이 용매를 증류하여 제거하고, 메탄올을 사용하여 얻어진 잔류물의 흡인 여과 및 세척을 수행하여, 복핵 착체인 [Ir(dmdppr-25dmp)2Cl]2를 적갈색 분말로서 수율 80%로 얻었다. 단계 4의 합성 스킴을 (b-4)에 나타낸다.

[0355] [화학식 26]



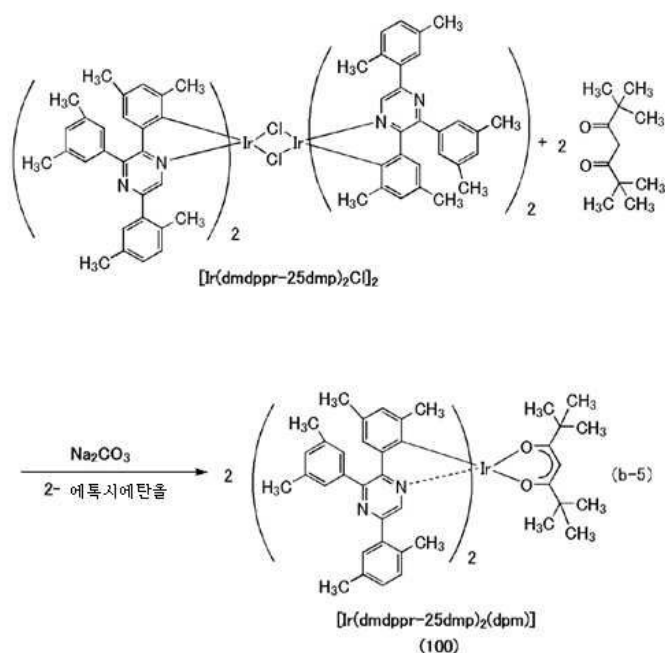
[0356]

[0357] <단계 5: 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κN]페닐-κC}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트-κ²O,O')이리듐(III)(약칭:[Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]의 합성>

[0358]

또한, 2-에톡시에탄올 30mL, 상술한 단계 4에서 얻어진 복핵 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-25dmp})_2\text{Cl}]_2$ 1.58g, 다이피발로 일메테인(약칭: Hdpm) 0.44g, 및 탄산 소듐 0.84g을, 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 마이크로파(2.45GHz, 100W)로 60분 동안 조사함으로써, 혼합물을 가열하였다. 용매를 증류하여 제거하고, 얻어진 잔류물을 메탄올을 사용하여 흡인 여과하였다. 얻어진 고체를 물 및 메탄올로 세척하였다. 얻어진 고체를 다이클로로메테인:헥세인의 비율이 1:1인 전개 용매를 사용하는 플래시 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하고, 다이클로로메테인과 메탄올의 혼합 용매를 사용하여 재결정화하여, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-25dmp})_2(\text{dpm})]$ 의 적색 분말을 수율 71%로 얻었다. 트레인 서블리메이션법에 의하여, 얻어진 적색 분말상 고체 1.27g을 정제하였다. 승화에 의한 정제에서는, 이 고체를 250℃에서, 2.6Pa의 압력하에서, 5mL/min의 아르곤 가스 유량으로 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, 목적의 물질인 적색 고체를 수율 92%로 얻었다. 단계 5의 합성 스킴을 (b-5)에 나타낸다.

[0359] [화학식 27]



[0360]

[0361] 또한, 상술한 단계 5에서 얻어진 화합물을 분석한 핵자기 공명 분광법(1H -NMR)의 결과를 이하에 나타낸다. 도 18은 1H -NMR 차트를 나타낸 것이다. 이 결과는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 상기 구조식 (100)으로 나타내어진 $[Ir(dmdppr-25dmp)_2(dpm)]$ 이 합성에 1에서 얻어진 것을 밝혔다.

[0362] 1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.93(s, 18H), 1.43(s, 6H), 1.94(s, 6H), 2.33(s, 6H), 2.35-2.40(m, 18H), 5.63(s, 1H), 6.45(s, 2H), 6.79(s, 2H), 7.13(d, 2H), 7.17-7.18(m, 4H), 7.20(s, 2H), 7.34(s, 4H), 8.44(s, 2H).

[0363] 다음에, $[Ir(dmdppr-25dmp)_2(dpm)]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 "흡수 스펙트럼"이라고 함) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 또한, 발광 스펙트럼은 절대 PL 양자 수율 측정계(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0010mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 얻어진 흡수 및 발광 스펙트럼의 분석 결과를 도 19에 나타내고, 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 19에는 2개의 실선을 나타내었다; 가는 선은 흡수 스펙트럼을 나타내고 굵은 선은 발광 스펙트럼을 나타낸다. 또한, 도 19에서의 흡수 스펙트럼은, 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 넣음으로써 측정된 흡수 스펙트럼으로부터, 다이클로로메테인만을 석영 셀에 넣음으로써 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻어진 결과이다.

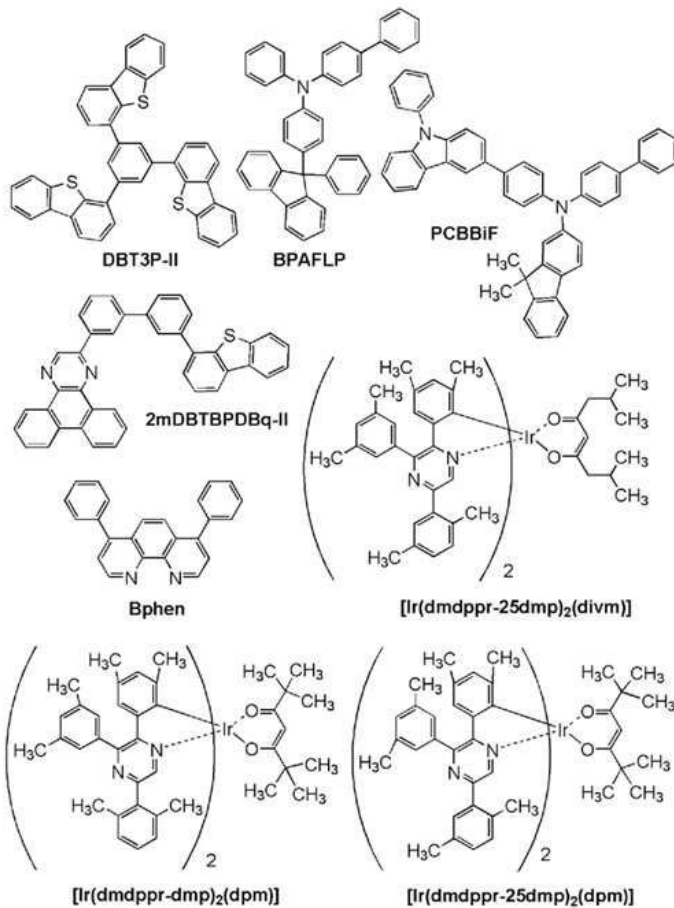
[0364] 도 19에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[Ir(dmdppr-25dmp)_2(dpm)]$ 은 625nm에 발광 피크를 가지며, 다이클로로메테인 용액으로부터 적색 발광이 관찰되었다.

[0365] (실시예 2)

[0366] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 구조식(100)으로 나타내어지는 $[Ir(dmdppr-25dmp)_2(dpm)]$ 을 포함하는 발광 소자 1, 유기 금속 착체로서 비스{2-(5-(2,6-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐- κN)-4,6-다이메틸페닐- κC }(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III) (약칭: $[Ir(dmdppr-dmp)_2(dpm)]$)을 포함하는 비교 발광 소자 2, 및 유기 금속 착체로서 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐- κN]-페닐- κC }(2,8-다이메틸-4,6-노네인다이오네이트

-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm)])을 포함하는 비교 발광 소자 3을 제작하였다. 또한, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 제작에 대하여, 도 20을 참조하여 설명한다. 본 실시예에서 사용되는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0367] [화학식 28]



[0368]

[0369] <발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 제작>

[0370] 우선, 스퍼터링법에 의하여 유리 기판(900) 위에 산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITO)을 성막함으로써, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(901)을 형성하였다. 또한, 두께를 110nm로 설정하고, 전극 면적을 2mm×2mm로 설정하였다.

[0371] 다음에, 기판(900) 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전(前)처리로서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성을 수행한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0372] 그 후, 압력을 약 1×10⁻⁴Pa까지 저감시킨 진공 증착 장치로 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행하였다. 그리고, 기판(900)을 약 30분 동안 냉각하였다.

[0373] 다음에, 제 1 전극(901)이 형성된 기판의 면이 아래 쪽을 향하도록, 기판(900)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정하였다. 본 실시예에서는, EL층(902)에 포함되는, 정공 주입층(911), 정공 수송층(912), 발광층(913), 전자 수송층(914), 및 전자 주입층(915)이 진공 증착법에 의하여 순차적으로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.

[0374] 진공 증착 장치의 압력을 1×10⁻⁴Pa까지 저감한 후, 1,3,5-트라이(다이벤조싸이오펜-4-일)벤젠(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브덴을 질량비 4:2(DBT3P-II:산화 몰리브덴)로 공증착함으로써, 제 1 전극(901) 위에 정공 주입층(911)을 형성하였다. 정공 주입층(911)의 두께는 20nm로 설정하였다. 또한, 공증착은 복수의 상이한 물질을 상이한 증착원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

- [0375] 그리고, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP)이 두께 20nm가 되도록 증착에 의하여 성막함으로써, 정공 수송층(912)을 형성하였다.
- [0376] 다음에, 정공 수송층(912) 위에 발광층(913)을 형성하였다.
- [0377] 발광 소자 1의 제작에는, 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 및 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]을 질량비 0.8:0.2:0.05(2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)])로 공증착하였다. 또한, 발광층(913)을 두께 40nm로 형성하였다.
- [0378] 비교 발광 소자 2의 제작에는, 2mDBTPDBq-II, PCBBiF, 및 [Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)]을 질량비 0.8:0.2:0.05(2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)])로 공증착하였다. 또한, 발광층(913)을 두께 40nm로 형성하였다.
- [0379] 비교 발광 소자 3의 제작에는, 2mDBTPDBq-II, PCBBiF, 및 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm)]을 질량비 0.8:0.2:0.05(2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm)])로 공증착하였다. 또한, 발광층(913)을 두께 40nm로 형성하였다.
- [0380] 다음에, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각의 발광층(913) 위에, 2mDBTPDBq-II를 증착에 의하여 두께 20nm가 되도록 성막하고 나서, Bphen을 증착에 의하여 두께 10nm가 되도록 성막함으로써, 전자 수송층(914)을 형성하였다.
- [0381] 또한, 전자 수송층(914) 위에 플루오린화 리튬을 증착에 의하여 두께 1nm가 되도록 성막함으로써, 전자 주입층(915)을 형성하였다.
- [0382] 마지막으로, 전자 주입층(915) 위에 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm가 되도록 성막함으로써, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(903)을 형성하였다. 따라서, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각을 얻었다. 또한, 상기 모든 증착 공정에서, 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.
- [0383] 표 1은 상술한 방법에 의하여 제작한 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 소자 구조를 나타낸 것이다.
- [0384] [표 1]

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 1	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
비교 발광 소자 2	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
비교 발광 소자 3	NITO (70nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

[0385]

[0386] *2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm))] (0.8:0.2:0.05, 40nm)

[0387] **2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm))] (0.8:0.2:0.05, 40nm)

[0388] ***2mDBTPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm))] (0.8:0.2:0.05, 40nm)

[0389] 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3은 각각 공기에 노출되지 않도록 질소 분위기를 함유하는 글로브 박스 내에서 밀봉하였다(구체적으로는, 실란트를 소자의 외주에 도포하고, 밀봉 시에 우선, UV 처리를 수행하고 나서 80℃에서 1시간 동안 가열 처리를 수행하였다).

[0390] <<발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 동작 특성>>

[0391] 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 동작 특성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온에서(25℃로 유지된 분위기하에서) 실시하였다.

[0392] 도 21, 도 22, 도 23, 도 24, 및 도 25는 각각 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성, 전압-휘도 특성, 휘도-전류 효율 특성, 전압-전류 특성, 및 1000cd/m² 부근에서의 CIE 색도를 나타낸 것이다.

[0393] 표 2는 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 주된 초기 특성값을 나타낸 것이다.

[0394] [표 2]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도(x,y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 1	3.2	0.16	3.9	(0.685,0.315)	1100	28	28	27
비교 발광 소자 2	3.2	0.12	3.1	(0.673,0.327)	1100	37	36	28
비교 발광 소자 3	3.1	0.11	2.8	(0.679,0.323)	870	31	32	27

[0395]

[0396] 도 26은 전류 밀도 25mA/cm²로 전류를 인가한 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 26에 나타난 바와 같이, 발광 소자 1의 발광 스펙트럼은 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 발광 스펙트럼보다 장파장 측으로 시프트되고 624nm 부근에 피크를 갖고, 이것은 피크가 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]의 적색 발광에서 유래하는 것을 가리킨다.

[0397] 도 25 및 표 2에 따르면, 발광층에 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]을 포함하는 발광 소자 1의 색도는 발광층에 [Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)]을 포함하는 비교 발광 소자 2의 색도, 및 발광층에 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm)]을 포함하는 비교 발광 소자 3의 색도보다 좋다. 이것은 도 26에 나타난 바와 같이, 발광 소자 1의 발광 스펙트럼의 피크가 가장 장파장 측에 위치하기 때문이다. 결과적으로, 발광 소자 1은 DCI-P3 규격으로 규정되는 적색 색도 좌표 (x, y)=(0.68, 0.32)을 커버하는 우수한 색도를 나타낸다.

[0398] 발광 소자 1에 포함되는 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]과 비교 발광 소자 2에 포함되는 [Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)]의 차이는 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 2위치 및 5위치에 치환기를 갖는지, 또는 2위치 및 6위치에 치환기를 갖는지 뿐이다. 페닐기가 2위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우와 비교하면, 배위자에서의 피라진 고리의 5위치에 결합하는 페닐기가 2위치 및 5위치에 치환기를 갖는 경우에는 페닐기의 비틀림을 저감할 수 있다; 그러므로, 분자의 결합이 확대되어, 발광 파장이 길어진다. 발광 소자 1에 포함되는 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(dpm)]과 비교 발광 소자 3에 포함되는 [Ir(dmdppr-25dmp)₂(divm)]의 차이는 배위자로서 dpm을 사용하는지, 또는 divm을 사용하는지 뿐이다. divm 및 dpm은 각각 탄소수가 동일한 분기된 알킬기를 포함하는 구조 이성질체이다. divm 및 dpm이 각각 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체에 포함되는 피라진 골격을 포함하는 배위자와 조합되는 경우, 발광 파장은 장파장 측으로 시프트되고, 이것은 새로운 발견이다. 또한, 색도가 상이한 소자 중의 발광 효율을 비교하는 지표인 외부 양자 효율, 및 구동 전압에 큰 차이는 없었다.

[0399] 다음에, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3에 대하여 신뢰성 테스트를 수행하였다. 도 27은 신뢰성 테스트의 결과를 나타낸 것이다. 도 27에서, 세로축은 초기 휘도 100%에 대한 정규화된 휘도(%)를 나타내고, 가로축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 또한, 신뢰성 테스트에서는, 초기 휘도를 5000cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건하에서 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3을 구동시켰다.

[0400] 또한, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3을 비교하면, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속

착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 을 포함하는 발광 소자 1은 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 을 포함하는 비교 발광 소자 2보다 신뢰성이 높다. 이것은 페닐기가 2위치 및 6위치에 치환기를 갖는 경우와 비교하면, 피라진 고리의 5 위치에 결합하는 페닐기가 2위치 및 5위치에 치환기를 갖는 경우에는 페닐기의 비틀림을 저감할 수 있기 때문이다; 그러므로, 분자의 결합이 확대되어, 화학적 및 물리적인 구조의 안정성이 증가된다. 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 을 포함하는 발광 소자 1의 초기 열화는 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{divm})]$ 을 포함하는 비교 발광 소자 3의 초기 열화와 비교하여 약간 저감된다. 이것은 다이피발로일메타네이트(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트) 배위자가 2,8-다이메틸-4,6-노네인다이오네이트(약칭: divm) 배위자보다 유기 금속 착체의 열 물성을 향상시킬 수 있고 성막 시의 분해를 저감할 수 있기 때문이다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체로 발광 소자의 장수명화를 실현할 수 있는 것을 알았다.

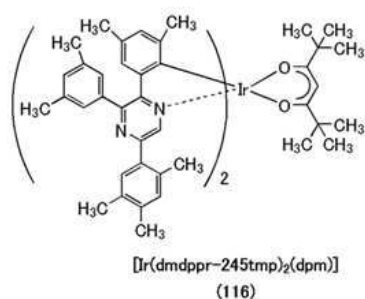
[0401] 또한, 도 28은 진공(약 10Pa)에서의 열 중량 분석(TGA)의 결과를 나타낸 것이다. 측정 시의 승온 속도는 10℃/min로 설정하였다. 도 28로부터, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 은 비교 발광 소자 3에 포함되고 divm 배위자를 dpm 배위자 대신에 사용한 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{divm})]$ 보다 저온 측에서 중량 감소가 관찰되기 때문에, $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmp})_2(\text{dpm})]$ 은 승화 온도가 낮은, 즉, 승화성이 높은 것을 알았다.

[0402] (실시예 3)

[0403] <<합성예 2>>

[0404] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 실시형태 1에서 구조식(116)으로 나타내어지는 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,4,5,-트라이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κN]페닐-κC}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-245\text{tmp})_2(\text{dpm})]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. 또한, $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-245\text{tmp})_2(\text{dpm})]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0405] [화학식 29]

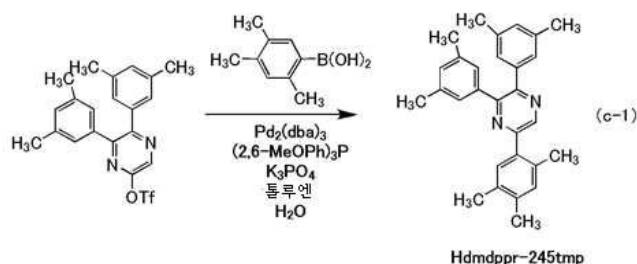


[0406]

[0407] <단계 1: 5-(2,4,5,-트라이메틸페닐)-2,3-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진(약칭: Hdmdppr-245tmp)의 합성>

[0408] 우선, 5,6-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진-2-일 트라이플루오로메테인설폰산 1.16g, 2,4,5-다이메틸페닐보론산 0.52g, 인산 삼포타슘 2.02g, 톨루엔 22mL, 및 물 2.2mL를 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 플라스크 내의 혼합물을 감압하에서 교반함으로써 탈기하고, 트리소(다이벤질리덴아세톤)다이팔라듐(0) 0.025g 및 트리소(2,6-다이메톡시페닐)포스핀 0.049g을 이에 첨가하고, 이 혼합물을 7.5시간 동안 환류하였다. 반응 후, 톨루엔으로 추출하였다. 그 후, 전개 용매로서 헥세인:에틸 아세테이트=5:1을 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하여, 목적의 피라진 유도체인 Hdmdppr-245tmp(약칭)를 백색 고체로서 수율 86%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 (c-1)에 나타낸다.

[0409] [화학식 30]

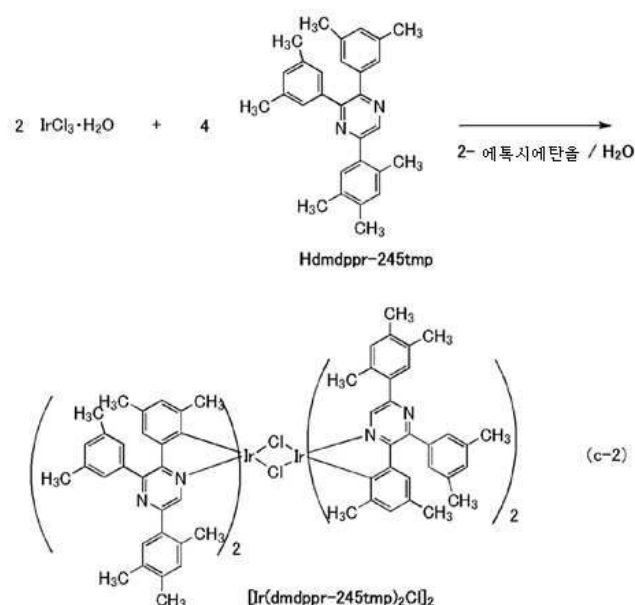


[0410]

[0411] <단계 2: 다이- μ -클로로-테트라키스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,4,5-트라이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐- κM 페닐- κC]다이리듐(III)}(약칭: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2\text{Cl}]_2$)의 합성>

[0412] 다음에, 2-에톡시에탄올 15mL, 물 5mL, 상술한 단계 1에서 얻어진 Hdmdppr-245tmp(약칭) 0.96g, 및 염화 이리듐 수화물($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Furuya Metal Co., Ltd. 제조) 0.33g을 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 1시간 동안 마이크로파 조사(2.45GHz, 100W)를 수행하여 반응을 일으켰다. 이 용매를 증류하여 제거하고 나서, 메탄올을 사용하여 얻어진 잔류물의 흡인 여과 및 세척을 수행하여, 복핵 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2\text{Cl}]_2$ (약칭)를 적색 고체로서 수율 75%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 (c-2)에 나타낸다.

[0413] [화학식 31]



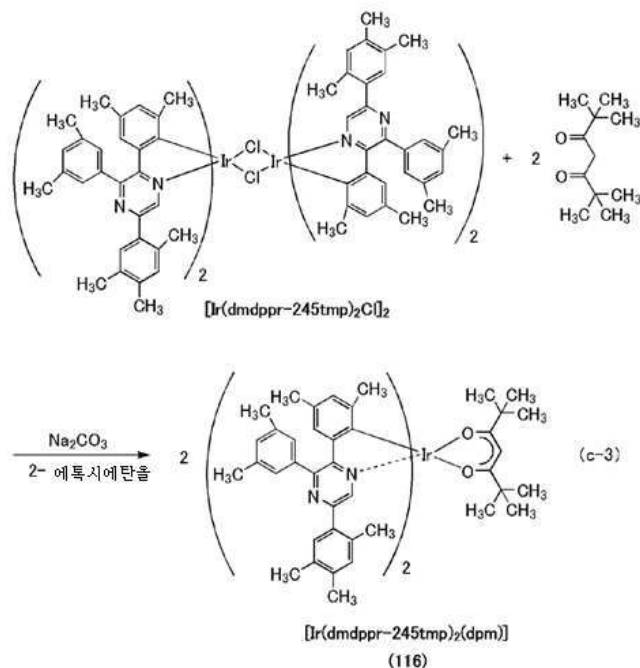
[0414]

[0415] <단계 3: 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(2,4,5-트라이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐- κM 페닐- κC](2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III)}(약칭: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2(\text{dpm})]$)의 합성>

[0416] 또한, 2-에톡시에탄올 30mL, 상술한 단계 2에서 얻어진 복핵 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2\text{Cl}]_2$ 0.86g, 다이피발로일메테인(약칭: Hdpm) 0.35g, 및 탄산 소듐 0.43g을, 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그리고, 마이크로파 조사(2.45GHz, 100W)를 120분 동안 수행하였다. 용매를 증류하여 제거하고, 얻어진 잔류물을 전개 용매로서 다이클로로메테인:헥세인=1:2를 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하고 나서, 다이클로로메테인과 메탄올의 혼합 용매를 사용하여 재결정화하여, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2(\text{dpm})]$ 의 적색 분말을 수율 59%로 얻었다. 트레인 서블리메이션법에 의하여, 얻어진 적색 분말상 고체 0.49g을 정제하였다. 승화에 의한 정제에서는, 이 고

체를 260℃에서, 2.6Pa의 압력하에서, 5mL/min의 아르곤 가스 유량으로 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, 목적의 물질인 적색 고체를 수율 65%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 (c-3)에 나타낸다.

[0417] [화학식 32]



[0418]

[0419] 또한, 상술한 단계 3에서 얻어진 화합물을 분석한 핵자기 공명 분광법($^1\text{H-NMR}$)의 결과를 이하에 나타낸다. 도 29는 $^1\text{H-NMR}$ 차트를 나타낸 것이다. 이 결과는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 상기 구조식 (116)으로 나타내어진 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2(\text{dpm})]$ 이 본 합성예에서 얻어진 것을 밝혔다.

[0420] $^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 0.93(s, 18H), 1.43(s, 6H), 1.94(s, 6H), 2.24(s, 6H), 2.27(s, 6H), 2.36-2.38(m, 18H), 5.62(s, 1H), 6.44(s, 2H), 6.77(s, 2H), 7.05(s, 2H), 7.18(s, 4H), 7.34(s, 4H), 8.44(s, 2H).

[0421] 다음에, $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2(\text{dpm})]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 "흡수 스펙트럼"이라고 함) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.010mmol/L)을 석영 셀에 넣은 상태에서 실온에서 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 또한, 발광 스펙트럼은 절대 PL 양자 수율 측정계(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.010mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 도 30은 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 30에는 2개의 실선을 나타내었다; 가는 선은 흡수 스펙트럼을 나타내고 굵은 선은 발광 스펙트럼을 나타낸다. 또한, 도 30에서의 흡수 스펙트럼은, 측정된 석영 셀에서의 다이클로로메테인 용액(0.010mmol/L)의 흡수 스펙트럼으로부터, 석영 셀에 넣은 다이클로로메테인만의 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻어진 결과이다.

[0422] 도 30에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr-245tmp})_2(\text{dpm})]$ 은 623nm에 발광 피크를 가지며, 다이클로로메테인 용액으로부터 적색 발광이 관찰되었다.

[0423] (실시예 4)

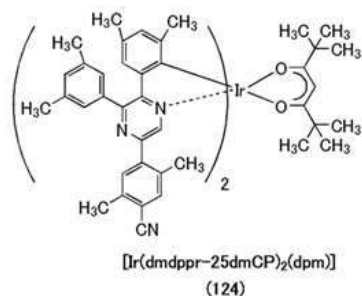
[0424] <<합성예 3>>

[0425] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(124)으로 나타내어지는 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(4-사이아노-2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κM]페닐-κC}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트-κ²O, O')이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-25dmCP})_2(\text{dpm})]$)의 합성 방법에

대하여 설명한다. $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2(\text{dpm})]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0426]

[화학식 33]



[0427]

[0428]

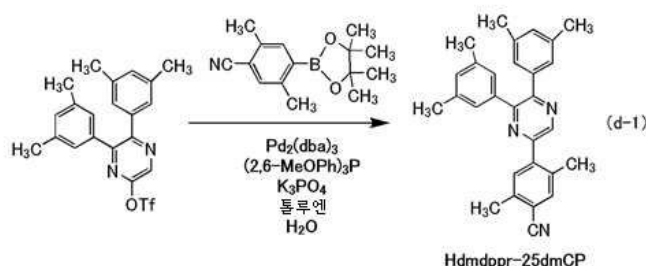
<단계 1: 5-(4-사이아노-2,5-다이메틸페닐)-2,3-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진(약칭: Hdmdppr-25dmCP)의 합성>

[0429]

우선, 5,6-비스(3,5-다이메틸페닐)피라진-2-일 트라이플루오로메테인설폰산 1.19g, 2,5-다이메틸-4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)벤조나이트릴 0.90g, 인산 삼포타슘 2.27g, 톨루엔 22mL, 및 물 2.2mL를 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 플라스크 내의 혼합물을 감압하에서 교반함으로써 탈기하고, 트리스(다이벤질리텐아세톤)다이팔라듐(0) 0.025g 및 트리스(2,6-다이메톡시페닐)포스핀 0.049g을 이에 첨가하고, 이 혼합물을 8시간 환류하였다. 반응 후, 톨루엔으로 추출하였다. 그 후, 전개 용매로서 헥세인:에틸 아세테이트=7:1을 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하여, 목적의 피라진 유도체인 Hdmdppr-25dmCP(약칭)를 백색 고체로서 수율 83%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 (d-1)에 나타낸다.

[0430]

[화학식 34]



[0431]

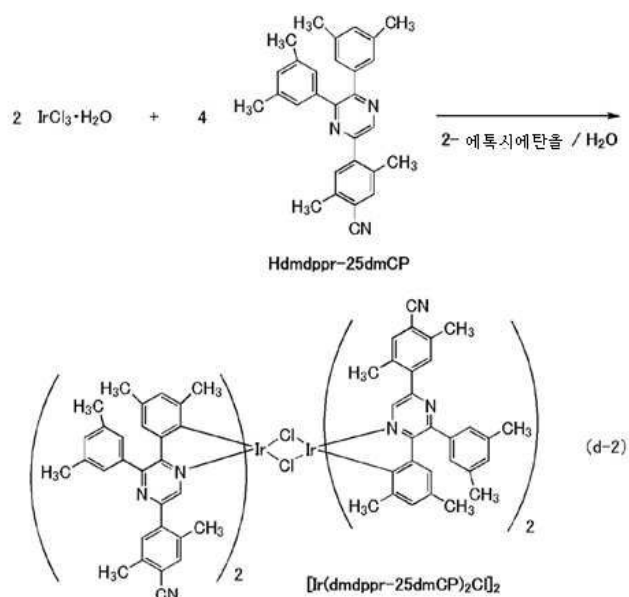
[0432]

<단계 2: 다이- μ -클로로-테트라키스{4,6-다이메틸-2-[5-(4-사이아노-2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐- κN]페닐- κC }다이이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2\text{Cl}]_2$)의 합성>

[0433]

다음에, 2-에톡시에탄올 15mL, 물 5mL, 상술한 단계 1에서 얻어진 Hdmdppr-25dmCP 0.94g, 및 염화 이리듐 수화물($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)(Furuya Metal Co., Ltd. 제조) 0.30g을 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 1시간 동안 마이크로파 조사(2.45GHz, 100W)를 수행하여 반응을 일으켰다. 이 용매를 증류하여 제거하고 나서, 메탄올을 사용하여 얻어진 잔류물의 흡인 여과 및 세척을 수행하여, 복핵 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2\text{Cl}]_2$ (약칭)를 주황색 고체로서 수율 62%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 (d-2)에 나타낸다.

[0434] [화학식 35]

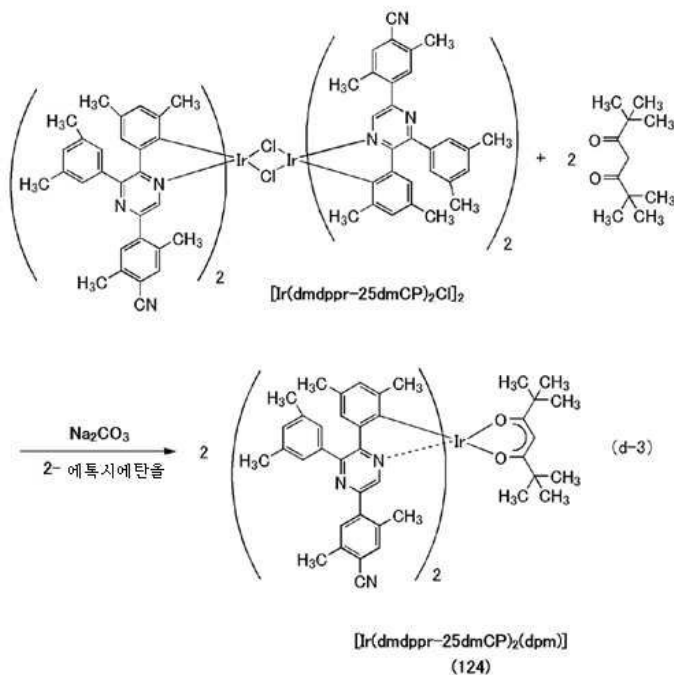


[0435]

[0436] <단계 3: 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(4-사이아노-2,5-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라지닐-κM]페닐-κC}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트-κ²O,O')이리듐(III)(약칭: [Ir(dmdppr-25dmCP)₂(dpm)]의 합성>

[0437] 또한, 2-에톡시에탄올 30mL, 상술한 단계 2에서 얻어진 복핵 착체인 [Ir(dmdppr-25dmCP)₂Cl]₂ 0.65g, 다이피발로일메테인(약칭: Hdpm) 0.26g, 및 탄산 소듐 0.33g을, 환류관을 구비한 가지형 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그리고, 마이크로파 조사(2.45GHz, 100W)를 120분 동안 수행하였다. 용매를 증류하여 제거하고, 얻어진 잔류물을 전개 용매로서 다이클로로메테인을 사용하는 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하고 나서, 다이클로로메테인과 메탄올의 혼합 용매를 사용하여 재결정화하여, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 [Ir(dmdppr-25dmCP)₂(dpm)]의 암적색 분말을 수율 22%로 얻었다. 트레인 서블리메이션법에 의하여, 얻어진 암적색 분말상 고체 0.14g을 정제하였다. 승화에 의한 정제에서는, 이 고체를 280℃에서, 2.6Pa의 압력하에서, 5mL/min의 아르곤 가스 유량으로 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, 목적의 물질인 암적색 고체를 수율 64%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 (d-3)에 나타낸다.

[0438] [화학식 36]



[0439]

[0440] 또한, 상술한 단계 3에서 얻어진 화합물을 분석한 핵자기 공명 분광법($^1\text{H-NMR}$)의 결과를 이하에 나타낸다. 도 31은 $^1\text{H-NMR}$ 차트를 나타낸 것이다. 이 결과는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체이고 상기 구조식 (124)으로 나타내어진 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2(\text{dpm})]$ 이 본 실시예에서 얻어진 것을 밝혔다.

[0441] $^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 0.93(s, 18H), 1.41(s, 6H), 1.94(s, 6H), 2.38-2.40(m, 18H), 2.51(s, 6H), 5.62(s, 1H), 6.48(s, 2H), 6.81(s, 2H), 7.19(s, 2H), 7.33-7.35(m, 6H), 7.53(s, 2H), 8.42(s, 2H).

[0442] 다음에, $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2(\text{dpm})]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 "흡수 스펙트럼"이라고 함) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 넣은 상태에서 실온에서 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 또한, 발광 스펙트럼은 절대 PL 양자 수율 측정계(C11347-01, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하는 식으로 실온에서 측정하였다. 도 32는 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 32에는 2개의 실선을 나타내었다; 가는 선은 흡수 스펙트럼을 나타내고 굵은 선은 발광 스펙트럼을 나타낸다. 또한, 도 32에서의 흡수 스펙트럼은, 측정된 석영 셀에서의 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)의 흡수 스펙트럼으로부터, 석영 셀에 넣은 다이클로로메테인만의 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻어진 결과이다.

[0443] 도 32에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{dmdppr}-25\text{dmCP})_2(\text{dpm})]$ 은 651nm에 발광 피크를 가지며, 다이클로로메테인 용액으로부터는 적색 발광이 관찰되었다.

부호의 설명

[0444] 101: 제 1 전극, 102: EL층, 103: 제 2 전극, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 113: 발광층, 114: 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 201: 제 1 전극, 202(1): 제 1 EL층, 202(2): 제 2 EL층, 202(n-1): 제 n-1 EL층, 202(n): 제 n EL층, 204: 제 2 전극, 205: 전하 발생층, 205(1): 제 1 전하 발생층, 205(2): 제 2 전하 발생층, 205(n-2): 제 n-2 전하 발생층, 205(n-1): 제 n-1 전하 발생층, 301: 소자 기판, 302: 화소부, 303: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 304a, 304b: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 305: 실란트, 306: 밀봉 기판, 307: 배선, 308: FPC(flexible printed circuit), 309: FET, 310: FET, 312: 전류 제어 FET, 313a, 313b: 제 1 전극(양극), 314: 절연체, 315: EL층, 316: 제 2 전극(음극), 317a, 317b: 발광 소자, 318: 공간, 320a,

320b: 도전막, 321, 322: 영역, 323: 리드 배선, 324: 착색층(컬러 필터), 325: 흑색층(블랙 매트릭스), 326, 327, 328: FET, 401: 기관, 402: 제 1 전극, 403a, 403b, 403c: EL층, 404: 제 2 전극, 405: 발광 소자, 406: 절연막, 407: 격벽, 500: 표시 장치, 503: 표시부, 504: 화소, 505: 도전막, 506: 위치, 507: 개구, 510: 액정 소자, 511: 발광 소자, 515: 트랜지스터, 516: 트랜지스터, 517: 트랜지스터, 518: 단자부, 519: 단자부, 521: 기관, 522: 기관, 523: 발광 소자, 524: 액정 소자, 525: 절연층, 528: 착색층, 529: 집합층, 530: 도전층, 531: EL층, 532: 도전층, 533: 개구, 534: 착색층, 535: 차광층, 537: 도전층, 538: 액정, 539: 도전층, 540: 배향막, 541: 배향막, 542: 집합층, 543: 도전층, 544: FPC, 546: 절연층, 547: 접속부, 548: 커넥터, 900: 기관, 901: 제 1 전극, 902: EL층, 903: 제 2 전극, 911: 정공 주입층, 912: 정공 수송층, 913: 발광층, 914: 전자 수송층, 915: 전자 주입층, 2000: 터치 패널, 2000': 터치 패널, 2501: 표시 패널, 2502R: 화소, 2502t: 트랜지스터, 2503c: 용량 소자, 2503g: 주사선 구동 회로, 2503t: 트랜지스터, 2509: FPC, 2510: 기관, 2511: 배선, 2519: 단자, 2521: 절연층, 2528: 절연체, 2550R: 발광 소자, 2560: 밀봉층, 2567BM: 차광층, 2567p: 반사 방지층, 2567R: 착색층, 2570: 기관, 2590: 기관, 2591: 전극, 2592: 전극, 2593: 절연층, 2594: 배선, 2595: 터치 센서, 2597: 집합층, 2598: 배선, 2599: 단자, 2601: 펄스 전압 출력 회로, 2602: 전류 검지 회로, 2603: 용량 소자, 2611: 트랜지스터, 2612: 트랜지스터, 2613: 트랜지스터, 2621: 전극, 2622: 전극, 4000: 조명 장치, 4001: 기관, 4002: 발광 소자, 4003: 기관, 4004: 전극, 4005: EL층, 4006: 전극, 4007: 전극, 4008: 전극, 4009: 보조 배선, 4010: 절연층, 4011: 밀봉 기관, 4012: 실란트, 4013: 건조제, 4015: 확산판, 4100: 조명 장치, 4200: 조명 장치, 4201: 기관

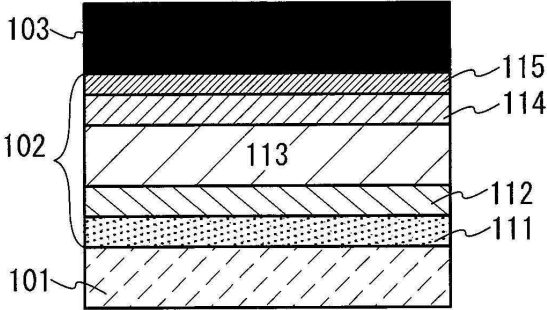
4202: 발광 소자, 4204: 전극, 4205: EL층, 4206: 전극, 4207: 전극, 4208: 전극, 4209: 보조 배선, 4210: 절연층, 4211: 밀봉 기관, 4212: 실란트, 4213: 배리어막, 4214: 평탄화막, 4215: 확산판, 4300: 조명 장치, 5101: 라이트, 5102: 휠, 5103: 도어, 5104: 표시부, 5105: 핸들, 5106: 시프트 레버, 5107: 시트, 5108: 백미러, 7100: 텔레비전 장치, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모컨, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7302: 하우징, 7304: 표시부, 7305: 시각을 나타내는 아이콘, 7306: 기타 아이콘, 7311: 조작 버튼, 7312: 조작 버튼, 7313: 접속 단자, 7321: 밴드, 7322: 클래스프, 7400: 휴대 전화, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작용 버튼, 7404: 외부 접속부, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 7407: 카메라, 7500(1), 7500(2): 하우징, 7501(1), 7501(2): 제 1 스크린, 7502(1), 7502(2): 제 2 스크린, 8001: 조명 장치, 8002: 조명 장치, 8003: 조명 장치, 9310: 휴대 정보 단말, 9311: 표시부, 9312: 표시 영역, 9313: 힌지, 및 9315: 하우징

본 출원은 2015년 9월 30일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-193189의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

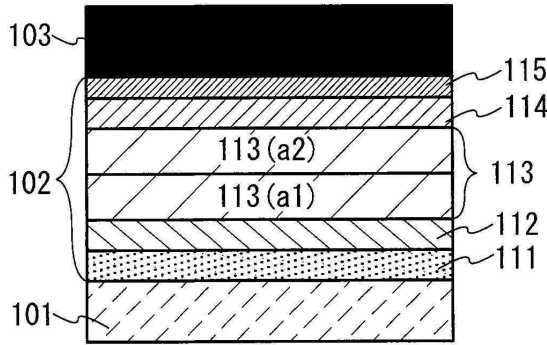
도면

도면1

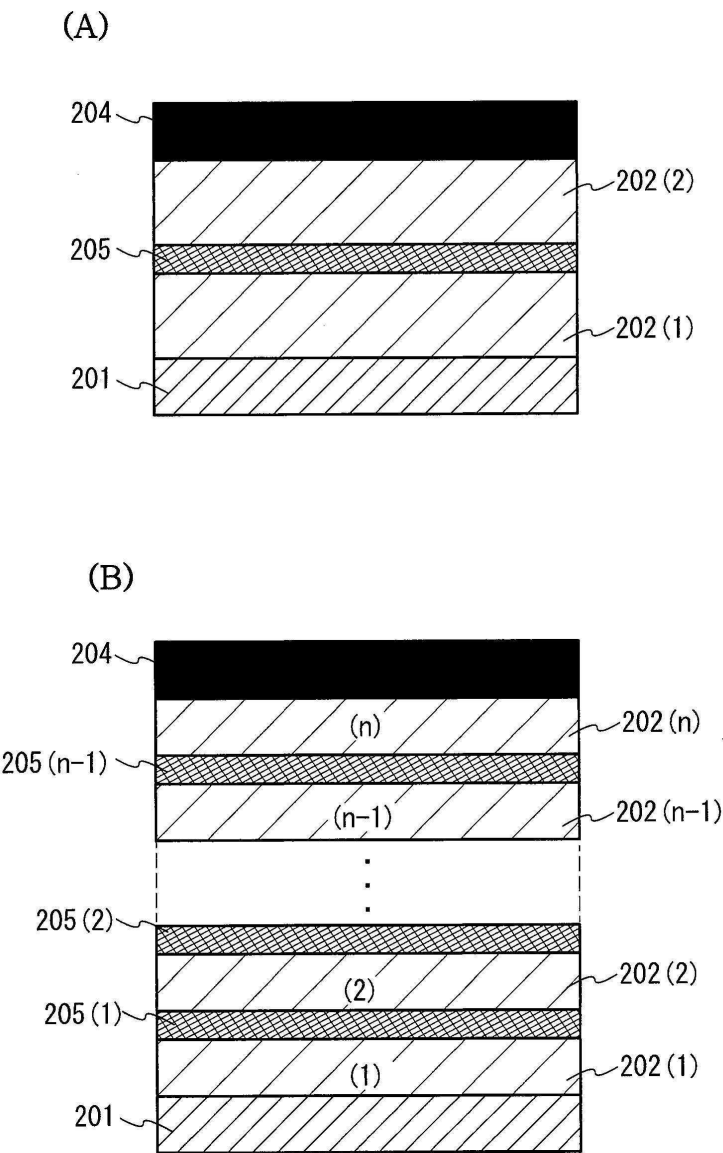
(A)



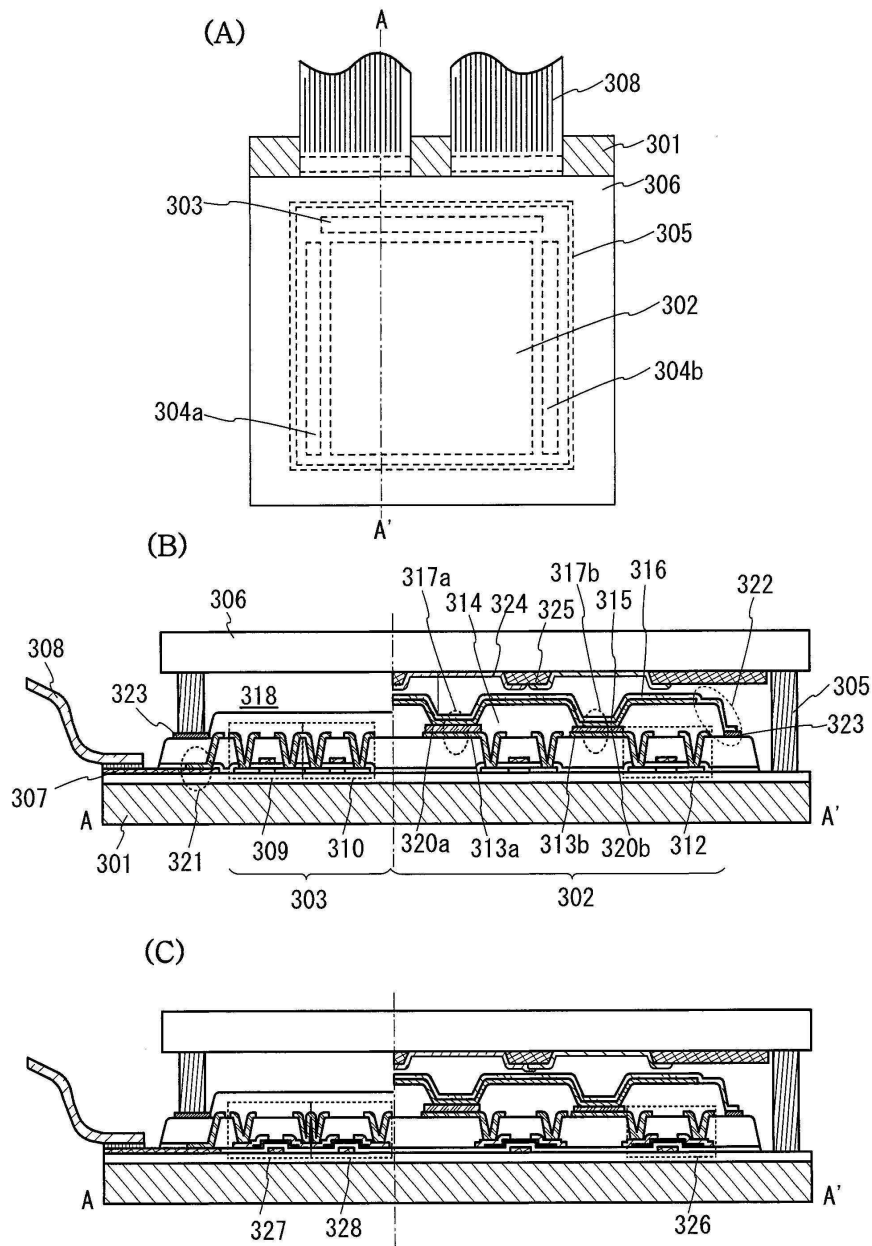
(B)



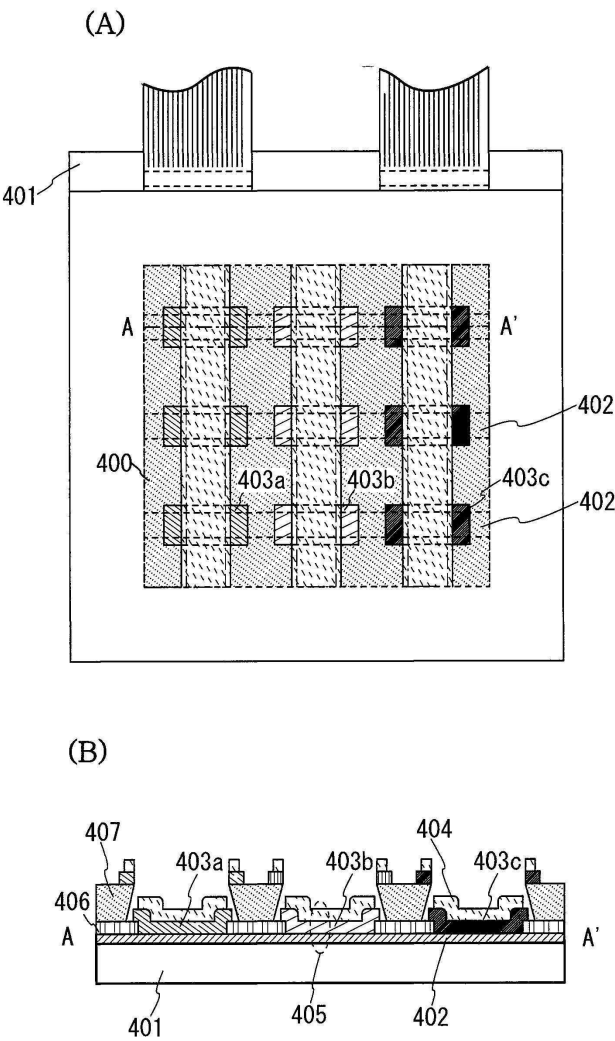
도면2



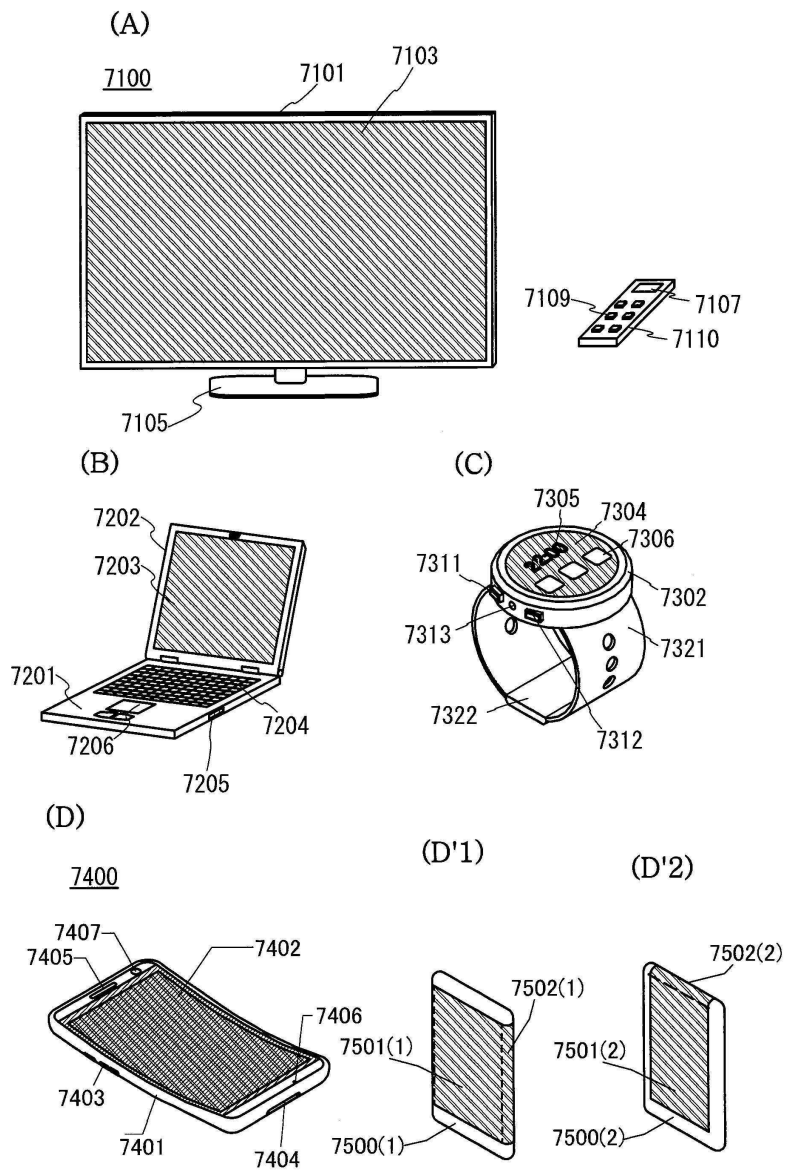
도면3



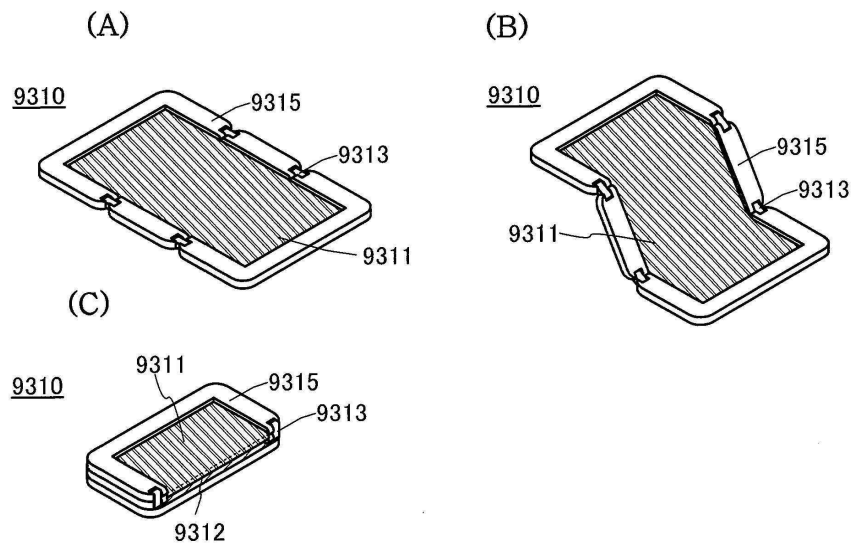
도면4



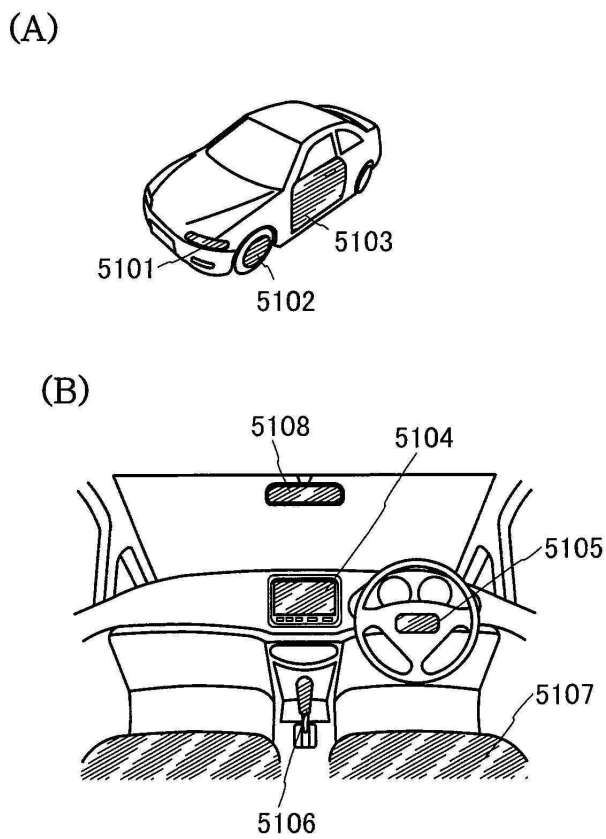
도면5



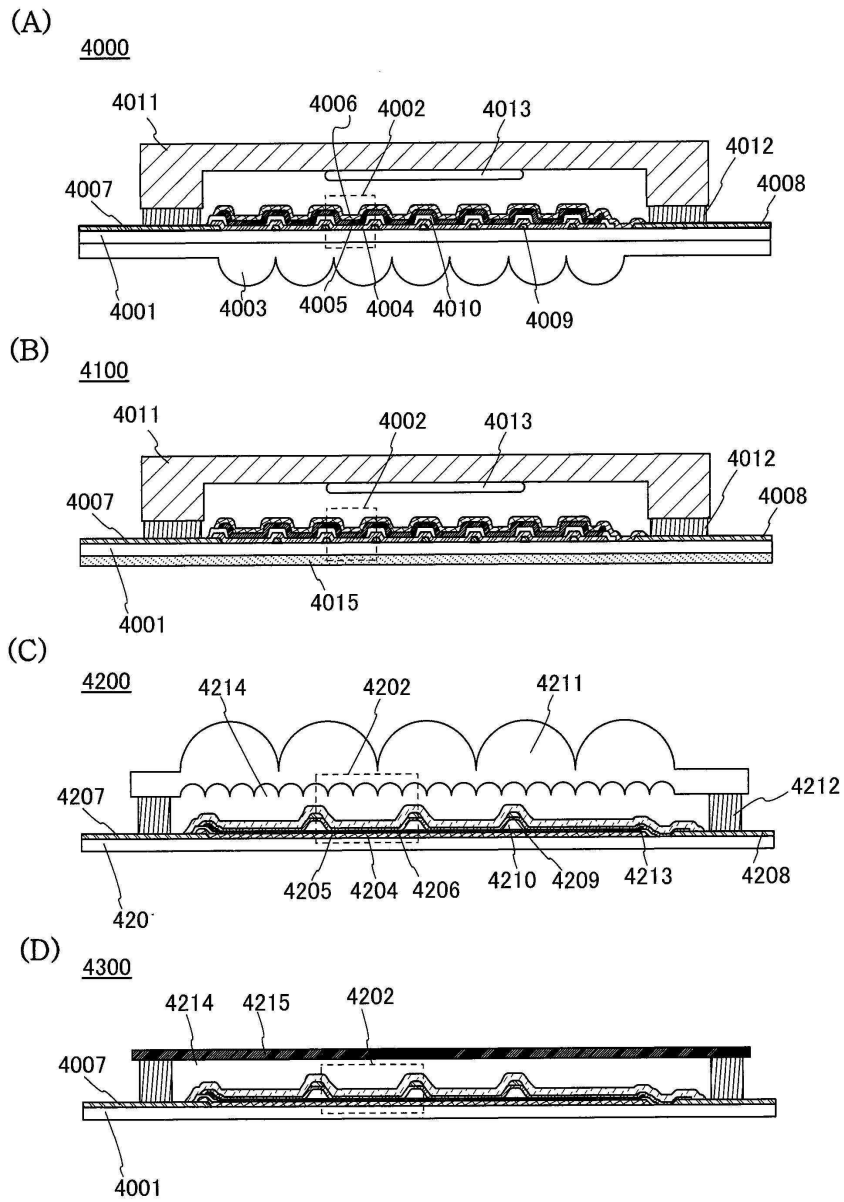
도면6



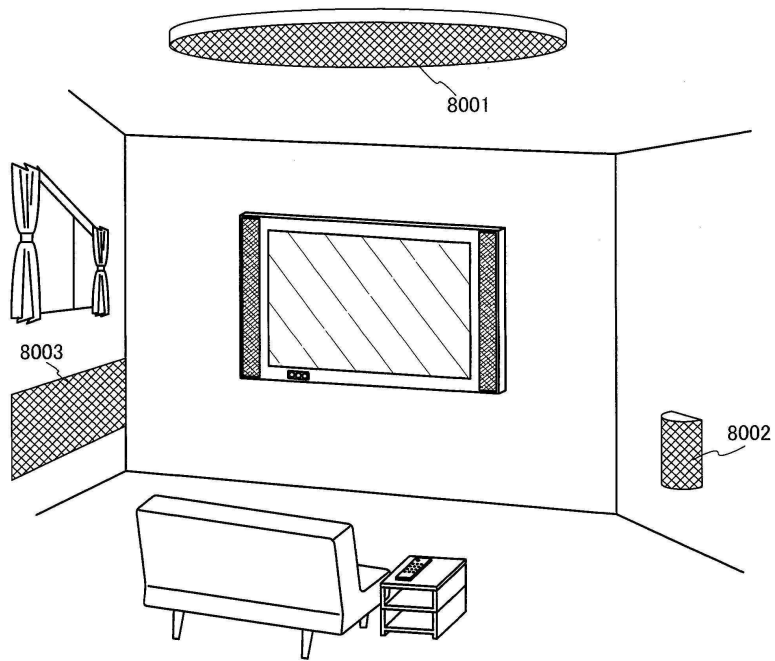
도면7



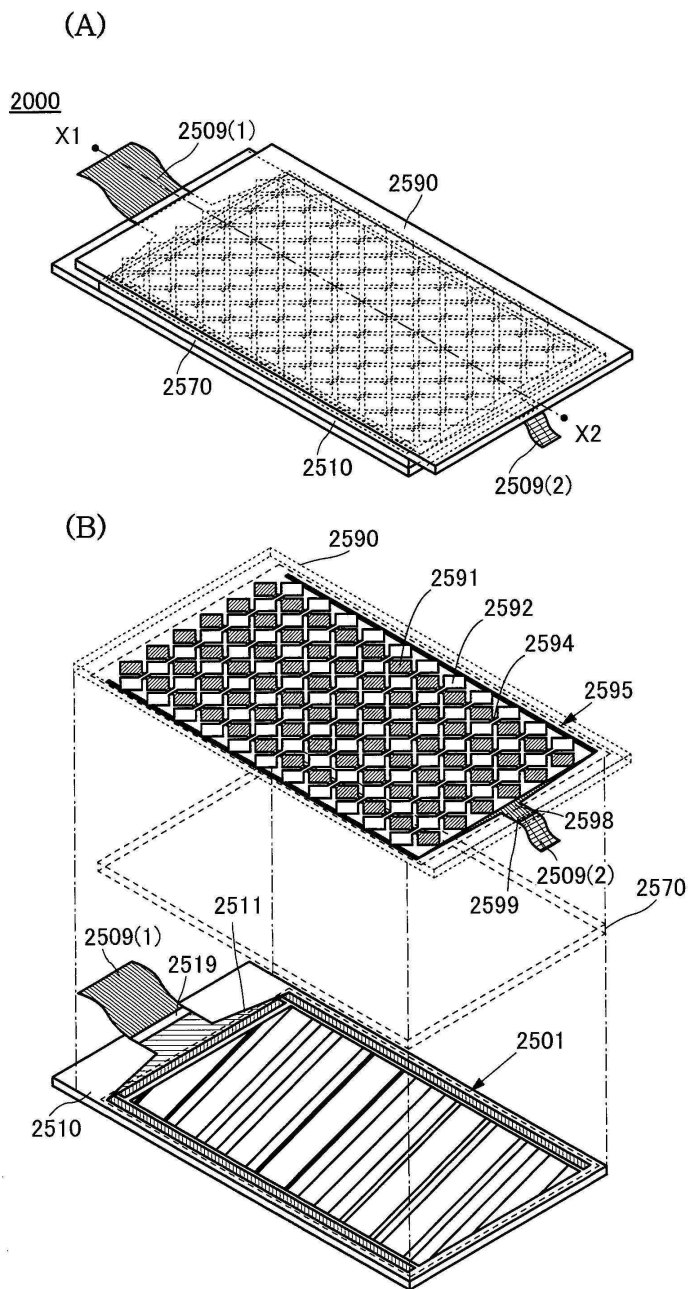
도면8



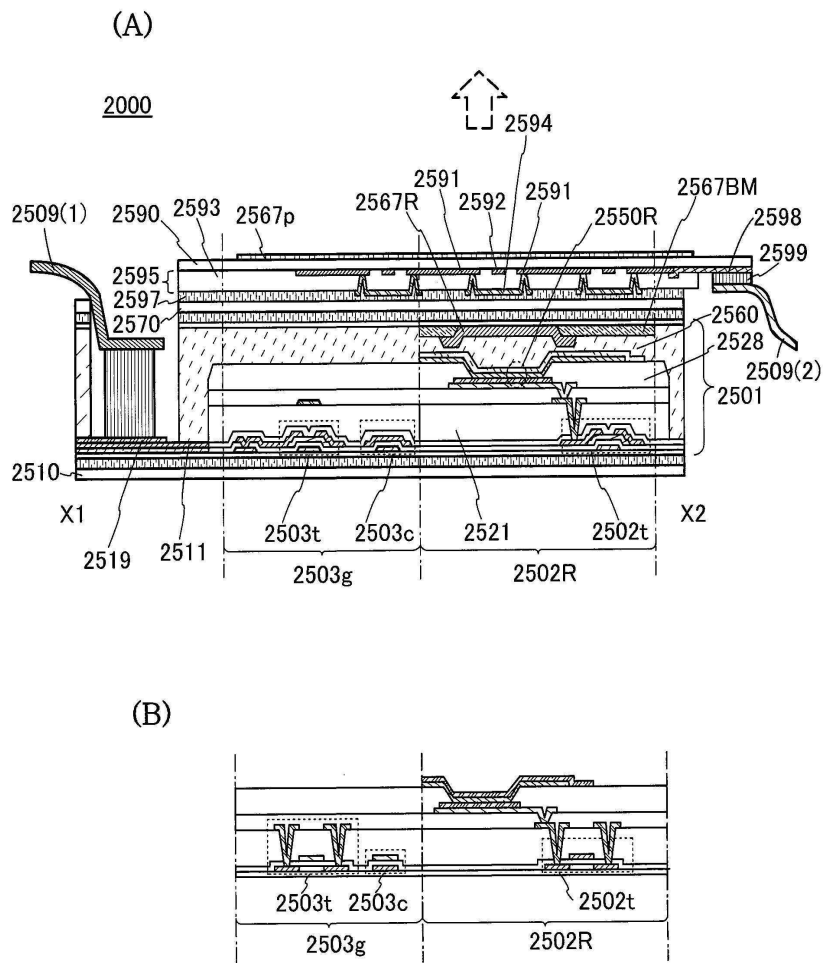
도면9



도면10

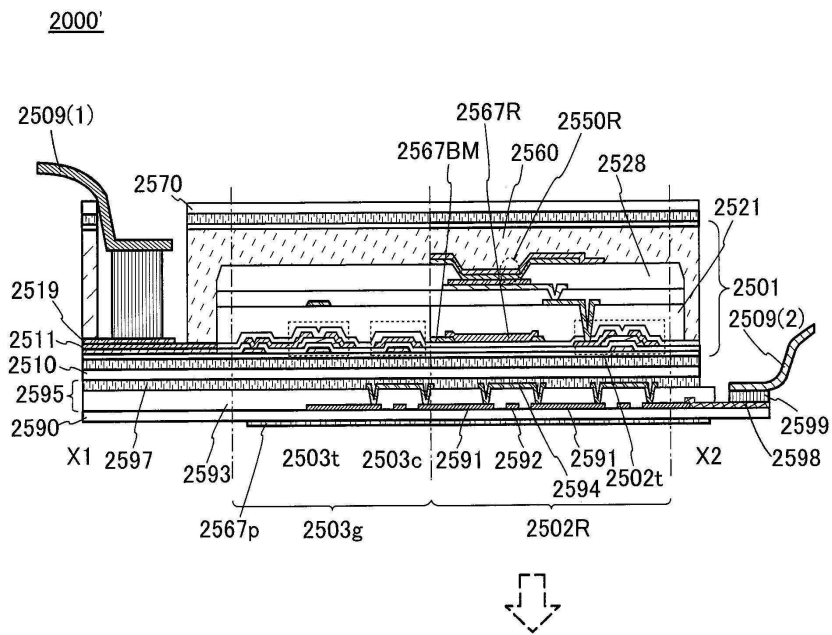


도면11

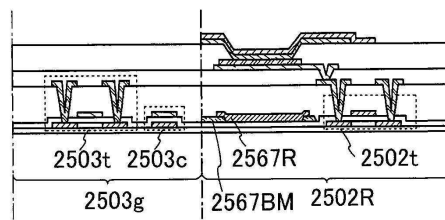


도면12

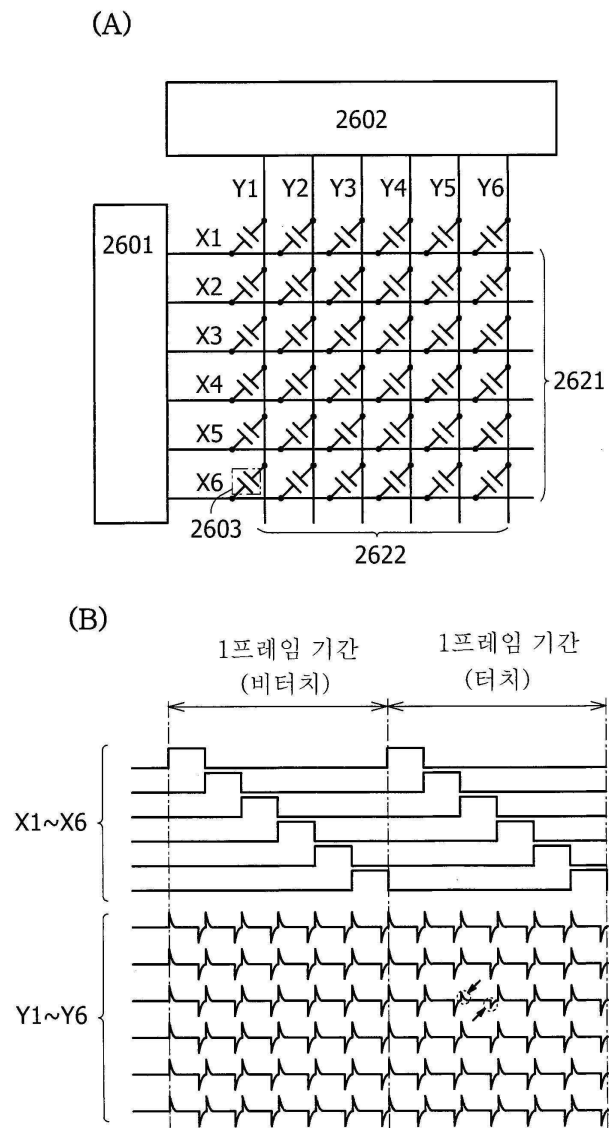
(A)



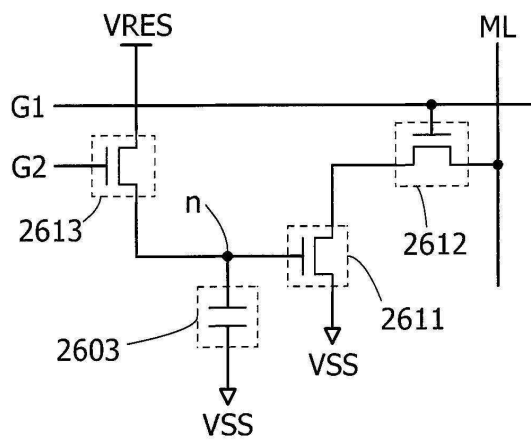
(B)



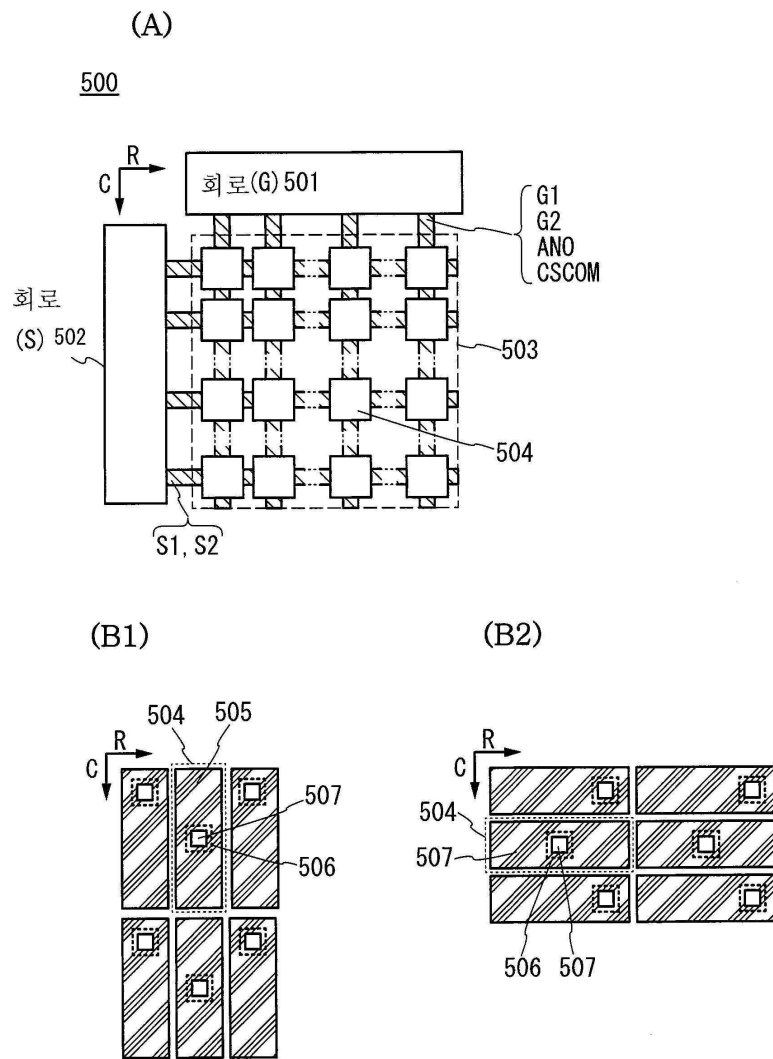
도면13



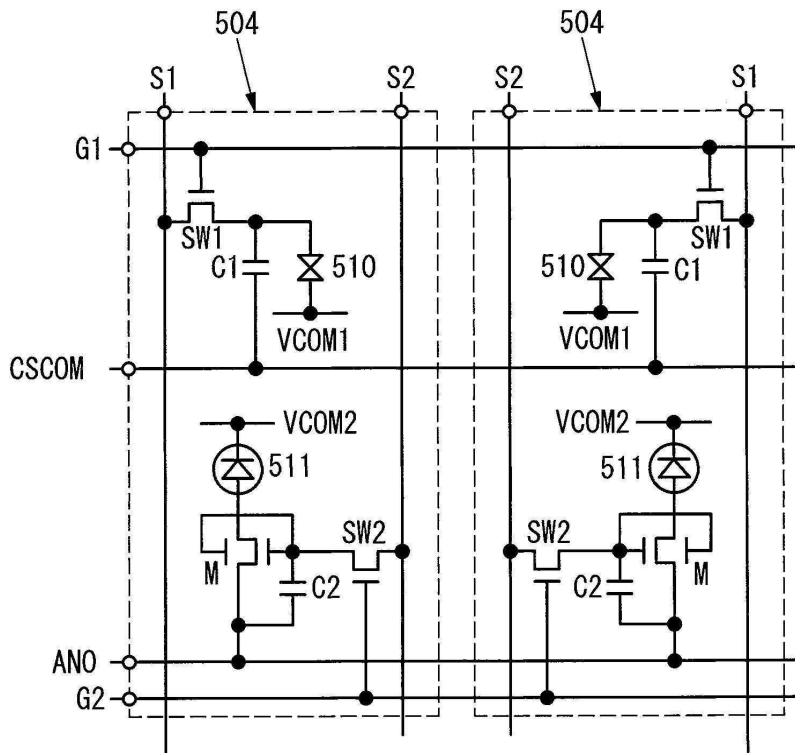
도면14



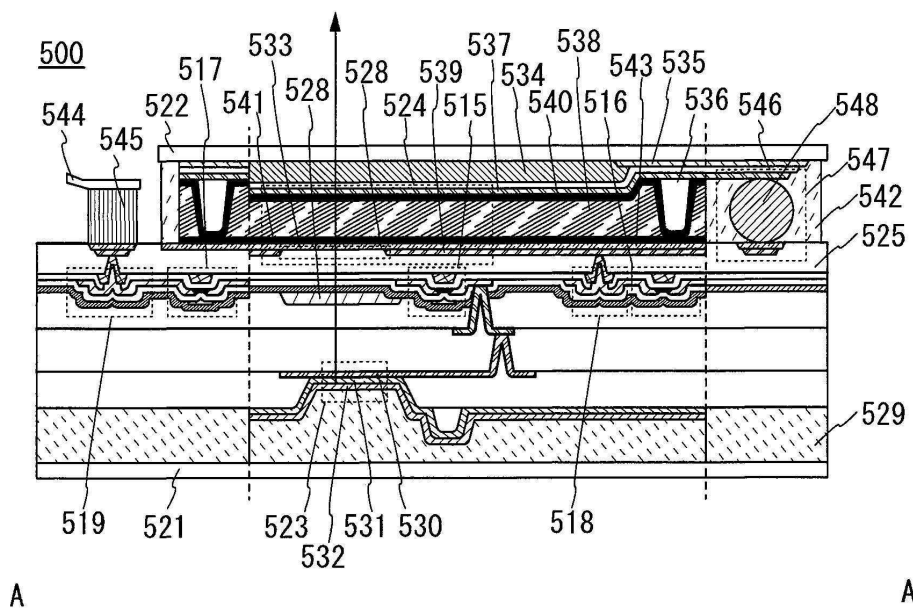
도면15



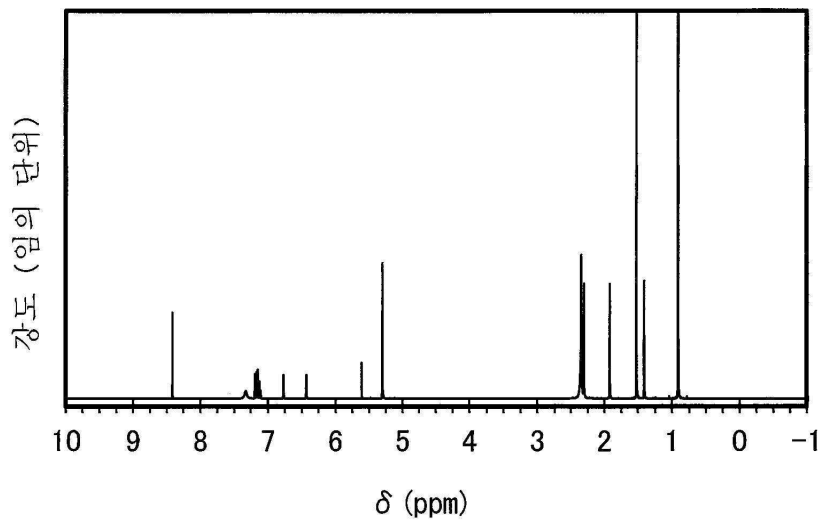
도면16



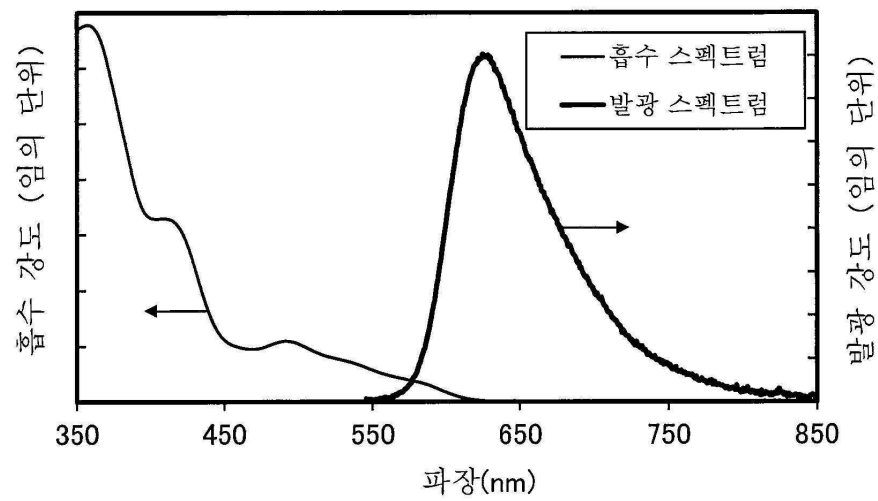
도면17



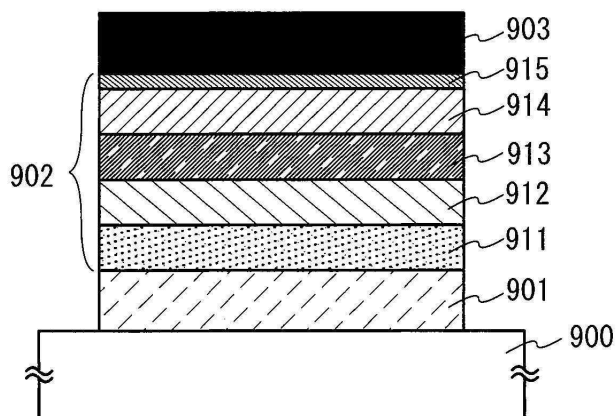
도면18



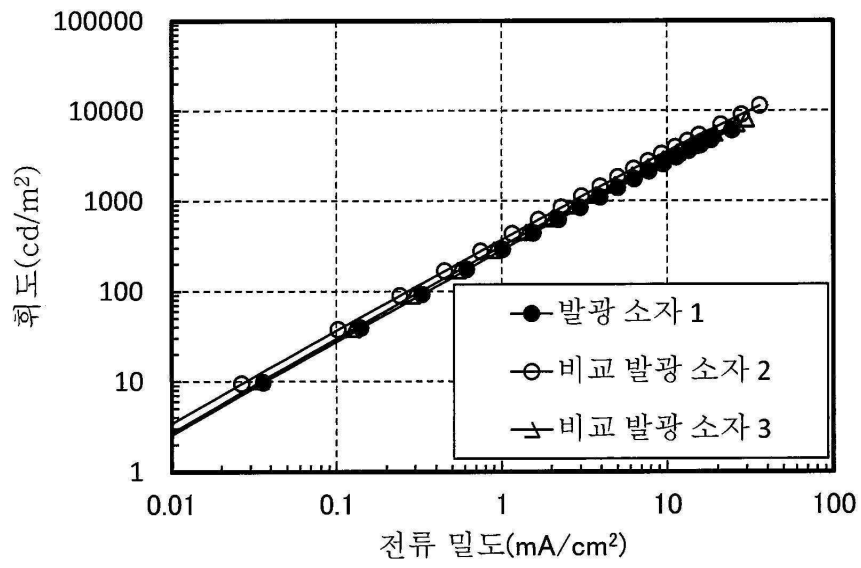
도면19



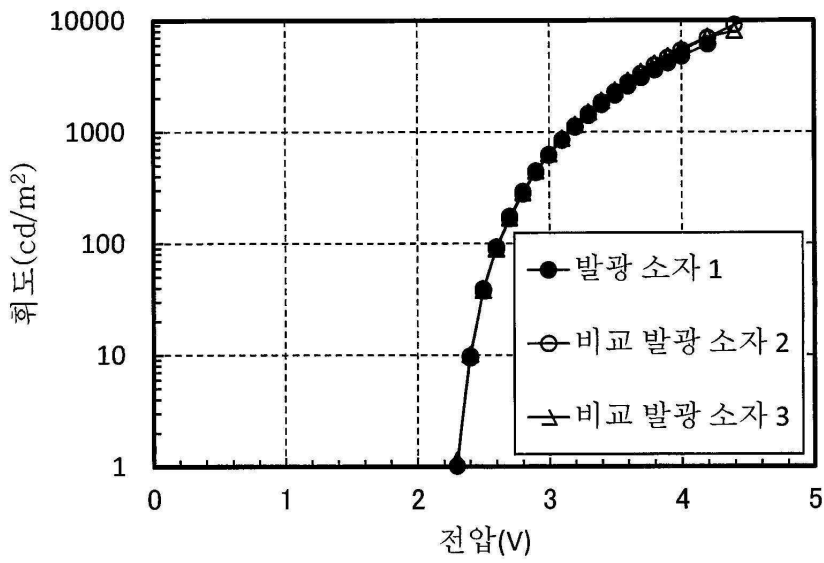
도면20



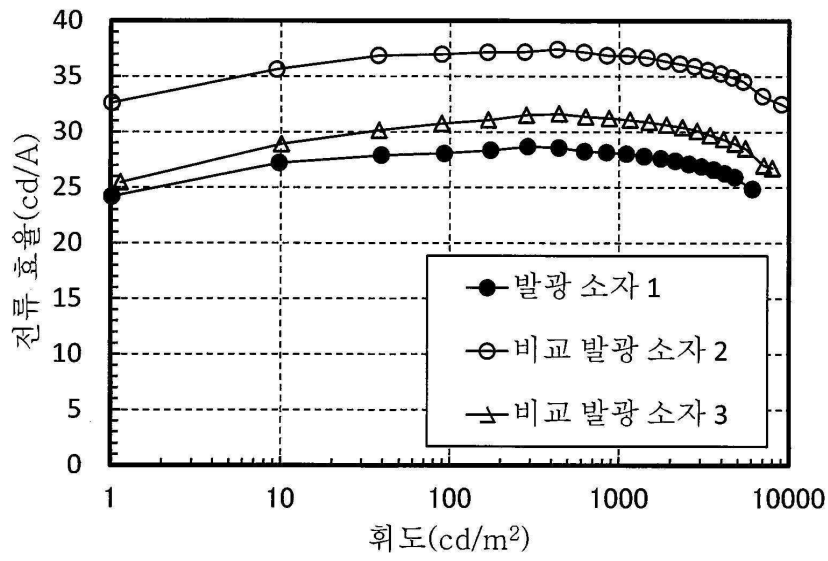
도면21



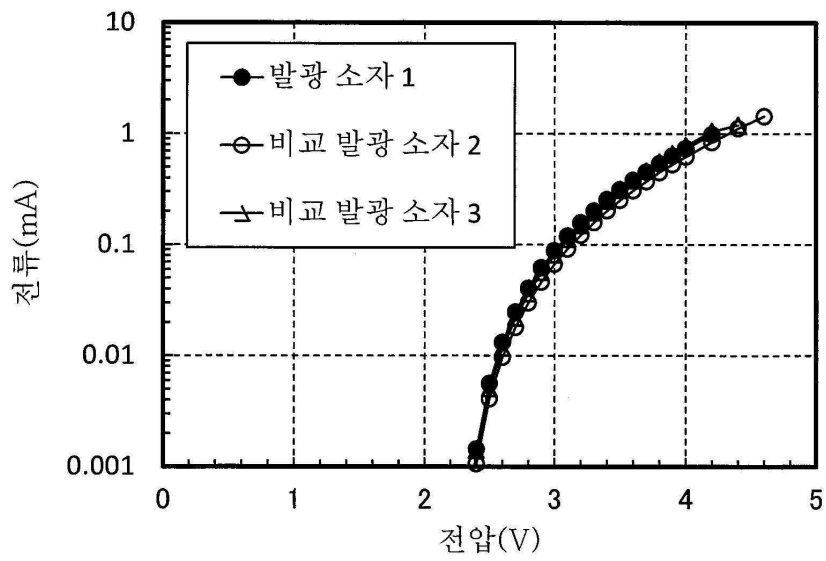
도면22



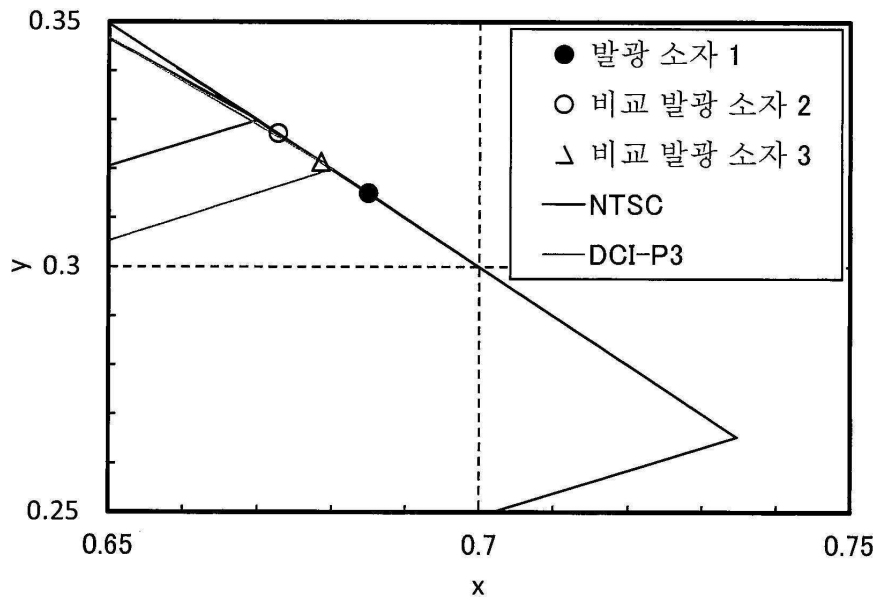
도면23



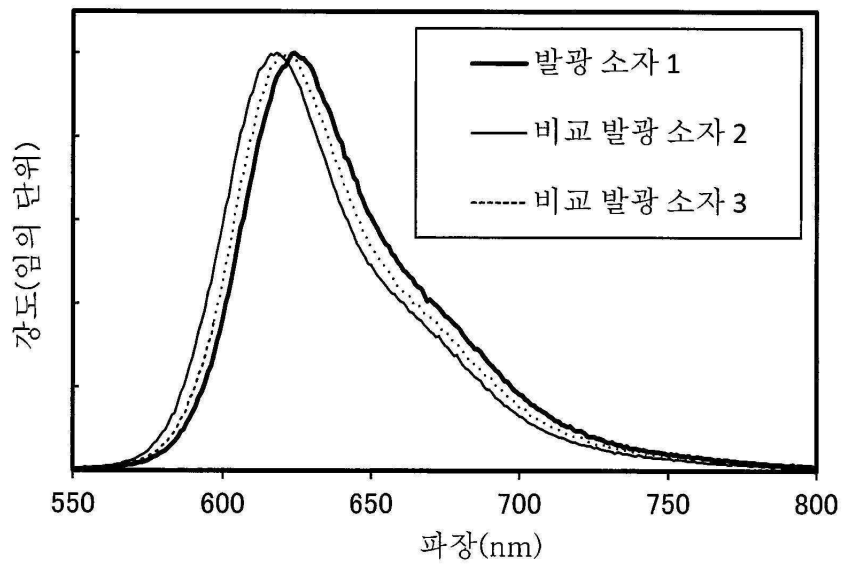
도면24



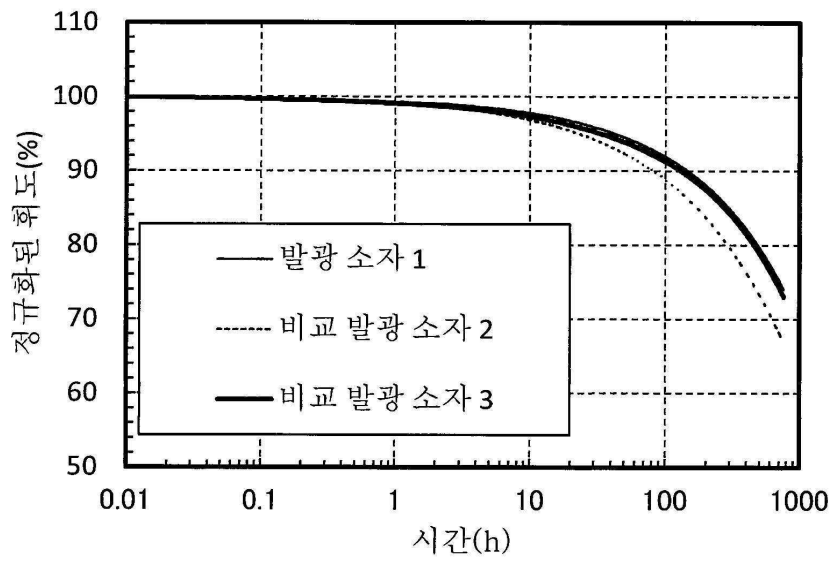
도면25



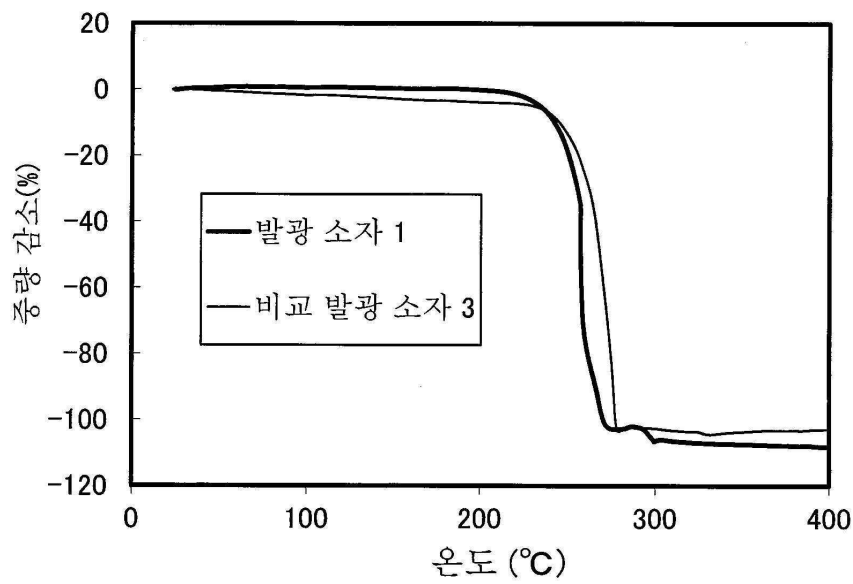
도면26



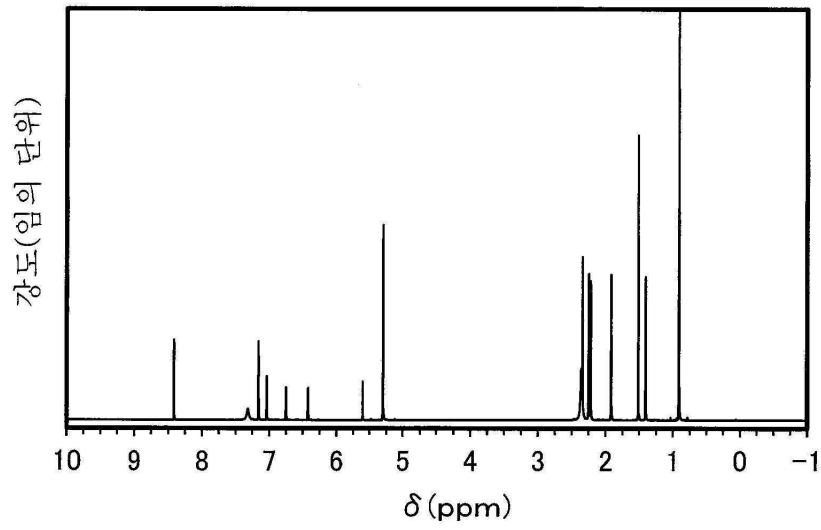
도면27



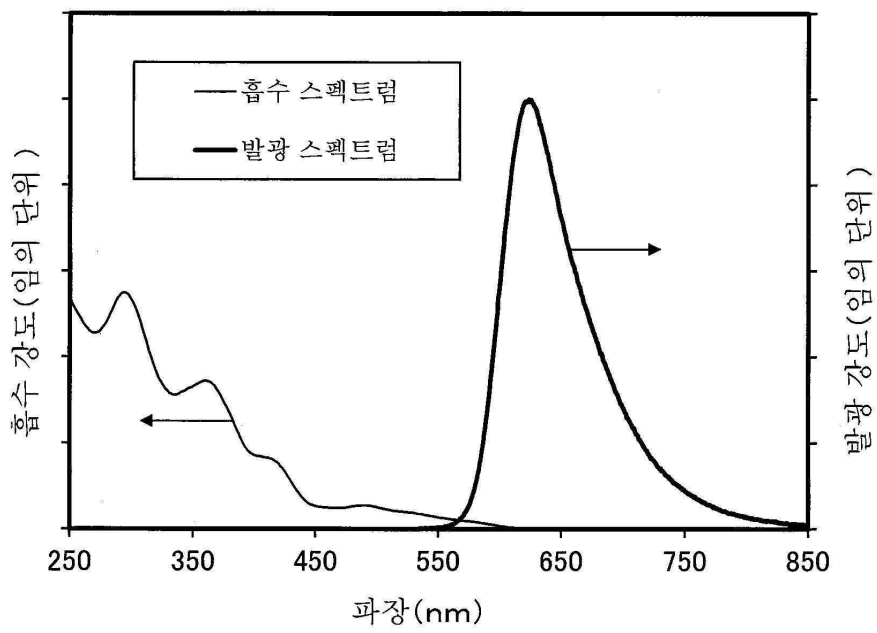
도면28



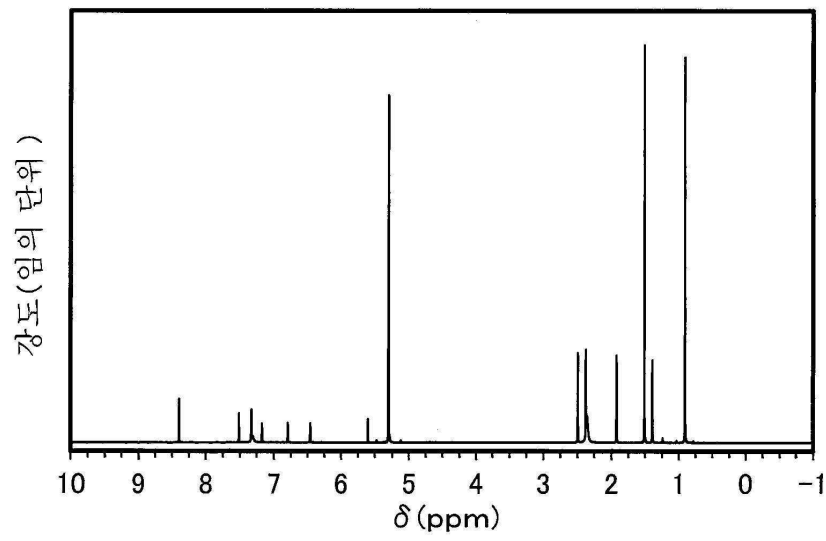
도면29



도면30



도면31



도면32

