



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월16일

(11) 등록번호 10-2718623

(24) 등록일자 2024년10월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07F 15/00 (2024.01) *C09K 11/06* (2006.01)
H10K 50/11 (2023.01) *H10K 85/30* (2023.01)
- (52) CPC특허분류
C07F 15/0033 (2013.01)
C09K 11/06 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7023418(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2017년12월08일
 심사청구일자 2023년07월10일
- (85) 번역문제출일자 2023년07월10일
- (65) 공개번호 10-2023-0107912
- (43) 공개일자 2023년07월18일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7019608
 원출원일자(국제) 2017년12월08일
 심사청구일자 2020년12월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2017/057745
- (87) 국제공개번호 WO 2018/109621
 국제공개일자 2018년06월21일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2016-244485 2016년12월16일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 KR1020040106236 A*
 KR1020110094027 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

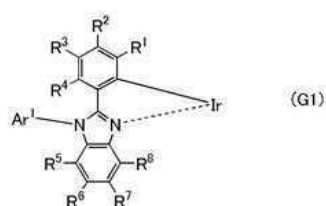
- (73) 특허권자
 가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
 야마다 유이
 일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
 부시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
 요시즈미 히데코
 일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
 부시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 김진희, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김지은

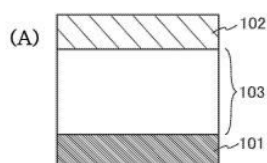
(54) 발명의 명칭 유기 금속 착체, 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약



(뒷면에 계속)

대표도



발광 효율이 높은 신규 유기 금속 착체를 제공한다. 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체는 이리듐과, 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 사이아노기를 포함하는 아릴기 및 상기 벤즈이미다졸 골격의 2위치에 페닐기를 포함하는 리간드를 포함한다(식에서, Ar1은 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, Ar1은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R1 내지 R8은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타냄).

(52) CPC특허분류

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 85/342 (2023.02)

C09K 2211/185 (2013.01)

(72) 발명자

와타베 다케요시

일본 243-0036 가나가와켄 아즈기시 하세 398 가부
시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

다카하시 다츠요시

일본 243-0036 가나가와켄 아즈기시 하세 398 가부
시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

기도 히로미츠

일본 243-0036 가나가와켄 아즈기시 하세 398 가부
시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

세오 사토시

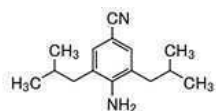
일본 243-0036 가나가와켄 아즈기시 하세 398 가부
시키가이샤한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

명세서

청구범위

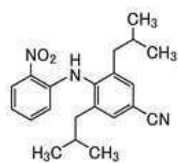
청구항 1

하기 식으로 나타내어지는 화합물.



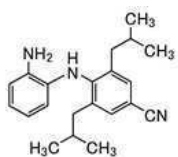
청구항 2

하기 식으로 나타내어지는 화합물.



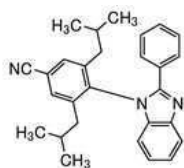
청구항 3

하기 식으로 나타내어지는 화합물.



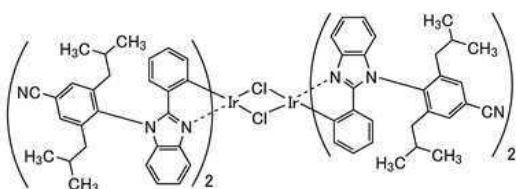
청구항 4

하기 식으로 나타내어지는 화합물.



청구항 5

하기 식으로 나타내어지는 화합물.



청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일 형태는 유기 금속 착체에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 일 형태는 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 유기 금속 착체에 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 상술한 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)되는 발명의 일 형태의 기술분야는 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 본 명세서에 개시된 본 발명의 일 형태의 기술분야의 구체적인 예에는, 상술한 것에 더하여, 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 축전 장치, 기억 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제작 방법이 포함된다.

배경 기술

[0002] 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질인 유기 화합물이 제공된 구조를 가지는 발광 소자(유기 EL 소자라고도 함)를 포함하는 디스플레이는 얇고 가볍고, 응답 속도가 빠르고, 구동 전압이 낮다는 등의, 발광 소자의 특성의 관점에서, 차세대 평판 디스플레이 소자로서 주목을 받고 있다. 이 발광 소자에 전압이 인가되면, 전극으로부터 주입된 전자와 정공이 재결합하여 발광 물질이 여기 상태로 된 후, 여기 상태에서부터 기저 상태로 복귀할 때 광이 방출된다. 여기 상태는 단일항 여기 상태(S^*) 및 삼중항 여기 상태(T^*)일 수 있다. 단일항 여기 상태에서부터의 발광을 형광이라고 하고, 삼중항 여기 상태에서부터의 발광을 인광이라고 한다. 발광 소자에서의 이들의 통계적인 생성 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 생각된다.

[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, 상술한 생성 비율을 기초로 하면, 형광 재료를 포함하는 발광 소자의 내부 양자 효율(주입된 캐리어의 개수에 대한 생성된 광자의 개수의 비율)은 25%의 이론적 한계를 가지는 것으로 생각되지만, 인광 재료를 포함하는 발광 소자의 내부 양자 효율은 75%의 이론적 한계를 가지는 것으로 생각된다.

[0005] 바꿔 말하면, 인광 재료를 포함하는 발광 소자는 형광 재료를 포함하는 발광 소자보다 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 개시되어 있는 바와 같이, 우수한 특성을 나타내는 인광 재료가 활발하게 개발되고 있지만, 더 좋은 특성을 가지는 신규 재료의 개발이 요구되고 있다.

[0008] 상술한 것으로부터, 본 발명의 일 형태에 따르면 신규 유기 금속 착체가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 효율이 높은 신규 유기 금속 착체가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 소자에 사용될 수 있

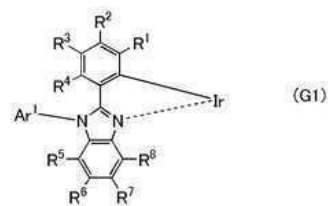
는 신규 유기 금속 착체가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 소자의 EL층에 사용될 수 있는 신규 유기 금속 착체가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 따르면 신규 발광 소자가 제공된다. 본 발명의 일 형태에 따르면 신규 발광 장치, 신규 전자 기기, 또는 신규 조명 장치가 제공된다. 또한 이들 과제의 기재는 다른 과제의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서 상기 과제를 모두 달성할 필요는 없다. 다른 과제는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

과제의 해결 수단

본 발명의 일 형태는 이리듐과, 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 사이아노기를 가지는 아릴기 및 상기 벤즈이미다졸 골격의 2위치에 페닐기를 가지는 리간드를 포함하는 유기 금속 착체이다.

본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G1)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이다.

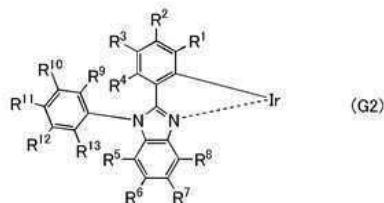
[화학식 1]



일반식(G1)에서 Ar¹은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar¹은 상기 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R¹ 내지 R⁸은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G2)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이다.

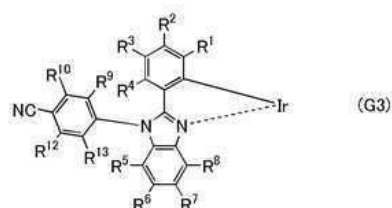
[화학식 2]



일반식(G2)에서 R¹ 내지 R¹³은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. R⁹ 내지 R¹³ 중 적어도 하나는 사이아노기를 나타낸다.

본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G3)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이다.

[화학식 3]



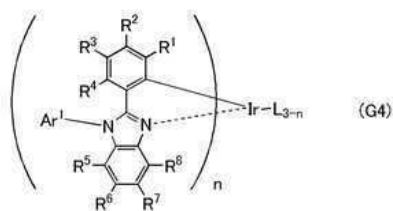
[0021] 일반식(G3)에서 R^1 내지 R^{10} , R^{12} , 및 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0022] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G2 또는 G3)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이고, 여기서 R^9 및 R^{13} 은 각각 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이다.

[0023] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G2 또는 G3)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이고, 여기서 R^9 는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이고, R^{13} 은 수소이다.

[0024] 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0025] [화학식 4]

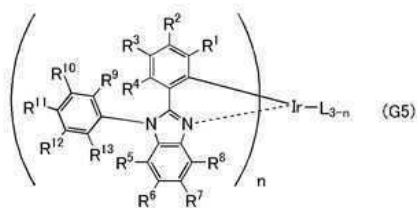


[0026]

[0027] 일반식(G4)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드(monoanionic ligand)를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0028] 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0029] [화학식 5]

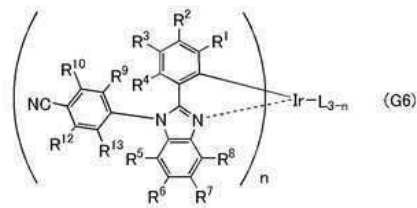


[0030]

[0031] 일반식(G5)에서 R^1 내지 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. R^9 내지 R^{13} 중 적어도 하나는 사이아노기를 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0032] 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G6)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0033] [화학식 6]



[0034]

[0035] 일반식(G6)에서 R^1 내지 R^{10} , R^{12} , 및 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

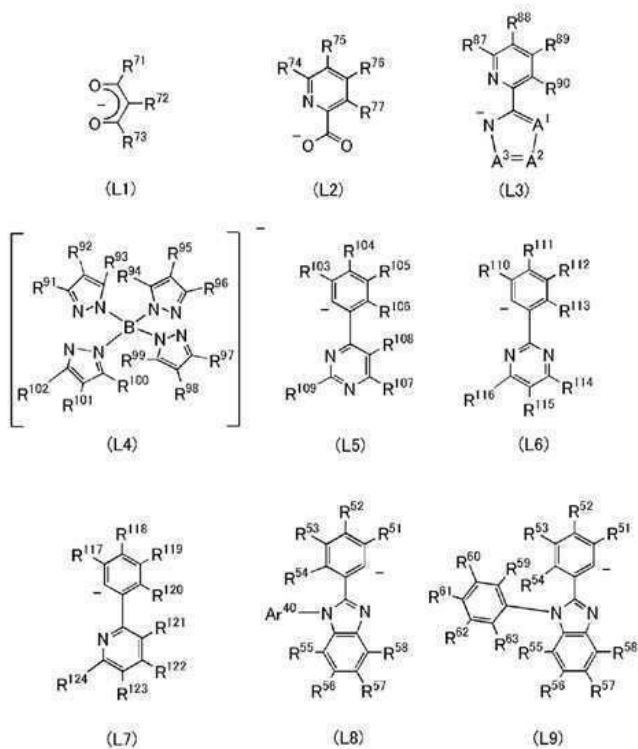
[0036] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G5 또는 G6)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이고, 여기서 R^9 및 R^{13} 은 각각 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이다.

[0037] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G5 또는 G6)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체이고, 여기서 R^9 는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이고, R^{13} 은 수소이다.

[0038] 상술한 구조에서, 단일 음이온 리간드는 β -다이케톤 구조를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드 (monoanionic bidentate chelate ligand), 카복실기를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 페놀성 수산기를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 2개의 배위 원소(ligand element) 양쪽이 질소인 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 또는 고리 금속화(cyclometalation)에 의하여 이리듐과 금속-탄소 결합을 형성하는 두자리 리간드이다.

[0039] 상술한 구조에서, 단일 음이온 리간드는 하기 일반식(L1 내지 L9) 중 어느 하나로 나타내어진다.

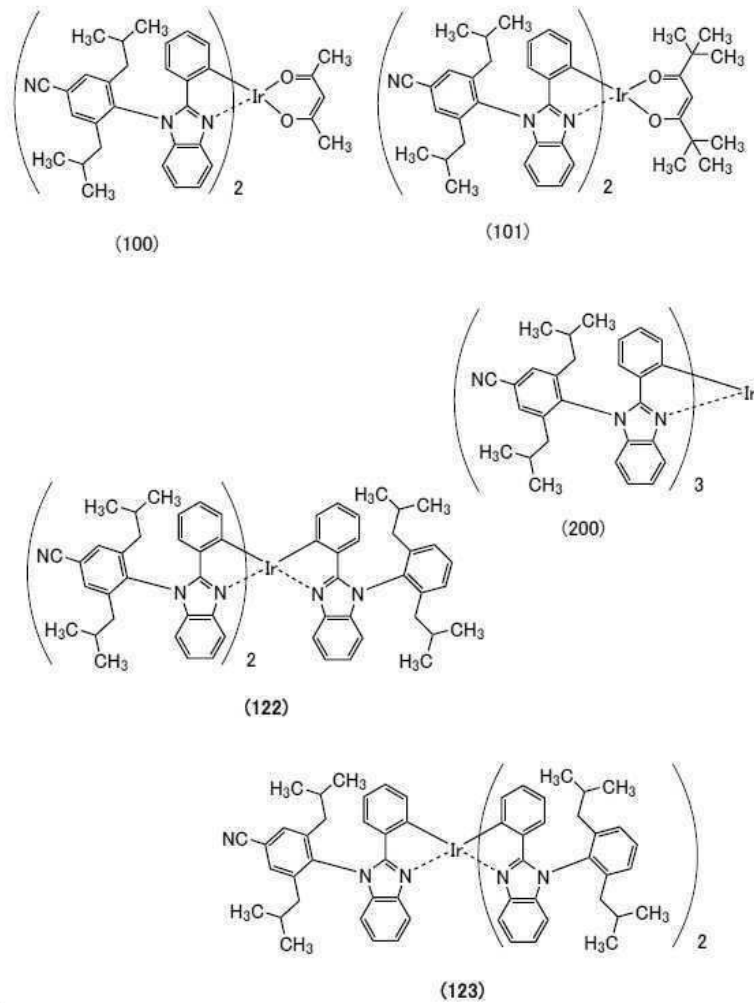
[0040] [화학식 7]



[0041]

- [0042] 일반식(L1 내지 L9)에서 R^{51} 내지 R^{63} , R^{71} 내지 R^{77} , 및 R^{87} 내지 R^{124} 는 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 할로제노기, 바이닐기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬싸이오기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다. A^1 내지 A^3 은 각각 독립적으로 질소, 수소와 결합하는 sp^2 혼성 탄소, 또는 치환기를 가지는 sp^2 혼성 탄소를 나타낸다. 상기 치환기는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 할로제노기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 페닐기이다. Ar^{40} 은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다.
- [0043] 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 이리듐과, 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 사이아노기를 가지는 아릴기 및 상기 벤즈이미다졸 골격의 2위치에 페닐기를 가지는 리간드를 포함한다. 또한 벤즈이미다졸 골격은 벤젠 고리에 의하여 확장된 공액(conjugation)을 가지므로 발광 파장을 장파장 측으로 시프트시킬 수 있다. 또한 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 결합된 아릴기는 사이아노기를 가지기 때문에, 유기 금속 착체의 HOMO(highest occupied molecular orbital) 준위 및 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 준위를 낮출 수 있다. 따라서 유기 금속 착체가 발광 소자에 사용되면, 정공 주입성을 유지하면서 전자 주입성을 향상시킬 수 있고 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 HOMO 준위를 낮춤으로써 호스트 재료가 깊은 LUMO 준위를 가지는 경우에도 유기 금속 착체(게스트 재료)와 호스트 재료 간에 엑시플렉스가 형성되는 것을 방지할 수 있어, 발광 효율의 향상으로 이어진다. 또한 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 높은 녹색 순도(green purity)를 달성하기 때문에 바람직하다. 또한 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 결합된 아릴기가 사이아노기를 가지기 때문에, 유기 금속 착체의 열적 물성(thermophysical property)(내열성)이 향상되고, 퇴적 시에서의 재료의 분해를 억제할 수 있다. 이는 유기 금속 착체가 사용되는 발광 소자의 신뢰성을 향상시키기 때문에 바람직하다.
- [0044] 본 발명의 다른 일 형태는 하기 구조식(100, 101, 200, 122, 또는 123)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0045] [화학식 8]



[0046]

[0047] 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 하기 이유로 매우 효과적이다: 유기 금속 착체는 인광을 방출할 수 있고, 즉, 이는 삼중항 여기 상태에서부터의 발광을 제공할 수 있으며 발광을 나타낼 수 있기 때문에, 상기 유기 금속 착체가 발광 소자에 사용되면 고효율화가 가능하다. 따라서 본 발명의 일 형태는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체가 사용되는 발광 소자도 포함한다.

[0048] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은, 1-아릴-2-페닐 벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고 리간드의 아릴기가 사이아노기를 가지는 유기 금속 이리듐 착체를 포함한다.

[0049] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은, 1,2-다이페닐 벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고 리간드의 1위치의 페닐기가 사이아노기를 포함하는 유기 금속 이리듐 착체를 포함한다.

[0050] 본 발명의 다른 일 형태는, 리간드가 고리 금속화에 의하여 이리듐과 결합된 상술한 발광 소자이다.

[0051] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은 발광층을 포함하고 발광층은 상술한 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함한다.

[0052] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은 발광층을 포함하고, 발광층은 복수의 유기 화합물을 포함하고, 복수의 유기 화합물 중 하나는 상술한 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함한다.

[0053] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은 발광층을 포함하고, 발광층은 상술한 유기 금속 착체 중 어느 것과 TADF 재료를 포함한다.

[0054] 본 발명의 다른 일 형태는 한 쌍의 전극 사이에 EL층을 포함하는 발광 소자이고, 여기서 EL층은 발광층을 포함

하고, 발광층은 상술한 유기 금속 착체 중 어느 것, 제 1 유기 화합물, 및 제 2 유기 화합물을 포함한다. 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물은 엑시플렉스를 형성한다.

[0055] 본 발명의 다른 일 형태는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체를 포함하는 발광 소자이다. 또한 본 발명에는, 한 쌍의 전극 사이의 EL층 또는 EL층에서의 발광층이 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체를 포함하는 발광 소자도 포함된다. 상술한 발광 소자에 더하여, 트랜지스터 또는 기관 등을 포함하는 발광 장치도 발명의 범위에 포함된다. 또한 발광 장치에 더하여, 마이크론, 카메라, 조작 버튼, 외부 접속부, 하우징, 터치 센서, 커버, 지지대, 또는 스피커 등을 포함하는 전자 기기 및 조명 장치도 발명의 범위에 포함된다.

[0056] 본 발명의 일 형태는, 발광 소자를 포함하는 발광 장치뿐만 아니라 발광 장치를 포함하는 조명 장치도 그 범위에 포함된다. 본 명세서에서의 발광 장치는 화상 표시 장치 및 광원(예를 들어 조명 장치)을 말한다. 또한 발광 장치는 그 범주에, FPC(flexible printed circuit), TAB(tape automated bonding) 테이프, 또는 TCP(tape or a tape carrier package) 등의 커넥터가 발광 장치에 접속된 모듈, TCP 끝에 인쇄 배선판이 제공된 모듈, 및 COG(chip on glass)법에 의하여 IC(집적 회로)가 발광 소자에 직접 장착된 모듈 모두를 포함한다.

발명의 효과

[0057] 본 발명의 일 형태에 따르면 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 효율이 높은 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 소자에 사용될 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면 발광 소자의 EL층에 사용될 수 있는 신규 유기 금속 착체를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면 신규 유기 금속 착체를 포함하는 신규 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면 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 효과를 모두 반드시 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0058] 도 1의 (A) 내지 (E)는 각각 발광 소자의 구조를 도시한 것.
 도 2의 (A) 내지 (C)는 발광 장치를 도시한 것.
 도 3의 (A) 및 (B)는 발광 장치를 도시한 것.
 도 4의 (A) 내지 (G)는 전자 기기를 도시한 것.
 도 5의 (A) 내지 (C)는 전자 기기를 도시한 것.
 도 6의 (A) 및 (B)는 자동차를 도시한 것.
 도 7의 (A) 내지 (D)는 조명 장치를 도시한 것.
 도 8은 조명 장치를 도시한 것.
 도 9의 (A) 및 (B)는 터치 패널의 예를 도시한 것.
 도 10의 (A) 및 (B)는 각각 터치 패널의 예를 도시한 것.
 도 11의 (A) 및 (B)는 각각 터치 패널의 예를 도시한 것.
 도 12의 (A) 및 (B)는 각각 터치 센서의 블록도 및 타이밍 차트.
 도 13은 터치 센서의 회로도.
 도 14의 (A), (B1), 및 (B2)는 표시 장치의 블록도.
 도 15는 표시 장치의 회로 구성을 도시한 것.
 도 16은 표시 장치의 단면 구조를 도시한 것.
 도 17은 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.
 도 18은 구조식(100)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸

것.

도 19는 구조식(101)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 20은 구조식(101)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 21은 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 22는 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 23은 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 24는 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 25는 발광 소자를 도시한 것.

도 26은 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.

도 27은 발광 소자 1의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.

도 28은 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.

도 29는 발광 소자 1의 전압-전류 특성을 나타낸 것,

도 30은 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 31은 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.

도 32는 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.

도 33은 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.

도 34는 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 전압-전류 특성을 나타낸 것.

도 35는 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 36은 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 신뢰성을 나타낸 것.

도 37은 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 38은 구조식(200)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 39는 구조식(122)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 40은 구조식(122)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 41은 구조식(123)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 42는 구조식(123)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 43은 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.

도 44는 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.

도 45는 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.

도 46은 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전압-전류 특성을 나타낸 것.

도 47은 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 48은 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 신뢰성을 나타낸 것.

도 49는 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸 것.

도 50은 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 전압-휘도 특성을 나타낸 것.

도 51은 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸 것.

도 52는 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 전압-전류 특성을 나타낸 것.

도 53은 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 54는 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 신뢰성을 나타낸 것.

도 55는 구조식(300)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 $^1\text{H-NMR}$ 차트.

도 56은 구조식(300)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 자외-가시 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 본 발명의 실시형태 및 실시예에 대하여 도면을 참조하여 이하에서 설명한다. 그러나, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다. 따라서, 본 발명은 이하의 실시형태 및 실시예의 기재에 한정하여 해석되는 것은 아니다.

[0060] 또한 "막" 및 "층"이라는 용어는 경우 또는 상황에 따라 서로 바꿀 수 있다. 예를 들어, "도전층"이라는 용어를 "도전막"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다. 또한, "절연막"이라는 용어를 "절연층"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다.

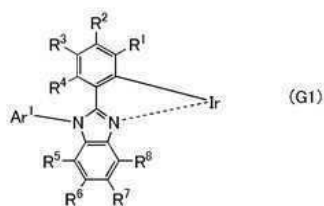
[0061] (실시형태 1)

[0062] 본 실시형태에서, 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체에 대하여 설명한다.

[0063] 본 실시형태에서 설명한 유기 금속 착체는 이리듐과, 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 사이아노기를 가지는 아릴기 및 상기 벤즈이미다졸 골격의 2위치에 페닐기를 가지는 리간드를 포함하는 유기 금속 착체이다.

[0064] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G1)으로 나타내어지는 구조를 포함한다.

[0065] [화학식 9]

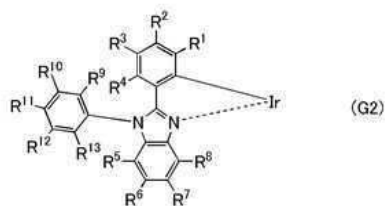


[0066]

[0067] 일반식(G1)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 상기 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0068] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G2)으로 나타내어지는 구조를 포함한다.

[0069] [화학식 10]

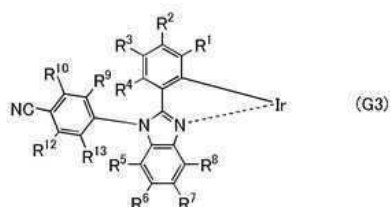


[0070]

[0071] 일반식(G2)에서 R^1 내지 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. R^9 내지 R^{13} 중 적어도 하나는 사이아노기를 나타낸다.

[0072] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G3)으로 나타내어지는 구조를 포함한다.

[0073] [화학식 11]



[0074]

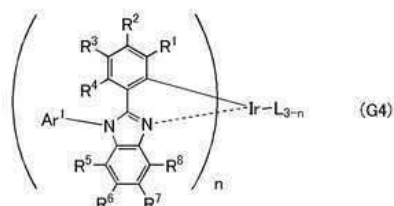
[0075] 일반식(G3)에서 R^1 내지 R^{10} , R^{12} , 및 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0076] 일반식(G2 및 G3)에서 R^9 및 R^{13} 은 각각 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이어도 좋다. R^9 및 R^{13} 이 각각 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이면, 유기 금속 착체의 승화성이 향상되고 퇴적 시에서의 재료의 분해를 억제할 수 있다. 이는 유기 금속 착체가 사용되는 발광 소자의 신뢰성을 향상시키기 때문에 바람직하다.

[0077] 일반식(G2 및 G3)에서 R^9 는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내어도 좋고 R^{13} 은 수소를 나타내어도 좋다. R^9 가 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기이고, R^{13} 이 수소이면, 유기 금속 착체의 승화성이 향상되고 퇴적 시에서의 재료의 분해를 억제할 수 있다. 이는 유기 금속 착체가 사용되는 발광 소자의 신뢰성을 향상시키기 때문에 바람직하다.

[0078] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G4)으로 나타내어진다.

[0079] [화학식 12]



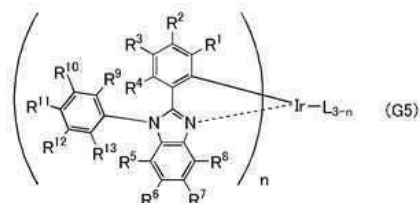
[0080]

[0081] 일반식(G4)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1

내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0082] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G5)으로 나타내어진다.

[0083] [화학식 13]

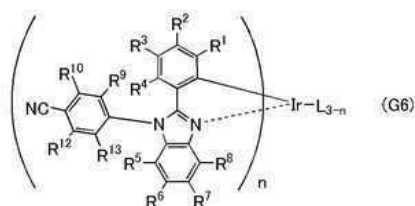


[0084]

[0085] 일반식(G5)에서 R^1 내지 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. R^9 내지 R^{13} 중 적어도 하나는 사이아노기를 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0086] 본 실시형태에서 설명하는 유기 금속 착체는 하기 일반식(G6)으로 나타내어진다.

[0087] [화학식 14]



[0088]

[0089] 일반식(G6)에서 R^1 내지 R^{10} , R^{12} , 및 R^{13} 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

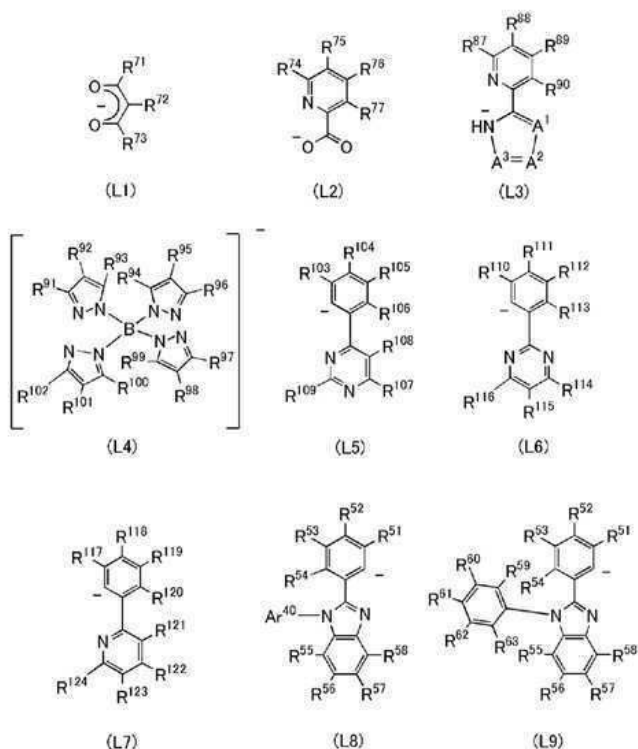
[0090] 일반식(G5 및 G6)에서 R^9 및 R^{13} 은 각각 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내어도 좋다.

[0091] 일반식(G5 및 G6)에서 R^9 는 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기를 나타내어도 좋고 R^{13} 은 수소를 나타내어도 좋다.

[0092] 상술한 구조에서, 단일 음이온 리간드는 β -다이케톤 구조를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 카복실기를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 페놀성 수산기를 가지는 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 2개의 배위 원소 양쪽이 질소인 단일 음이온 두자리 킬레이트 리간드, 또는 고리 금속화에 의하여 이리듐과 금속-탄소 결합을 형성하는 두자리 리간드이다.

[0093] 상술한 구조에서, 하기 일반식(L1 내지 L9) 중 어느 하나를 단일 음이온 리간드로서 사용할 수 있다.

[0094] [화학식 15]



[0095]

[0096]

일반식(L1 내지 L9)에서, R^{51} 내지 R^{63} , R^{71} 내지 R^{77} , 및 R^{87} 내지 R^{124} 는 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 할로제노기, 바이닐기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬싸이오기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다. A^1 내지 A^3 은 각각 독립적으로 질소, 수소와 결합하는 sp^2 혼성 탄소, 또는 치환기를 가지는 sp^2 혼성 탄소를 나타낸다. 상기 치환기는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 할로제노기, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 또는 페닐기이다. 또한 Ar^{40} 은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다.

[0097]

또한 상술한 일반식(G1 내지 G6) 중 어느 것에서, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기가 치환기를 가지는 경우, 상기 치환기의 예에는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, *sec*-뷰틸기, *tert*-뷰틸기, 펜틸기, 또는 헥실기 등의 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 사이클로펜틸기, 사이클로헥실기, 사이클로헵틸기, 1-노보닐기, 또는 2-노보닐기 등의 탄소수 5 내지 7의 사이클로알킬기, 그리고 페닐기 또는 바이페닐기 등의 탄소수 6 내지 12의 아릴기가 포함된다.

[0098]

상술한 일반식(G1 내지 G6)에서의 R^1 내지 R^{13} 중 어느 것으로 나타내어지는 탄소수 1 내지 6의 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.

[0099]

상술한 일반식(G1 내지 G6)에서의 R^1 내지 R^{13} 중 어느 것으로 나타내어지는 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기의 구체적인 예에는, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 사이클로헥실기, 및 메틸사이클로헥실기가 포함된다.

[0100]

상술한 일반식(G1 내지 G6)에서의 R^1 내지 R^{13} 중 어느 것으로 나타내어지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기의 구체적인 예에는, 페닐기, 톨릴기(*o*-톨릴기, *m*-톨릴기, 및 *p*-톨릴기), 나프틸기(1-나프틸기 및 2-나프틸기), 바이페

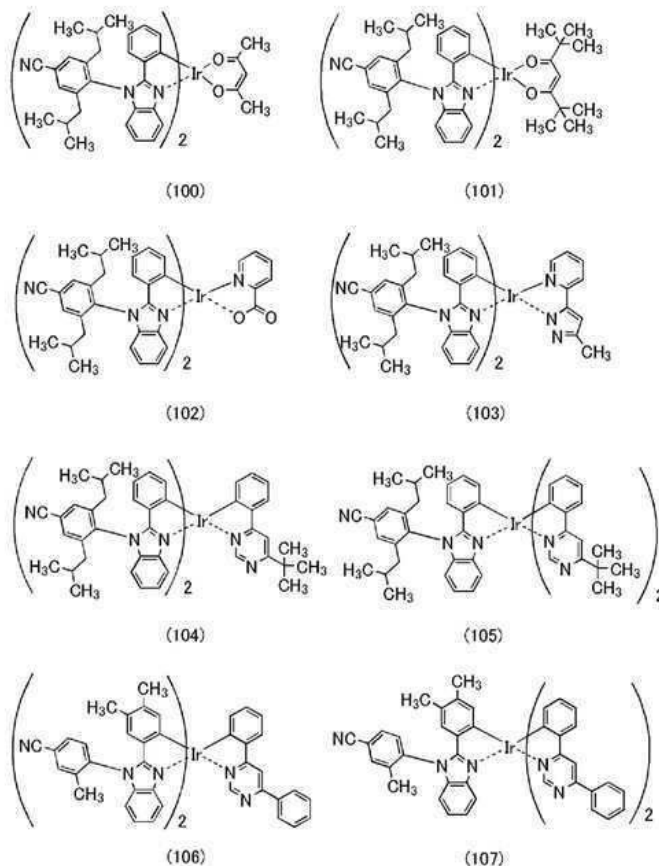
닐기(바이페닐-2-일기, 바이페닐-3-일기, 및 바이페닐-4-일기), 자일릴기, 펜탈렌일기, 플루오렌일기, 페난트릴기, 및 인텐일기가 포함된다. 또한 상술한 치환기는 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 이러한 경우, 예를 들어, 플루오렌일기의 9위치의 탄소가 치환기로서 2개의 페닐기를 가지고, 이들 페닐기가 서로 결합하는 식으로 스파이로플루오렌 골격이 형성된다.

[0101] 상술한 일반식(G1 내지 G6)에서의 R^1 내지 R^{13} 중 어느 것으로 나타내어지는 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기의 구체적인 예에는, 이미다졸릴기, 피라졸릴기, 피리딜기, 피리다질기, 트리아질기, 벤즈이미다졸릴기, 및 퀴놀릴기가 포함된다.

[0102] 일반식(G1 내지 G6)에 나타난 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 각각 이리듐과, 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 사이아노기를 가지는 아릴기 및 상기 벤즈이미다졸 골격의 2위치에 페닐기를 가지는 리간드를 포함한다. 또한 벤즈이미다졸 골격은 벤젠 고리를 포함하여 공액이 확장되므로 발광 파장을 장파장 측으로 시프트시킬 수 있다. 또한 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 결합된 아릴기는 사이아노기를 포함하기 때문에, 유기 금속 착체의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 낮출 수 있다. 따라서 유기 금속 착체가 발광 소자에 사용되면, 정공 주입성을 유지하면서 전자 주입성을 향상시킬 수 있고 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 HOMO 준위를 낮춤으로써 호스트 재료가 깊은 LUMO 준위를 가지는 경우에도 유기 금속 착체(게스트 재료)와 호스트 재료 간에 엑시플렉스가 형성되는 것을 방지할 수 있어, 발광 효율의 향상으로 이어진다. 또한 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 높은 녹색 순도를 달성하기 때문에 바람직하다. 또한 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 결합된 아릴기가 사이아노기를 가지기 때문에, 유기 금속 착체의 열적 물성(내열성)이 향상되고, 퇴적 시에서의 재료의 분해를 억제할 수 있다. 이는 유기 금속 착체가 사용되는 발광 소자의 신뢰성을 향상시키기 때문에 바람직하다.

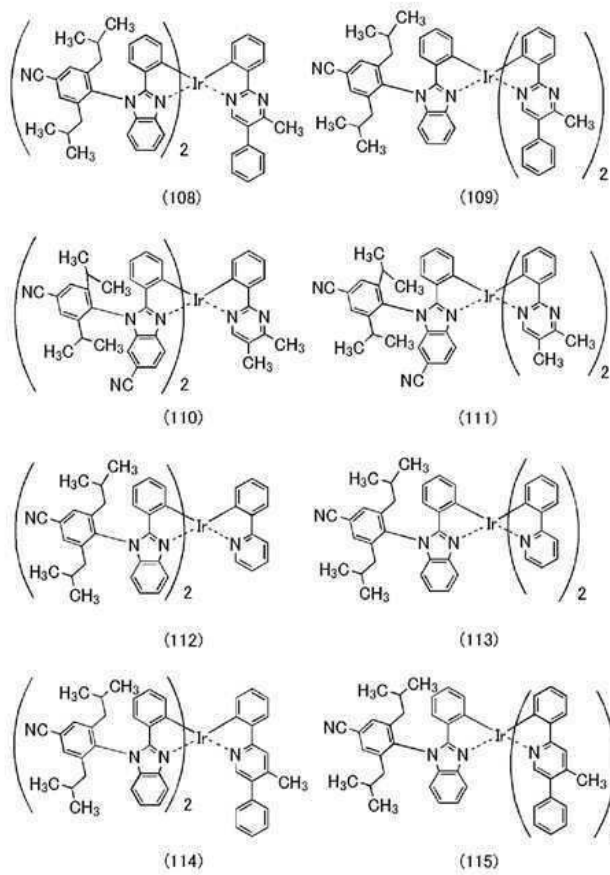
[0103] 다음에, 각각 본 발명의 일 형태인 상술한 유기 금속 착체의 구체적인 구조식에 대하여 이하에 나타낸다. 또한, 본 발명은 이들 식에 한정되지 않는다.

[0104] [화학식 16]



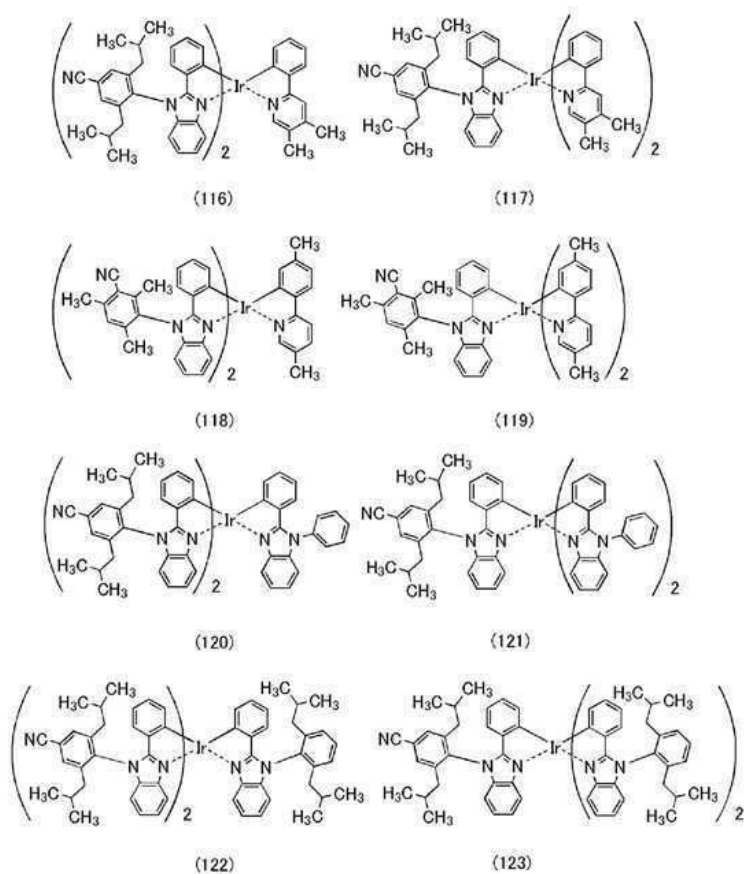
[0105]

[0106] [화학식 17]



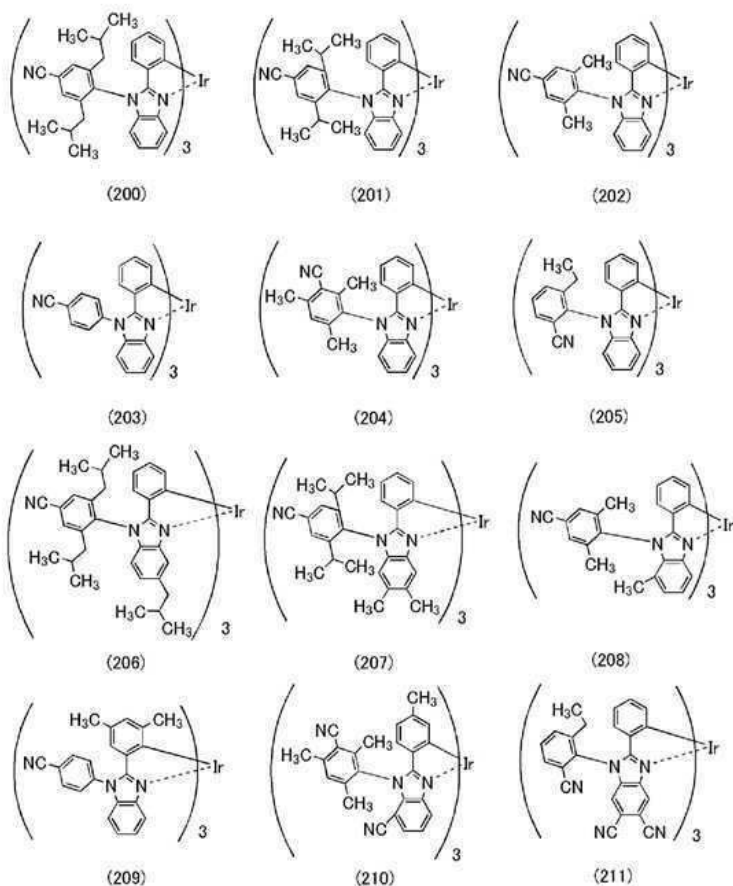
[0107] 

[0108] [화학식 18]



[0109]

[0110] [화학적 19]



[0111]

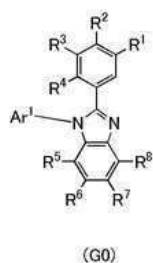
[0112] 또한 상술한 구조식(100 내지 211)으로 나타내어지는 유기 금속 착체는 인광을 발광할 수 있는 신규 물질이다. 리간드의 종류에 따라 이들 물질의 기하 이성질체(geometrical isomer) 및 입체 이성질체가 있을 수 있다. 이성질체의 각각도, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이다.

[0113] 다음에, 본 발명의 일 형태이고 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법예에 대하여 설명한다.

[0114] <<단계 1: 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체의 합성 방법>>

[0115] 우선, 하기 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체의 합성 방법예에 대하여 설명한다.

[0116] [화학적 20]

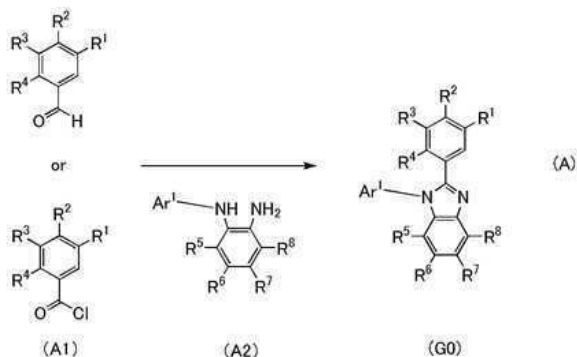


[0117]

[0118] 일반식(G0)에서 Ar¹은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar¹은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R¹ 내지 R⁸은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0119] 하기 스킴(A)에 나타낸 바와 같이, 아릴알데하이드(arylaldehyde) 화합물 또는 아릴카복실산 염화물(arylcarboxylic acid chloride)(A1)과, Ar^1 로 N 위치가 치환된 o -페닐렌다이아민 유도체(A2)가 서로 반응함으로써, 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체를 얻을 수 있다.

[0120] [화학식 21]



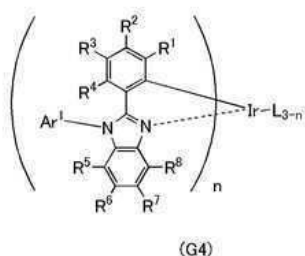
[0121]

[0122] 상술한 스킴(A)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0123] <단계 2: 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법>

[0124] 일반식(G1)으로 나타내어지는 구조를 포함하고, 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법예에 대하여 설명한다. 일반식(G4)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L 은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n 은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0125] [화학식 22]



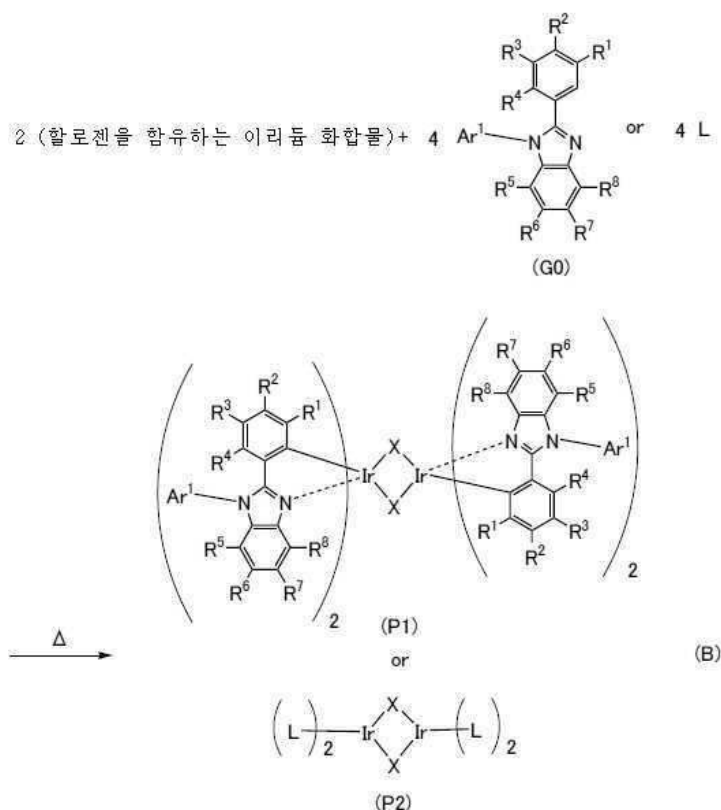
[0126]

[0127] 하기 스킴(B)에 나타낸 바와 같이, 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체 또는 L 과, 할로젠을 함유하는 이리듐 화합물(예를 들어 염화 이리듐, 브로민화 이리듐, 또는 아이오딘화 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 가열함으로써, 각각 할로젠-다리 구조를 포함하는 유기 금속 착체의 일종이며 신규 물질인, 벤즈이미다졸 유도체의 복핵(複核) 착체(P1) 및 단일 음이온 두자리 리간드(monodentate bidentate ligand) 중 어느 것을 포함하는 복핵 착체(P2)를 얻을 수 있다.

[0128] 스킴(B)에서 X 는 할로젠 원자를 나타내고, Ar^1 은 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치

환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0129] [화학식 23]

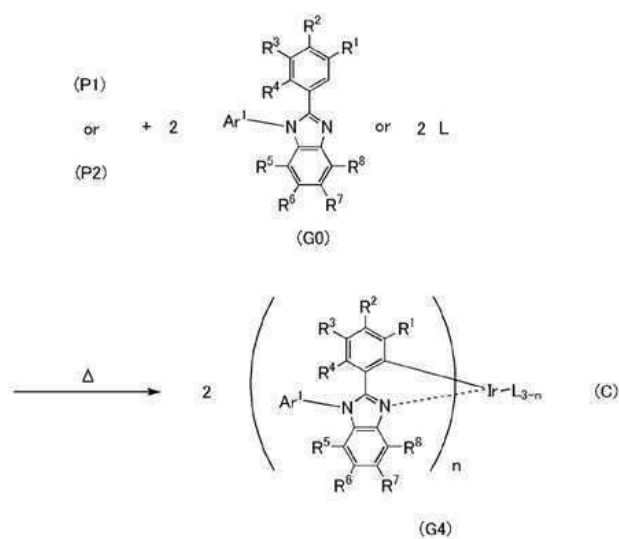


[0130]

[0131] 다음에, 하기 스킴(C)에 나타난 바와 같이, 상술한 합성 스킴(B)으로부터 얻어지는 복핵 착체(P1 또는 P2)와, 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체 또는 L을 불활성 가스 분위기에서 반응시킴으로써, 본 발명의 일 형태인, 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체가 얻어진다. 여기서, 얻어진 유기 금속 착체에 대하여 광 또는 열을 조사하여 더 반응시켜도 좋고, 이 경우, 기하 이성질체 또는 광학 이성질체 등의 이성질체를 얻을 수 있다. 이 이성질체도 본 발명의 일 형태인, 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체이다.

[0132] 스킴(C)에서 Ar¹은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar¹은 치환기로써 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R¹ 내지 R⁸은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 L은 단일 음이온 리간드를 나타내고, n은 1 내지 3 중 어느 것을 나타낸다.

[0133] [화학식 24]

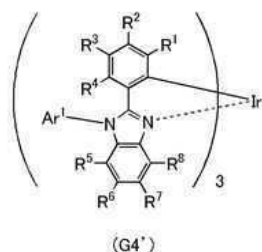


[0134]

[0135] <단계 2': 일반식(G4')으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법>

[0136] 일반식(G1)으로 나타내어지는 구조를 포함하고, n 이 3인 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 금속 착체인 일반식(G4')으로 나타내어지는 유기 금속 착체의 합성 방법예에 대하여 설명한다. 일반식(G4')에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0137] [화학식 25]



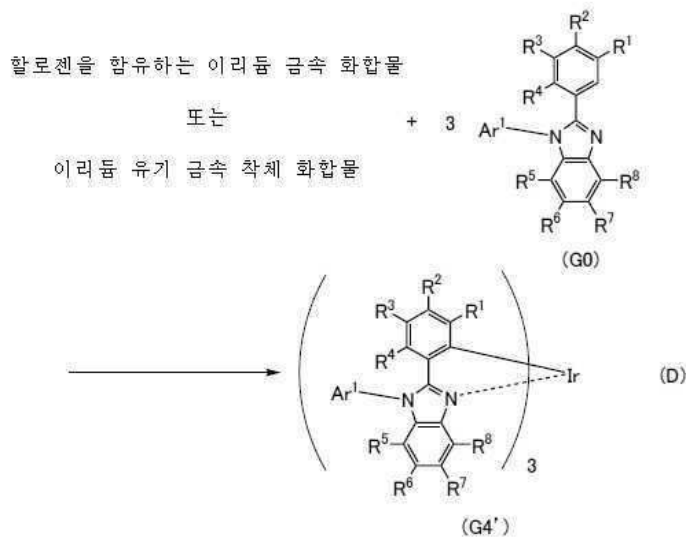
[0138]

[0139] 하기 스킴(D)에 나타난 바와 같이, 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체와, 할로젠을 함유하는 이리듐 금속 화합물(예를 들어 염화 이리듐 수화물 또는 헥사클로로이리듐산 암모늄) 또는 이리듐 유기 금속 착체 화합물(예를 들어 아세틸아세토네이트 착체 또는 다이에틸설파이드 착체)을 혼합한 후, 이 혼합물을 가열함으로써 일반식(G4')으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 금속 착체를 얻을 수 있다.

[0140] 이 가열 공정은, 일반식(G0)으로 나타내어지는 벤즈이미다졸 유도체와 할로젠을 함유하는 이리듐 금속 화합물 또는 이리듐 유기 금속 착체 화합물을 알코올계 용매(예를 들어 글리세롤, 에틸렌 글라이콜, 2-메톡시에탄올, 또는 2-에톡시에탄올)에 용해시킨 후에 수행하여도 좋다.

[0141] 스킴(D)에서 Ar^1 은, 하나 이상의 치환기를 가지는 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타내고, 또한 Ar^1 은 치환기로서 적어도 하나의 사이아노기를 포함한다. R^1 내지 R^8 은 각각 독립적으로 수소, 치환 또는 비치환된 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 6의 사이클로알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 3 내지 12의 헤테로아릴기, 및 사이아노기 중 어느 것을 나타낸다.

[0142] [화학식 26]



[0143]

[0144] 이상이 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체의 합성 방법예에 대한 설명이지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 합성 방법을 채용하여도 좋다.

[0145] 상술한 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체는 인광을 방출할 수 있기 때문에 발광 재료 또는 발광 소자의 발광 물질로서 사용될 수 있다.

[0146] 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체를 사용하면, 발광 효율이 높은 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 또는 조명 장치를 얻을 수 있다. 또한 소비전력이 낮은 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 또는 조명 장치를 얻을 수 있다.

[0147] 실시형태 1에서는 본 발명의 일 형태에 대하여 설명하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 바꿔 말하면, 실시형태 및 다른 실시형태에는 발명의 다양한 형태가 기재되어 있고, 본 발명의 일 형태는 특정의 형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태를 발광 소자에 사용한 예를 기재하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 상황 또는 조건에 따라서는, 본 발명의 일 형태를 발광 소자 이외의 것에 사용하여도 좋다.

[0148] 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명하는 구조들 중 어느 것과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0149] (실시형태 2)

[0150] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 유기 금속 착체 중 어느 것을 포함하는 발광 소자에 대하여 도 1의 (A) 내지 (E)를 참조하여 설명한다.

[0151] <<발광 소자의 기본적인 구조>>

[0152] 발광 소자의 기본적인 구조에 대하여 설명한다. 도 1의 (A)는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 가지는 EL층을 포함하는 발광 소자를 도시한 것이다. 구체적으로는, EL층(103)이 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제공된다.

[0153] 도 1의 (B)는 복수의 EL층(도 1의 (B)에서는 EL층(103a 및 103b)의 2층)이 한 쌍의 전극 사이에 제공되고, 전하 발생층(104)이 EL층들 사이에 제공된 적층 구조(탠덤 구조)를 가지는 발광 소자를 도시한 것이다. 이러한 탠덤 발광 소자를 사용함으로써, 저전압으로 구동할 수 있고 소비전력이 낮은 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0154] 전하 발생층(104)은, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 전압이 인가되었을 때에, EL층들 중 한쪽(103a 또는 103b)에 전자를 주입하고, EL층들 중 다른 쪽(103b 또는 103a)에 정공을 주입하는 기능을 가진다. 따라서, 도 1의 (B)에서는, 제 1 전극(101)의 전위가 제 2 전극(102)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가하면,

전하 발생층(104)이 EL층(103a)에 전자를 주입하고, EL층(103b)에 정공을 주입한다.

- [0155] 또한, 광 추출 효율의 관점에서, 전하 발생층(104)은 가시광에 대하여 투광성을 가지는 것이(구체적으로는, 전하 발생층(104)이 40% 이상의 가시광 투과율을 가지는 것이) 바람직하다. 전하 발생층(104)은 제 1 전극(101) 또는 제 2 전극(102)보다 도전율이 낮은 경우에도 가능하다.
- [0156] 도 1의 (C)는, 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 EL층(103)의 적층 구조를 도시한 것이다. 이 경우, 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하는 것으로 간주한다. EL층(103)은 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)이 이 순서대로 제 1 전극(101) 위에 적층되는 구조를 가진다. 도 1의 (B)에 도시된 탠덤 구조와 같이, 복수의 EL층이 제공되는 경우에도, 상술한 바와 같이 각 EL층에서의 층이 양극 측으로부터 순차적으로 적층된다. 제 1 전극(101)이 음극이고 제 2 전극(102)이 양극인 경우, 적층 순서는 반전된다.
- [0157] EL층(103, 103a, 및 103b)에 포함되는 발광층(113)은 발광 물질 및 복수의 물질을 적절히 조합하여 함유하기 때문에, 원하는 발광 색의 형광 또는 인광을 얻을 수 있다. 발광층(113)은 상이한 발광색을 가지는 적층 구조를 가져도 좋다. 이 경우, 발광 물질과 기타 물질은 적층된 발광층들 사이에서 상이하다. 또는, 도 1의 (B)에서의 복수의 EL층(103a, 및 103b)은 각각의 발광색을 표시하여도 좋다. 이 경우에도, 발광 물질과 기타 물질은 적층된 발광층들 사이에서 상이하다.
- [0158] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에 있어서, 예를 들어, 도 1의 (C)에서의 제 1 전극(101)이 반사 전극이고 제 2 전극(102)이 반투과·반반사 전극인 미소광 공진기(마이크로캐비티) 구조를 채용함으로써, EL층(103)의 발광층(113)으로부터의 발광을 전극 사이에서 공진시키고, 제 2 전극(102)을 통하여 얻어지는 발광을 강화할 수 있다.
- [0159] 또한, 발광 소자의 제 1 전극(101)이 반사성 도전 재료 및 투광성 도전 재료(투명 도전막)가 적층된 구조를 가지는 반사 전극인 경우, 투명 도전막의 두께를 제어함으로써 광학 조정을 수행할 수 있다. 구체적으로는, 발광층(113)으로부터 얻어지는 광의 파장이 λ 일 때, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이의 거리를 $m\lambda/2$ (m 은 자연수) 근방으로 조정하는 것이 바람직하다.
- [0160] 발광층(113)으로부터 얻어지는 원하는 광(파장: λ)을 증폭시키기 위하여, 제 1 전극(101)부터 발광층(113)에서 원하는 광이 얻어지는 영역(발광 영역)까지의 광학 거리 및 제 2 전극(102)부터 발광층(113)에서 원하는 광이 얻어지는 영역(발광 영역)까지의 광학 거리를, $(2m'+1)\lambda/4$ (m' 은 자연수) 근방으로 조정하는 것이 바람직하다. 여기서, 발광 영역이란, 발광층(113)에서의 정공과 전자가 재결합되는 영역을 의미한다.
- [0161] 이러한 광학 조정에 의하여, 발광층(113)으로부터 얻어지는 특정의 단색광의 스펙트럼을 좁힐 수 있어 높은 색 순도를 가지는 발광을 얻을 수 있다.
- [0162] 이 경우, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이의 광학 거리는, 정확하게 말하자면 제 1 전극(101)의 반사 영역부터 제 2 전극(102)의 반사 영역까지의 총 두께가 된다. 그러나, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)의 반사 영역은 정확하게 알아내기 어렵기 때문에, 반사 영역을 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)의 어디에 설정하여도, 상술한 효과를 충분히 얻을 수 있는 것으로 가정한다. 또한 제 1 전극(101)과 원하는 광을 방출하는 발광층 사이의 광학 거리는, 정확하게 말하자면 제 1 전극(101)의 반사 영역과 원하는 광을 방출하는 발광층의 발광 영역 사이의 광학 거리가 된다. 그러나 제 1 전극(101)의 반사 영역 및 원하는 광을 방출하는 발광층의 발광 영역을 정확히 결정하는 것은 어렵기 때문에, 반사 영역 및 발광 영역을 각각 제 1 전극(101) 및 원하는 광을 방출하는 발광층 내로 하면, 상술한 효과를 충분히 얻을 수 있는 것으로 가정한다.
- [0163] 도 1의 (C)에서의 발광 소자는 마이크로캐비티 구조를 가지기 때문에, 같은 EL층이 사용되어도 상이한 파장을 가지는 광(단색광)을 추출할 수 있다. 따라서, 복수의 발광색(예를 들어 R, G, 및 B)을 얻기 위한 구분 착색이 불필요하다. 따라서, 높은 해상도를 용이하게 실현할 수 있다. 또한, 착색층(컬러 필터)과의 조합도 가능하다. 또한, 특정 파장의 정면 방향의 광의 발광 강도를 높일 수 있어, 소비전력을 저감시킬 수 있다.
- [0164] 도 1의 (E)에 도시된 발광 소자는, 도 1의 (B)에 도시된 탠덤 구조를 가지는 발광 소자의 예이고, 도면에 도시된 바와 같이, 전하 발생층(104a 및 104b)을 개재(介在)하여 적층된 3개의 EL층(103a, 103b, 및 103c)을 포함한다. 3개의 EL층(103a, 103b, 및 103c)은 각각 발광층(113a, 113b, 및 113c)을 포함하고 발광층의 발광색은 자유롭게 선택될 수 있다. 예를 들어 발광층(113a)이 청색일 수 있고 발광층(113b)이 적색, 녹색, 또는 황색일 수 있고 발광층(113c)이 청색일 수 있다. 다른 예로서는, 발광층(113a)이 적색일 수 있고 발광층(113b)이 청색, 녹색, 또는 황색일 수 있고 발광층(113c)이 적색일 수 있다.

- [0165] 본 발명의 일 형태의 발광 소자에서, 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 적어도 한쪽은 투광성 전극(예를 들어 투명 전극 또는 반투과·반반사 전극)이다. 투광성 전극이 투명 전극인 경우, 투명 전극은 40% 이상의 가시광 투과율을 가진다. 투광성 전극이 반투과·반반사 전극인 경우, 반투과·반반사 전극은 20% 이상 80% 이하, 바람직하게는 40% 이상 70% 이하의 가시광의 반사율을 가진다. 이들 전극은 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 이하의 저항률을 가지는 것이 바람직하다.
- [0166] 또한, 본 발명의 일 형태의 발광 소자에서 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 한쪽이 반사 전극인 경우, 반사 전극의 가시광의 반사율은 40% 이상 100% 이하, 바람직하게는 70% 이상 100% 이하이다. 이 전극은 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 이하의 저항률을 가지는 것이 바람직하다.
- [0167] <<발광 소자의 구체적인 구조 및 제작 방법>>
- [0168] 본 발명의 실시형태의 발광 소자의 구체적인 구조 및 구체적인 제작 방법에 대하여, 도 1의 (A) 내지 (E)를 참조하여 설명한다. 여기서는, 도 1의 (B)의 탠덤 구조 및 마이크로캐비티 구조를 가지는 발광 소자에 대해서도 도 1의 (D)를 참조하여 설명한다. 도 1의 (D)에서의 발광 소자에서, 반사 전극으로서 제 1 전극(101)을 형성하고, 반투과·반반사 전극으로서 제 2 전극(102)을 형성한다. 따라서, 원하는 전극 재료를 1종류 이상 사용하여 단층 구조 또는 적층 구조를 형성할 수 있다. 또한 제 2 전극(102)은, EL층(103b)의 형성 후, 상술한 바와 같이 선택된 재료를 사용하여 형성한다. 이들 전극을 제작하기 위하여, 스퍼터링법 또는 진공 증착법을 사용할 수 있다.
- [0169] <제 1 전극 및 제 2 전극>
- [0170] 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)에 사용하는 재료로서는, 상술한 전극의 기능을 만족시킬 수 있기만 하면, 다음 재료 중 어느 것을 적절한 조합으로 사용할 수 있다. 예를 들어 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 적절히 사용할 수 있다. 구체적으로는, In-Sn 산화물(ITO라고도 함), In-Si-Sn 산화물(ITSO라고도 함), In-Zn 산화물, 또는 In-W-Zn 산화물 등을 사용할 수 있다. 또한, 알루미늄(Al), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망가니즈(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 몰리브데넘(Mo), 탄탈럼(Ta), 텅스텐(W), 팔라듐(Pd), 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 이트륨(Y), 또는 네오디뮴(Nd) 등의 금속 또는 이들 금속 중 어느 것의 적절한 조합을 함유하는 합금을 사용할 수 있다. 또한, 상술하지 않은 원소 주기율표의 1족 원소 또는 2족 원소(예를 들어 리튬(Li), 세슘(Cs), 칼슘(Ca), 또는 스트론튬(Sr)), 유로퓸(Eu) 또는 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 이들 원소 중 어느 것의 적절한 조합을 함유하는 합금, 또는 그 래핀 등을 사용할 수 있다.
- [0171] 도 1의 (D)에서의 발광 소자에 있어서, 제 1 전극(101)이 양극인 경우, EL층(103a)의 정공 주입층(111a) 및 정공 수송층(112a)이 진공 증착법에 의하여 제 1 전극(101) 위에 순차적으로 적층된다. EL층(103a) 및 전하 발생층(104)이 형성된 후, EL층(103b)의 정공 주입층(111b) 및 정공 수송층(112b)이, 비슷한 방식으로 전하 발생층(104) 위에 순차적으로 적층된다.
- [0172] <정공 주입층 및 정공 수송층>
- [0173] 정공 주입층(111, 111a, 및 111b)은 양극인 제 1 전극(101) 및 전하 발생층(104)으로부터 EL층(103, 103a, 및 103b)에 정공을 주입하고, 높은 정공 주입성을 가지는 재료를 각각 함유한다.
- [0174] 높은 정공 주입성을 가지는 재료의 예로서는, 몰리브데넘 산화물, 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 및 망가니즈 산화물 등의 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또는, 프탈로사이아닌(약칭: H_2Pc) 및 구리 프탈로사이아닌(약칭: CuPc) 등의 프탈로사이아닌계의 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, 및 폴리(3,4-에틸렌다이옥시사이오렌)/폴리(스타이렌설폰산)(약칭: PEDOT/PSS) 등의 고분자 화합물 등의 재료 중 어느 것을 사용할 수 있다.
- [0175] 또는 높은 정공 주입성을 가지는 재료로서는, 정공 수송성 재료 및 엑셉터 재료(전자 수용성 재료)를 함유하는 복합 재료를 사용할 수도 있다. 이 경우, 엑셉터 재료에 의하여 정공 수송성 재료로부터 전자가 추출되어 정공 주입층(111, 111a, 및 111b)에서 정공이 발생되고, 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)을 통하여 발광층(113, 113a, 및 113b)에 정공이 주입된다. 또한, 정공 주입층(111, 111a, 및 111b) 각각은 정공 수송성 재료 및 엑셉

터 재료(전자 수송성 재료)를 함유하는 복합 재료를 사용하여 단층 구조를 가지도록 형성하여도 좋고, 정공 수송성 재료를 포함하는 층 및 엑셉터 재료(전자 수송성 재료)를 포함하는 층이 적층된 적층 구조를 가지도록 형성하여도 좋다.

[0176] 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)은 정공 주입층(111, 111a, 및 111b)에 의하여 제 1 전극(101) 및 전하 발생층(104)으로부터 주입된 정공을 발광층(113, 113a, 및 113b)으로 수송한다. 또한, 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)은 각각 정공 수송성 재료를 함유한다. 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)에 포함되는 정공 수송성 재료의 HOMO 준위는, 정공 주입층(111, 111a, 및 111b)의 HOMO 준위와 같거나, 또는 가까운 것이 특히 바람직하다.

[0177] 정공 주입층(111, 111a, 및 111b)에 사용하는 엑셉터 재료의 예는, 주기율표의 제 4족 내지 제 8족 중 어느 것에 속하는 금속의 산화물을 포함한다. 구체적으로는, 산화 몰리브데넘, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 tantalum, 산화 크로뮴, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 및 산화 레늄을 들 수 있다. 이들 중에서, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서도 안정적이고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 특히 바람직하다. 또는, 퀴노다이메테인 유도체, 클로라닐 유도체, 및 헥사아자트라이페닐렌 유도체 등의 유기 엑셉터를 사용할 수 있다. 구체적으로는, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐, 및 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN) 등을 사용할 수 있다.

[0178] 정공 주입층(111, 111a, 및 111b) 및 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)에 사용하는 정공 수송성 재료는, 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 가지는 물질인 것이 바람직하다. 또한, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이기만 하면, 다른 물질을 사용하여도 좋다.

[0179] 정공 수송성 재료는, δ 전자 과잉형 헥테로 방향족 화합물(예를 들어 카바졸 유도체 및 인돌 유도체) 및 방향족 아민 화합물이 바람직하고, 그 예에는, 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'-비스[N-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn), N-(4-바이페닐)-N-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCBIF), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBIIF), 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), 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), 4,4',4'-트리스(카바졸-9-일)트라이페닐아민(약칭: TCTA), 4,4',4'-트리스(N,N-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 및 4,4',4'-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: MTDATA) 등의 방향족 아민 골격을 가지는 화합물, 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP), 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 및 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA) 등의 카바졸 골격을 가지는 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 가지는 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 가지는 화합물이 포함된다.

[0180] 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-뷰틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0181] 또한 정공 수송성 재료는 상술한 예에 한정되지 않고, 정공 주입층(111, 111a, 및 111b) 및 정공 수송층(112, 112a, 및 112b)에 사용할 때, 다양한 공지의 재료 중 1종류 또는 상기 재료의 조합이어도 좋다. 또한, 정공 수

송층(112, 112a, 및 112b)은 각각 복수의 층으로 형성되어도 좋다. 즉, 예를 들어 정공 수송층은 제 1 정공 수송층 및 제 2 정공 수송층이 적층된 구조를 각각 가져도 좋다.

[0182] 다음에, 도 1의 (D)의 발광 소자에서는, 발광층(113a)이 진공 증착법에 의하여 EL층(103a)의 정공 수송층(112a) 위에 형성된다. EL층(103a) 및 전하 발생층(104)이 형성된 후, 발광층(113b)이 진공 증착법에 의하여 EL층(103b)의 정공 수송층(112b) 위에 형성된다.

[0183] <발광층>

[0184] 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c)은 각각 발광 물질을 함유한다. 또한, 발광 물질로서는, 발광색이 청색, 보라색, 청자색, 녹색, 황녹색, 황색, 주황색, 또는 적색 등인 물질이 적절히 사용된다. 복수의 발광층(113a, 113b, 및 113c)을 상이한 발광 물질을 사용하여 형성하면, 상이한 발광색을 나타낼 수 있다(예를 들어, 백색 발광을 실현하기 위하여 보색의 발광색을 조합함). 또한, 하나의 발광층이 2종류 이상의 발광 물질을 함유하는 적층 구조를 채용하여도 좋다.

[0185] 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c) 각각은 발광 물질(게스트 재료)에 더하여, 1종류 이상의 유기 화합물(호스트 재료 및 어시스트 재료)을 함유하여도 좋다. 1종류 이상의 유기 화합물로서는, 본 실시형태에서 설명되는 정공 수송성 재료 및 전자 수송성 재료 중 한쪽 또는 양쪽을 사용할 수 있다.

[0186] 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c)에 사용할 수 있는 발광 물질에 특별한 한정은 없고, 단일항 여기 에너지를 가시광 영역의 발광으로 변환하는 발광 물질 또는 삼중항 여기 에너지를 가시광 영역의 발광으로 변환하는 발광 물질을 사용할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에서 EL층(103, 103a, 103b, 및 103c)에서의 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c) 중 어느 것은, 1-아릴-2-페닐벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고, 여기서 리간드의 아릴기가 사이아노기를 포함하는 유기 금속 착체를 포함하는 것이 바람직하다.

[0187] 이러한 유기 금속 착체를 발광 소자의 발광층에 사용하면, 발광층에 대한 정공 주입성을 유지하면서 전자 주입성을 향상시킬 수 있기 때문에, 발광 소자의 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 상기 유기 금속 착체는 HOMO 준위가 깊다는 특징을 가진다. 따라서 상기 유기 금속 착체와 호스트 재료를 혼합하여 발광층을 형성하면, 호스트 재료가 깊은 LUMO 준위를 가지는 경우에도, 상기 유기 금속 착체(게스트 재료)와 호스트 재료 간에 엑시플렉스가 형성되는 것이 방지되어, 발광 소자의 발광 효율의 향상으로 이어진다. 또한 상기 유기 금속 착체는 예리한 발광 스펙트럼을 나타내기 때문에, 녹색 순도가 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 벤즈이미다졸 골격의 1위치에 결합된 아릴기가 사이아노기를 포함하기 때문에, 유기 금속 착체의 열적 물성(내열성)이 향상되고, 퇴적 시에서의 재료의 분해를 억제할 수 있다. 따라서 유기 금속 착체가 발광층에 사용된 발광 소자는 수명이 길다.

[0188] 본 발명의 일 형태의 상술한 발광 소자에서, 상기 유기 금속 착체는 리간드로서 1,2-다이페닐벤즈이미다졸 유도체를 가지고, 리간드의 1위치의 페닐기가 사이아노기를 포함하는 것이 바람직하다. 이는, 1위치의 아릴기가 다른 아릴기보다 공액이 작은 페닐기이면 사이아노기의 효과를 효과적으로 얻을 수 있기 때문이다. 또한 상술한 구조에서의 리간드는 고리 금속화에 의하여 이리듬과 결합되는 것이 바람직하다. 이러한 유기 금속 착체의 예로서는, 실시형태 1에서 설명한 화합물을 들 수 있다.

[0189] 다른 발광 물질의 예는 아래와 같다.

[0190] 단일항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 물질의 예로서는, 형광을 방출하는 물질(형광 재료)을 들 수 있다. 형광을 방출하는 물질의 예에는, 피렌 유도체, 안트라센 유도체, 트라이페닐렌 유도체, 플루오렌 유도체, 카바졸 유도체, 다이벤조싸이오펜 유도체, 다이벤조퓨란 유도체, 다이벤조퀴놀살린 유도체, 퀴놀살린 유도체, 피리딘 유도체, 피리미딘 유도체, 페난트렌 유도체, 및 나프탈렌 유도체가 포함된다. 피렌 유도체는 발광 양자 수율이 높기 때문에 특히 바람직하다. 피렌 유도체의 구체적인 예에는, N,N' -비스(3-메틸페닐)- N,N' -비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), N,N' -다이페닐- N,N' -비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), N,N' -비스(다이벤조퓨란-2-일)- N,N' -다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FrAPrn), N,N' -비스(다이벤조싸이오펜-2-일)- N,N' -다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6ThAPrn), N,N' -(피렌-1,6-다이일)비스[(N -페닐벤조[b]나프토[1,2- d]퓨란)-6-아민](약칭: 1,6BnfAPrn), N,N' -(피렌-1,6-다이일)비스[(N -페닐벤조[b]나프토[1,2- d]퓨란)-8-아민](약칭: 1,6BnfAPrn-02), 및 N,N' -(피렌-1,6-다이일)비스[(6, N -다이페닐벤조[b]나프토[1,2- d]퓨란)-8-아민](약칭: 1,6BnfAPrn-03)이 포함된다.

[0191] 또한, 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), N,N' -비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]- N,N' -다이페닐스틸

벤-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: 2YGAPPA), N,9-다이페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), 4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPBA), 페틸렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페틸렌(약칭: TBP), 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: 2PCAPPA), 또는 N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPPA) 등을 사용할 수 있다.

[0192] 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환하는 발광 물질의 예로서는, 인광을 방출하는 물질(인광 재료) 및 열 활성화 지연 형광(TADF: Thermally activated delayed fluorescence)을 나타내는 열 활성화 지연 형광 재료를 들 수 있다.

[0193] 인광 재료의 예에는, 유기 금속 착체, 금속 착체(백금 착체), 및 희토류 금속 착체가 포함된다. 이들 물질은 각각의 발광색(발광 피크)을 나타내기 때문에, 이들 중 어느 것을 필요에 따라 적절히 선택한다.

[0194] 청색 또는 녹색 광을 방출하고 발광 스펙트럼의 피크 파장이 450nm 이상 570nm 이하인 인광 재료의 예로서는, 이하의 물질을 들 수 있다.

[0195] 예를 들어, 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: [Ir(mptpz-dmp)₃]), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz)₃]), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrptz-3b)₃]), 및 트리스[3-(5-바이페닐)-5-아이소프로필-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPr5btz)₃]) 등의 4H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 착체, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz1-mp)₃]) 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Prptz1-Me)₃]) 등의 1H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 착체, fac-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrpmi)₃]) 및 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(dmpimpt-Me)₃]) 등의 이미다졸 골격을 가지는 유기 금속 착체, 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-N,C^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이토(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이토-N,C^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]), 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-N,C^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 가지는 페닐피리딘 유도체를 리간드로 하는 유기 금속 착체 등을 들 수 있다.

[0196] 녹색 또는 황색 광을 방출하고 발광 스펙트럼의 피크 파장이 495nm 이상 590nm 이하인 인광 재료의 예로서는, 이하의 물질을 들 수 있다.

[0197] 예를 들어, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)₃]), 트리스(4-*t*-부틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₃]), (아세틸아세토네이토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스(6-*tert*-부틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스[6-(2-노보닐)-4-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(nbppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(mpppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스{4,6-다이메틸-2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-피리미딘일-κN3]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: [Ir(dmppm-dmp)₂(acac)]), 및 (아세틸아세토네이토)비스(4,6-다이페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)₂(acac)]) 등의 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, (아세틸아세토네이토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]) 및 (아세틸아세토네이토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]) 등의 피라

진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 트리스(2-페닐피리디네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(ppy)_3]$), 비스(2-페닐피리디네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(ppy)_2(acac)]$), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이트)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(bzq)_2(acac)]$), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리네이트)이리듐(III)(약칭: $[Ir(bzq)_3]$), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(pq)_3]$), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(pq)_2(acac)]$) 등의 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸레이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(dpo)_2(acac)]$), 비스{2-[4'-(피플루오로페닐)페닐]피리디네이트- $N, C^{2'}$ }이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(p-PF-ph)_2(acac)]$), 및 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(bt)_2(acac)]$) 등의 유기 금속 착체, 및 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: $[Tb(acac)_3(Phen)]$) 등의 희토류 금속 착체를 들 수 있다.

[0198] 황색 또는 적색 광을 방출하고 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상 750nm 이하인 인광 재료의 예로서는, 이하의 물질을 들 수 있다.

[0199] 예를 들어, (다이아이소뷰티릴메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: $[Ir(5mdppm)_2(dibm)]$), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: $[Ir(5mdppm)_2(dpm)]$), 및 (다이피발로일메타네이트)비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: $[Ir(dlnpm)_2(dpm)]$) 등의 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 착체, (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: $[Ir(tppr)_2(acac)]$), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)(다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: $[Ir(tppr)_2(dpm)]$), 비스{4,6-다이메틸-2-[3-(3,5-다이메틸페닐)-5-페닐-2-피라진일- κN]페닐- κC }(2,6-다이메틸-3,5-헵테인다이오네이트- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(dmdppr-P)_2(dibm)]$), 비스{4,6-다이메틸-2-[5-(4-사이아노-2,6-다이메틸페닐)-3-(3,5-다이메틸페닐)-2-피라진일- κN]페닐- κC }(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(dmdppr-dmCP)_2(dpm)]$), (아세틸아세토네이트)비스[2-메틸-3-페닐퀴녹살리네이트- $N, C^{2'}$]이리듐(III)(약칭: $[Ir(mpq)_2(acac)]$), (아세틸아세토네이트)비스(2,3-다이페닐퀴녹살리네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(dpq)_2(acac)]$), 및 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이트]이리듐(III)(약칭: $[Ir(Fdpq)_2(acac)]$) 등의 피라진 골격을 가지는 유기 금속 착체, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: $[Ir(piq)_3]$) 및 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: $[Ir(piq)_2(acac)]$) 등의 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 착체, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르피린백금(II)(약칭: $[PtOEP]$) 등의 백금 착체, 및 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $[Eu(DBM)_3(Phen)]$) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $[Eu(TTA)_3(Phen)]$) 등의 희토류 금속 착체를 들 수 있다.

[0200] 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c)에 사용하는 유기 화합물(호스트 재료 및 어시스트 재료)로서는, 발광 물질(게스트 재료)보다 큰 에너지 갭을 가지는 1종류 이상의 물질을 사용한다.

[0201] 발광 물질이 형광 재료인 경우, 호스트 재료로서는 단일항 여기 상태에서의 에너지 준위가 높고, 삼중항 여기 상태에서의 에너지 준위가 낮은 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 안트라센 유도체 또는 테트라센 유도체를 바람직하게 사용하는 것이 바람직하다. 구체적인 예에는, 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c, g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 9-페닐-10-{4-

(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)바이페닐-4'-일}안트라센(약칭: FLPPA), 5,12-다이페닐테트라센, 및 5,12-비스(바이페닐-2-일)테트라센이 포함된다.

[0202] 발광 물질이 인광 재료인 경우, 발광 물질보다 높은 삼중항 여기 에너지(바닥 상태와 삼중항 여기 상태의 에너지 차이)를 가지는 유기 화합물을 호스트 재료로서 선택하는 것이 바람직하다. 이 경우에는, 아연 또는 알루미늄계 금속 착체, 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴녹살린 유도체, 다이벤조퀴녹살린 유도체, 다이벤조싸이오펜 유도체, 다이벤조퓨란 유도체, 피리미딘 유도체, 트리아아진 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 페난트롤린 유도체, 방향족 아민, 및 카바졸 유도체 등을 사용할 수 있다.

[0203] 더 구체적으로는, 예를 들어 이하의 정공 수송 재료 및 전자 수송 재료 중 어느 것을 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

[0204] 정공 수송성이 높은 호스트 재료의 예에는, N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌디아민(약칭: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD), 및 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등의 방향족 아민 화합물이 포함된다.

[0205] 3-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA1), 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA2), 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-(1-나프틸)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzTPN2), 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 및 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등의 카바졸 유도체도 들 수 있다. 카바졸 유도체의 다른 예에는 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 및 1,4-비스[4-(N-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠이 포함된다.

[0206] 정공 수송성이 높은 호스트 재료의 예에는 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-(1-나프틸)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: 1'-TNATA), 4,4',4''-트리스(N,N'-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4''-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: m-MTDATA), 4,4'-비스[N-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 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), N-(9,9-다이메틸-2-다이페닐아미노-9H-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭: DPNF), 2-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPASF), 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: PCBABB), 4-페닐다이페닐-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)아민(약칭: PCA1BP), N,N'-비스(9-페닐카바졸-3-일)-N,N'-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭: PCA2B), N,N',N''-트라이페닐-N,N',N''-트리스(9-페닐카바졸-3-일)벤젠-1,3,5-트리아민(약칭: PCA3B), N-(4-바이페닐)-N-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCBIF), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBIF), 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), 2-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: PCASF), 2,7-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPA2SF), N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-(4-페닐)페닐아닐린(약칭: YGA1BP), 및 N,N'-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F) 등의 방향족 아민 화합물이 포함된다. 다른 예에는 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP), 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBI-II), 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리아일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 1,3,5-트라이(다이벤조싸이오펜-4-일)-벤젠(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV), 및 4-[3-(트라이페닐렌-2-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: mDBTPTp-II) 등의 카바졸 화합물, 싸이오펜 화합물, 퓨란 화합물, 플루오렌 화합물; 트라이페닐렌 화합물; 및 페난트렌 화합물

등이 있다.

[0207]

전자 수송성이 높은 호스트 재료의 예에는, 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]-퀴놀리네이트)베틸륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 또는 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq) 등의 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 가지는 금속 착체를 포함한다. 또는, 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO) 또는 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 옥사졸계 또는 싸이아졸계 리간드를 가지는 금속 착체를 사용할 수 있다. 이러한 금속 착체 외에, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 및 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011) 등의 옥사다리아졸 유도체, 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-바이페닐릴)-1,2,4-트리아아졸(약칭: TAZ) 등의 트리아아졸 유도체, 2,2'2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI) 또는 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBI-m-II) 등의 이미다졸 골격을 가지는 화합물(특히 벤즈이미다졸 유도체), 4'4'-비스(5-메틸벤조옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 옥사졸 골격을 가지는 화합물(특히 벤조옥사졸 유도체), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 및 2,9-비스(나프탈렌-2-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBphen) 등의 페난트롤린 유도체, 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: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-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 가지는 헤테로고리 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 가지는 헤테로고리 화합물, 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 가지는 헤테로고리 화합물 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또는, 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 수 있다.

[0208]

호스트 재료의 예에는 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 및 다이벤조[g,p] 크리센 유도체 등의 축합 다환 방향족 화합물이 포함된다. 축합 다환 방향족 화합물의 구체적인 예에는, 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), N,N'-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: DPhPA), YGAP, PCAP, N,9-다이페닐-N'-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), 2PCAP, 6,12-다이메톡시-5,11-다이페닐크리센, DBC1, 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 3,6-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: DPCzPA), 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 2-tert-뷰틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,9'-바이안트릴(약칭: BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS2), 및 1,3,5-트라이(1-피렌일)벤젠(약칭: TPB3)이 포함된다.

[0209]

발광층(113, 113a, 113b, 및 113c)에 복수의 유기 화합물이 사용되는 경우, 1-아릴-2-페닐벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고 리간드의 아릴기에 사이아노기를 가지는 유기 금속 이리듐 착체와 조합된, 엑시플렉스를 형성하는 2개의 화합물(제 1 화합물 및 제 2 화합물)을 사용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 다양한 유기 화합물 중 어느 것을 적절히 조합하여 사용할 수 있지만, 엑시플렉스를 효율적으로 형성하기 위해서는 정공을 수용하기 쉬운 화합물(정공 수송성 재료) 및 전자를 수용하기 쉬운 화합물(전자 수송성 재료)을 조합하는 것이 특히 바람직하다. 정공 수송성 재료 및 전자 수송성 재료로서, 구체적으로는 본 실시형태에서 설명되는 어느 재료를 사용할 수 있다. 상술한 구조에 의하여, 고효율, 저전압, 및 장수명을 동시에 실현할 수 있다.

[0210]

TADF 재료는 작은 열 에너지를 사용하여 삼중항 여기 상태를 단일항 여기 상태로 업컨버트할 수 있고(즉, 역항간 교차가 가능함), 단일항 여기 상태로부터의 발광(형광)을 효율적으로 나타내는 재료이다. TADF는, 삼중항 여기 준위와 단일항 여기 준위의 에너지 차이가 0eV 이상 0.2eV 이하, 바람직하게는 0eV 이상 0.1eV 이하인 조건하에서 효율적으로 얻어진다. 또한, TADF 재료에 의하여 나타내어지는 "지연 형광"은 통상의 형광과 같은 스

펙트럼을 가지며 수명이 매우 긴 발광을 말한다. 그 수명은 10^{-6} 초 이상, 바람직하게는 10^{-3} 초 이상이다.

[0211] TADF 재료의 예에는, 풀러렌, 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 및 에오신이 포함된다. 다른 예에는, 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 함유하는 포르피린 등의 금속 함유 포르피린이 포함된다. 금속 함유 포르피린의 예에는, 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$), 코프로포르피린 테트라메틸 에스터-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{OEP})$), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체(약칭: $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$), 및 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(약칭: PtCl_2OEP)가 포함된다.

[0212] 또는, 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-*a*]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(*N*-페닐-9*H*-카바졸-3-일)-9*H*-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10*H*-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트리아진(약칭: PPZ-3TPT), 3-(9,9-다이메틸-9*H*-아크리딘-10-일)-9*H*-크산텐-9-온(약칭: ACRXTN), 비스[4-(9,9-다이메틸-9,10-다이하이드로아크리딘)페닐]설폰(약칭: DMAC-DPS), 또는 10-페닐-10*H*,10'*H*-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(약칭: ACRSA) 등의 π 전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및 π 전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 헤테로고리 화합물을 사용할 수 있다. 또한, π 전자 과잉형 헤테로 방향족 고리가 π 전자 부족형 헤테로 방향족 고리에 직접적으로 결합된 물질은, π 전자 과잉형 헤테로 방향족 고리의 도너성 및 π 전자 부족형 헤테로 방향족 고리의 억셉터성이 모두 증가되고, 단일항 여기 상태와 삼중항 여기 상태의 에너지 차이가 작아지기 때문에 특히 바람직하다.

[0213] 또한, TADF 재료를 사용하는 경우, TADF 재료를 다른 유기 화합물과 조합할 수 있다. 1-아릴-2-페닐벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고 리간드의 아릴기에 사이아노기를 가지는 유기 금속 이리듐 착체와 혼합된 TADF 재료를 사용하여 발광층을 형성하는 것이 특히 바람직하다. 이 구조에 의하여, 고효율, 저전압, 및 장수명을 동시에 실현할 수 있다.

[0214] 1-아릴-2-페닐벤즈이미다졸 유도체를 리간드로서 가지고 리간드의 아릴기에 사이아노기를 가지는 상술한 유기 금속 이리듐 착체는 HOMO 준위가 깊다는 특징을 가진다. 따라서 상기 유기 금속 이리듐 착체와 호스트 재료를 혼합하여 발광층을 형성하면, 호스트 재료가 깊은 LUMO 준위를 가지는 경우에도, 상기 유기 금속 착체(게스트 재료)와 호스트 재료 간에 엑시플렉스가 형성되는 것이 방지되어, 발광 소자의 발광 효율의 향상으로 이어진다. LUMO 준위가 깊은 호스트 재료의 대부분은 신뢰성이 높기 때문에, 본 발명의 일 형태는 고효율과 장수명을 동시에 실현하는 데 유리하다. LUMO 준위가 깊은 호스트 재료로서는, 다이아진 골격 및 트리아진 골격을 가지는 상술한 헤테로고리 화합물이 바람직하다. 다이아진 골격으로서, 파라진 골격 또는 피리미딘 골격이 바람직하고, 이들 골격은 다른 고리와 축환(fused)되어도 좋다(예를 들어 퀴나졸린 고리, 퀴놀살린 고리, 다이벤조퀴놀살린 고리, 벤조퓨로피리미딘 고리, 또는 벤조싸이오피리미딘 고리를 형성하여도 좋음).

[0215] 도 1의 (D)의 발광 소자에서는, 전자 수송층(114a)이 진공 증착법에 의하여 EL층(103a)의 발광층(113a) 위에 형성된다. EL층(103a) 및 전하 발생층(104)이 형성된 후, 전자 수송층(114b)이 진공 증착법에 의하여 EL층(103b)의 발광층(113b) 위에 형성된다.

[0216] <전자 수송층>

[0217] 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)은 전자 주입층(115, 115a, 및 115b)에 의하여 제 2 전극(102) 및 전하 발생층(104)으로부터 주입된 전자를 발광층(113, 113a, 및 113b)으로 수송한다. 또한 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)은 각각 전자 수송성 재료를 함유한다. 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)에 포함되는 전자 수송성 재료는, 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질인 것이 바람직하다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이지만 다른 물질을 사용하여도 좋다.

[0218] 전자 수송성 재료의 예에는, 퀴놀린 리간드, 벤조퀴놀린 리간드, 옥사졸 리간드, 및 싸이아졸 리간드를 가지는 금속 착체, 옥사다이아졸 유도체, 트리아진 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 및 바이피리딘 유도체가 포함된다. 또한, 함질소 헤테로 방향족 화합물 등의 π 전자 부족형 헤테로 방향족 화합물을 사용할 수도 있다.

[0219] 구체적으로는, Alq_3 , 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이트)알루미늄(약칭: Almq_3), 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리

네이트)베틸륨(약칭: BeBq₂), BA1q, 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤즈옥사졸레이토]아연(II)(약칭: Zn(BOX)₂), 및 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조싸이아졸레이토]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 금속 착체, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(*p-tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4'-*tert*-뷰틸페닐)-4-페닐-5-(4'-바이페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 3-(4-*tert*-뷰틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-바이페닐릴)-1,2,4-트리아졸(약칭: p-EtTAZ), 바소페난트롤린(약칭: Bphen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 및 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 헤테로 방향족 화합물, 및 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: 2mDBTFDBq-II), 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), 및 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[*f,h*]퀴녹살린(약칭: 6mDBTPDBq-II) 등의 퀴녹살린 유도체 및 다이벤조퀴녹살린 유도체를 사용할 수 있다.

[0220] 또는, 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 수 있다.

[0221] 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)은 각각 단층으로 한정되지 않고, 상술한 물질 중 어느 것을 각각 함유하는 2층 이상의 적층이어도 좋다.

[0222] 다음에, 도 1의 (D)의 발광 소자에서는, 전자 주입층(115a)이 진공 증착법에 의하여 EL층(103a)의 전자 수송층(114a) 위에 형성된다. 이어서, EL층(103a) 및 전하 발생층(104)이 형성되고, EL층(103b)의 전자 수송층(114b)까지의 구성 요소가 형성된 후, 이들 위에 전자 주입층(115b)이 진공 증착법에 의하여 형성된다.

[0223] <전자 주입층>

[0224] 전자 주입층(115, 115a, 및 115b)은 각각 전자 주입성이 높은 물질을 함유한다. 전자 주입층(115, 115a, 및 115b)은 각각, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF₂), 또는 리튬 산화물(LiO_x) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용하여 형성할 수 있다. 플루오린화 어븀(ErF₃)과 같은 희토류 금속 화합물도 사용할 수 있다. 전자 주입층(115, 115a, 및 115b)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물의 예에는 산화 칼슘-산화 알루미늄에 전자가 고농도로 첨가된 물질이 포함된다. 상술한 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)을 형성하는 물질 중 어느 것을 사용할 수도 있다.

[0225] 전자 주입층(115, 115a, 및 115b)에는 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에서 전자가 발생하기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 여기서 유기 화합물은, 발생한 전자를 수송하는 데 우수한 재료인 것이 바람직하고, 구체적으로는 예를 들어 전자 수송층(114, 114a, 및 114b)을 형성하기 위한 전자 수송성 재료(예를 들어 금속 착체 또는 헤테로 방향족 화합물)를 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질을 사용하여도 좋다. 바람직한 예로서, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 및 희토류 금속이 있다. 구체적으로는 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 어븀, 및 이터븀 등을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속 산화물 및 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 및 바륨 산화물 등을 들 수 있다. 또는, 산화 마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수 있다. 또한, 테트라싸이아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수 있다.

[0226] 예를 들어 발광층(113b)으로부터 얻어지는 광을 증폭시키는 경우에는, 제 2 전극(102)과 발광층(113b) 사이의 광학 거리가, 발광층(113b)으로부터 방출되는 광의 파장 λ 의 1/4 미만인 것이 바람직하다. 이 경우, 광학 거리는 전자 수송층(114b) 또는 전자 주입층(115b)의 두께를 변경함으로써 조절할 수 있다.

[0227] <전하 발생층>

[0228] 제 1 전극(양극)(101)과 제 2 전극(음극)(102) 사이에 전압이 인가될 때, 전하 발생층(104)은 EL층(103a)에 전자를 주입하고, EL층(103b)에 정공을 주입하는 기능을 가진다. 전하 발생층(104)은 정공 수송성 재료에 전자 수용체(억셉터)가 첨가된 구조 또는 전자 수송성 재료에 전자 공여체(도너)가 첨가된 구조 중 어느 쪽을 가져도 좋다. 또는, 이들 구조의 양쪽이 적층되어도 좋다. 또한, 상술한 재료 중 어느 것을 사용하여 전하 발생층(104)을 형성함으로써, EL층의 적층으로 인한 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.

[0229] 전하 발생층(104)이, 정공 수송성 재료에 전자 수용체가 첨가된 구조를 가지는 경우, 정공 수송성 재료로서 본

실시형태에서 설명하는 재료 중 어느 것을 사용할 수 있다. 전자 수송체로서는, 7,7,8,8-테트라시아아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ) 및 클로라닐 등을 사용할 수 있다. 또한, 주기율표의 제 4족 내지 제 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 tantalum, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 또는 산화 레늄 등이 사용된다.

[0230] 전하 발생층(104)이, 전자 수송성 재료에 전자 공여체가 첨가된 구조를 가지는 경우, 전자 수송성 재료로서 본 실시형태에서 설명되는 재료 중 임의의 것을 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 주기율표의 제 2족 및 제 13족에 속하는 금속, 또는 이들의 산화물 또는 탄산염을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 리튬(Li), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이터븀(Yb), 인듐(In), 산화 리튬, 또는 탄산 세슘 등을 사용하는 것이 바람직하다. 또는, 전자 공여체로서 테트라싸이아나프타센 등의 유기 화합물을 사용하여도 좋다.

[0231] 또한 도 1의 (E)의 EL층(103c)은, 상술한 EL층(103, 103a, 및 103b)과 같은 구조를 가진다. 또한 전하 발생층(104a 및 104b)은 각각 상술한 전하 발생층(104)과 같은 구조를 가진다.

[0232] <기관>

[0233] 본 실시형태에서 설명되는 발광 소자는 다양한 기관 중 어느 것 위에 형성할 수 있다. 또한, 기관의 종류는 특정의 종류에 한정되지 않는다. 기관의 예에는 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, 및 베이스 재료 필름이 포함된다.

[0234] 유리 기관의 예에는 바륨보로실리케이트 유리 기관, 알루미늄보로실리케이트 유리 기관, 및 소다 석회 유리 기관이 포함된다. 플렉시블 기관, 접합 필름, 및 베이스 재료 필름의 예에는, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 및 폴리에터 설펜(PES)으로 대표되는 플라스틱, 아크릴 등의 합성 수지, 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화 바이닐, 폴리염화 바이닐, 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 및 종이가 포함된다.

[0235] 본 실시형태에서의 발광 소자의 제작을 위하여, 증착법 등의 진공 프로세스 또는 스핀 코팅법 또는 잉크젯법 등의 용액 프로세스를 사용할 수 있다. 증착법을 사용하는 경우에는, 스퍼터링법, 이온 플레이팅법, 이온 빔 증착법, 분자선 증착법, 또는 진공 증착법 등의 물리 증착법(PVD법), 또는 화학 기상 증착법(CVD법) 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 발광 소자의 EL층에 포함되는 기능층(정공 주입층(111, 111a 및 111b), 정공 수송층(112, 112a 및 112b), 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c), 전자 수송층(114, 114a 및 114b), 및 전자 주입층(115, 115a 및 115b)) 및 전하 발생층(104, 104a, 및 104b)은 증착법(예를 들어 진공 증착법), 코팅법(예를 들어 딥 코팅법, 다이 코팅법, 바 코팅법, 스핀 코팅법, 또는 스프레이 코팅법), 또는 인쇄법(예를 들어 잉크젯법, 스크린 인쇄(공판 인쇄), 오프셋 인쇄(평판 인쇄), 플렉소 인쇄(철판 인쇄), 그라비아 인쇄, 마이크로 콘택트 인쇄, 또는 나노임프린트) 등에 의하여 형성할 수 있다.

[0236] 또한, 본 실시형태에서 설명되는 발광 소자의 EL층(103, 103a 및 103b)에 포함되는 기능층(정공 주입층(111, 111a 및 111b), 정공 수송층(112, 112a 및 112b), 발광층(113, 113a, 113b, 및 113c), 전자 수송층(114, 114a 및 114b), 및 전자 주입층(115, 115a 및 115b)) 및 전하 발생층(104, 104a, 및 104b)에 사용할 수 있는 재료는 상술한 재료에 한정되지 않고, 층의 기능을 만족시키기만 하면 다른 재료를 조합하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 고분자 화합물(예를 들어 올리고머, 덴드리머, 또는 폴리머), 중분자 화합물(분자량이 400 내지 4000인, 저분자 화합물과 고분자 화합물 사이의 화합물), 또는 무기 화합물(예를 들어 퀀텀닷(quantum dot) 재료) 등을 사용할 수 있다. 퀀텀닷은, 콜로이드상 퀀텀닷, 합금형 퀀텀닷, 코어·셸형 퀀텀닷, 또는 코어형 퀀텀닷 등을 사용하여도 좋다.

[0237] 본 실시형태에서 설명하는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0238] (실시형태 3)

[0239] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 장치에 대하여 설명한다. 또한, 도 2의 (A)에 도시된 발광 장치는, 제 1 기관(201) 위에서 트랜지스터(FET)(202)가 발광 소자(203R, 203G, 203B, 및 203W)에 전기적으로 접속되는 액티브 매트릭스 발광 장치이다. 발광 소자(203R, 203G, 203B, 및 203W)는 공통의 EL층(204)을 포함하고, 발광 소자의 발광색에 따라 전극 사이의 광학 거리가 조정된 마이크로캐비티 구조를 각각 가진다. 발광 장치는

광이 EL층(204)으로부터 제 2 기관(205)에 형성된 컬러 필터(206R, 206G, 및 206B)를 통하여 방출되는 톱 이미지선형 발광 장치이다.

[0240] 도 2의 (A)에 도시된 발광 장치는, 제 1 전극(207)이 반사 전극으로서 기능하고, 제 2 전극(208)이 반투과·반반사 전극으로서 기능하도록 제작된다. 또한, 제 1 전극(207) 및 제 2 전극(208)을 위한 전극 재료에는, 다른 실시형태 중 임의의 기재를 적절히 참조할 수 있다.

[0241] 예를 들어, 도 2의 (A)에서의 발광 소자(203R)가 적색 발광 소자로서 기능하고, 발광 소자(203G)가 녹색 발광 소자로서 기능하고, 발광 소자(203B)가 청색 발광 소자로서 기능하고, 발광 소자(203W)가 백색 발광 소자로서 기능하는 경우, 도 2의 (B)에 도시된 바와 같이, 발광 소자(203R)에서의 제 1 전극(207)과 제 2 전극(208) 사이의 갭이 광학 거리(200R)를 가지도록 조정하고, 발광 소자(203G)에서의 제 1 전극(207)과 제 2 전극(208) 사이의 갭이 광학 거리(200G)를 가지도록 조정하고, 발광 소자(203B)에서의 제 1 전극(207)과 제 2 전극(208) 사이의 갭이 광학 거리(200B)를 가지도록 조정한다. 또한, 도 2의 (B)에 도시된 바와 같이, 발광 소자(203R)에 있어서 도전층(207R)을 제 1 전극(207) 위에 적층하고, 발광 소자(203G)에 있어서 도전층(207G)을 제 1 전극(207) 위에 적층하는 식으로, 광학 조정을 수행할 수 있다.

[0242] 제 2 기관(205)에는 컬러 필터(206R, 206G, 및 206B)가 제공된다. 또한, 컬러 필터는 각각 특정의 파장 범위의 가시광을 투과시키고, 특정의 파장 범위의 가시광을 차단한다. 따라서, 도 2의 (A)에 도시된 바와 같이, 발광 소자(203R)와 중첩되는 위치에 적색의 파장 범위의 광만을 투과시키는 컬러 필터(206R)를 제공함으로써, 발광 소자(203R)로부터 적색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 발광 소자(203G)와 중첩되는 위치에 녹색의 파장 범위의 광만을 투과시키는 컬러 필터(206G)를 제공함으로써, 발광 소자(203G)로부터 녹색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 발광 소자(203B)와 중첩되는 위치에 청색의 파장 범위의 광만을 투과시키는 컬러 필터(206B)를 제공함으로써, 발광 소자(203B)로부터 청색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 발광 소자(203W)는 컬러 필터 없이 백색 광을 방출할 수 있다. 또한, 각 컬러 필터 단부에 흑색층(블랙 매트릭스)(209)을 제공하여도 좋다. 컬러 필터(206R, 206G, 및 206B) 및 흑색층(209)은, 투명 재료를 사용하여 형성된 오버코트층으로 덮여 있어도 좋다.

[0243] 도 2의 (A)에서의 발광 장치는 제 2 기관(205) 측으로부터 광을 추출하는 구조(톱 이미지선 구조)를 가지지만, 도 2의 (C)에 도시된 바와 같이, FET(202)가 형성되는 제 1 기관(201) 측으로부터 광을 추출하는 구조(보텀 이미지선 구조)를 채용하여도 좋다. 보텀 이미지선형의 발광 장치인 경우, 제 1 전극(207)을 반투과·반반사 전극으로서 형성하고, 제 2 전극(208)을 반사 전극으로서 형성한다. 제 1 기관(201)으로서는, 적어도 투광성을 가지는 기판을 사용한다. 도 2의 (C)에 도시된 바와 같이, 컬러 필터(206R', 206G', 및 206B')는 발광 소자((203R, 203G, 및 203B)보다 제 1 기관(201)과 가까워지도록 제공된다.

[0244] 도 2의 (A)에서, 발광 소자는 적색 발광 소자, 녹색 발광 소자, 청색 발광 소자, 및 백색 발광 소자이지만, 본 발명의 일 형태의 발광 소자는 상술한 것에 한정되지 않고, 황색 발광 소자 또는 주황색 발광 소자를 사용하여도 좋다. 또한, 각 발광 소자를 제작하기 위하여 EL층(발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 및 전하 발생층 등)에 사용하는 재료에 대해서는, 다른 실시형태 중 임의의 기재를 적절히 참조할 수 있다. 이 경우, 컬러 필터는 발광 소자의 발광색에 따라 적절히 선택할 필요가 있다.

[0245] 상술한 구조에 의하여, 복수의 발광색을 나타내는 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 제작할 수 있다.

[0246] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0247] (실시형태 4)

[0248] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 장치에 대하여 설명한다.

[0249] 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 소자 구조를 사용함으로써, 액티브 매트릭스 발광 장치 또는 패시브 매트릭스 발광 장치를 제작할 수 있다. 또한, 액티브 매트릭스 발광 장치는, 발광 소자와 트랜지스터(FET)의 조합을 포함하는 구조를 가진다. 따라서, 패시브 매트릭스 발광 장치 및 액티브 매트릭스 발광 장치는 각각 본 발명의 일 형태이다. 또한, 다른 실시형태에서 설명되는 발광 소자 중 임의의 것을 본 실시형태에서 설명되는 발광 장치에 사용할 수 있다.

[0250] 본 실시형태에서는, 액티브 매트릭스 발광 장치에 대하여 도 3의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.

[0251] 도 3의 (A)는 발광 장치를 도시한 상면도이고, 도 3의 (B)는 도 3의 (A)를 섹션 A-A'를 따라 취한 단면도이다. 액티브 매트릭스 발광 장치는, 제 1 기관(301) 위에 제공된 화소부(302), 구동 회로부(소스선 구동 회로)(303), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(304a 및 304b)를 포함한다. 화소부(302) 및 구동 회로부(303, 304a, 및

304b)는 밀봉재(305)에 의하여 제 1 기관(301)과 제 2 기관(306) 사이에 밀봉된다.

- [0252] 제 1 기관(301) 위에 리드 배선(307)이 제공된다. 리드 배선(307)은 외부 입력 단자인 FPC(308)에 접속된다. 또한, FPC(308)는 구동 회로부(303, 304a, 및 304b)에 외부로부터의 신호(예를 들어, 영상 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 또는 리셋 신호) 또는 전위를 전송한다. FPC(308)에는 PWB(printed wiring board)가 제공되어도 좋다. 또한, FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치는, 발광 장치의 범주에 포함된다.
- [0253] 도 3의 (B)는 발광 장치의 단면 구조를 도시한 것이다.
- [0254] 화소부(302)는, FET(스위칭 FET)(311), FET(전류 제어 FET)(312), 및 FET(312)에 전기적으로 접속되는 제 1 전극(313)을 각각 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 또한, 각 화소에 포함되는 FET의 개수는 특히 한정되지 않고, 적절히 설정할 수 있다.
- [0255] FET(309, 310, 311, 및 312)로서는 특별한 한정은 없고 예를 들어, 스테거형 트랜지스터 또는 역 스테거형 트랜지스터를 사용할 수 있다. 톱 게이트형 트랜지스터 또는 보텀 게이트형 트랜지스터 등을 사용하여도 좋다.
- [0256] 또한, FET(309, 310, 311, 및 312)에 사용할 수 있는 반도체의 결정성에 특별한 한정은 없고, 비정질 반도체 또는 결정성을 가지는 반도체(미결정 반도체, 다결정 반도체, 단결정 반도체, 또는 부분적으로 결정 영역을 포함하는 반도체)를 사용하여도 좋다. 결정성을 가지는 반도체를 사용하면 트랜지스터 특성의 열화를 억제할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0257] 반도체에는 예를 들어, 제 14족 원소, 화합물 반도체, 산화물 반도체, 또는 유기 반도체 등을 사용할 수 있다. 대표적인 예로서는, 실리콘을 함유하는 반도체, 갈륨 비소를 함유하는 반도체, 또는 인듐을 함유하는 산화물 반도체를 사용할 수 있다.
- [0258] 구동 회로부(303)는 FET(309) 및 FET(310)를 포함한다. FET(309) 및 FET(310)는 같은 도전형(n채널 트랜지스터 또는 p채널 트랜지스터 중 어느 한쪽)을 가지는 트랜지스터를 포함하는 회로로, 또는 n채널 트랜지스터 및 p채널 트랜지스터를 포함하는 CMOS 회로로 형성되어도 좋다. 또한, 구동 회로를 외부에 제공하여도 좋다.
- [0259] 제 1 전극(313)의 단부는 절연체(314)로 덮여 있다. 절연체(314)는 네거티브형 감광성 수지 또는 포지티브형 감광성 수지(아크릴 수지) 등의 유기 화합물, 또는 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 또는 질화 실리콘 등의 무기 화합물을 사용하여 형성할 수 있다. 절연체(314)는 이의 상단부 또는 하단부에 곡률을 가지는 곡면을 가지는 것이 바람직하다. 이 경우, 절연체(314) 위에 형성되는 막의 양호한 피복성을 얻을 수 있다.
- [0260] EL층(315) 및 제 2 전극(316)이 제 1 전극(313) 위에 적층된다. EL층(315)은 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 및 전하 발생층 등을 포함한다.
- [0261] 다른 실시형태 중 어느 것에서 설명되는 구조 및 재료를 본 실시형태에서 설명되는 발광 소자(317)의 구성 요소에 사용할 수 있다. 도시하지 않았지만, 제 2 전극(316)은 외부 입력 단자인 FPC(308)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0262] 도 3의 (B)의 단면도에서는 발광 소자(317)를 하나만 도시하였지만, 화소부(302)에서는 복수의 발광 소자가 매트릭스로 배치되어 있다. 화소부(302)에 3종류의 색(R, G, 및 B)의 광을 방출하는 발광 소자가 선택적으로 형성됨으로써, 풀 컬러 화상을 표시할 수 있는 발광 장치를 얻을 수 있다. 3종류의 색(R, G, 및 B)의 광을 방출하는 발광 소자에 더하여, 예를 들어, 백색(W), 황색(Y), 마젠타(M), 및 시안(C) 등의 광을 방출하는 발광 소자를 형성하여도 좋다. 예를 들어, 상술한 몇 종류의 색의 광을 방출하는 발광 소자를 3종류의 색(R, G, B)의 광을 방출하는 발광 소자와 조합하여 사용함으로써, 색순도의 향상 및 소비전력의 저감 등의 효과를 실현할 수 있다. 또는, 컬러 필터와 조합함으로써 풀 컬러 화상을 표시할 수 있는 발광 장치를 제작하여도 좋다. 컬러 필터로서는, 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 시안(C), 마젠타(M), 및 황색(Y) 컬러 필터 등을 사용할 수 있다.
- [0263] 제 2 기관(306)과 제 1 기관(301)이 밀봉재(305)에 의하여 서로 접합되는 경우, 제 1 기관(301) 위의 FET(309, 310, 311, 및 312) 및 발광 소자(317)는 제 1 기관(301), 제 2 기관(306), 및 밀봉재(305)로 둘러싸인 공간(318)에 제공된다. 또한 공간(318)은 불활성 가스(예를 들어 질소 또는 아르곤) 또는 유기 물질(밀봉재(305)를 포함함)로 충전되어도 좋다.
- [0264] 밀봉재(305)에는, 예폭시계 수지 또는 유리 프릿 등을 사용할 수 있다. 밀봉재(305)에는, 수분 및 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 제 2 기관(306)으로서는 제 1 기관(301)으로서는 사용할 수 있는 기관을 마찬가지로 사용할 수 있다. 따라서, 다른 실시형태에서 나타내어지는 다양한 기관 중 어느

것을 적절히 사용할 수 있다. 기관으로서의 유리 기관, 석영 기관, 또는 FRP(fiber reinforced plastics), PVF(polyvinyl fluoride), 폴리 에스터, 또는 아크릴 등으로 만들어지는 플라스틱 기관을 사용할 수 있다. 밀 봉재에 유리 프릿을 사용하는 경우, 접착성의 관점에 있어서, 제 1 기관(301) 및 제 2 기관(306)은 유리 기관인 것이 바람직하다.

[0265] 이로써, 액티브 매트릭스 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0266] 액티브 매트릭스 발광 장치를 플렉시블 기관 위에 제공하는 경우, FET 및 발광 소자를 플렉시블 기관 위에 직접 형성하여도 좋지만, FET 및 발광 소자를 박리층이 제공된 기관에 형성한 후, 열, 힘, 또는 레이저 등을 적용함으로써 박리층에서 박리시켜, 플렉시블 기관으로 전치하여 형성하여도 좋다. 박리층에는, 예를 들어 텅스텐막 및 산화 실리콘막 등의 무기막, 또는 폴리이미드 등의 유기 수지막을 포함하는 적층을 사용할 수 있다. 플렉시블 기관의 예에는, 트랜지스터를 형성할 수 있는 기관에 더하여, 종이 기관, 셀로판 기관, 아라미드 필름 기관, 폴리이미드 필름 기관, 직물 기관(천연 섬유(예를 들어 견, 면, 또는 마), 합성 섬유(예를 들어 나일론, 폴리우레탄, 또는 폴리 에스터), 또는 재생 섬유(예를 들어 아세테이트, 큐프라, 레이온, 또는 재생 폴리에스터) 등), 피혁 기관, 및 고무 기관이 포함된다. 이들 기관 중 어느 것을 사용함으로써, 내구성, 내열성의 증가, 경량화, 및 박형화를 실현할 수 있다.

[0267] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0268] (실시형태 5)

[0269] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 포함하는 표시 장치를 사용하여 제작한 다양한 전자 기기 및 자동차의 예에 대하여 설명한다.

[0270] 도 4의 (A) 내지 (E)에 도시된 전자 기기는, 하우징(7000), 표시부(7001), 스피커(7003), LED 램프(7004), 조작 키(7005)(전원 스위치 또는 조작 스위치를 포함함), 접속 단자(7006), 센서(7007)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 기온기, 진동, 냄새 또는 적외선을 측정 또는 검지하는 기능을 가지는 센서), 마이크로폰(7008) 등을 포함할 수 있다.

[0271] 도 4의 (A)는 상술한 구성 요소에 더하여 스위치(7009) 및 적외선 포트(7010) 등을 포함할 수 있는 모바일 컴퓨터를 도시한 것이다.

[0272] 도 4의 (B)는, 기록 매체가 제공되고, 상술한 구성 요소에 더하여 제 2 표시부(7002), 및 기록 매체 판독부(7011) 등을 포함할 수 있는 휴대용 화상 재생 장치(예를 들어 DVD 플레이어)를 도시한 것이다.

[0273] 도 4의 (C)는 상술한 구성 요소에 더하여 제 2 표시부(7002), 지지대(7012), 및 이어폰(7013) 등을 포함할 수 있는 고글형 디스플레이를 도시한 것이다.

[0274] 도 4의 (D)는 텔레비전 수신 기능을 가지고, 상술한 구성 요소에 더하여 안테나(7014), 셔터 버튼(7015), 및 이미지 수신부(7016) 등을 포함할 수 있는 디지털 카메라를 도시한 것이다.

[0275] 도 4의 (E)는 휴대 전화(스마트폰을 포함함)를 도시한 것이고, 하우징(7000)에 표시부(7001), 마이크로폰(7019), 스피커(7003), 카메라(7020), 외부 접속부(7021), 조작 버튼(7022) 등을 포함할 수 있다.

[0276] 도 4의 (F)는 대형 텔레비전 장치(TV 또는 텔레비전 수신기라고도 함)를 도시한 것이고, 하우징(7000), 표시부(7001), 및 스피커(7003) 등을 포함할 수 있다. 또한 여기서는 스탠드(7018)에 의하여 하우징(7000)이 지지된다.

[0277] 도 4의 (A) 내지 (F)에 도시된 전자 기기는 다양한 데이터(정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상 등)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 접속하는 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 데이터를 송수신하는 기능, 및 기록 매체에 저장된 프로그램 또는 데이터를 판독하고 표시부에 그 프로그램 또는 데이터를 표시하는 기능 등의 다양한 기능을 가질 수 있다. 또한 복수의 표시부를 포함하는 전자 기기는, 하나의 표시부에 주로 화상 정보를 표시하면서 다른 표시부에 텍스트 정보를 표시하는 기능, 또는 복수의 표시부에 시차를 고려한 화상을 표시함으로써 3차원적인 화상을 표시하는 기능 등을 가질 수 있다. 또한, 화상 수신부를 포함하는 전자 기기는, 정지 화상을 촬영하는 기능, 동영상을 촬영하는 기능, 촬영한 화상을 자동 또는 수동으로 보정하는 기능, 촬영한 화상을 기록 매체(외부 기록 매체 또는 카메라에 통합된 기록 매

체)에 저장하는 기능, 또는 촬영한 화상을 표시부에 표시하는 기능 등을 가질 수 있다. 또한, 도 4의 (A) 내지 (F)에 도시된 전자 기기에 제공될 수 있는 기능은 상술한 것에 한정되지 않고, 전자 기기는 다양한 기능을 가질 수 있다.

- [0278] 도 4의 (G)는, 하우징(7000), 표시부(7001), 조작 버튼(7022 및 7023), 접속 단자(7024), 밴드(7025), 및 클래 스프(7026) 등을 포함하는 스마트 워치를 도시한 것이다.
- [0279] 베젤로서 기능하는 하우징(7000)에 탑재된 표시부(7001)는 직사각형이 아닌 표시 영역을 포함한다. 표시부 (7001)는 시각을 가리키는 아이콘(7027) 및 기타 아이콘(7028) 등을 표시할 수 있다. 표시부(7001)는 터치 센 서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다.
- [0280] 도 4의 (G)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 처 리를 제어하는 기능, 무선 통신 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 컴퓨터 네트워크에 접속하는 기능, 무선 통신 기능으로 다양한 데이터를 송수신하는 기능, 및 기록 매체에 저장된 프로그램 또는 데이터를 판독하고 프로그램 또는 데이터를 표시부에 표시하는 기능 등의 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0281] 하우징(7000)은 스피커, 센서(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화 학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선 을 측정 또는 검지하는 기능을 가지는 센서), 및 마이크로폰 등을 포함할 수 있다.
- [0282] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 포함하는 표시 장치는, 본 실시형 태에서 설명하는 전자 기기의 각 표시부에 사용될 수 있고, 색순도가 높은 표시가 가능해진다.
- [0283] 발광 장치를 포함하는 다른 전자 기기는 도 5의 (A) 내지 (C)에 도시된 폴더블 휴대 정보 단말이다. 도 5의 (A)는 펼쳐진 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 5의 (B)는 펼치고 있는 중 또는 접고 있는 중의 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 5의 (C)는 접어진 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 휴대 정보 단말(9310)은 접으면 휴대성이 높다. 휴대 정보 단말(9310)을 펼쳤을 때는 이음매가 없고 표시 영역이 크기 때 문에 일람성(一覽性)이 높다.
- [0284] 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 굴곡시킴으로써, 휴대 정보 단말(9310)을 펼쳐진 상태 로부터 접어진 상태로 가역적으로 변형할 수 있다. 표시부(9311)에는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 사용할 수 있다. 또한 색순도가 높은 표시를 수행할 수 있다. 표시부(9311)의 표시 영역(9312)은, 접어진 휴대 정보 단말(9310)의 측면에 위치하는 표시 영역이다. 표시 영역(9312)에는 정보 아이콘, 및 사용 빈도가 높은 애플리 케이션 또는 프로그램의 바로가기 등을 표시할 수 있고, 정보의 확인 및 애플리케이션의 기동 등을 원활하게 수 행할 수 있다.
- [0285] 도 6의 (A) 및 (B)는 발광 장치를 포함하는 자동차를 도시한 것이다. 발광 장치는 자동차 내에 제공할 수 있고, 구체적으로는, 도 6의 (A)에 도시된 자동차 외측에서의, 라이트(5101)(자동차의 뒷부분의 라이트를 포함 함), 휠 커버(5102), 또는 도어(5103)의 일부 또는 전체 등에 포함될 수 있다. 발광 장치는 도 6의 (B)에 도시 된 자동차 내측에서의, 표시부(5104), 핸들(5105), 기어 레버(5106), 시트(5107), 또는 백미러(5108) 등, 또는 유리창의 일부에 포함될 수도 있다.
- [0286] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 표시 장치를 사용하여 전자 기기 및 자동차를 얻을 수 있다. 이 경우, 색순도가 높은 표시를 수행할 수 있다. 또한, 발광 장치 또는 표시 장치는 본 실시형태에서 설명되는 전자 기기 및 자동차에 한정되지 않고 다양한 분야의 전자 기기 및 자동차에 사용될 수 있다.
- [0287] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0288] (실시형태 6)
- [0289] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 상기 발광 장치의 일부인 발광 소자를 사용하여 제각 되는 조명 장치의 구조에 대하여 도 7의 (A) 내지 (D)를 참조하여 설명한다.
- [0290] 도 7의 (A) 내지 (D)는 조명 장치의 단면도의 예이다. 도 7의 (A) 및 (B)는 광이 기관 측으로부터 추출되는 보 텀 이미션 조명 장치를 도시한 것이고, 도 7의 (C) 및 (D)는 광이 밀봉 기관 측으로부터 추출되는 톱 이미션 조

명 장치를 도시한 것이다.

- [0291] 도 7의 (A)에 도시된 조명 장치(4000)는 기관(4001) 위에 발광 소자(4002)를 포함한다. 또한, 조명 장치(4000)는 기관(4001)의 외측에 요철을 가지는 기관(4003)을 포함한다. 발광 소자(4002)는 제 1 전극(4004), EL층(4005), 및 제 2 전극(4006)을 포함한다.
- [0292] 제 1 전극(4004)은 전극(4007)에 전기적으로 접속되고, 제 2 전극(4006)은 전극(4008)에 전기적으로 접속된다. 또한, 제 1 전극(4004)에 전기적으로 접속되는 보조 배선(4009)을 제공하여도 좋다. 또한, 절연층(4010)은 보조 배선(4009) 위에 형성된다.
- [0293] 기관(4001)과 밀봉 기관(4011)은 밀봉재(4012)로 서로 접합된다. 건조제(4013)를 밀봉 기관(4011)과 발광 소자(4002) 사이에 제공하는 것이 바람직하다. 기관(4003)이 도 7의 (A)에 도시된 요철을 가짐으로써, 발광 소자(4002)로부터 방출되는 광의 추출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0294] 기관(4003) 대신에, 도 7의 (B)에 도시된 조명 장치(4100)와 같이, 확산판(4015)을 기관(4001)의 외측에 제공하여도 좋다.
- [0295] 도 7의 (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.
- [0296] 제 1 전극(4204)은 전극(4207)에 전기적으로 접속되고, 제 2 전극(4206)은 전극(4208)에 전기적으로 접속된다. 제 2 전극(4206)에 전기적으로 접속되는 보조 배선(4209)을 제공하여도 좋다. 절연층(4210)을 보조 배선(4209) 아래에 제공하여도 좋다.
- [0297] 기관(4201)과, 요철을 가지는 밀봉 기관(4211)은 밀봉재(4212)로 서로 접합된다. 배리어막(4213) 및 평탄화막(4214)을 밀봉 기관(4211)과 발광 소자(4202) 사이에 제공하여도 좋다. 밀봉 기관(4211)이 도 7의 (C)에 도시된 요철을 가짐으로써, 발광 소자(4202)로부터 방출되는 광의 추출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0298] 밀봉 기관(4211) 대신에, 도 7의 (D)에 도시된 조명 장치(4300)와 같이 발광 소자(4202) 위에 확산판(4215)을 제공하여도 좋다.
- [0299] 또한, 본 실시형태에서 설명된 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 상기 발광 장치의 일부인 발광 소자를 사용함으로써, 원하는 색도를 가지는 조명 장치를 제공할 수 있다.
- [0300] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0301] (실시형태 7)
- [0302] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 상기 발광 장치의 일부인 발광 소자를 사용하여 제작되는 조명 장치의 응용예에 대하여, 도 8을 참조하여 설명한다.
- [0303] 실내의 조명 장치로서 천장 조명(8001)을 사용할 수 있다. 천장 조명(8001)의 예에는 직접 장착형 조명 및 매립형 조명이 포함된다. 이러한 조명 장치는 발광 장치와, 하우징 또는 커버와의 조합을 사용하여 제작된다. 또한, 코드 펜던트형(천장에서 코드로 매다는 조명)으로의 응용도 가능하다.
- [0304] 풋 라이트(8002)는 바닥을 비춤으로써 바닥의 안전성을 높일 수 있다. 예를 들어, 침실, 계단, 또는 복도에 효과적으로 사용할 수 있다. 이 경우, 방의 크기 또는 구조에 따라 풋 라이트의 크기 또는 형상을 변경할 수 있다. 풋 라이트(8002)는 발광 장치와 지지대와의 조합을 사용하여 제작되는 거치형 조명 장치(stationary lighting device)로 할 수 있다.
- [0305] 시트상 조명(8003)은, 박형의 시트상의 조명 장치이다. 사용할 때 벽에 장착하는 시트상 조명은 공간을 절약할 수 있어 폭넓고 다양한 용도로 사용할 수 있다. 또한, 시트상 조명의 면적을 크게 할 수 있다. 또한, 시트상 조명을 곡면을 가지는 벽 또는 하우징에 사용할 수 있다.
- [0306] 또한, 광원으로부터의 광의 방향이 원하는 방향만으로 제어되는 조명 장치(8004)를 사용할 수 있다.
- [0307] 상술한 예에 더하여, 본 발명의 일 형태의 발광 장치 또는 상기 발광 장치의 일부인 발광 소자를 실내의 가구의 일부로서 사용하면, 가구로서 기능하는 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0308] 상술한 바와 같이, 발광 장치를 포함하는 다양한 조명 장치를 얻을 수 있다. 또한, 이들 조명 장치는 본 발명의 일 형태이기도 하다.

- [0309] 본 실시형태에서 설명하는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0310] (실시형태 8)
- [0311] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 포함하는 터치 패널에 대하여, 도 9의 (A) 및 (B), 도 10의 (A) 및 (B), 도 11의 (A) 및 (B), 도 12의 (A) 및 (B), 및 도 13을 참조하여 설명한다.
- [0312] 도 9의 (A) 및 (B)는 터치 패널(2000)의 사시도이다. 또한, 간략화를 위하여, 도 9의 (A) 및 (B)에는 터치 패널(2000)의 주된 구성 요소만을 도시하였다.
- [0313] 터치 패널(2000)은 표시 패널(2501) 및 터치 센서(2595)를 포함한다(도 9의 (B) 참조). 터치 패널(2000)은 기관(2510), 기관(2570), 및 기관(2590)을 포함한다.
- [0314] 표시 패널(2501)은 복수의 화소, 및 화소에 신호를 공급하는 복수의 배선(2511)을 기관(2510) 위에 포함한다. 복수의 배선(2511)은 기관(2510)의 외주부까지 리드되고, 복수의 배선(2511)의 일부는 단자(2519)를 형성한다. 단자(2519)는 FPC(2509(1))에 전기적으로 접속된다.
- [0315] 기관(2590)은 터치 센서(2595) 및 터치 센서(2595)에 전기적으로 접속되는 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))에 전기적으로 접속된다. 또한, 도 9의 (B)에서는 명료화를 위하여, 기관(2590)의 뒷면 측(기관(2510)과 대향되는 측)에 제공되는 터치 센서(2595)의 전극 및 배선 등을 실선으로 나타내었다.
- [0316] 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 포함된다.
- [0317] 투영형 정전 용량 터치 센서의 예에는, 주로 구동 방법이 상이한 자기 용량 터치 센서 및 상호 용량 터치 센서 등이 있다. 상호 정전 용량형을 사용하면 여러 지점을 동시에 검지할 수 있어 바람직하다.
- [0318] 우선, 투영형 정전 용량 터치 센서를 사용하는 예에 대하여, 도 9의 (B)를 참조하여 이하에서 설명한다. 또한, 투영형 정전 용량 터치 센서의 경우, 손가락 등의 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있는 다양한 센서를 사용할 수 있다.
- [0319] 투영형 정전 용량 터치 센서(2595)는 전극들(2591) 및 전극들(2592)을 포함한다. 전극들(2591)은 복수의 배선(2598) 중 어느 것에 전기적으로 접속되고, 전극들(2592)은 나머지 배선들(2598) 중 어느 것에 전기적으로 접속된다. 전극들(2592)은 각각 도 9의 (A) 및 (B)에 도시된 바와 같이, 한 사각형의 한 모서리가 배선(2594)에 의하여 다른 사각형의 한 모서리에 접속된 상태에서, 한 방향으로 배치된 복수의 사각형의 형상을 가진다. 마찬가지로, 전극들(2591)은 각각 한 사각형의 한 모서리가 다른 사각형의 한 모서리에 접속된 상태에서, 복수의 사각형이 배치된 형상을 가지지만, 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.
- [0320] 전극들(2592)과 배선(2594)이 교차하는 면적은 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 전극이 제공되지 않은 영역의 면적을 축소할 수 있어, 투과율의 편차를 저감할 수 있다. 이 결과, 터치 센서(2595)를 통과하는 광의 휘도의 편차를 저감할 수 있다.
- [0321] 또한, 전극들(2591) 및 전극들(2592)의 형상은 이에 한정되지 않고 다양한 형상 중 임의의 것으로 할 수 있다. 예를 들어, 전극들(2591) 사이의 공간이 가능한 한 저감되도록 복수의 전극들(2591)을 제공하여도 좋고, 전극들(2591)과 전극들(2592) 사이에 절연층을 개재하여 복수의 전극들(2592)을 제공하여도 좋다. 이 경우, 인접한 2개의 전극들(2592) 사이에, 이들 전극과 전기적으로 절연된 더미 전극을 제공하면 투과율이 상이한 영역의 면적을 축소할 수 있어 바람직하다.
- [0322] 다음에, 터치 패널(2000)에 대하여, 도 10의 (A) 및 (B)를 참조하여 자세히 설명한다. 도 10의 (A) 및 (B)는 도 9의 (A)의 일점쇄선 X1-X2를 따라 취한 단면도에 상당한다.
- [0323] 터치 패널(2000)은 터치 센서(2595) 및 표시 패널(2501)을 포함한다.
- [0324] 터치 센서(2595)는, 스테거 패턴으로 제공되고 기관(2590)과 접촉되는 전극들(2591) 및 전극들(2592), 전극들(2591) 및 전극들(2592)을 덮는 절연층(2593), 및 인접한 전극들(2591)을 서로 전기적으로 접속하는 배선(2594)을 포함한다. 인접한 전극들(2591) 사이에는 전극들(2592)이 제공된다.

- [0325] 전극들(2591) 및 전극들(2592)은 투광성 도전 재료를 사용하여 형성할 수 있다. 투광성 도전 재료로서는, In-Sn 산화물(ITO라고도 함), In-Si-Sn 산화물(ITSO라고도 함), In-Zn 산화물, 또는 In-W-Zn 산화물 등을 사용할 수 있다. 또한, 알루미늄(Al), 타이타늄(Ti), 크로뮴(Cr), 망가니즈(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 몰리브데넘(Mo), 탄탈럼(Ta), 텅스텐(W), 팔라듐(Pd), 금(Au), 백금(Pt), 은(Ag), 이트륨(Y), 또는 네오디뮴(Nd) 등의 금속 또는 이들 금속 중 어느 것을 적절한 조합으로 함유하는 합금을 사용할 수 있다. 그래핀 화합물을 사용하여도 좋다. 그래핀 화합물을 사용하는 경우, 예를 들어 그래핀 산화막을 환원함으로써 형성할 수 있다. 환원 방법으로서, 열을 가하는 방법 또는 레이저를 조사하는 방법 등을 채용할 수 있다.
- [0326] 예를 들어, 전극들(2591) 및 전극들(2592)은 스퍼터링법에 의하여 기판(2590)에 투광성 도전 재료를 퇴적하고 나서, 포토리소그래피 등 다양한 패터닝 기술 중 어느 것에 의하여 불필요한 부분을 제거함으로써 형성할 수 있다.
- [0327] 절연층(2593)의 재료의 예에는, 아크릴 수지 또는 에폭시 수지 등의 수지, 실록산 결합을 가지는 수지, 및 산화 실리콘, 산화 질화 실리콘, 또는 산화 알루미늄 등의 무기 절연 재료가 포함된다.
- [0328] 인접한 전극들(2591)은, 절연층(2593)의 일부에 형성된 배선(2594)에 의하여 서로 전기적으로 접속된다. 또한 배선(2594)의 재료는, 전기 저항을 저감하기 위하여, 전극들(2591 및 2592)의 재료보다 높은 도전성을 가지는 것이 바람직하다.
- [0329] 배선(2598)은 전극들(2591 및 2592) 중 어느 것에 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.
- [0330] 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 형성할 수 있다.
- [0331] 접착층(2597)은 배선(2594)과 접촉하여 제공된다. 즉, 터치 센서(2595)는 접착층(2597)을 개재하여 서로 중첩되도록, 표시 패널(2501)과 접합된다. 또한, 도 10의 (A)에 도시된 바와 같이, 기판(2570)을 접착층(2597)과 접촉되는 표시 패널(2501)의 표면 위에 제공하여도 좋지만, 기판(2570)은 항상 필요한 것은 아니다.
- [0332] 접착층(2597)은 투광성을 가진다. 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.
- [0333] 도 10의 (A)에서의 표시 패널(2501)은 기판(2510)과 기판(2570) 사이에, 매트릭스로 배치된 복수의 화소 및 구동 회로를 포함한다. 각 화소는 발광 소자 및 발광 소자를 구동시키는 화소 회로를 포함한다.
- [0334] 도 10의 (A)에서는, 표시 패널(2501)의 화소의 예로서 화소(2502R)를 나타내고, 구동 회로의 예로서 주사선 구동 회로(2503g)를 나타내었다.
- [0335] 화소(2502R)는 발광 소자(2550R) 및 발광 소자(2550R)에 전력을 공급할 수 있는 트랜지스터(2502t)를 포함한다.
- [0336] 트랜지스터(2502t)는 절연층(2521)으로 덮여 있다. 절연층(2521)은 이미 형성된 트랜지스터 등에 기인하는 요철을 덮어 평면을 제공하는 기능을 가진다. 또한 절연층(2521)은 불순물의 확산을 방지하기 위한 층으로서 기능하여도 좋다. 이는 불순물의 확산으로 인한 트랜지스터 등의 신뢰성의 저하를 방지할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0337] 발광 소자(2550R)는 배선을 통하여 트랜지스터(2502t)에 전기적으로 접속된다. 배선과 직접 접속되는 것은 발광 소자(2550R) 중 한쪽의 전극이다. 발광 소자(2550R)의 한쪽 전극의 단부는 절연체(2528)로 덮여 있다.
- [0338] 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 표시된 방향으로 추출된다. 차광층(2567BM)은 착색층의 단부에 제공되고, 밀봉층(2560)은 발광 소자(2550R)와 착색층(2567R) 사이에 제공된다.
- [0339] 또한, 발광 소자(2550R)로부터의 광을 추출하는 측에 밀봉층(2560)이 제공되는 경우, 밀봉층(2560)은 투광성을 가지는 것이 바람직하다. 밀봉층(2560)은 공기보다 큰 굴절률을 가지는 것이 바람직하다.

- [0340] 주사선 구동 회로(2503g)는 트랜지스터(2503t) 및 용량 소자(2503c)를 포함한다. 또한, 구동 회로 및 화소 회로를 같은 공정으로 같은 기판 위에 형성할 수 있다. 따라서, 화소 회로의 트랜지스터(2502t)와 비슷한 식으로, 구동 회로(주사선 구동 회로(2503g))에서의 트랜지스터(2503t)도 절연층(2521)으로 덮여 있다.
- [0341] 트랜지스터(2503t)에 신호를 공급할 수 있는 배선(2511)이 제공된다. 단자(2519)는 배선(2511)과 접촉되어 제공된다. 단자(2519)는 FPC(2509(1))에 전기적으로 접속되고, FPC(2509(1))는 화상 신호 및 동기 신호 등의 신호를 공급하는 기능을 가진다. 또한, FPC(2509(1))에 프린트 배선판(PWB: printed wiring board)이 접합되어도 좋다.
- [0342] 도 10의 (A)에 도시된 표시 패널(2501)이 보텀 게이트 트랜지스터를 포함하는 경우에 대하여 설명하였지만, 트랜지스터의 구조는 이에 한정되지 않고, 다양한 구조를 가지는 트랜지스터 중 어느 것을 사용할 수 있다. 도 10의 (A)에 도시된 트랜지스터(2502t 및 2503t) 각각에서, 산화물 반도체를 함유하는 반도체층을 채널 영역에 사용할 수 있다. 또는, 비정질 실리콘을 함유하는 반도체층 또는 레이저 어닐링 등의 결정화 처리에 의하여 얻어지는 다결정 실리콘을 함유하는 반도체층을 채널 영역에 사용할 수 있다.
- [0343] 도 10의 (B)는, 도 10의 (A)에 도시된 보텀 게이트 트랜지스터 대신에, 톱 게이트 트랜지스터를 포함하는 구조를 도시한 것이다. 채널 영역에 사용할 수 있는 반도체층의 종류는 트랜지스터의 구조에 의존하지 않는다.
- [0344] 도 10의 (A)에 도시된 터치 패널(2000)에서는, 도 10의 (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.
- [0345] 도 10의 (A)에서의 기판(2510, 2570, 및 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 기판의 열 팽창 계수가 대략 같은 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.
- [0346] 다음에, 도 10의 (A) 및 (B)에 도시된 터치 패널(2000)의 구조와 상이한 구조를 가지는 터치 패널(2000')에 대하여, 도 11의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다. 이는 터치 패널(2000)과 같이 터치 패널로서 사용될 수 있다.
- [0347] 도 11의 (A) 및 (B)는 터치 패널(2000')의 단면도이다. 도 11의 (A) 및 (B)에 도시된 터치 패널(2000')에서는, 표시 패널(2501)에 대한 터치 센서(2595)의 위치가 도 10의 (A) 및 (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.
- [0348] 착색층(2567R)은 발광 소자(2550R)와 중첩된다. 도 11의 (A)에 도시된 발광 소자(2550R)는 트랜지스터(2502t)가 제공된 측으로 광을 방출한다. 즉, 발광 소자(2550R)로부터 방출되는 광(의 일부)은, 착색층(2567R)을 통과하고 도 11의 (A)의 화살표로 표시된 방향으로 추출된다. 또한, 차광층(2567BM)은 착색층(2567R)의 단부에 제공된다.
- [0349] 터치 센서(2595)는 표시 패널(2501)의 트랜지스터(2502t) 측(발광 소자(2550R)로부터 먼 측)에 제공된다(도 11의 (A) 참조).
- [0350] 접착층(2597)은 표시 패널(2501)의 기판(2510)과 접촉되며, 도 11의 (A)에 도시된 구조에서는 표시 패널(2501)과 터치 센서(2595)를 서로 접합시킨다. 접착층(2597)에 의하여 서로 접합되는 표시 패널(2501)과 터치 센서(2595) 사이에, 반드시 기판(2510)을 제공할 필요는 없다.
- [0351] 터치 패널(2000)에서와 같이, 다양한 구조 중 어느 것을 가지는 트랜지스터를 터치 패널(2000')에서의 표시 패널(2501)에 사용할 수 있다. 도 11의 (A)에서는 보텀 게이트 트랜지스터가 사용되어 있지만, 도 11의 (B)에 도시된 바와 같이, 톱 게이트 트랜지스터를 사용하여도 좋다.
- [0352] 터치 패널의 구동 방법의 예에 대하여, 도 12의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.
- [0353] 도 12의 (A)는 상호 용량 터치 센서의 구조를 도시한 블록도이다. 도 12의 (A)는 펄스 전압 출력 회로(2601) 및 전류 감지 회로(2602)를 도시한 것이다. 또한 도 12의 (A)에서, 6개의 배선(X1 내지 X6)은 펄스 전압이 인가되는 전극(2621)을 나타내고, 6개의 배선(Y1 내지 Y6)은 전류의 변화를 감지하는 전극(2622)을 나타낸다. 도 12의 (A)에는 전극(2621) 및 전극(2622)이 서로 중첩되는 영역에 각각 형성되는 용량 소자(2603)도 도시하였다.

또한, 전극(2621 및 2622)의 기능은 교체할 수 있다.

- [0354] 펄스 전압 출력 회로(2601)는 배선(X1 내지 X6)에 펄스 전압을 순차적으로 인가하기 위한 회로이다. 배선(X1 내지 X6)에 펄스 전압이 인가됨으로써 용량 소자(2603)의 전극(2621)과 전극(2622) 사이에 전계가 발생된다. 이 전극들 사이의 전계가 차폐될 때, 예를 들어 용량 소자(2603)(상호 용량)에서 변화가 일어난다. 이 변화를 이용하여, 검지 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0355] 전류 검지 회로(2602)는, 용량 소자(2603)에서의 상호 용량의 변화에 의하여 일어나는 배선(Y1 내지 Y6)을 통하여 흐르는 전류의 변화를 검지하기 위한 회로이다. 검지 대상의 근접 또는 접촉이 없으면 배선(Y1 내지 Y6)에서 전류 값의 변화가 검지되지 않지만, 검출 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 상호 용량이 감소되면 전류 값의 감소가 검출된다. 또한, 전류 값의 검출에는 적분 회로 등을 사용한다.
- [0356] 도 12의 (B)는 도 12의 (A)에 도시된 상호 용량 터치 센서에서의 입출력 파형을 나타낸 타이밍 차트이다. 도 12의 (B)에서는, 하나의 프레임 기간에서 모든 행렬에서의 검출 대상의 검출이 수행된다. 도 12의 (B)는 검출 대상이 검출되지 않는 기간(터치되지 않음) 및 검출 대상이 검출되는 기간(터치됨)을 나타낸 것이다. 배선(Y1 내지 Y6)의 검출된 전류값을 전압값의 파형으로서 나타내었다.
- [0357] 배선(X1 내지 X6)에는 펄스 전압이 순차적으로 인가되고, 이 펄스 전압에 따라 배선(Y1 내지 Y6)의 파형이 변화된다. 검출 대상의 근접 또는 접촉이 없는 경우에는 배선(X1 내지 X6)의 전압의 변화에 따라 배선(Y1 내지 Y6)의 파형이 균일하게 변화된다. 검지 대상이 근접 또는 접촉되는 부분에서는 전류 값이 감소되기 때문에 전압 값의 파형이 변화된다. 이러한 식으로 상호 용량의 변화를 검지함으로써 검출 대상의 근접 또는 접촉을 검지할 수 있다.
- [0358] 도 12의 (A)에는 터치 센서로서 배선들의 교차부에 용량 소자(2603)만을 제공한 패시브형 터치 센서를 도시하였지만, 트랜지스터 및 용량 소자를 포함하는 액티브형 터치 센서를 사용하여도 좋다. 도 13은 액티브형 터치 센서에 포함되는 센서 회로의 예를 도시한 것이다.
- [0359] 도 13의 센서 회로는 용량 소자(2603) 및 트랜지스터(2611, 2612, 및 2613)를 포함한다.
- [0360] 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 쪽에 전압(VSS)이 인가된다. 트랜지스터(2612)의 게이트에는 신호(G1)가 입력되고, 배선(ML)은 트랜지스터(2612)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽에 전기적으로 접속된다. 용량 소자(2603)의 다른 쪽 전극에는 전압(VSS)이 인가된다.
- [0361] 다음에, 도 13의 센서 회로의 동작에 대하여 설명한다. 우선, 트랜지스터(2613)를 온으로 하는 전위가 신호(G2)로서 공급됨으로써, 전압(VRES)에 대응하는 전위가 트랜지스터(2611)의 게이트에 접속되는 노드(n)에 공급된다. 그리고, 신호(G2)로서 트랜지스터(2613)를 오프로 하는 전위가 인가됨으로써, 노드(n)의 전위가 유지된다. 그리고, 손가락 등의 검출 대상의 근접 또는 접촉에 의하여 용량 소자(2603)의 상호 용량이 변화됨에 따라 노드(n)의 전위가 VRES에서 변화된다.
- [0362] 관독 동작에서, 신호(G1)로서 트랜지스터(2612)를 온으로 하는 전위가 공급된다. 노드(n)의 전위에 따라 트랜지스터(2611)를 흐르는 전류, 즉 배선(ML)을 흐르는 전류가 변화된다. 이 전류를 검출함으로써 검출 대상의 근접 또는 접촉을 검출할 수 있다.
- [0363] 트랜지스터(2611, 2612, 및 2613)는 각각 채널 영역이 형성되는 반도체층으로서 산화물 반도체층을 사용하는 것이 바람직하다. 특히 트랜지스터(2613)로서 이러한 트랜지스터 등을 사용하면, 노드(n)의 전위가 오랫동안 유지될 수 있고 노드(n)에 VRES를 다시 공급하는 동작(리프레시 동작)의 빈도를 줄일 수 있어 바람직하다.
- [0364] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0365] (실시형태 9)
- [0366] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 소자와, 반사형 액정 소자를 포함하고, 투과 모드 및 반사 모드의 양쪽으로 화상을 표시할 수 있는 표시 장치에 대하여 도 14의 (A), (B1), (B2), 도 15, 및 도 16을 참조하여 설명한다.
- [0367] 본 실시형태에서 설명되는 표시 장치는, 옥외 등의 밝은 장소에서 반사 모드를 사용하여 화상을 표시함으로써,

매우 낮은 소비전력으로 구동될 수 있다. 한편, 실내 등의 어두운 장소 또는 야간의 환경에서는, 투과 모드를 사용함으로써 넓은 색역 및 높은 색 재현성을 가지는 화상을 표시할 수 있다. 따라서, 이들 모드를 조합함으로써, 표시 장치는 기존의 표시 패널의 경우에 비하여, 낮은 소비전력으로 높은 색 재현성을 가지는 화상을 표시할 수 있다.

[0368] 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 같은 평면에 형성되는 것이 바람직하다. 액정 소자 및 발광 소자는 절연층을 개재하여 적층되는 것이 바람직하다.

[0369] 도 14의 (A)는 본 실시형태에서 설명하는 표시 장치를 도시한 블록도이다. 표시 장치(3000)는, 회로(G)(3001), 회로(S)(3002), 및 표시부(3003)를 포함한다. 표시부(3003)에서는, 복수의 화소(3004)가 R 방향 및 C 방향으로 매트릭스로 배치된다. 복수의 배선(G1), 복수의 배선(G2), 복수의 배선(ANO), 및 복수의 배선(CSCOM)이 회로(G)(3001)에 전기적으로 접속된다. 이들 배선은 R 방향으로 배치된 복수의 화소(3004)에도 전기적으로 접속된다. 복수의 배선(S1) 및 복수의 배선(S2)은 회로(S)(3002)에 전기적으로 접속되고, 이들 배선은 C 방향으로 배치된 복수의 화소(3004)에도 전기적으로 접속된다.

[0370] 복수의 화소(3004) 각각은 액정 소자 및 발광 소자를 포함한다. 액정 소자 및 발광 소자는 서로 중첩되는 부분을 포함한다.

[0371] 도 14의 (B1)은 화소(3004)에 포함되는 액정 소자의 반사 전극으로서 기능하는 도전막(3005)의 형상을 나타낸 것이다. 또한, 도전막(3005)의 일부이고 발광 소자와 중첩되는 위치(3006)에 개구(3007)가 제공된다. 즉, 발광 소자로부터 방출되는 광은 개구(3007)를 통하여 방출된다.

[0372] 도 14의 (B1)에서의 화소(3004)는 R 방향으로 인접한 화소(3004)가 상이한 색을 나타내도록 배치된다. 또한, 개구(3007)는 R 방향으로 일렬로 배치되지 않도록 제공된다. 이러한 배치는 인접한 화소(3004)의 발광 소자들 사이에서의 크로스토크를 억제하는 효과를 가진다. 또한, 소형화의 정도가 완화되기 때문에 소자 형성이 용이해진다는 장점이 있다.

[0373] 개구(3007)는 예를 들어, 다각형, 사각형, 타원형, 원형, 십자형, 줄무늬 형상, 또는 슬릿 형상을 가질 수 있다.

[0374] 도 14의 (B2)는 도전막(3005)의 배치의 다른 예를 도시한 것이다.

[0375] 도전막(3005)의 총면적(개구(3007)를 제외함)에 대한 개구(3007)의 비율은 표시 장치의 표시에 영향을 미친다. 즉, 개구(3007)의 면적이 클수록 액정 소자를 사용하는 표시가 어두워지는 한편, 개구(3007)의 면적이 작을수록 발광 소자를 사용하는 표시는 어두워진다는 문제가 발생한다. 또한, 개구의 비율의 문제에 더하여, 개구(3007) 자체의 면적이 작은 경우에도, 발광 소자로부터 방출되는 광의 추출 효율이 저하된다는 문제가 발생한다. 도전막(3005)의 총면적(개구(3007)를 제외함)에 대한 개구(3007)의 비율은, 액정 소자 및 발광 소자를 조합하여 사용할 때에도 표시 품질을 유지할 수 있기 때문에 5% 이상 60% 이하인 것이 바람직하다.

[0376] 다음에, 화소(3004)의 회로 구성의 예에 대하여, 도 15를 참조하여 설명한다. 도 15는 2개의 인접한 화소(3004)를 도시한 것이다.

[0377] 화소(3004)는 트랜지스터(SW1), 용량 소자(C1), 액정 소자(3010), 트랜지스터(SW2), 트랜지스터(M), 용량 소자(C2), 및 발광 소자(3011) 등을 포함한다. 또한, 이들 구성 요소는 화소(3004)에서, 배선(G1), 배선(G2), 배선(ANO), 배선(CSCOM), 배선(S1), 및 배선(S2) 중 어느 것에 전기적으로 접속된다. 액정 소자(3010) 및 발광 소자(3011)는 각각 배선(VCOM1) 및 배선(VCOM2)에 전기적으로 접속된다.

[0378] 트랜지스터(SW1)의 게이트는 배선(G1)에 접속된다. 트랜지스터(SW1)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S1)에 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C1)의 한쪽 전극 및 액정 소자(3010)의 한쪽 전극과 접속된다. 용량 소자(C1)의 다른 쪽 전극은 배선(CSCOM)에 접속된다. 액정 소자(3010)의 다른 쪽 전극은 배선(VCOM1)에 접속된다.

[0379] 트랜지스터(SW2)의 게이트는 배선(G2)과 접속된다. 트랜지스터(SW2)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S2)에 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C2)의 한쪽 전극 및 트랜지스터(M)의 게이트에 접속된다. 용량 소자(C2)의 다른 쪽 전극은 트랜지스터(M)의 소스 및 드레인 중 한쪽, 및 배선(ANO)에 접속된다. 트랜지

스터(M)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 발광 소자(3011)의 한쪽 전극에 접속된다. 또한, 발광 소자(3011)의 다른 쪽 전극은 배선(VCOM2)과 접속된다.

- [0380] 또한, 트랜지스터(M)는 사이에 반도체가 제공되고 서로 전기적으로 접속되는 2개의 게이트를 포함한다. 이러한 구조로 함으로써, 트랜지스터(M)를 흐르는 전류량을 증가시킬 수 있다.
- [0381] 트랜지스터(SW1)의 온/오프 상태는 배선(G1)으로부터의 신호에 의하여 제어된다. 배선(VCOM1)으로부터는 소정의 전위가 인가된다. 또한, 배선(S1)으로부터의 신호에 의하여 액정 소자(3010)의 액정의 배향을 제어할 수 있다. 배선(CSCOM)으로부터는 소정의 전위가 인가된다.
- [0382] 트랜지스터(SW2)의 온/오프 상태는 배선(G2)으로부터의 신호에 의하여 제어된다. 배선(VCOM2) 및 배선(ANO)으로부터 인가되는 전위 간의 차이에 의하여, 발광 소자(3011)는 광을 방출할 수 있다. 또한, 트랜지스터(M)의 도통 상태는 배선(S2)으로부터의 신호에 의하여 제어할 수 있다.
- [0383] 따라서 본 실시형태의 구조에서는, 반사 모드인 경우, 액정 소자(3010)는 배선(G1) 및 배선(S1)으로부터 공급되는 신호에 의하여 제어되고 광학 변조를 이용함으로써 화상을 표시할 수 있다. 투과 모드인 경우, 배선(G2) 및 배선(S2)으로부터 신호가 공급될 때 발광 소자(3011)는 광을 방출할 수 있다. 양쪽 모드를 동시에 수행하는 경우에는, 배선(G1), 배선(G2), 배선(S1), 및 배선(S2)으로부터의 신호를 바탕으로 원하는 구동을 수행할 수 있다.
- [0384] 다음에, 본 실시형태에서 설명하는 표시 장치(3000)의 단면 모식도인 도 16을 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [0385] 표시 장치(3000)는 기관(3021)과 기관(3022) 사이에 발광 소자(3023) 및 액정 소자(3024)를 포함한다. 또한, 발광 소자(3023) 및 액정 소자(3024)는 절연층(3025)을 개재하여 형성된다. 즉, 발광 소자(3023)는 기관(3021)과 절연층(3025) 사이에 위치하고, 액정 소자(3024)는 기관(3022)과 절연층(3025) 사이에 위치한다.
- [0386] 트랜지스터(3015), 트랜지스터(3016), 트랜지스터(3017), 및 착색층(3028) 등은 절연층(3025)과 발광 소자(3023) 사이에 제공된다.
- [0387] 기관(3021)과 발광 소자(3023) 사이에 접촉층(3029)이 제공된다. 발광 소자(3023)는 절연층(3025) 위에 이하의 순서대로 적층되는, 한쪽 전극으로서 기능하는 도전층(3030), EL층(3031), 및 다른 쪽 전극으로서 기능하는 도전층(3032)을 포함한다. 보텀 이미션 발광 소자인 발광 소자(3023)에서, 도전층(3032) 및 도전층(3030)은 각각 가시광을 반사하는 재료 및 가시광을 투과시키는 재료를 함유한다. 발광 소자(3023)로부터 방출되는 광은 착색층(3028) 및 절연층(3025)을 투과하고 나서, 개구(3033)를 통하여 액정 소자(3024)를 투과함으로써, 기관(3022)의 외부로 방출된다.
- [0388] 절연층(3025)과 기관(3022) 사이에는, 액정 소자(3024)에 더하여, 착색층(3034), 차광층(3035), 절연층(3046), 및 구조체(3036) 등이 제공된다. 액정 소자(3024)는 한쪽 전극으로서 기능하는 도전층(3037), 액정(3038), 다른 쪽 전극으로서 기능하는 도전층(3039), 및 배향막(3040 및 3041) 등을 포함한다. 또한, 액정 소자(3024)는 반사형 액정 소자이고, 도전층(3039)은 반사 전극으로서 기능하기 때문에, 도전층(3039)은 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 또한, 도전층(3037)은 투명 전극으로서 기능하기 때문에, 가시광을 투과시키는 재료를 사용하여 형성된다. 배향막(3040 및 3041)은 도전층(3037 및 3039)에 제공되고 액정(3038)과 접촉되어 제공된다. 절연층(3046)은 착색층(3034) 및 차광층(3035)을 덮도록 제공되고 오버코트로서 기능한다. 또한, 배향막(3040 및 3041)을 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0389] 개구(3033)는 도전층(3039)의 일부에 제공된다. 도전층(3043)은 도전층(3039)과 접촉하도록 제공된다. 도전층(3043)은 투광성을 가지기 때문에, 도전층(3043)에는 가시광을 투과시키는 재료가 사용된다.
- [0390] 구조체(3036)는 기관(3022)이 절연층(3025)과 필요 이상으로 가까워지는 것을 방지하는 스페이서로서 기능한다. 구조체(3036)를 반드시 제공할 필요는 없다.
- [0391] 트랜지스터(3015)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 발광 소자(3023)의 도전층(3030)에 전기적으로 접속된다. 예를 들어, 트랜지스터(3015)는 도 15의 트랜지스터(M)에 상당한다.
- [0392] 트랜지스터(3016)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 단자부(3018)를 통하여 액정 소자(3024)의 도전층(3039) 및 도전층(3043)에 전기적으로 접속된다. 즉, 단자부(3018)는 절연층(3025)의 양면에 제공되는 도전층들을 전기적으로 접속시키는 기능을 가진다. 트랜지스터(3016)는 도 15의 트랜지스터(SW1)에 상당한다.
- [0393] 기관(3021)과 기관(3022)이 서로 중첩되지 않는 영역에 단자부(3019)가 제공된다. 단자부(3019)는 단자부

(3018)와 같이, 절연층(3025)의 양면에 제공되는 도전층들을 전기적으로 접속한다. 단자부(3019)는 도전층(3043)과 동일한 도전막을 가공함으로써 얻어진 도전층에 전기적으로 접속된다. 따라서, 단자부(3019)와 FPC(3044)는 접속층(3045)을 통하여 서로 전기적으로 접속될 수 있다.

[0394] 접속부(3047)는 접착층(3042)이 제공되는 영역의 일부에 제공된다. 접속부(3047)에서는, 도전층(3043)과 같은 도전막을 가공함으로써 얻어진 도전층, 및 도전층(3037)의 일부가 커넥터(3048)로 전기적으로 접속된다. 따라서, FPC(3044)로부터 입력되는 신호 또는 전위는 커넥터(3048)를 통하여 도전층(3037)에 공급될 수 있다.

[0395] 구조체(3036)는 도전층(3037)과 도전층(3043) 사이에 제공된다. 구조체(3036)는 액정 소자(3024)의 셀 갭을 유지하는 기능을 가진다.

[0396] 도전층(3043)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(3043)에 사용된다.

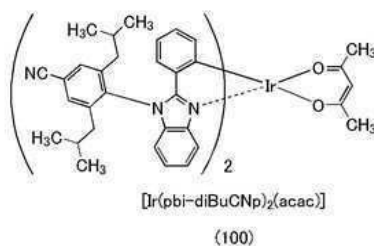
[0397] 또한 본 실시형태에서 설명되는 구조는 다른 실시형태에서 설명되는 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0398] (실시예 1)

[0399] <<합성예 1>>

[0400] 본 실시예에서는, 실시형태 1의 구조식(100)으로 나타내어지고 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 비스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }(2,4-펜테인다이오네이토- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{acac})]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{acac})]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0401] [화학식 27]



[0402]

[0403] <단계 1; 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴의 합성>

[0404] 3000mL의 3구 플라스크에, 4-아미노-3,5-다이클로로벤조나이트릴 52g(280mmol), 아이소부틸보론산 125g(1226mmol), 인산 삼포타슘 260g(1226mmol), 2-다이사이클로헥실포스피노-2',6'-다이메톡시바이페닐(S-phos) 5.4g(13.1mmol), 및 톨루엔 1500mL를 넣었다. 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하고, 감압하에서 교반하면서 이 혼합물을 탈기하였다. 탈기 후, 트리스(다이벤질리텐아세톤)다이팔라듐(0) 4.8g(5.2mmol)을 첨가하고, 이 혼합물을 질소 기류하, 130℃에서 12시간 동안 교반하였다. 얻어진 반응 용액에 톨루엔을 첨가하고, 셀라이트, 플로리실, 및 알루미늄을 이 순서대로 적층한 여과 보조제를 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 61g의 황색 유상 물질을 수율 95%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 황색 유상 물질이 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (a-1)에 나타낸다.

[0405] [화학식 28]



[0406]

[0407] <단계 2; 4-[N-(2-나이트로페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴의 합성>

[0408] 1000mL의 3구 플라스크에, 단계 1에서 합성한 4-아미노-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴 30g(131mmol), 탄산 세슘 86g(263mmol), 다이메틸설폭사이드(DMSO) 380mL, 및 2-플루오로나이트로벤젠 19g(131mmol)을 넣었다. 이 혼합물을 질소 기류하, 120℃에서 20시간 교반하였다. 소정의 시간이 경과한 후, 반응 용액에 대하여 클로로폼을 사용하여 추출을 수행하여 조생 생물(crude product)을 얻었다. 얻어진 조생 생물을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서 헥세인-아세트산 에틸=7:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 주황색 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 헥세인을 첨가한 후, 흡인 여과하여 16g의 황색 고체를 수율 35%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 황색 고체가 4-[N-(2-나이트로페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 이하의 (a-2)에 나타낸다.

[0409] [화학식 29]

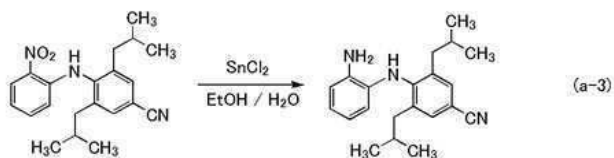


[0410]

[0411] <단계 3; 4-[N-(2-아미노페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴의 합성>

[0412] 2000mL의 3구 플라스크에, 단계 2에서 합성한 4-[N-(2-나이트로페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴 21g(60.0mmol), 물 11mL(0.6mol), 및 에탄올 780mL을 넣고 이 혼합물을 교반하였다. 이 혼합물에 염화 주석(II) 57g(0.3mol)을 첨가하고 이 혼합물을 질소 기류하, 80℃에서 7.5시간 교반하였다. 소정의 시간이 경과한 후, 이 혼합물을 2M 수산화 소듐 수용액 400mL에 따르고, 이 용액을 실온에서 16시간 교반하였다. 석출한 침전물을 흡인 여과에 의하여 제거하고 클로로폼을 사용하여 세정함으로써 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액에 대하여 클로로폼을 사용하여 추출을 수행하였다. 그 후, 추출한 용액을 농축하여 20g의 백색 고체를 수율 100%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 백색 고체가 4-[N-(2-아미노페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴인 것을 확인하였다. 단계 3의 합성 스킴을 이하의 (a-3)에 나타낸다.

[0413] [화학식 30]



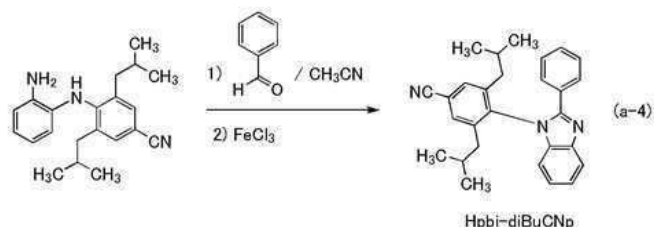
[0414]

[0415] <단계 4; 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: Hphi-diBuCNp)의 합성>

[0416] 1000mL의 가지형 플라스크에, 단계 3에서 합성한 4-[N-(2-아미노페닐)아미노]-3,5-다이아이소부틸벤조나이트릴 20g(60.0mmol), 아세트나이트릴 200mL, 및 벤즈알데하이드 6.4g(60.0mmol)을 넣고 이 혼합물을 100℃에서 1시간 교반하였다. 다음에 이 혼합물에 염화 철(III) 100mg(0.60mmol)을 첨가하고 이 혼합물을 100℃에서 24시간 교반하였다. 소정의 시간이 경과한 후, 이 반응 용액에 대하여 클로로폼을 사용하여 추출을 수행하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질에 톨루엔을 첨가한 후, 셀라이트, 플로리실, 및 알루미늄을 이 순서대로 적층한 여과 보조제를 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션

을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여 목적 물질인 4.3g의 백색 고체를 수율 18%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 백색 고체가 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1*H*-벤즈이미다졸(약칭: Hpbi-diBuCNp)인 것을 확인하였다. 단계 4의 합성 스킴을 이하의 (a-4)에 나타낸다.

[0417] [화학식 31]

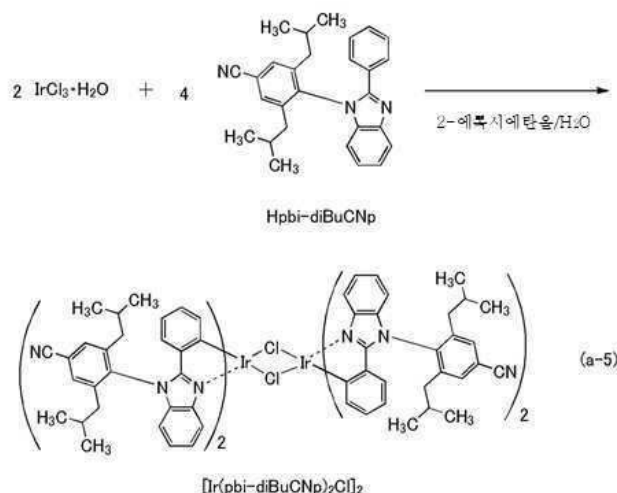


[0418] .

[0419] <단계 5; 다이- μ -클로로-테트라키스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }다이리듐(III)(약칭: [Ir(pbi-diBuCNp)₂Cl]₂)의 합성>

[0420] 100mL의 둥근 바닥 플라스크에, 단계 4에서 합성한 1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1*H*-벤즈이미다졸(약칭: Hpbi-diBuCNp) 1.0g(2.5mmol), 염화 이리듐 일수화물 0.90g(3.0mmol), 2-에톡시에탄올 30mL, 및 물 10mL을 넣고 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 이 플라스크에 마이크로파(2.45GHz, 100W)를 3시간 조사하여 반응을 일으켰다. 반응 후, 반응 용액에 대하여 흡인 여과하여 0.96g의 녹색 고체를 수율 31%로 얻었다. 단계 5의 합성 스킴을 이하의 (a-5)에 나타낸다.

[0421] [화학식 32]

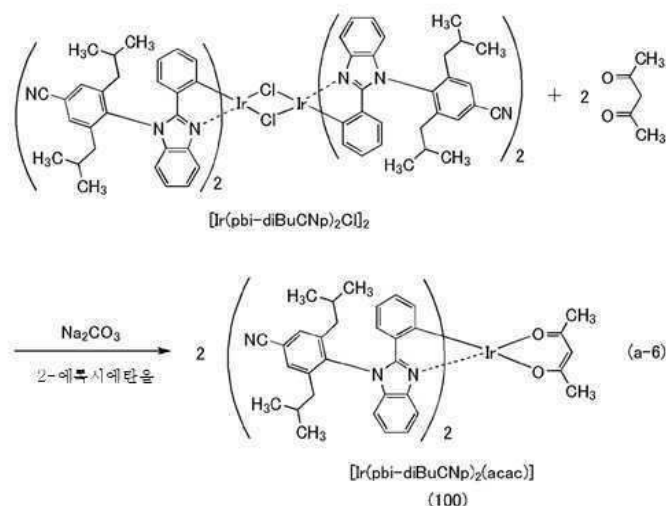


[0422] .

[0423] <단계 6; 비스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }(2,4-펜테인다이오네이토- $\kappa^2 O, O'$)이리듐(III)(약칭: [Ir(pbi-diBuCNp)₂(acac)]의 합성>

[0424] 100mL의 둥근 바닥 플라스크에, 다이- μ -클로로-테트라키스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }다이리듐(III)(약칭: [Ir(pbi-diBuCNp)₂Cl]₂) 0.96g(0.46mmol), 2-에톡시에탄올 30mL, 아세틸아세톤 0.46g(4.6mmol), 및 탄산 소듐 0.49g(4.6mmol)을 넣고 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 이 플라스크에 마이크로파(2.45GHz, 120W)를 1시간 조사하여 반응을 일으켰다. 반응 후의 용액에 대하여 다이클로로메테인을 사용하여 추출을 수행하여 조생 생물을 얻었다. 얻어진 조생 생물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 톨루엔-아세트산 에틸=5:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 황색 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 0.24g의 황색 고체를 수율 24%로 얻었다. 단계 6의 합성 스킴을 이하의 (a-6)에 나타낸다.

[0425] [화학식 33]



[0426]

[0427] 단계 6에서 얻은 황색 고체의 프로톤(^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 17에 나타내었다. 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(100)으로 나타내어지는 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{acac})]$ 가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0428] ^1H -NMR. δ (CDCl_3): 0.64-0.71 (m, 24H), 1.81 (s, 6H), 2.20-2.34 (m, 12H), 5.27 (s, 1H), 6.30 (d, 2H), 6.46-6.52 (m, 6H), 6.87 (d, 2H), 7.29-7.35 (m, 4H), 7.68 (d, 4H), 7.73 (d, 2H).

[0429] 다음에 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{acac})]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(이하 단순히 흡수 스펙트럼이라고 함) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation제)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.05mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.05mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다.

[0430] 도 18은 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 18에서의 2개의 실선은, 가는 선이 흡수 스펙트럼을 나타내고 굵은 선이 발광 스펙트럼을 나타낸다. 도 18에서의 흡수 스펙트럼은 다이클로로메테인 용액(0.05mmol/L)을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도로부터 다이클로로메테인만을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도를 뺀 결과를 나타낸 것이다.

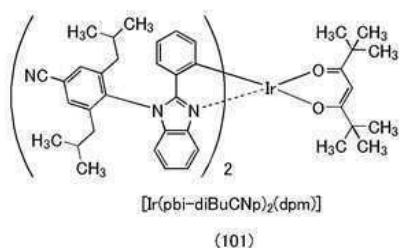
[0431] 도 18에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{acac})]$ 는 516nm 및 552nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0432] (실시예 2)

[0433] <<합성예 2>>

[0434] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(101)으로 나타내어지는 비스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κ^3]페닐- κ C}(2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵테인다이오네이트- κ^2 O,O')이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0435] [화학식 34]



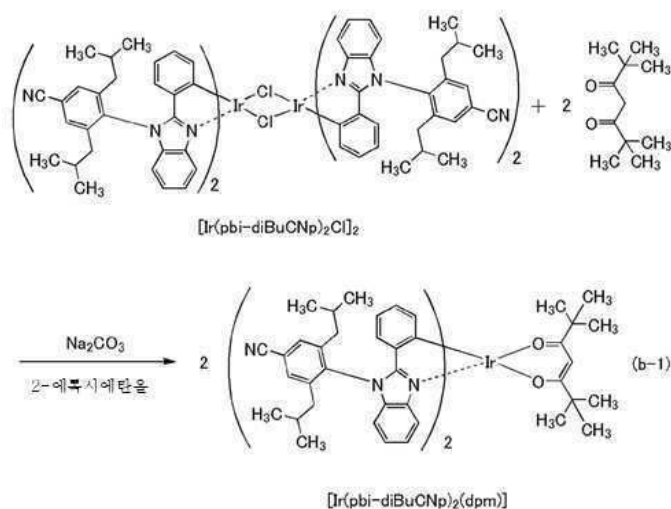
[0436]

[0437] <[Ir(pbi-diBuCNp)₂(dpm)]의 합성>

[0438]

100mL의 둥근 바닥 플라스크에, 실시예 1(합성예 1)의 단계 1 내지 5에서 설명한 방법에 의하여 합성된 [Ir(pbi-diBuCNp)₂Cl]₂ 1.1g(0.53mmol), 2-에톡시에탄올 30mL, 다이피발로일메테인 1.0g(5.3mmol), 및 탄산 소듐 0.56g(5.3mmol)을 넣고 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 이 플라스크에 마이크로파(2.45GHz, 120W)를 2시간 조사하여 반응을 일으켰다. 반응 후의 용액에 대하여 다이클로로메테인을 사용하여 추출을 수행하여 조생 생물을 얻었다. 얻어진 조생 생물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 톨루엔-아세트산 에틸=5:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 황색 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 0.11g의 황색 고체를 수율 9%로 얻었다. 상술한 합성의 합성 스킴을 이하의 (b-1)에 나타낸다.

[0439] [화학식 35]



[0440]

[0441] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(¹H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ¹H-NMR 차트를 도 19에 나타내었다. 이들 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 상술한 구조식(101)으로 나타내어지는 [Ir(pbi-diBuCNp)₂(dpm)]가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0442]

¹H-NMR. δ (CDCl₃): 0.64-0.75 (m, 24H), 0.95 (s, 18H), 1.61-1.66 (m, 1H), 1.89-1.95 (m, 2H), 2.12-2.24 (m, 7H), 2.32-2.36 (m, 2H), 5.62 (s, 1H), 6.25 (d, 2H), 6.42-6.53 (m, 6H), 6.82-6.84 (m, 2H), 7.26-7.29 (m, 4H), 7.64 (s, 2H), 7.71-7.74 (m, 4H).

[0443]

다음에 [Ir(pbi-diBuCNp)₂(dpm)]의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.0099mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K.제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar

M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0099mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 도 20은 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 20에서의 흡수 스펙트럼은 다이클로로메테인 용액(0.0099mmol/L)을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도로부터 다이클로로메테인만을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도를 뺀 결과를 나타낸 것이다.

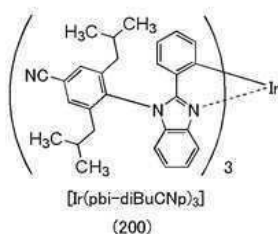
[0444] 도 20에 나타낸 바와 같이, 이리듐 착체 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})]$ 는 519nm 및 553nm에 발광 피크를 가지고, 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0445] (실시예 3)

[0446] <<합성에 3>>

[0447] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(200)으로 나타내어지는 트리스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일- κ^3]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$)(면이성질체(facial isomer)와 자오선 이성질체(meridional isomer)의 혼합물)의 합성 방법에 대하여 설명한다. $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0448] [화학식 36]

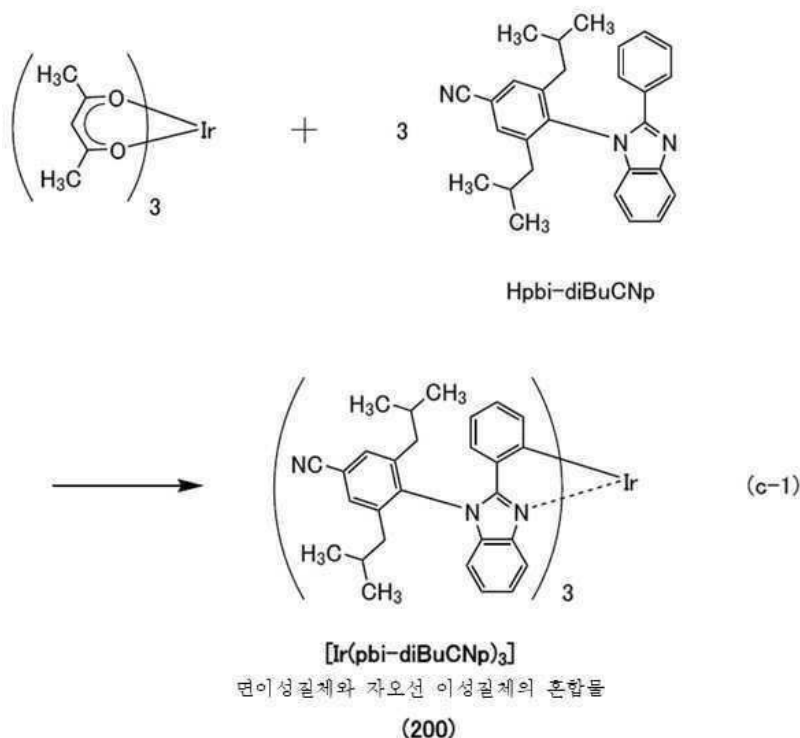


[0449] .

[0450] < $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물)의 합성>

[0451] 3방 콧을 가지는 반응 용기에, 실시예 1(합성에 1)의 단계 1 내지 4에서 설명한 방법에 의하여 합성한 Hpbi-diBuCNp 1.8g(4.4mmol) 및 트리스(아세틸아세토네이토)이리듐(III) 0.43g(0.88mmol)을 넣고, 이 혼합물을 250℃에서 39시간 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물에 톨루엔을 첨가하고 불용(不溶)물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피(중성 실리카)에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 0.26g의 황색 고체를 수율 21%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (c-1)에 나타낸다.

[0452] [화학식 37]



[0453]

[0454] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 21에 나타내었다. 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(200)으로 나타내어지는 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물)가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다. 또한 ^1H -NMR에 의하여 생성물이 면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물인 것이 밝혀졌다. 면이성질체 대 자오선 이성질체의 이성질체 비율은 3:2이었다.

[0455] 다음에 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다.

[0456] 도 22는 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 도 22에서의 2개의 실선은, 가는 선이 흡수 스펙트럼을 나타내고 굵은 선이 발광 스펙트럼을 나타낸다. 도 22에서의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 넣고 측정한 흡광도로부터 석영 셀에 다이클로로메테인만을 넣고 측정한 흡광도를 뺀 결과를 나타낸 것이다.

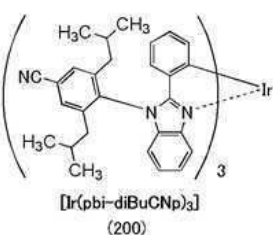
[0457] 도 22에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물)는 518nm 및 552nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0458] (실시예 4)

[0459] <<합성예 4>>

[0460] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(200)으로 나타내어지는 (OC-6-22)-트리스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN]}페닐- κC)이리듐(III)(약칭: *fac*- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. *fac*- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0461] [화학식 38]



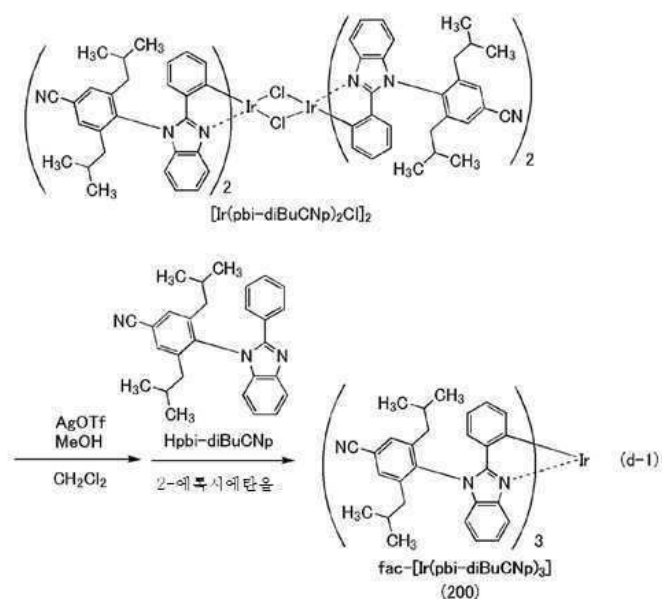
[0462]

[0463] <fac-[Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 합성>

[0464] 200mL의 3구 플라스크에, 실시예 1(합성예 1)의 단계 1 내지 5에서 설명한 방법에 의하여 합성된 [Ir(pbi-diBuCNp)₂Cl]₂ 0.38g(0.18mmol) 및 다이클로로메테인 50mL을 넣고 이 혼합물을 질소 기류하에서 교반하였다. 이 혼합 용액에 트라이플루오로메테인설폰에이트 은 0.14g(0.54mmol)과 메탄올 10mL의 혼합 용액을 적하하고, 이 혼합 용액을 어두운 환경에서 16시간 교반하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 반응 혼합물을, 셀라이트를 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 0.25g의 황색 고체를 얻었다.

[0465] 200mL의 가지형 플라스크에, 얻어진 고체 0.25g, 2-에톡시에탄올 50mL, 및 실시예 1(합성예 1)의 단계 1 내지 4에서 합성한 Hpbi-diBuCNp 0.29g(0.72mmol)을 넣고 이 혼합물을 질소 기류하에서 20시간 가열 환류하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 반응 혼합물을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 20mg의 황색 고체를 수율 4%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (d-1)에 나타낸다.

[0466] [화학식 39]



[0467]

[0468] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(¹H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ¹H-NMR 차트를 도 23에 나타내었다. 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(200)으로 나타내어지는 fac-[Ir(pbi-diBuCNp)₃]가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0469] ¹H-NMR. δ (CD₂Cl₂): 0.18 (d, 9H), 0.42 (d, 9H), 0.48 (d, 9H), 0.64 (d, 9H), 1.22-1.30 (m, 3H), 1.72-1.80 (m, 3H), 1.88-1.99 (m, 6H), 2.22-2.32 (m, 6H), 6.38 (d, 3H), 6.44 (t, 3H), 6.54 (d, 3H), 6.60 (t, 3H), 6.74 (d, 3H), 6.79 (d, 3H), 6.87 (t, 3H), 7.09 (t, 3H), 7.61 (s, 3H), 7.69 (s, 3H).

[0470] 다음에, $fac-[Ir(pbi-diBuCNp)_3]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.0090mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0090mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 도 24는 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 도 24에서의 흡수 스펙트럼은 다이클로로메테인 용액(0.0090mmol/L)을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도로부터 다이클로로메테인만을 석영 셀에 넣고 측정한 흡광도를 뺀 결과를 나타낸 것이다.

[0471] 도 24에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체 $fac-[Ir(pbi-diBuCNp)_3]$ 는 513nm 및 553nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0472] (실시예 5)

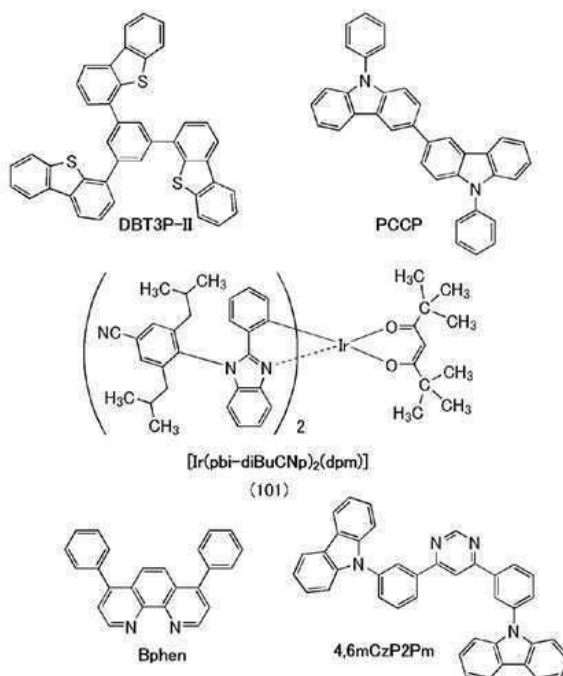
[0473] 본 실시예에서는, 실시예 1에서 설명한 $[Ir(pbi-diBuCNp)_2(dpm)]$ (구조식(101))이 발광층의 게스트 재료로서 사용된 발광 소자 2의 소자 구조, 제작 방법, 및 특성에 대하여, 본 발명의 일 형태의 발광 소자로서 설명한다. 또한 도 25는 본 실시예에서 사용되는 발광 소자의 소자 구조를 도시한 것이고, 표 1은 구체적인 구조를 나타낸 것이다. 본 실시예에서 사용되는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0474] [표 1]

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 1	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO ₃ (42.6nm)	PCCP (20nm)	*	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiP (1nm)	Al (200nm)

[0475] 4,6mCzP2Pm:PCCP:[$Ir(pbi-diBuCNp)_2(dpm)$](0.8:0.2:0.05 (40nm))

[0477] [화학식 40]



[0478] <<발광 소자의 제작>>

[0480] 본 실시예에서 설명한 발광 소자는, 도 25에 도시된 바와 같이, 정공 주입층(911), 정공 수송층(912), 발광층(913), 전자 수송층(914), 및 전자 주입층(915)이, 기판(900) 위에 형성된 제 1 전극(901) 위에 이 순서대로 적층되고, 제 2 전극(903)이 전자 주입층(915) 위에 적층된 구조를 가진다.

- [0481] 우선, 기판(900) 위에 제 1 전극(901)을 형성하였다. 전극의 면적은 $4\text{mm}^2 (2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다. 기판(900)으로서는 유리 기판을 사용하였다. 제 1 전극(901)으로서는, 산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITO)을 스퍼터링법에 의하여 두께 70nm로 퇴적하였다.
- [0482] 사전 처리로서, 기판의 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 베이킹한 후, UV 오존 처리를 370초 수행하였다. 그 후, 압력이 10^{-4}Pa 정도까지 저감된 진공 증착 장치로 기판을 이동하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에 있어서, 170℃에서 60분 진공 베이킹한 후, 기판을 약 30분 냉각시켰다.
- [0483] 다음에, 제 1 전극(901) 위에 정공 주입층(911)을 형성하였다. 진공 증착 장치 내의 압력을 10^{-4}Pa 로 감압한 후, 1,3,5-트라이(다이벤조싸이오펜-4-일)벤젠(약칭: DBT3P-II) 및 산화 몰리브데늄을 질량비 4:2(=DBT3P-II:산화 몰리브데늄)로 공증착하여 두께 60nm로 함으로써 정공 주입층(911)을 형성하였다.
- [0484] 다음에, 정공 주입층(911) 위에 정공 수송층(912)을 형성하였다. 정공 수송층(912)으로서는, 9-페닐-9H-3-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)카바졸(약칭: PCCP)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적하였다.
- [0485] 다음에, 정공 수송층(912) 위에 발광층(913)을 형성하였다.
- [0486] 발광층(913)을 형성하기 위하여, 호스트 재료로서 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm), 어시스트 재료로서 PCCP, 및 게스트 재료(인광 재료)로서 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})]$ 를 중량비 0.8:0.2:0.05(=4,6mCzP2Pm:PCCP:[$\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})$])로 공증착하였다. 발광층(913)의 두께는 40nm로 하였다.
- [0487] 다음에, 발광층(913) 위에 전자 수송층(914)을 형성하였다. 전자 수송층(914)은 다음 식으로 형성하였다: 4,6mCzP2Pm 및 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 각각 증착에 의하여 두께 20nm 및 10nm로 순차적으로 퇴적하였다.
- [0488] 다음에, 전자 수송층(914) 위에 전자 주입층(915)을 형성하였다. 전자 주입층(915)은 플루오린화 리튬(LiF)의 증착에 의하여 두께 1nm로 형성하였다.
- [0489] 그 후, 전자 주입층(915) 위에 제 2 전극(903)을 형성하였다. 제 2 전극(903)은 알루미늄을 사용하여 증착법에 의하여 두께 200nm로 형성되었다. 본 실시예에서, 제 2 전극(903)은 음극으로서 기능한다.
- [0490] 상술한 단계를 거쳐, 한 쌍의 전극 사이에 EL층이 제공된 발광 소자를 기판(900) 위에 형성하였다. 상술한 정공 주입층(911), 정공 수송층(912), 발광층(913), 전자 수송층(914), 및 전자 주입층(915)은 본 발명의 일 형태의 EL층을 형성하는 층으로서 기능한다. 또한 상술한 형성 방법에서의 모든 증착 단계에서 증착은 저항 가열법에 의하여 수행하였다.
- [0491] 상술한 바와 같이 제작한 발광 소자는, 질소 분위기를 함유하는 글로브 박스 내에서 기판(미도시)을 자외광 경화 밀봉재(ultraviolet curable sealant)에 의하여 기판(900)에 고정하고, 기판(900) 위에 형성된 발광 소자의 주변에 밀봉 재료가 부착된 상태에서 상기 기판들을 서로 접합하는 식으로, 다른 기판(미도시)을 사용하여 밀봉하였다. 밀봉 시, 파장 365nm의 자외광을 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 로 밀봉재에 조사하고 80℃에서 1시간 가열함으로써 밀봉재를 안정화시켰다.
- [0492] <<발광 소자의 동작 특성>>
- [0493] 제작한 발광 소자 1의 동작 특성을 측정하였다. 측정은 실온에서(온도가 25℃로 유지된 분위기에서) 실시하였다. 도 26 내지 도 29는 결과를 나타낸 것이다.
- [0494] 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태인 발광 소자 1이 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가진다는 것이 밝혀졌다. 약 $1000\text{ cd}/\text{m}^2$ 의 휘도에서의 발광 소자 1의 주된 특성의 초깃값을 이하의 표 2에 나타낸다.

[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	0.05±	1.3	(0.97,0.60)	1000	77	81	22

[0496]

[0497] 도 30은 전류 밀도 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 로 전류가 흐르는 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 30에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1의 발광 스펙트럼은 521nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{dpm})]$ 의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다.

[0498] (실시예 6)

[0499] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 구조식(200)으로 나타내어지는 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 를 발광층에 사용한 발광 소자의 소자 구조에 대하여 설명한다. 본 실시예에서는, $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물을 포함하는 발광 소자 2, 및 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 면이성질체만을 포함하는 비교 발광 소자 3을 제작하였다. 본 실시예에서 설명한 발광 소자의 적층 구조는 실시예 5에서 설명된 것과 비슷하기 때문에, 적층 구조에 대해서는 도 25를 참조할 수 있고 여기서는 제작 방법에 대한 설명을 하지 않는다. 본 실시예에서 설명한 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 구체적인 구조에 대해서는 표 3에 나타낸다. 또한 본 실시예에서 사용되는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0500] [표 3]

	제 1 전극	평공 주입층	평공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 2	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO ₃ (2:1 40nm)	PCCP (20nm)	*	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
비교 발광 소자 3	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO ₃ (2:1 40nm)	PCCP (20nm)	**	4,6mCzP2Pm (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

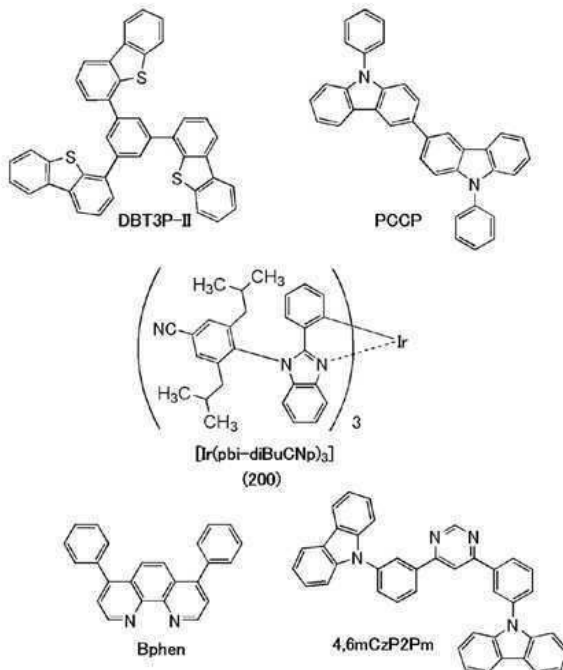
[0501]

[0502] *4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(pbi-diBuCNp)₃](0.5:0.5:0.1(20nm)\(0.8:0.2:0.1(20nm))

[0503] **4,6mCzP2Pm:PCCP:[fac-Ir(pbi-diBuCNp)₃](0.5:0.5:0.1(20nm)\

[0504] (0.8:0.2:0.1(20nm))

[0505] [화학식 41]



[0506]

[0507] <<발광 소자의 동작 특성>>

[0508] 제작한 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 동작 특성을 측정하였다. 측정은 실온에서(온도가 25℃로 유지된 분위기에서) 실시하였다. 결과를 도 31 내지 도 34에 나타내었다.

[0509] 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 발광 소자가 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가진다는 것이

밝혀졌다. 약 1000 cd/m^2 의 휘도에서의 발광 소자의 주된 특성의 초깃값을 이하의 표 4에 나타낸다.

[표 4]

	전압(V)	전류(mA)	전류 밀도(mA/cm^2)	색도(mxy)	휘도(cd/m^2)	전류 효율(cd/A)	전력 효율(lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 2	3.0	0.035	0.86	(0.30,0.65)	1100	124	130	35
비교 발광 소자 3	3.0	0.030	0.76	(0.29,0.66)	890	120	120	34

도 35는 각각 전류 밀도 2.5 mA/cm^2 로 전류가 흐르는 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 35에 나타낸 바와 같이, 각 발광 소자의 발광 스펙트럼은 512 nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층 (913)에 함유되는 유기 금속 착체 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다.

다음에, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3에 대하여 신뢰성 시험을 수행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 36에 나타내었다. 도 36에서, 세로축은 초기 휘도를 100%로 하였을 때의 정규화된 휘도(%)를 나타내고, 가로축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 또한 신뢰성 시험에서는, 전류 밀도를 50 mA/cm^2 로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서 발광 소자를 구동시켰다.

이들 결과에 의하여, 전류 효율 및 외부 양자 효율에서 본 발명의 일 형태의 발광 소자(발광 소자 2) 및 비교 소자인 비교 발광 소자 3이 같은 정도의 양호한 특성을 가지는 한편, 신뢰성에서는 발광 소자 2가 비교 발광 소자 3보다 우수하다는 것이 밝혀졌다.

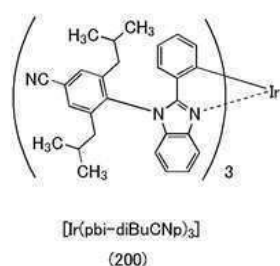
이들 결과는, 발광층에 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 면이성질체와 자오선 이성질체의 혼합물을 포함하는 발광 소자 2가, 발광층에 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 면이성질체를 포함하는 비교 발광 소자 3과 비교하여 신뢰성이 향상된다는 것을 시사한다.

(실시예 7)

<<합성에 5>>

본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(200)으로 나타내어지는 (OC-6-21)-트리스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: *mer*- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. *mer*- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

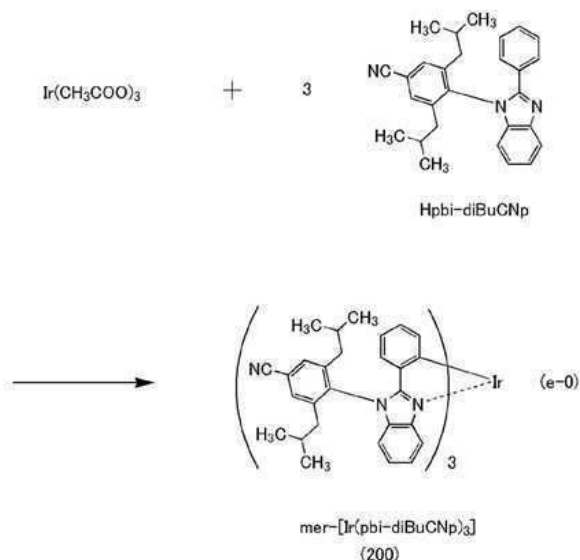
[화학식 42]



<*mer*- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 합성>

3방 콕을 가지는 반응 용기에, 실시예 1(합성에 1)의 단계 1 내지 4에서 설명한 방법에 의하여 합성한 H_pbi-diBuCNp 6.0g(14.7mmol) 및 아세트산 이리듐 1.1g(2.9mmol)을 넣고, 이 혼합물을 170°C 에서 76.5시간 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물에 톨루엔을 첨가하고 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 톨루엔을 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 80mg의 황색 고체를 수율 2%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (e-0)에 나타낸다.

[0523] [화학식 43]



[0524]

[0525] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 37에 나타내었다. 이들 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(200)으로 나타내어지는 $\text{mer-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0526] ^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.04 (d, 3H), 0.09 (d, 6H), 0.22 (d, 3H), 0.33 (d, 3H), 0.44-0.47 (m, 6H), 0.63 (d, 6H), 0.69 (d, 3H), 0.72-0.76 (m, 6H), 1.22-1.37 (m, 3H), 1.57-1.68 (m, 3H), 1.75-1.90 (m, 4H), 1.97-2.10 (m, 2H), 2.14-2.29 (m, 5H), 2.34-2.38 (m, 1H), 6.23 (d, 1H), 6.46-6.51 (m, 5H), 6.55-6.83 (m, 12H), 6.91 (t, 2H), 7.00-7.11 (m, 4H), 7.57-7.71 (m, 6H).

[0527] 다음에 $\text{mer-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.0085mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0085mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다.

[0528] 도 38은 흡수 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 도 38의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 다이클로로메테인 용액(0.0085mmol/L)을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀에 다이클로로메테인만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 뺀 결과를 나타낸 것이다.

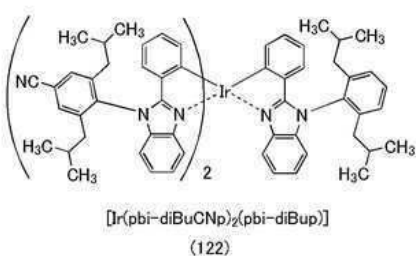
[0529] 도 38에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태인 유기 금속 착체 $\text{mer-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 는 522nm 및 555nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0530] (실시예 8)

[0531] <<합성예 6>>

[0532] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(122)으로 나타내어지는 비스{2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소뷰틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }{2-[1-(2,6-다이아이소뷰틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$)의 합성 방법에 대하여 설명한다. $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$ 의 구조를 이하에 나타낸다.

[0533] [화학식 44]



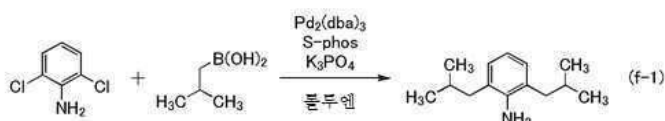
[0534]

[0535] <단계 1; 2,6-다이아이소부틸아닐린의 합성>

[0536] 5000mL의 3구 플라스크에, 2,6-다이클로로아닐린 100g(617mmol), 아이소부틸보론산 230g(2256mmol), 인산 삼포타슘 479g(2256mmol), 2-다이사이클로헥실포스피노-2',6'-다이메톡시바이페닐(S-Phos) 10.1g(24.7mmol), 및 톨루엔 3000mL을 넣고 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 이 혼합물을 플라스크 내의 압력을 저감시키면서 교반하여 탈기하였다. 탈기 후, 트리스(다이벤질리텐아세톤)다이팔라듐(0) 10.5g(11.5mmol)을 이 혼합물에 첨가한 후, 질소 기류하, 120℃에서 12시간 교반하였다.

[0537] 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 용액에 대하여 흡인 여과를 수행하였다. 얻어진 여과액에 대하여 톨루엔을 사용하여 추출을 수행하였다. 그리고 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제를 수행하였다. 전개 용매로서는, 헥세인-톨루엔=15:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 75.0g의 흑색 유상 물질을 수율 59%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 흑색 유상 물질이 2,6-다이아이소부틸아닐린인 것을 확인하였다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (f-1)에 나타낸다.

[0538] [화학식 45]



[0539]

[0540] <단계 2; 2,6-다이아이소부틸-N-(2-나이트로페닐)아닐린의 합성>

[0541] 2000mL의 3구 플라스크에, 상술한 단계 1에서 합성한 2,6-다이아이소부틸아닐린 28g(136mmol), 1-브로모-2-나이트로벤젠 28g(136mmol), 탄산 세슘 75g(263mmol), 및 톨루엔 900mL을 넣고 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 이 혼합물을 플라스크 내의 압력을 저감시키면서 교반하여 탈기하였다. 탈기 후, 2-다이사이클로헥실포스피노-2',6'-다이메톡시바이페닐(S-phos) 4.5g(10.9mmol) 및 트리스(다이벤질리텐아세톤)다이팔라듐(0) 2.5g(2.7mmol)을 첨가하고, 이 혼합물을 질소 기류하, 130℃에서 16시간 교반하였다.

[0542] 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 혼합물에 대하여 톨루엔을 사용하여 추출을 수행하였다. 그리고 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제를 수행하였다. 전개 용매로서는, 헥세인-아세트산 에틸=15:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 37g의 황색 유상 물질을 수율 82%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 얻어진 황색 유상 물질이 2,6-다이아이소부틸-N-(2-나이트로페닐)아닐린인 것을 확인하였다. 단계 2의 합성 스킴을 이하의 (f-2)에 나타낸다.

[0543] [화학식 46]



[0544]

[0545] <단계 3; N-(2,6-다이아이소부틸페닐)벤젠-1,2-다이아민의 합성>

[0546] 3000mL의 3구 플라스크에, 상술한 단계 2에서 합성한 2,6-다이아이소부틸페닐-*N*-(2-나이트로페닐)아닐린 37g(112mmol), 물 20mL(1.1mol), 및 에탄올 1500mL을 넣고 이 혼합물을 교반하였다. 다음에 이 혼합물에 염화 주석(II) 104g(0.6mol)을 첨가하고, 이 혼합물을 질소 기류하, 80℃에서 7시간 교반하였다.

[0547] 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 혼합물을 2M 수산화 소듐 수용액 800mL에 따르고, 이 용액을 실온에서 2시간 교반하였다. 석출한 침전물에 대하여 흡인 여과를 수행하고 클로로폼을 사용하여 세정하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액에 대하여 클로로폼을 사용하여 추출을 수행하였다. 그 후, 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제를 수행하였다. 전개 용매로서는 헥세인-아세트산 에틸=10:1 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 32g의 황색 유상 물질을 수율 96%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 황색 유상 물질이 *N*-(2,6-다이아이소부틸페닐)벤젠-1,2-다이아민인 것을 확인하였다. 단계 3의 합성 스킴을 이하의 (f-3)에 나타낸다.

[0548] [화학식 47]



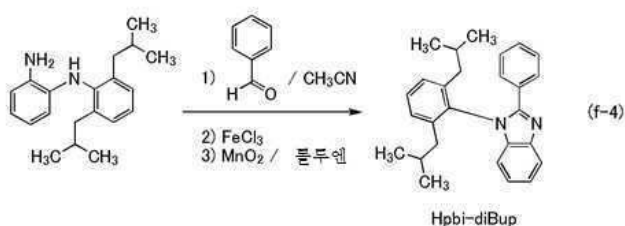
[0549]

[0550] <단계 4; 1-(2,6-다이아이소부틸페닐)-2-페닐-1*H*-벤즈이미다졸 (약칭: Hpbi-diBup)의 합성>

[0551] 1000mL의 가지형 플라스크에, 상술한 단계 3에서 합성한 *N*-(2,6-다이아이소부틸페닐)벤젠-1,2-다이아민 32g(108mmol), 아세트나이트릴 300mL, 및 벤즈알데하이드 12g(108mmol)을 넣고, 이 혼합물을 100℃에서 8시간 교반하였다. 다음에, 이 혼합물에 염화 철(III) 0.18g(1.1mmol)을 첨가하고 이 혼합물을 100℃에서 24시간 교반하였다.

[0552] 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 혼합물에 대하여 클로로폼을 사용하여 추출을 수행하여 유상 물질을 얻었고, 이를 톨루엔 300mL 및 산화 망가니즈(IV) 40g과 같이 500mL의 가지형 플라스크에 넣고 130℃에서 14시간 교반하였다. 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 혼합물을, 셀라이트, 플로리실, 및 알루미늄을 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는 헥세인-아세트산 에틸=10:1 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 17g의 목적 물질인 갈색 고체를 수율 40%로 얻었다. 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여, 갈색 고체가 Hpbi-diBup인 것을 확인하였다. 단계 4의 합성 스킴을 이하의 (f-4)에 나타낸다.

[0553] [화학식 48]

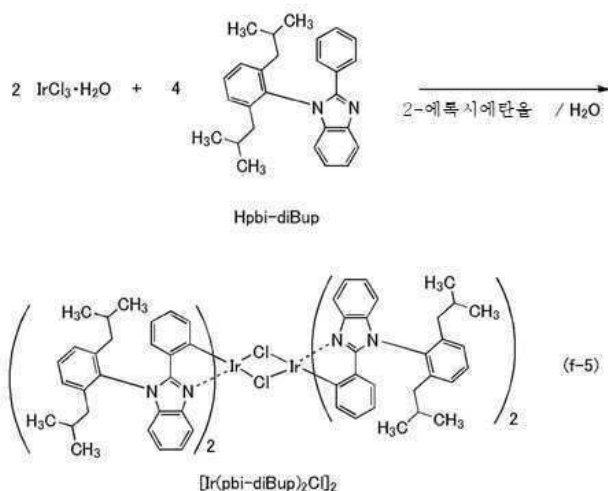


[0554]

[0555] <단계 5; 다이-μ-클로로-테트라키스{2-[1-(2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일-κ³]페닐-κ*C*}이리듐(III)(약칭: [Ir(pbi-diBup)₂Cl]₂)의 합성>

[0556] 100mL의 둥근 바닥 플라스크에, 상술한 단계 4에서 합성한 Hpbi-diBup 6.8g(17.8mmol), 염화 이리듐 일수화물 2.5g(8.5mmol), 2-에톡시에탄올 30mL, 및 물 10mL을 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 이 플라스크에 마이크로파(2.45GHz, 100W)를 2시간 조사하여 반응을 일으켰다. 반응 후, 반응 용액을 흡인 여과하여 녹색 고체인 [Ir(pbi-diBup)₂Cl]₂ 5.6g을 수율 67%로 얻었다. 단계 5의 합성 스킴을 이하의 (f-5)에 나타낸다.

[0557] [화학식 49]



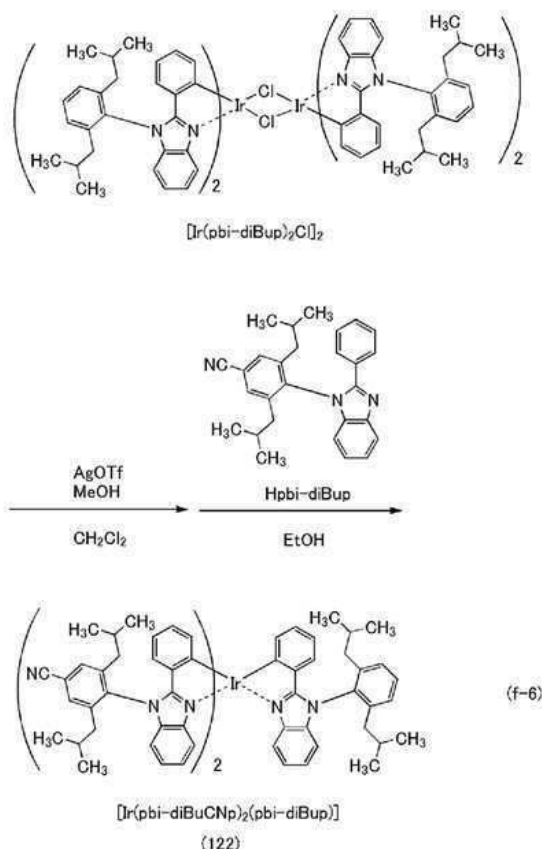
[0558]

[0559] <단계 6; $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$ 의 합성>

[0560] 300mL의 3구 플라스크에, 상술한 단계 5에서 합성한 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_2\text{Cl}]_2$ 1.5g(0.8mmol) 및 다이클로로메테인 90mL을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에서 교반하였다. 이 혼합물에 트라이플루오로메테인설포네이트 은 0.59g(2.3mmol)과 메탄올 90mL의 혼합 용매를 적하하고 이 혼합물을 어두운 환경에서 18시간 교반하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 이 반응 혼합물을 셀라이트를 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 2.2g의 녹색 고체를 얻었다. 500mL의 가지형 플라스크에, 얻어진 고체 2.2g, 에탄올 50mL, 및 실시예 1(합성예 1)에서 설명한 단계 1 내지 4에 기재된 방법에 의하여 합성된 Hpbi-diBuCNp 1.2g(3.0mmol)을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에서 29시간 가열 환류하였다.

[0561] 소정의 시간이 경과한 후, 얻어진 반응 혼합물에 에탄올을 첨가하고, 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서, 먼저 다이클로로메테인-헥세인=1:2의 혼합 용매를 사용한 다음, 다이클로로메테인-헥세인=1:1의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 헥세인을 첨가한 후, 흡인 여과를 수행하여 70mg의 황색 고체를 수율 3%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (f-6)에 나타낸다.

[0562] [화학식 50]



[0563]

[0564] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 39에 나타내었다. 이들 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(122)으로 나타내어지는 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$ 가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0565] ^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.20 (t, 9H), 0.44 (t, 9H), 0.49 (t, 9H), 0.66 (t, 9H), 1.24-1.31 (m, 3H), 1.75-1.83 (m, 3H), 1.86-2.01 (m, 6H), 2.20-2.35 (m, 6H), 6.39-6.48 (m, 6H), 6.52-6.63 (m, 6H), 6.72-6.91 (m, 9H), 7.06-7.12 (m, 3H), 7.31 (d, 1H), 7.39 (d, 1H), 7.51 (t, 1H), 7.63 (s, 2H), 7.71 (s, 2H).

[0566] 다음에 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.0098mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0098mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 도 40은 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 도 40에서의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 다이클로로메테인 용액(0.0098mmol/L)을 넣고 측정된 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀에 다이클로로메테인만을 넣고 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀 결과를 나타낸 것이다.

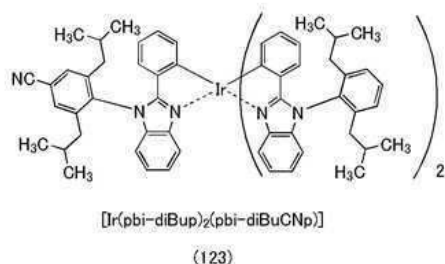
[0567] 도 40에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_2(\text{pbi-diBup})]$ 는 516nm 및 548nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0568] (실시예 9)

[0569] <<합성예 7>>

[0570] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체이고 실시형태 1의 구조식(123)으로 나타내어지는 {2-[1-(4-사이아노-2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }비스{2-[1-(2,6-다이아이소부틸페닐)-1*H*-벤즈이미다졸-2-일- κN^3]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: [Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)])의 합성 방법에 대하여 설명한다. [Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)]의 구조를 이하에 나타낸다.

[0571] [화학식 51]

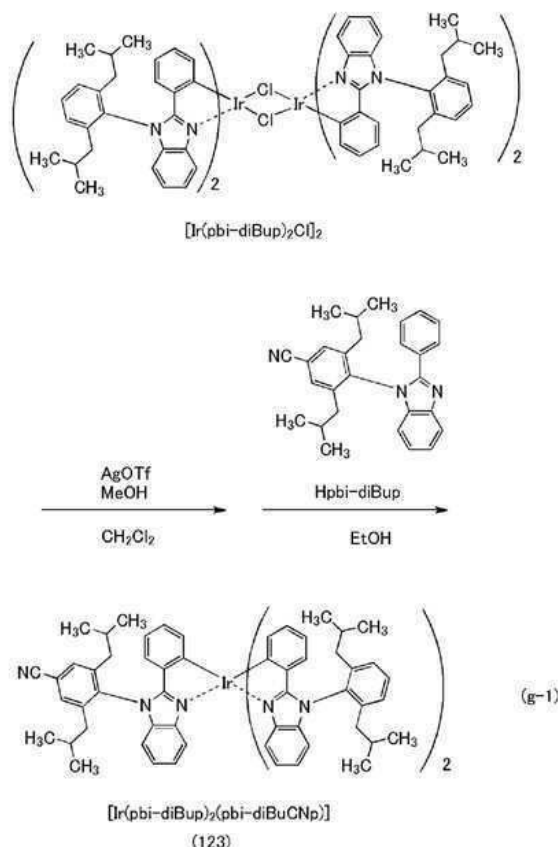


[0572]

[0573] <단계 1; [Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)]의 합성>

[0574] 300mL의 3구 플라스크에, 실시예 8(합성예 6)의 단계 1 내지 5에서 설명한 방법에 의하여 합성된 [Ir(pbi-diBup)₂Cl]₂ 1.5g(0.8mmol) 및 다이클로로메테인 90mL을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하에서 교반하였다. 이 혼합물에 트라이플루오로메테인설포네이트 은 0.59g(2.3mmol) 및 메탄올 90mL을 적하하고 이 혼합물을 어두운 환경에서 18시간 교반하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 반응 혼합물을, 셀라이트를 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 2.2g의 녹색 고체를 얻었다. 500mL의 가지형 플라스크에, 얻어진 고체 2.2g, 에탄올 50mL, 및 실시예 1(합성예 1)의 단계 1 내지 4에서 설명한 방법에 의하여 합성된 Hpbi-diBuCNp 1.2g(3.0mmol)을 넣고 이 혼합물을 질소 기류하에서 29시간 가열 환류하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 얻어진 반응 혼합물에 에탄올을 첨가하고, 불용물을 제거하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 전개 용매로서는, 다이클로로메테인-헥세인=1:2의 혼합 용매를 사용하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 헥세인을 첨가한 후, 흡인 여과를 수행하여 120mg의 황색 고체를 수율 6%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (g-1)에 나타낸다.

[0575] [화학식 52]



[0576] 

[0577] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤 (^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 41에 나타내었다. 이들 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 상술한 유기 금속 착체이고 구조식(123)으로 나타내어지는 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_2(\text{pbi-diBuCNp})]$ (약칭)가 본 합성예에서 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0578] ^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.20 (t, 9H), 0.44 (t, 9H), 0.50 (t, 9H), 0.66 (t, 9H), 1.23-1.33 (m, 3H), 1.74-1.83 (m, 3H), 1.87-2.02 (m, 6H), 2.20-2.35 (m, 6H), 6.39-6.48 (m, 6H), 6.54 (t, 2H), 6.58-6.63 (m, 4H), 6.73-6.91 (m, 9H), 7.11-7.05 (m, 3H), 7.31 (d, 2H), 7.38 (d, 2H), 7.50 (t, 2H), 7.62 (s, 1H), 7.71 (s, 1H).

[0579] 다음에, $[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_2(\text{pbi-diBuCNp})]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하고, 다이클로로메테인 용액(0.0087mmol/L)을 석영 셀에 넣고 실온에서 흡수 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.0087mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 도 42는 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 나타낸 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 도 42에서의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 다이클로로메테인 용액(0.0087mmol/L)을 넣고 측정된 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀에 다이클로로메테인만을 넣고 측정된 흡수 스펙트럼을 뺀 결과를 나타낸 것이다.

[0580] 도 42에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_2(\text{pbi-diBuCNp})]$ 는 518nm 및 549nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

[0581] (실시예 10)

[0582] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (구조식(200))를 발광층에 사용한 발광 소자의 소자 구조에 대하여 설명한다. 본 실시예에서는, $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 자오선 이성질체만을 사용한 발광 소자 4 및 $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ 의 면이성질체만을 사용한 비교 발광 소자 5를 제작하고, 이들의 특성을 평가하였다. 본 실시예에서 설명하는 발광 소자의 기본적인 적층 구조 및 제작 방법은 실시예 5에서 설명한 발광 소자의 기본적인 적층 구조 및 제작 방법과 같기 때문에, 도 25를 참조하기로 한다. 본 실시예에서 설명하는 발광 소자의 구체적인 구조는 표 5에 나타낸다. 또한 본 실시예에서 사용되는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0583] [표 5]

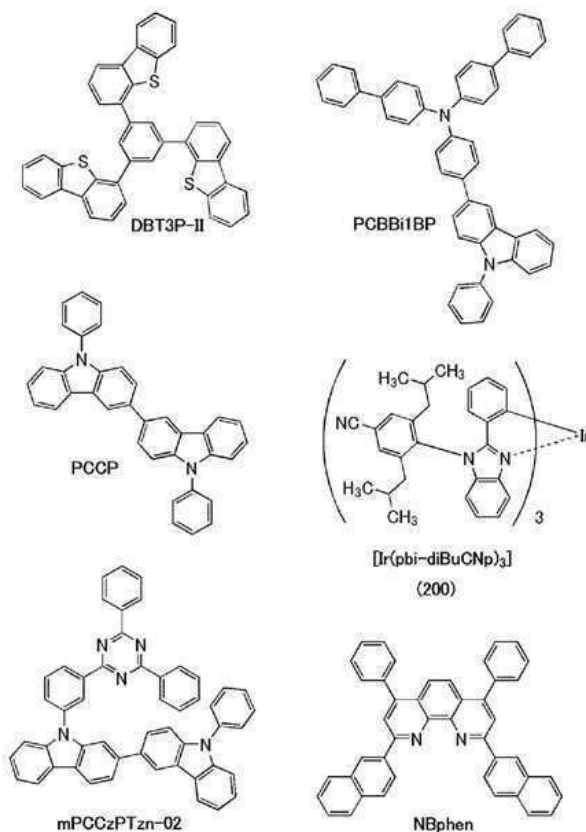
	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층	전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 4	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO ₃ (2:1 40nm)	PCBBi1BP (20nm)	*	mPCCzPTzn-02 (20nm)	1Bphen (10nm)	Al (200nm)
비교 발광 소자 5	ITO (70nm)	DBT3P-II :MoO ₃ (2:1 40nm)	PCBBi1BP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (20nm)	1Bphen (10nm)	Al (200nm)

[0584]

[0585] *mPCCzPTzn-02:PCCP:mer- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (0.6:0.4:0.1(40nm))

[0586] **mPCCzPTzn-02:PCCP:fac- $[\text{Ir}(\text{pbi-diBuCNp})_3]$ (0.6:0.4:0.1(40nm))

[0587] [화학식 53]



[0588]

[0589] 표 5에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각의 정공 수송층에는 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP)을 사용하고, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 발광층 및 전자 수송층에는 9-[3-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸(약칭: mPCCzPTzn-02)을 사용하였다. 또한 전자 수송층에는 2,9-비스(나프탈렌-2-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBphen)을 사용하였다.

[0590] <<발광 소자의 동작 특성>>

[0591] 제작한 발광 소자의 동작 특성을 측정하였다. 측정은 실온에서(온도가 25℃로 유지된 분위기에서) 실시하였다. 측정 결과를 도 43 내지 도 46에 나타내었다.

[0592] 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 발광 소자가 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가진다는 것이 밝혀졌다. 표 6은, 약 1000 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자의 주된 특성의 초깃값을 나타낸 것이다.

[0593] [표 6]

	전압(V)	전류(mA)	전류 밀도(mA/cm ²)	색도(ccy)	휘도(cd/m ²)	전류 효율(cd/A)	전력 효율(lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 4	3.1	0.083	0.83	(0.84,0.62)	840	100	100	28
비교 발광 소자 5	3.2	0.089	0.96	(0.81,0.62)	850	88	87	26

[0595] 도 47은 각각 전류 밀도 2.5mA/cm²로 전류가 흐르는 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 47에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4의 발광 스펙트럼은 519nm 및 554nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 *mer*-[Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다. 또한, 비교 발광 소자 5의 발광 스펙트럼은 508nm 및 547nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 *fac*-[Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다.

[0596] 다음에, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5에 대하여 신뢰성 시험을 수행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 48에 나타내었다. 도 48에서, 세로축은 초기 휘도를 100%로 하였을 때의 정규화된 휘도(%)를 나타내고, 가로축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 또한 신뢰성 시험에서는, 초기 휘도를 5000cd/m²로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서 발광 소자를 구동시켰다.

[0597] 이들 결과에 의하여, 전류 효율 및 외부 양자 효율에서 본 발명의 일 형태의 발광 소자(발광 소자 4) 및 비교 소자인 비교 발광 소자 5가 같은 정도의 양호한 특성을 가지는 한편, 신뢰성에서는 발광 소자 4가 비교 발광 소자 5보다 우수하다는 것이 밝혀졌다.

[0598] 발광층이 [Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 자오선 이성질체를 포함하는 발광 소자 4와 발광층이 [Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 면 이성질체를 포함하는 비교 발광 소자 5와의 비교는, [Ir(pbi-diBuCNp)₃]의 자오선 이성질체의 사용에 의하여 발광 소자 4의 신뢰성이 향상되었다는 것을 나타낸다.

[0599] (실시예 11)

[0600] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 [Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)](구조식(123))을 발광층에 사용한 발광 소자 6, 본 발명의 일 형태의 유기 금속 착체인 [Ir(pbi-diBuCNp)₂(pbi-diBup)](구조식(122))를 발광층에 사용한 발광 소자 7, 및 *fac*-[Ir(pbi-diBup)₃](구조식(300))를 발광층에 사용한 비교 발광 소자 8을 제작하고 이들의 특성을 평가하였다. 본 실시예에서 설명하는 발광 소자의 기본적인 적층 구조 및 제작 방법은 실시예 5에서 설명한 발광 소자의 기본적인 적층 구조 및 제작 방법과 같기 때문에, 도 25를 참조하기로 한다. 본 실시예에서 설명하는 발광 소자의 구체적인 구조는 표 7에 나타낸다. 또한 본 실시예에서 사용되는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0601] [표 7]

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층	전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 6	ITO (70nm)	DBTSP-II : MoO ₃ (2:1 40nm)	PCBBiBP (20nm)	*	mPCCzPTzn-02 (20nm)	1Bphen (10nm)	LiF (1nm) / Al (200nm)
발광 소자 7	ITO (70nm)	DBTSP-II : MoO ₃ (2:1 40nm)	PCBBiBP (20nm)	**	mPCCzPTzn-02 (20nm)	1Bphen (10nm)	LiF (1nm) / Al (200nm)
비교 발광 소자 8	ITO (70nm)	DBTSP-II : MoO ₃ (2:1 40nm)	PCBBiBP (20nm)	***	mPCCzPTzn-02 (20nm)	1Bphen (10nm)	LiF (1nm) / Al (200nm)

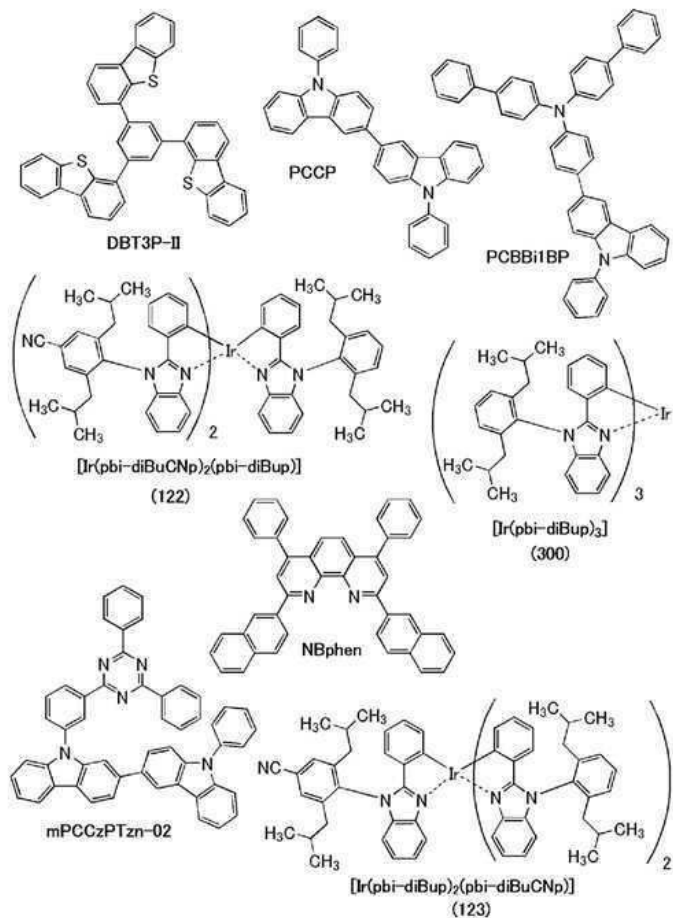
[0602] *mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(pbi-diBuCNp)₂(pbi-diBup)](0.5:0.5:0.1(40nm))

[0603] **mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)] (0.5:0.5:0.1(40nm))

[0604] ***mPCCzPTzn-02:PCCP:[Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)] (0.5:0.5:0.1(40nm))

[0605] ***mPCCzPTzn-02:PCCP:fac-[Ir(pbi-diBup)₃] (0.5:0.5:0.1(40nm))

[0606] [화학식 54]



[0607]

[0608] <<발광 소자의 동작 특성>>

[0609] 제작한 발광 소자의 동작 특성을 측정하였다. 측정은 실온에서(온도가 25℃로 유지된 분위기에서) 실시하였다. 결과를 도 49 내지 도 52에 나타내었다.

[0610] 이 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 발광 소자가 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가진다는 것이 밝혀졌다. 약 1000 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자의 주된 특성의 초깃값을 이하의 표 8에 나타낸다.

[0611] [표 8]

	전압(V)	전류(mA)	전류 밀도(mA/cm ²)	색도(mv)	휘도(cd/m ²)	전류 효율(cd/A)	전력 효율(lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 6	3.3	0.043	1.1	(0.32,0.64)	1200	110	100	30
발광 소자 7	3.2	0.034	0.84	(0.31,0.64)	910	110	110	30
비교 발광 소자 8	3.2	0.049	1.2	(0.29,0.64)	1100	94	92	27

[0612]

[0613] 도 53은 각각 전류 밀도 2.5mA/cm²로 전류가 흐르는 발광 소자의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 53에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 6의 발광 스펙트럼은 508nm 및 537nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 [Ir(pbi-diBup)₂(pbi-diBuCNp)]의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다. 발광 소자 7의 발광 스펙트럼은 513nm 및 550nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 [Ir(pbi-diBuCNp)₂(pbi-diBup)]의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다. 비교 발광 소자 8의 발광 스펙트럼은 508nm 및 545nm 부근에 피크를 가지고, 이는 발광층(913)에 함유되는 유기 금속 착체 fac-[Ir(pbi-diBup)₃]의 발광에서 유래하는 것으로 생각된다.

[0614] 다음에, 발광 소자 6, 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8에 대하여 신뢰성 시험을 수행하였다. 도 54는 신뢰성 시험의 결과를 나타낸 것이다. 도 54에서, 세로축은 초기 휘도를 100%로 하였을 때의 정규화된 휘도(%)를 나타내고, 가로축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 또한 신뢰성 시험에서는, 전류 밀도를 50mA/cm²로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서 발광 소자를 구동시켰다.

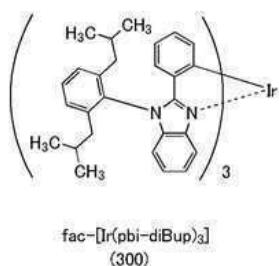
[0615] 이들 결과에 의하여, 본 발명의 일 형태의 발광 소자(발광 소자 6 및 발광 소자 7) 및 비교 발광 소자 8이, 전류 효율을 제외하여 같은 정도의 양호한 동작 특성을 가지는 한편, 신뢰성에서는 발광 소자 6 및 발광 소자 7이 비교 발광 소자 8보다 우수하다는 것이 밝혀졌다.

[0616] 또한 이들 결과에 의하여, 발광 소자의 발광층에 사용된 유기 화합물이 리간드(pbi-diBuCNp)를 포함하는 경우 발광 소자(발광 소자 6 및 발광 소자 7)의 신뢰성이 향상된 것이 밝혀졌다. 이는, 사이아노기가 도입된 유기 화합물의 LUMO가 안정됨으로써 유기 화합물의 전자 내성이 향상된 효과에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

[0617] (참고 합성예)

[0618] 본 참고 합성예에서는, 실시예 11의 비교 발광 소자 8에 사용되고 하기 구조식(300)으로 나타내어지는 유기 금속 착체인 (OC-6-22)-트리스(2-[1-(2,6-다이아이소뷰틸페닐)-1H-벤즈이미다졸-2-일-κN³]페닐-κC)이리듐(III) (약칭: fac-[Ir(pbi-diBup)₃])의 합성 방법에 대하여 설명한다. fac-[Ir(pbi-diBup)₃]의 구조를 이하에 나타낸다.

[0619] [화학식 55]



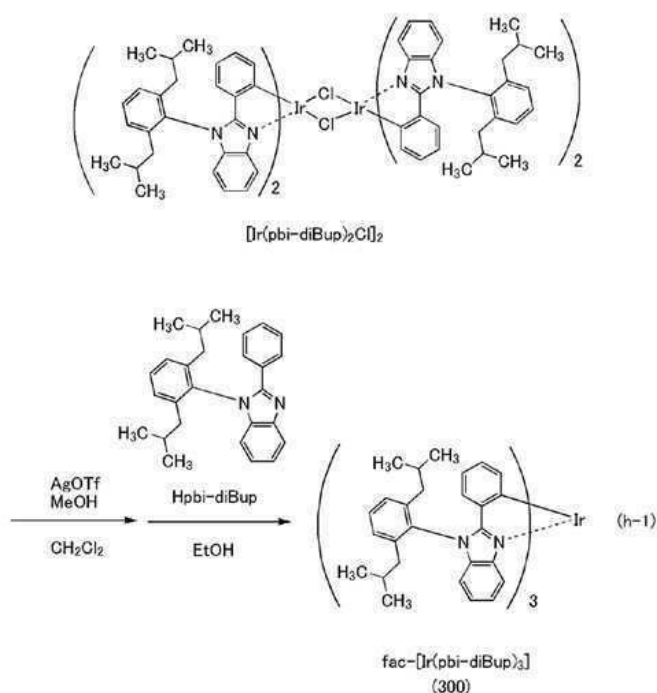
[0620]

[0621] <fac-[Ir(pbi-diBup)₃]의 합성>

[0622] 1000mL의 3구 플라스크에, 실시예 8(합성예 6)의 단계 1 내지 5에서 설명한 방법에 의하여 합성된 [Ir(pbi-diBup)₂Cl]₂ 2.5g(1.3mmol) 및 다이클로로메테인 150mL을 넣고 이 혼합물을 질소 기류하에서 교반하였다. 이 혼합 용액에 트라이플루오로메테인설폰네이트 은 0.97g(3.8mmol)과 메탄올 150mL의 혼합 용액을 적하하고, 이 혼합 용액을 어두운 환경에서 20시간 교반하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 반응 혼합물을, 셀라이트를 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 3.4g의 녹색 고체를 얻었다.

[0623] 300mL의 가지형 플라스크에, 얻어진 고체 3.4g, 에탄올 50mL, 및 실시예 8(합성예 6)에서 설명한 단계 1 내지 4에 기재된 방법에 의하여 합성된 Hpbi-diBup 2.0g(5.2mmol)을 넣고, 이 혼합물을 질소 기류하, 13시간 가열 환류하였다. 소정의 시간 반응시킨 후, 이 반응 혼합물을 흡인 여과하여 고체를 얻었다. 이 고체를 다이클로로메테인에 용해시키고 셀라이트, 플로리실, 및 알루미늄을 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체를 아세트산 에틸/헥세인을 사용하여 재결정하여, 1.5g의 황색 고체를 수율 44%로 얻었다. 그리고 얻어진 고체 1.3g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 서블리메이션에 의한 정제는 압력 2.7Pa, 아르곤 가스 유량 10.4 mL/min, 280℃에서 18.5시간 가열하여 실시하였다. 서블리메이션에 의한 정제 후, 0.81g의 황색 고체를 수율 62%로 얻었다. 단계 6의 합성 스킴을 이하의 (h-1)에 나타낸다.

[0624] [화학식 56]



[0625]

[0626] 상술한 바와 같이 얻어진 황색 고체의 프로톤(^1H)을 핵자기 공명 분광법(NMR)에 의하여 측정하였다. 얻어진 값을 이하에 나타낸다. ^1H -NMR 차트를 도 55에 나타내었다. 이 결과는, $\text{fac-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_3]$ 가 본 참고 합성예에서 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0627] ^1H -NMR. δ (CD_2Cl_2): 0.19 (d, 9H), 0.43 (d, 9H), 0.50 (d, 9H), 0.65 (d, 9H), 1.23-1.32 (m, 3H), 1.74-1.82 (m, 3H), 1.88-1.96 (m, 6H), 2.20-2.30 (m, 6H), 6.39 (t, 3H), 6.46 (d, 3H), 6.55-6.60 (m, 6H), 6.77 (d, 3H), 6.83-6.87 (m, 6H), 7.06 (t, 3H), 7.30 (d, 3H), 7.38 (d, 3H), 7.50 (t, 3H).

[0628] 다음에 $\text{fac-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_3]$ 의 다이클로로메테인 용액의 자외-가시 흡수 스펙트럼(흡수 스펙트럼) 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 스펙트럼의 측정을 수행하였다. 또한, 절대 PL 양자 수율 측정 시스템(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, C11347-01)을 사용하고, 글로브 박스(LABstar M13(1250/780), Bright Co., Ltd. 제조)에서 질소 분위기하에서 다이클로로메테인 탈산소 용액(0.011mmol/L)을 석영 셀에 밀봉하여 실온에서 발광 스펙트럼의 측정을 실행하였다. 도 56은 측정된 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 결과를 도시한 것이다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 도 56에서의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 다이클로로메테인 용액(0.011mmol/L)을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀에 다이클로로메테인만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 뺀 결과를 나타낸 것이다.

[0629] 도 56에 나타낸 바와 같이, 유기 금속 착체인 $\text{fac-}[\text{Ir}(\text{pbi-diBup})_3]$ 는 508nm 및 547nm에 발광 피크를 가지고 다이클로로메테인 용액으로부터 녹색 발광이 관측되었다.

부호의 설명

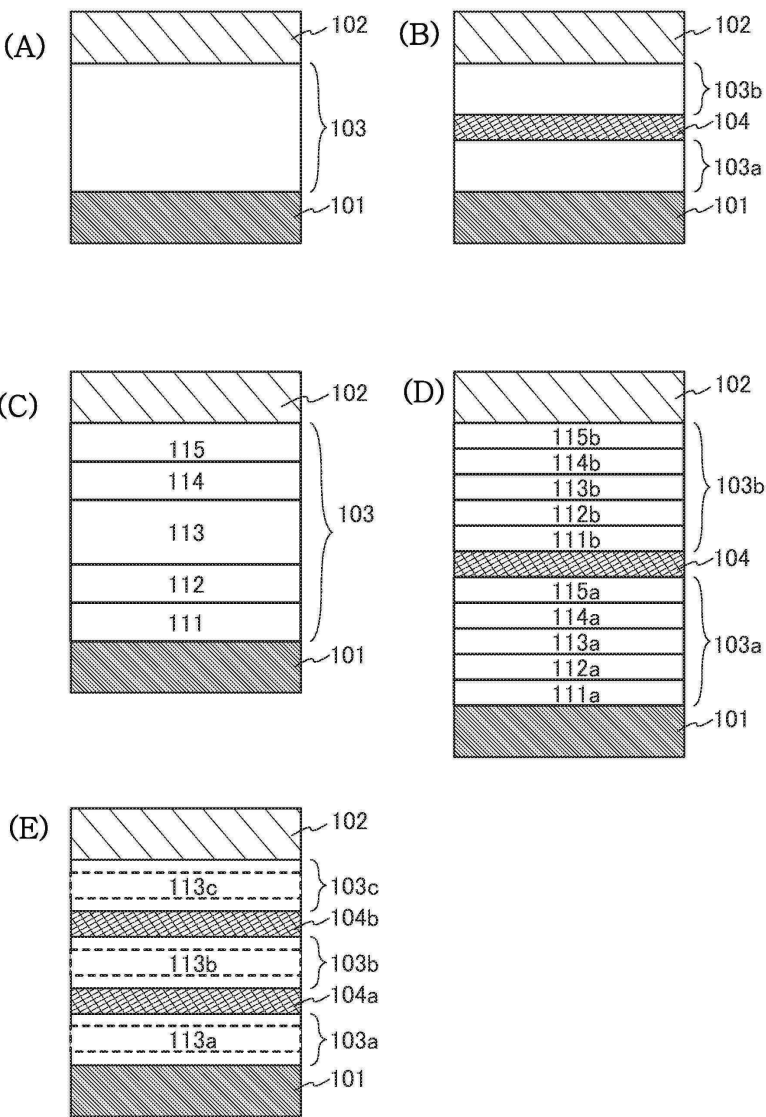
[0630] 101: 제 1 전극, 102: 제 2 전극, 103: EL층, 103a 및 103b: EL층, 104: 전하 발생층, 111, 111a, 및 111b: 정공 주입층, 112, 112a, 및 112b: 정공 수송층, 113, 113a, 및 113b: 발광층, 114, 114a, 및 114b: 전자 수송층, 115, 115a, 및 115b: 전자 주입층, 201: 제 1 기판, 202: 트랜지스터(FET), 203R, 203G, 203B, 및 203W: 발광 소자, 204: EL층, 205: 제 2 기판, 206R, 206G, 및 206B: 컬러 필터, 206R', 206G', 및 206B': 컬러 필터, 207: 제 1 전극, 208: 제 2 전극, 209: 흑색층(블랙 매트릭스), 210R 및 210G: 도전층, 301: 제 1 기판, 302: 화소부, 303: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 304a 및 304b: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 305: 밀봉재, 306: 제 2 기판, 307: 리드 배선, 308: FPC, 309: FET, 310: FET, 311: FET, 312: FET, 313: 제 1 전

극, 314:절연체, 315: EL층, 316: 제 2 전극, 317: 발광 소자, 318: 공간, 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: 접착층, 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, 3001: 회로(G), 3002: 회로(S) 3003: 표시부, 3004: 화소, 3005: 도전막, 3007: 개구, 3015: 트랜지스터, 3016: 트랜지스터, 3017: 트랜지스터, 3018: 단자부, 3019: 단자부, 3021: 기관, 3022: 기관, 3023: 발광 소자, 3024: 액정 소자, 3025: 절연층, 3028: 착색층, 3029: 접착층, 3030: 도전층, 3031: EL층, 3032: 도전층, 3033: 개구, 3034: 착색층, 3035: 차광층, 3036: 구조체, 3037: 도전층, 3038: 액정, 3039: 도전층, 3040: 배향막, 3041: 배향막, 3042: 접착층, 3043: 도전층, 3044: FPC, 3045: 접속층, 3046: 절연층, 3047: 접속부, 3048: 접속체, 4000: 조명 장치, 4001: 기관, 4002: 발광 소자, 4003: 기관, 4004: 제 1 전극, 4005: EL층, 4006: 제 2 전극, 4007: 전극, 4008: 전극, 4009: 보조 배선, 4010: 절연층, 4011: 밀봉 기관, 4012: 밀봉재, 4013: 건조제, 4015: 확산판, 4100: 조명 장치, 4200: 조명 장치, 4201: 기관, 4202: 발광 소자, 4204: 제 1 전극, 4205: EL층, 4206: 제 2 전극, 4207: 전극, 4208: 전극, 4209: 보조 배선, 4210: 절연층, 4211: 밀봉 기관, 4212: 밀봉재, 4213: 배리어막, 4214: 평탄화막, 4215: 확산판, 4300: 조명 장치, 5101: 라이트, 5102: 휠 커버, 5103: 도어, 5104: 표시부, 5105: 핸들, 5106: 기어 레버, 5107: 시트, 5108: 백미러, 7000: 하우징, 7001: 표시부, 7002: 제 2 표시부, 7003: 스피커, 7004: LED 램프, 7005: 조작 키, 7006: 접속 단자, 7007: 센서, 7008: 마이크로폰, 7009: 스위치, 7010: 적외선 포트, 7011: 기록 매체 판독부, 7012: 지지대, 7013: 이어폰, 7014: 안테나, 7015: 셔터 버튼, 7016: 수신부, 7018: 스탠드, 7019: 마이크로폰, 7020: 카메라, 7021: 외부 접속부, 7022 및 7023: 조작 버튼, 7024: 접속 단자, 7025: 밴드, 7026: 클래스프, 7027: 시각을 가리키는 아이콘, 7028: 기타 아이콘, 8001: 조명 장치, 8002: 조명 장치, 8003: 조명 장치, 8004: 조명 장치, 9310: 휴대 정보 단말, 9311: 표시부, 9312: 표시 영역, 9313: 힌지, 9315: 하우징

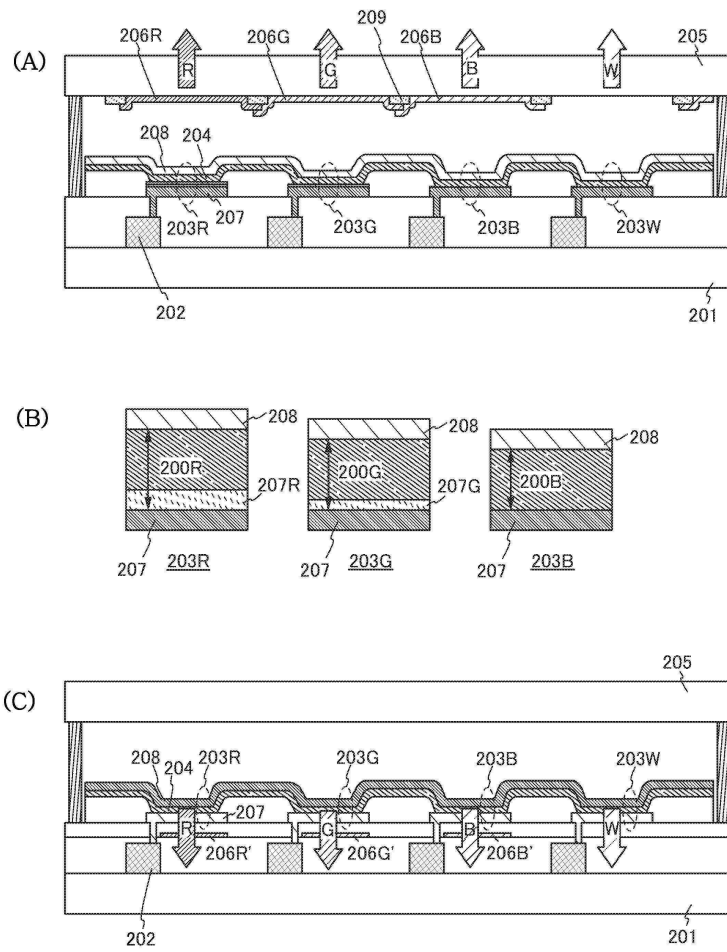
본 출원은 2016년 12월 16일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2016-244485의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

도면

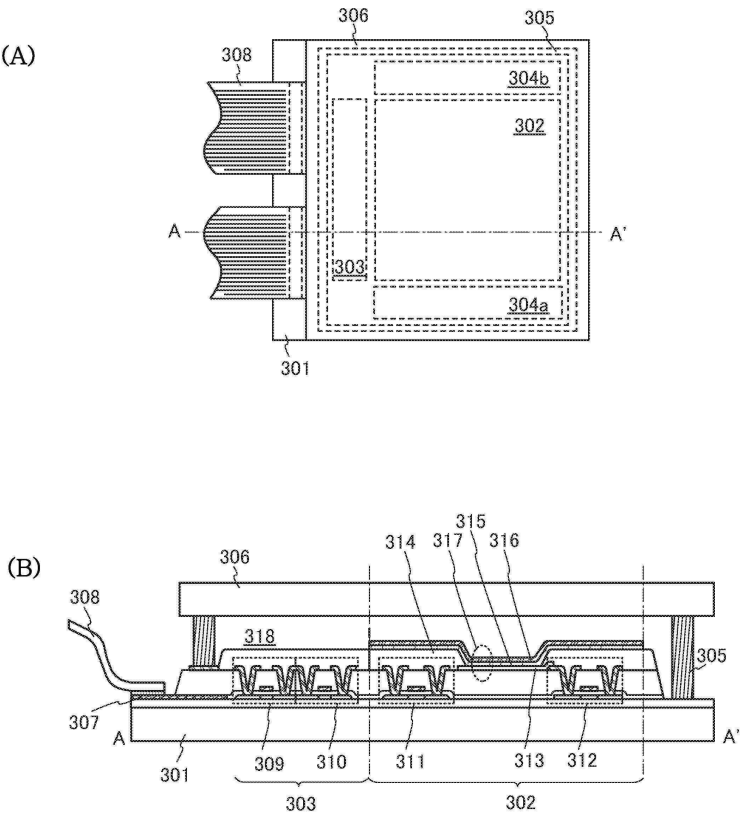
도면1



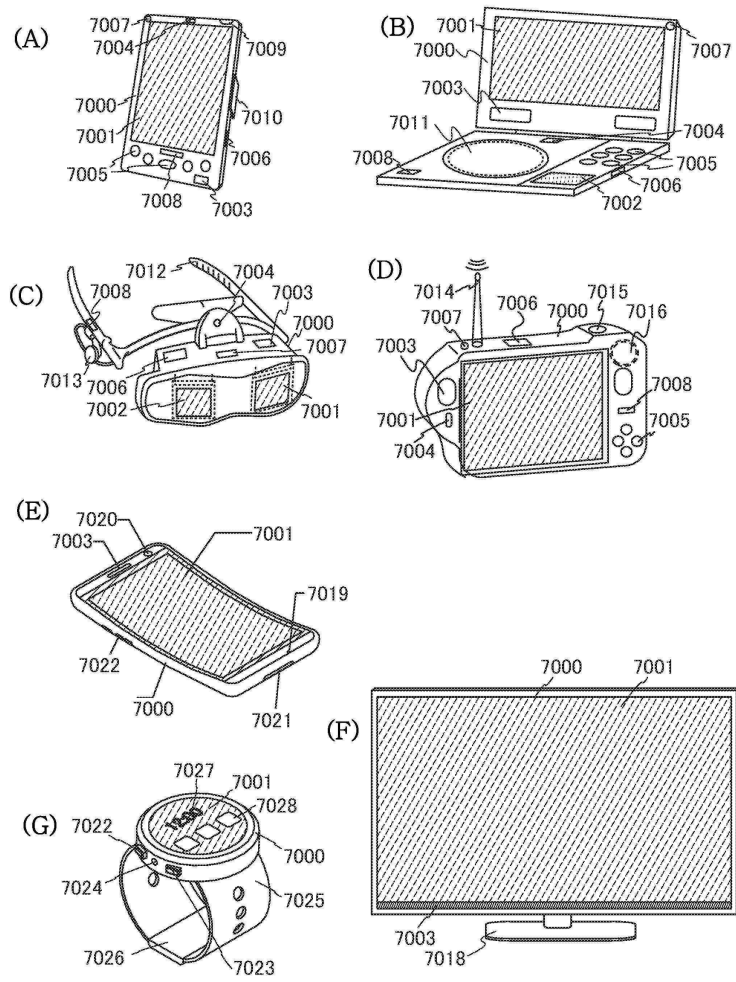
도면2



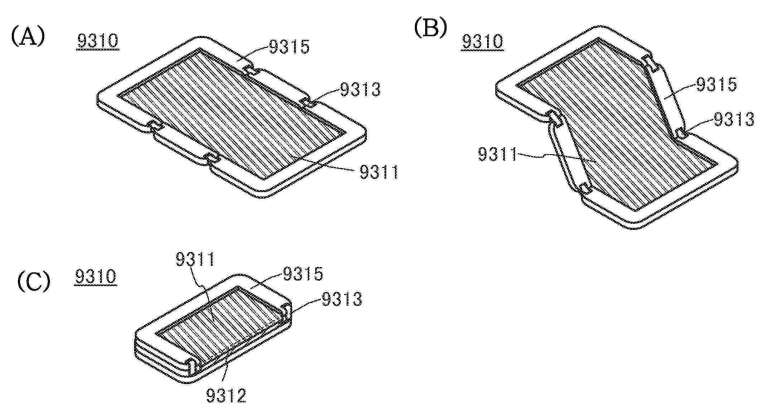
도면3



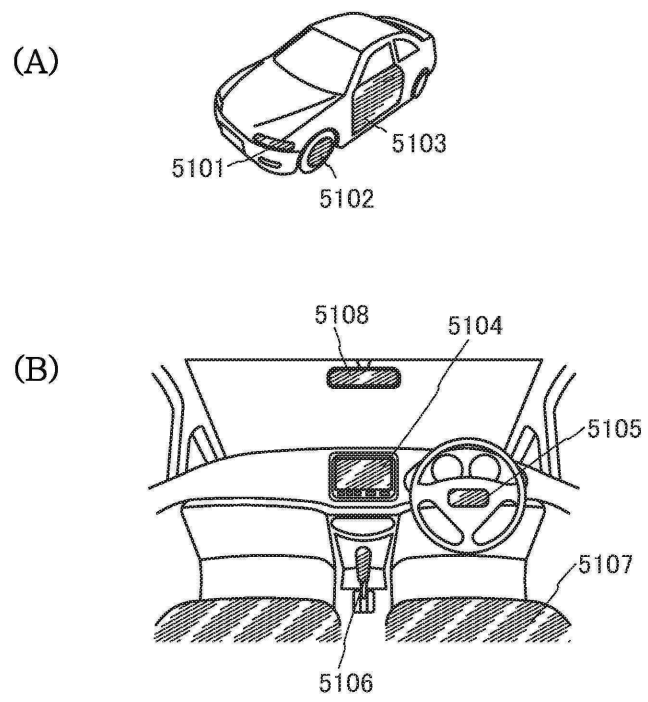
도면4



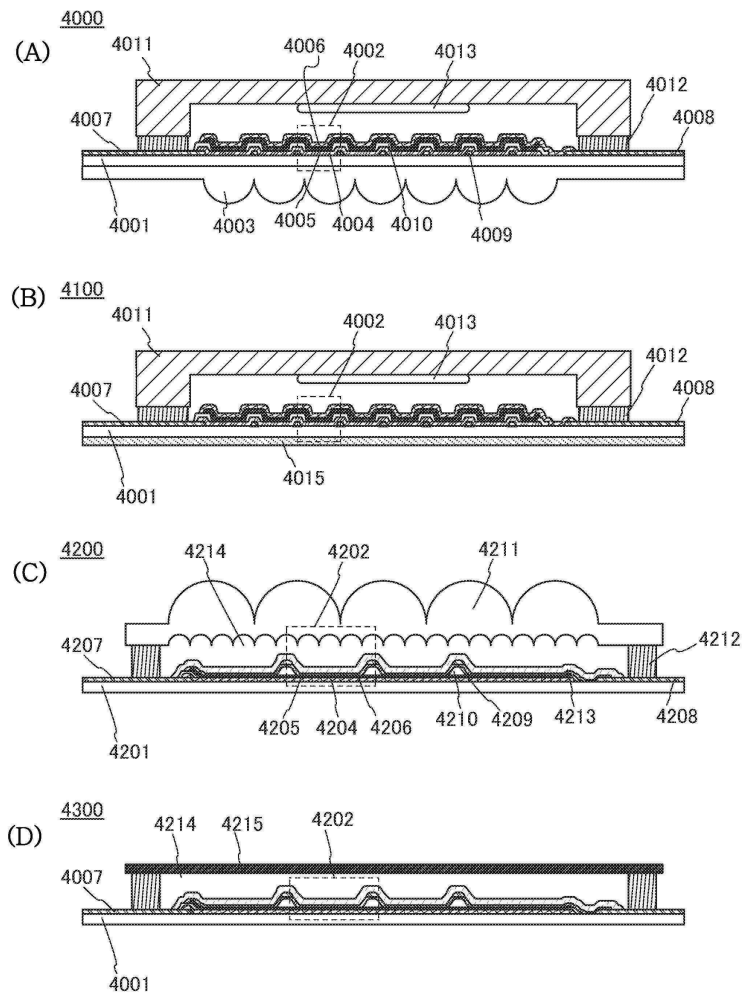
도면5



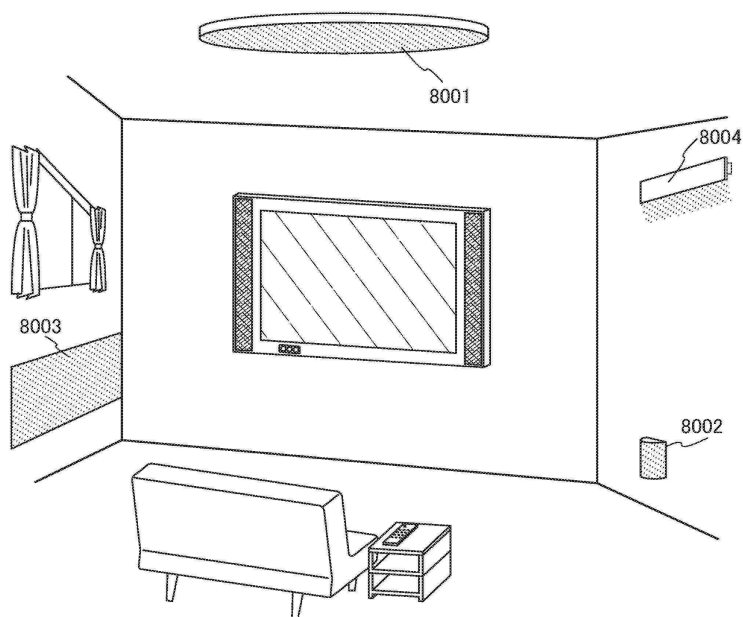
도면6



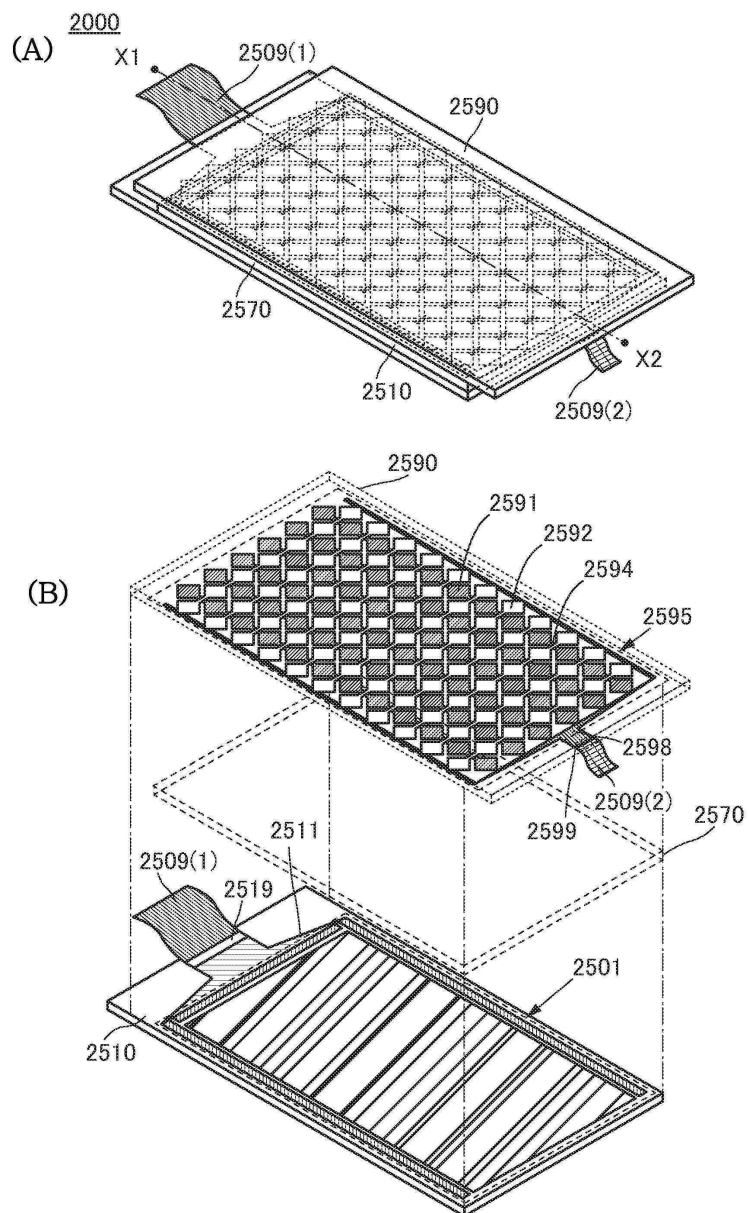
도면7



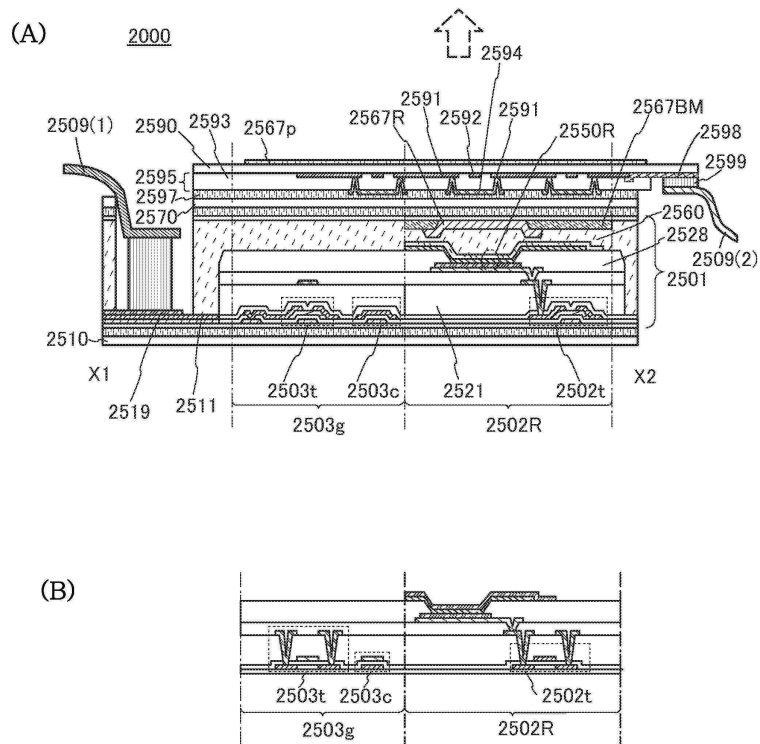
도면8



도면9

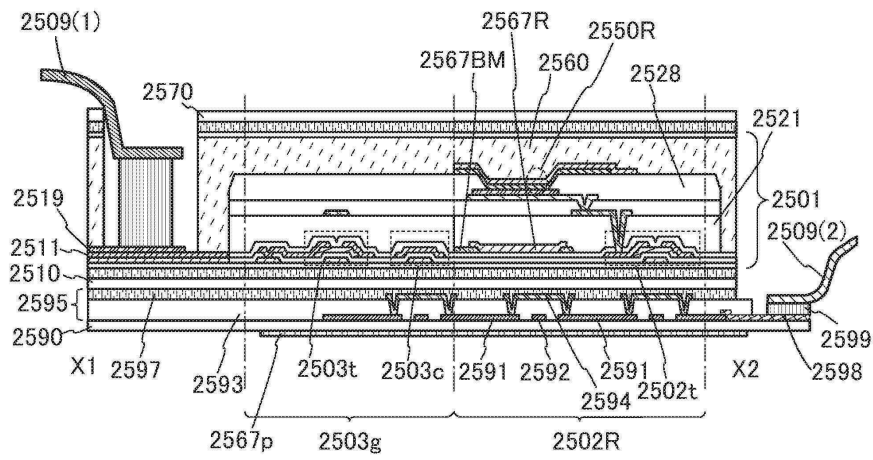


도면10

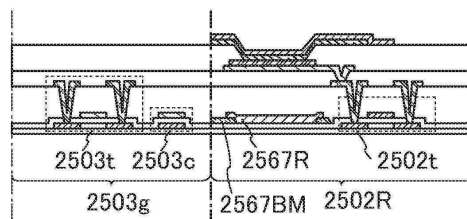


도면11

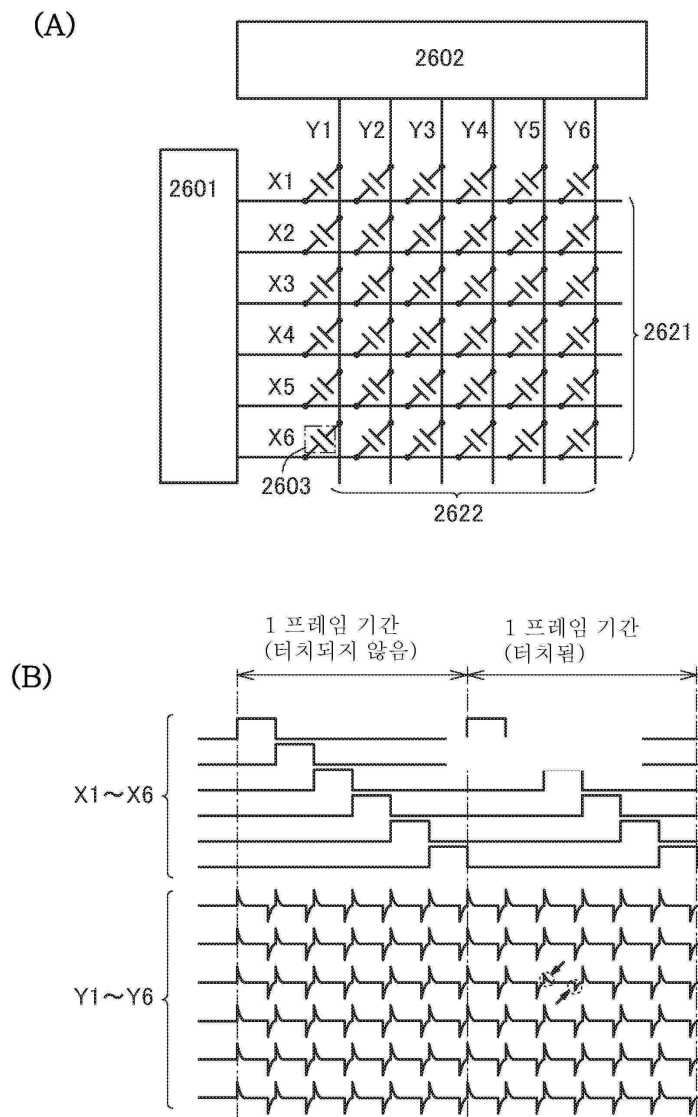
(A) 2000'



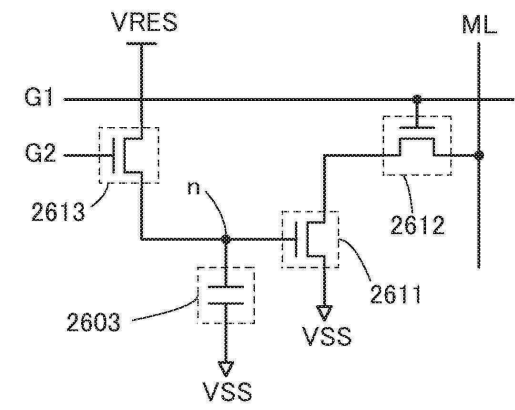
(B)



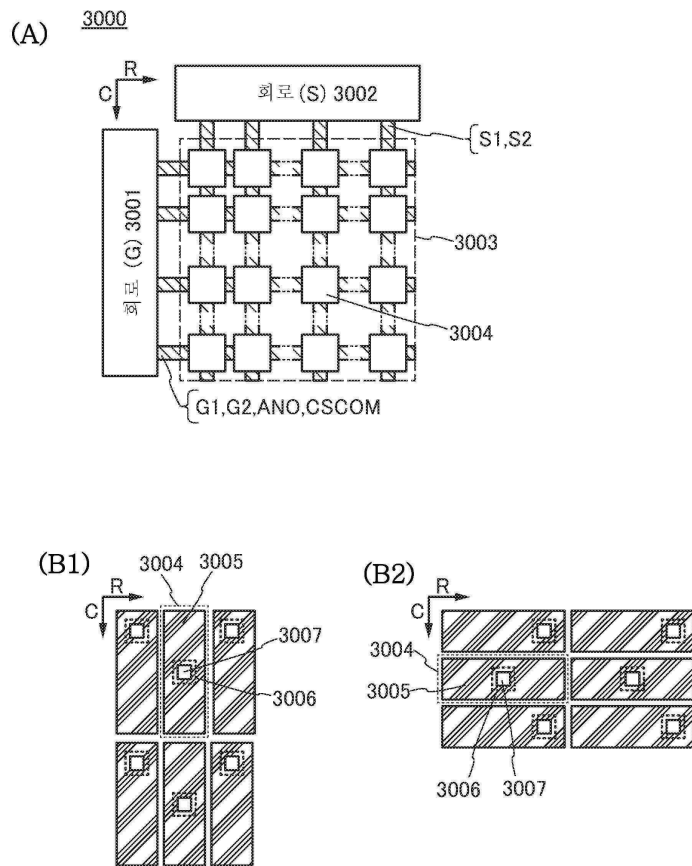
도면12



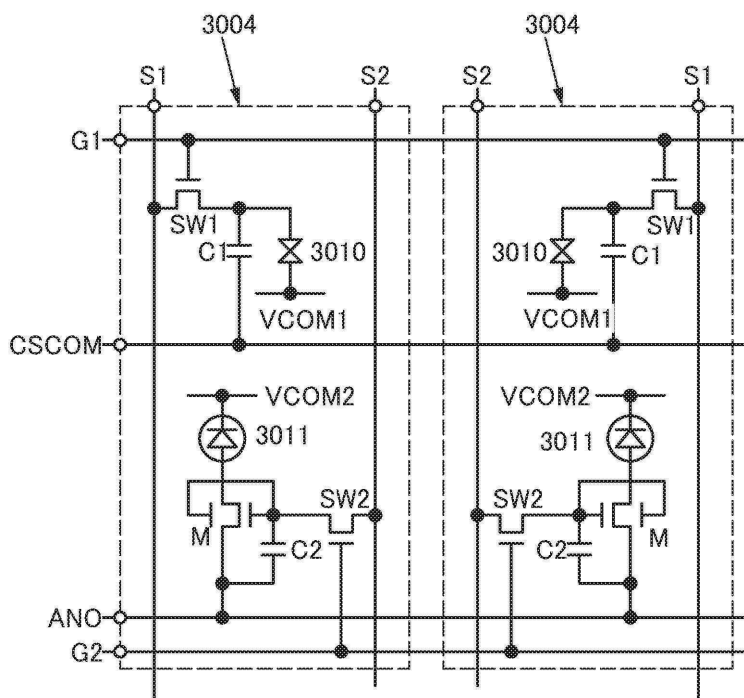
도면13



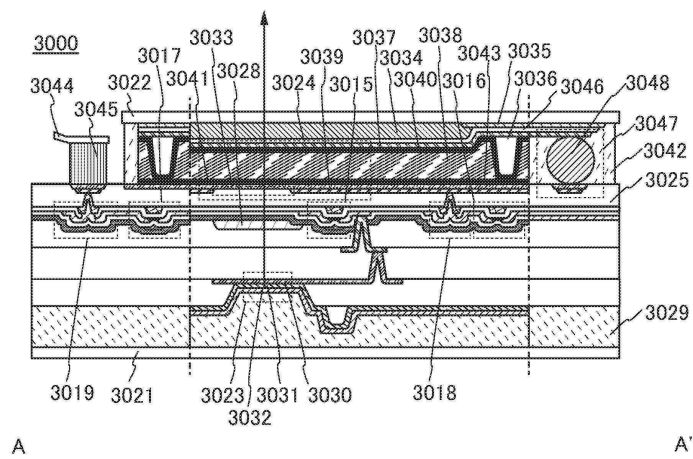
도면14



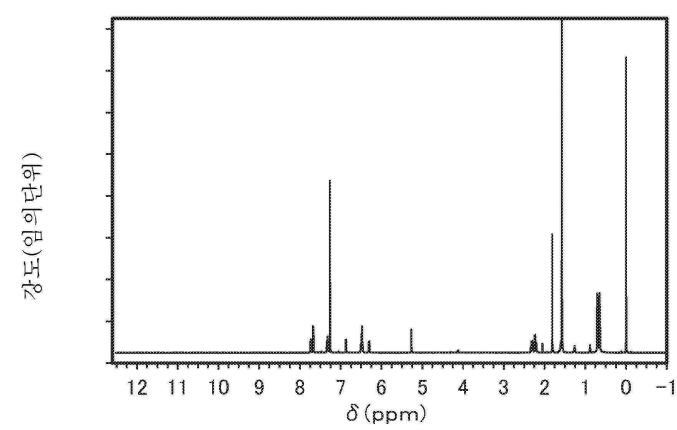
도면15



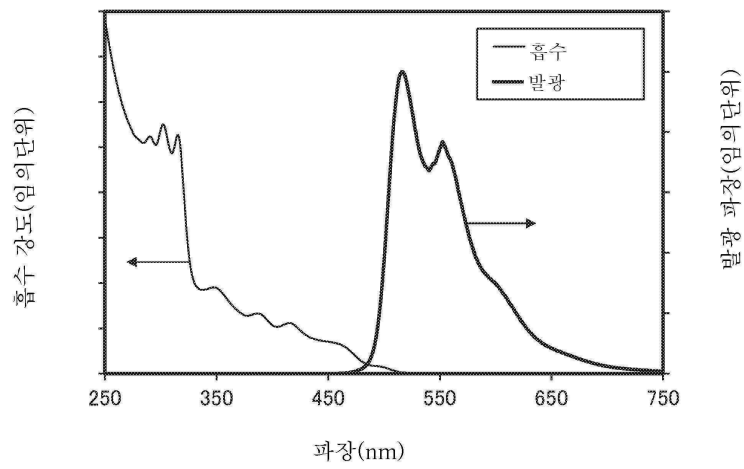
도면16



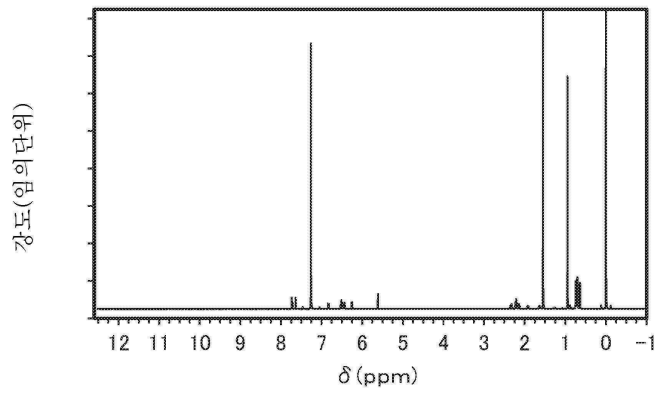
도면17



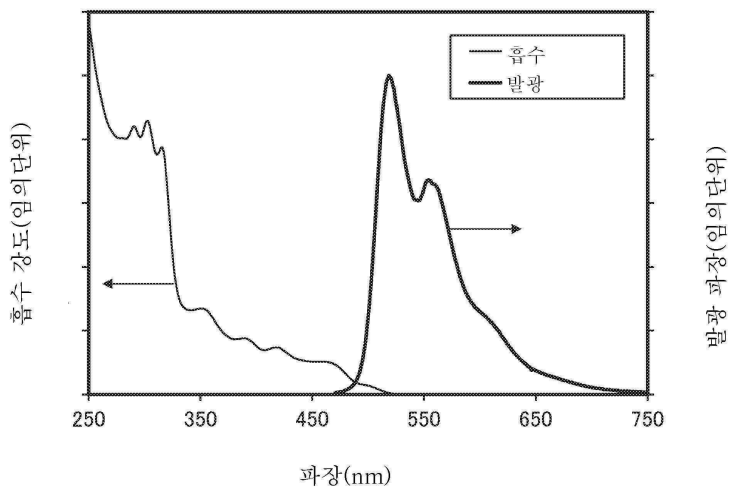
도면18



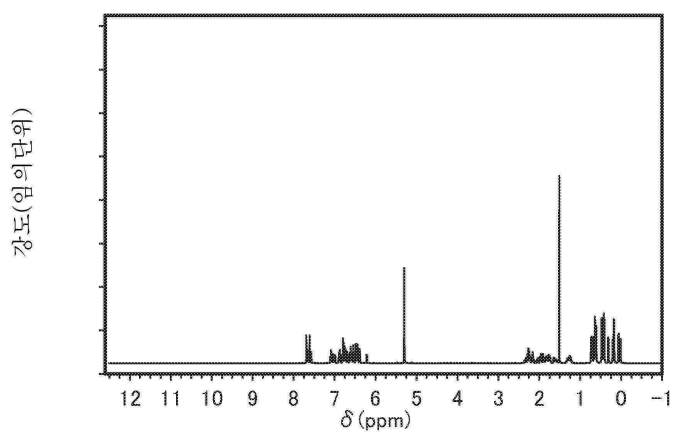
도면19



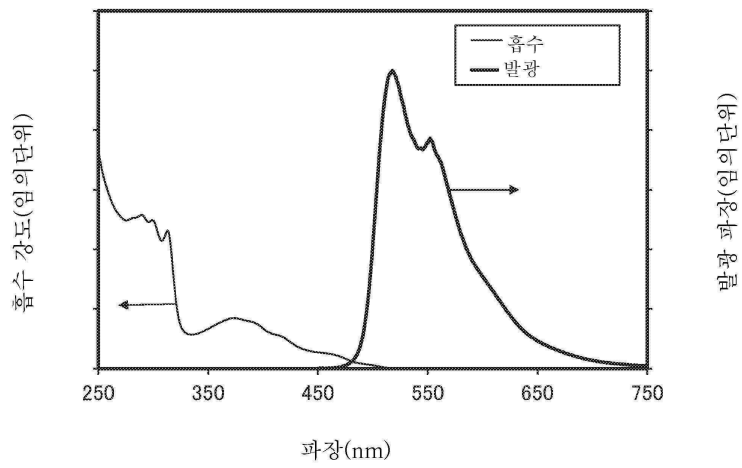
도면20



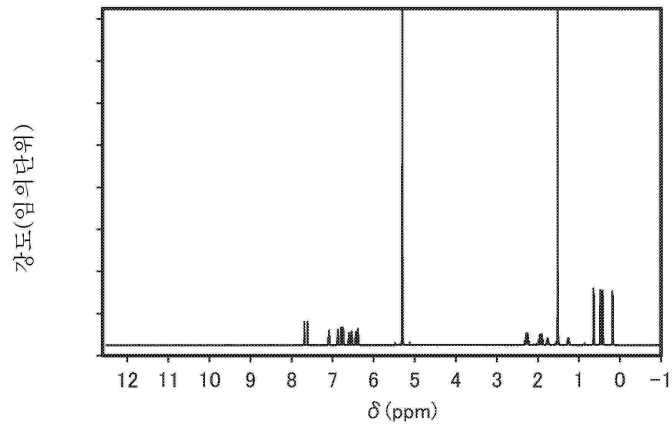
도면21



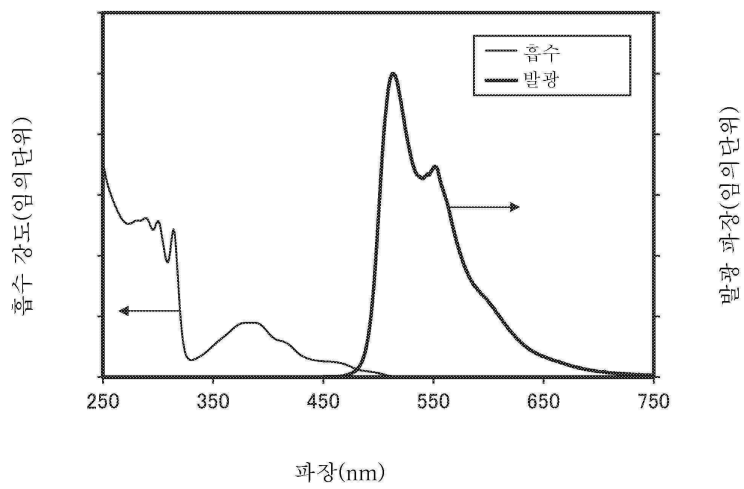
도면22



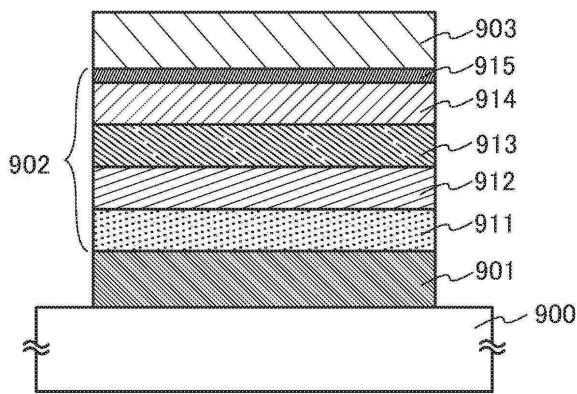
도면23



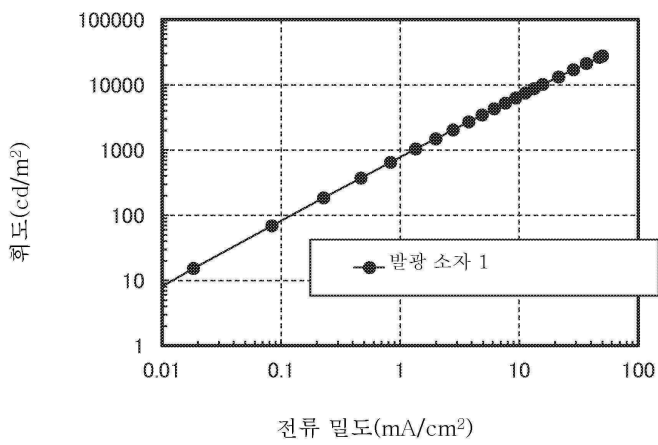
도면24



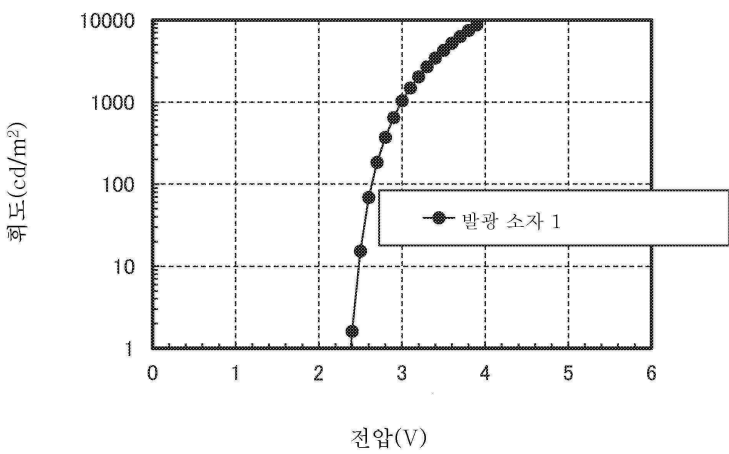
도면25



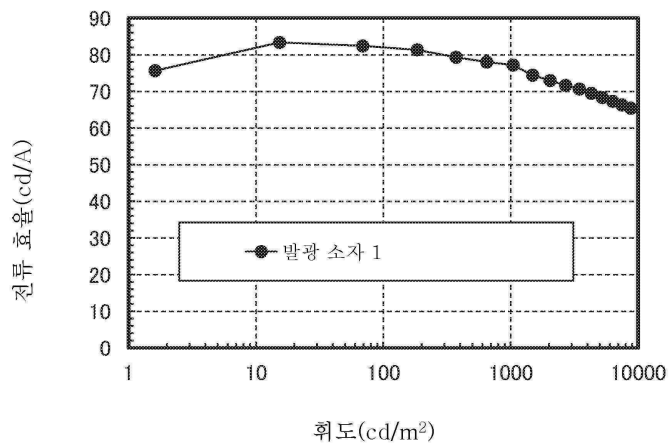
도면26



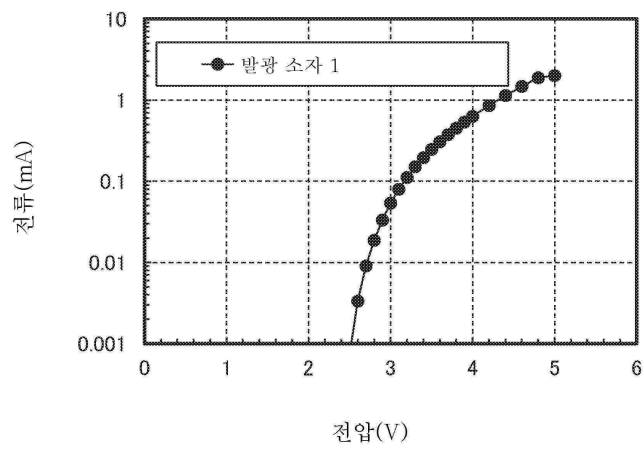
도면27



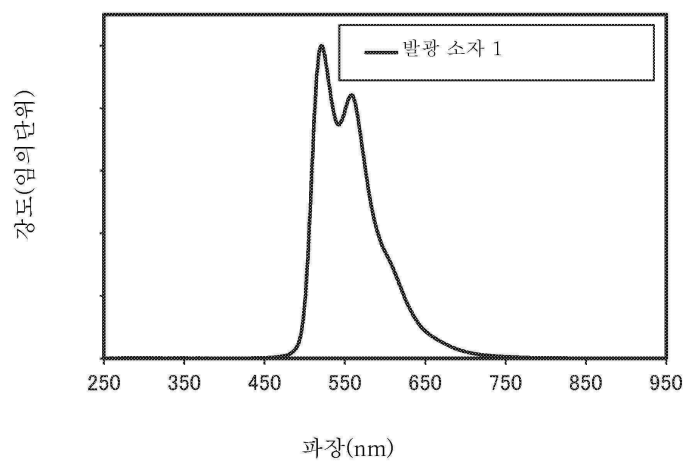
도면28



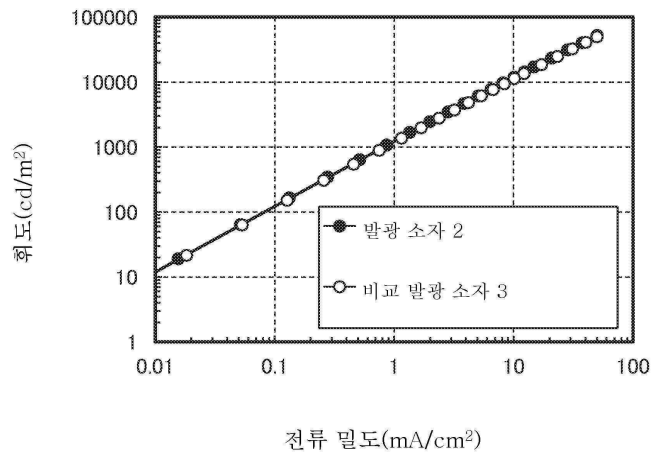
도면29



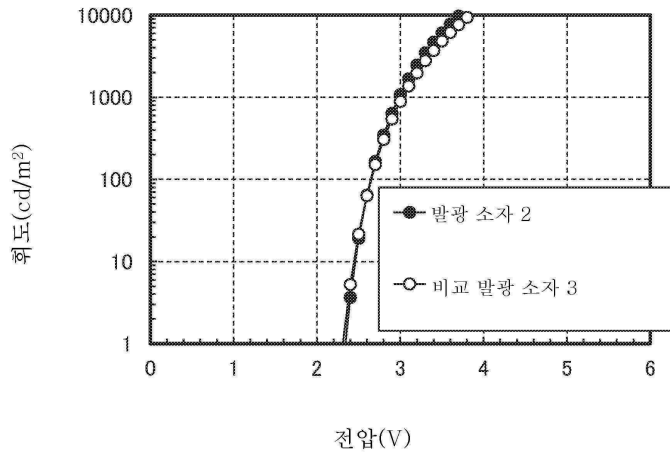
도면30



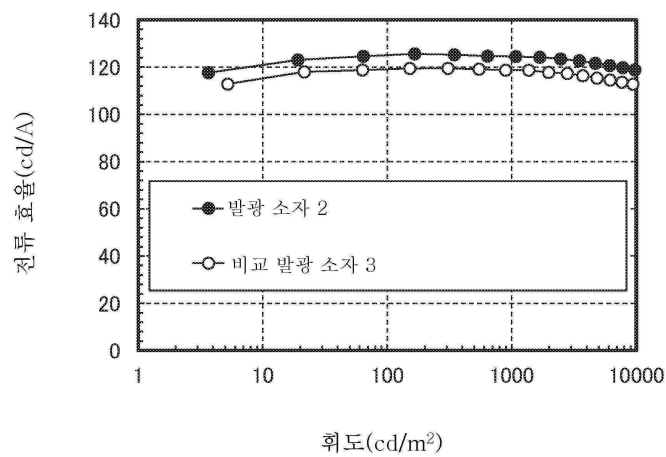
도면31



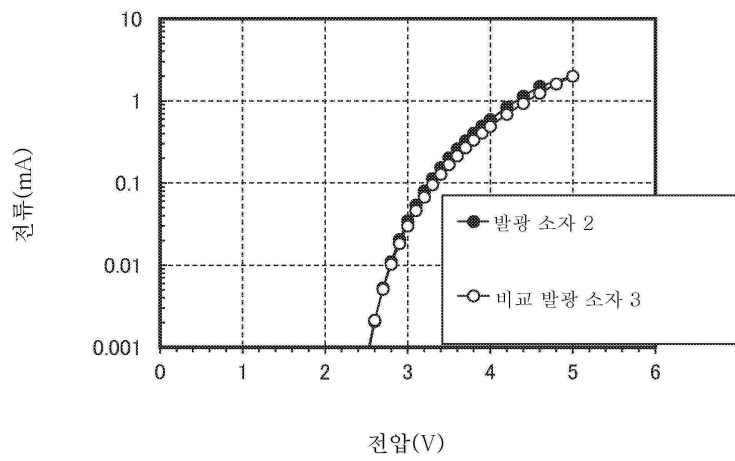
도면32



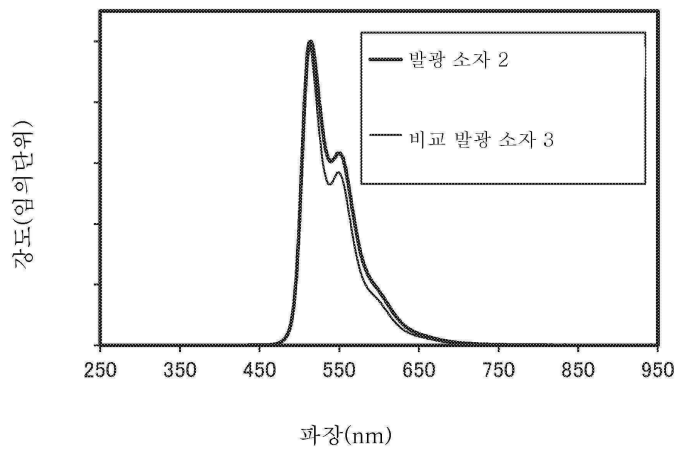
도면33



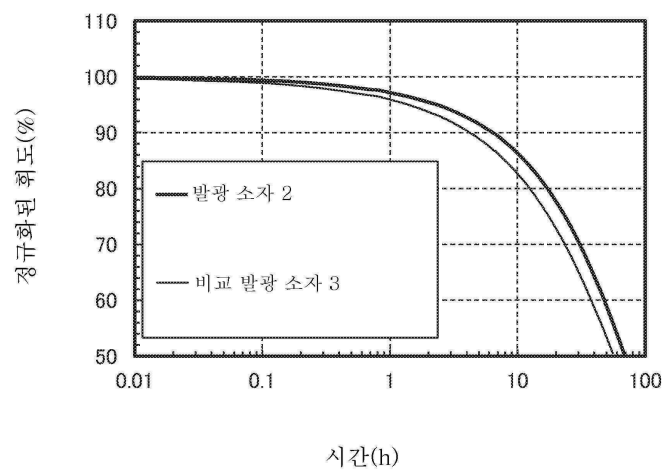
도면34



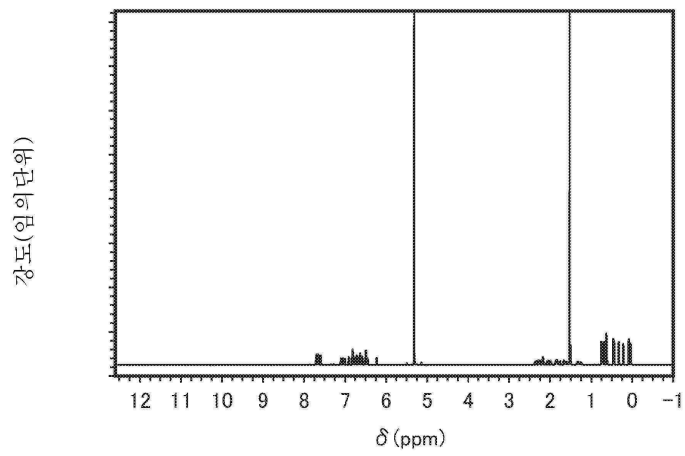
도면35



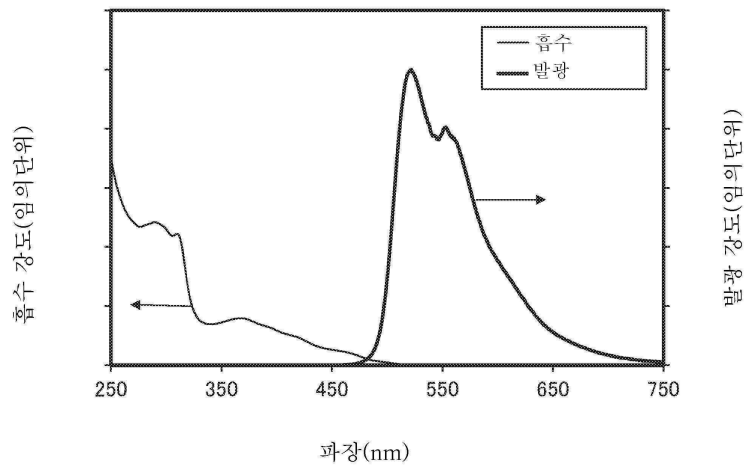
도면36



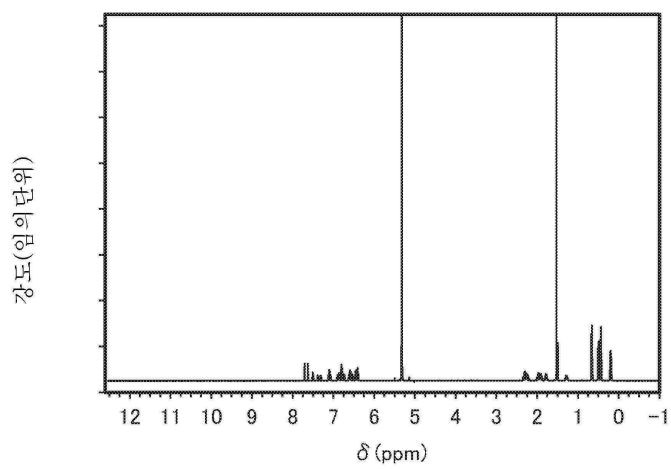
도면37



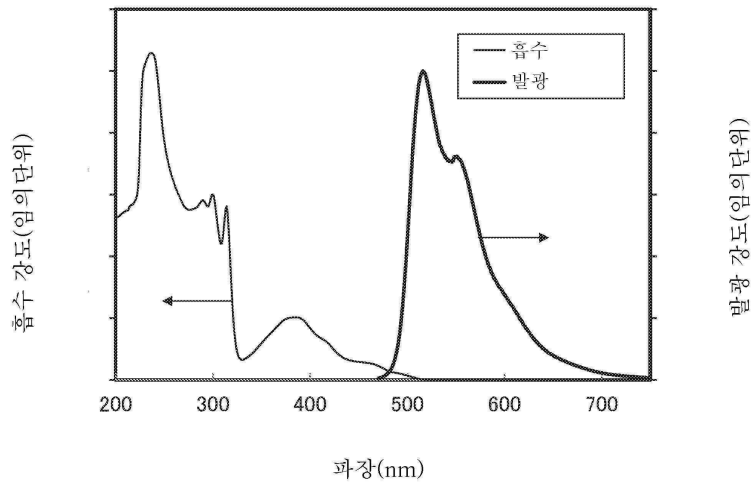
도면38



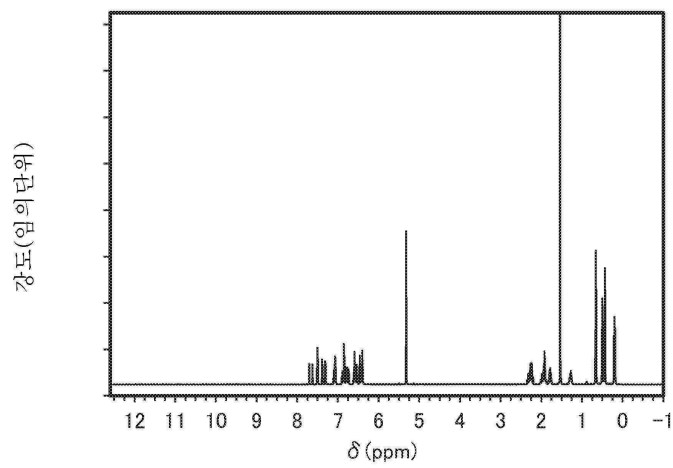
도면39



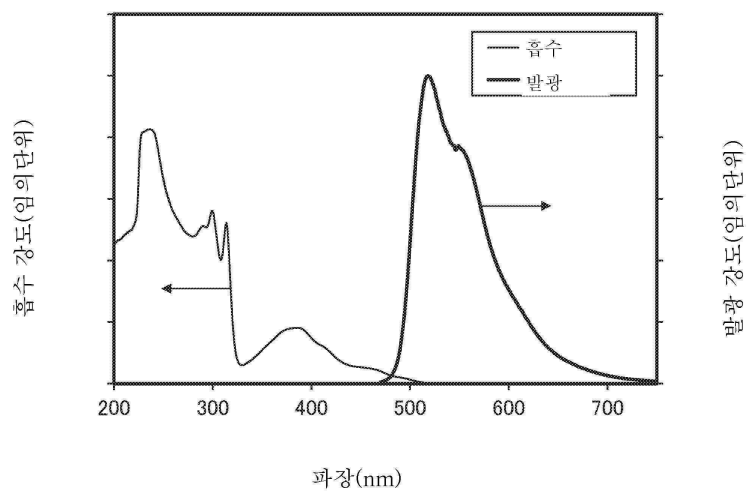
도면40



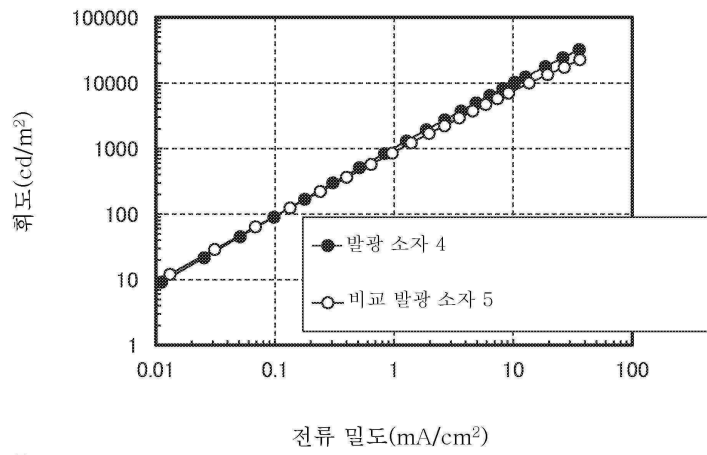
도면41



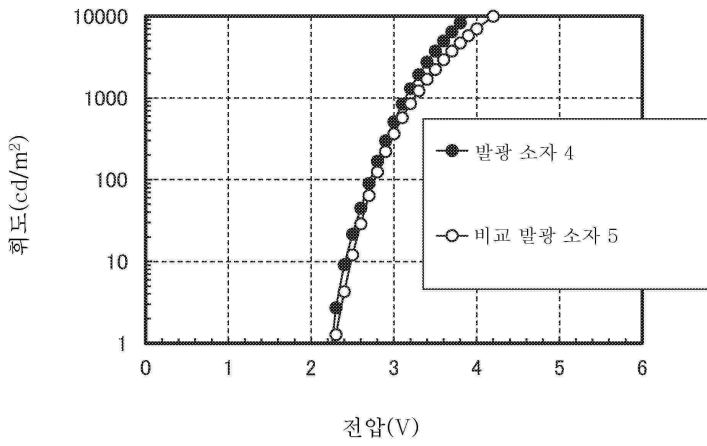
도면42



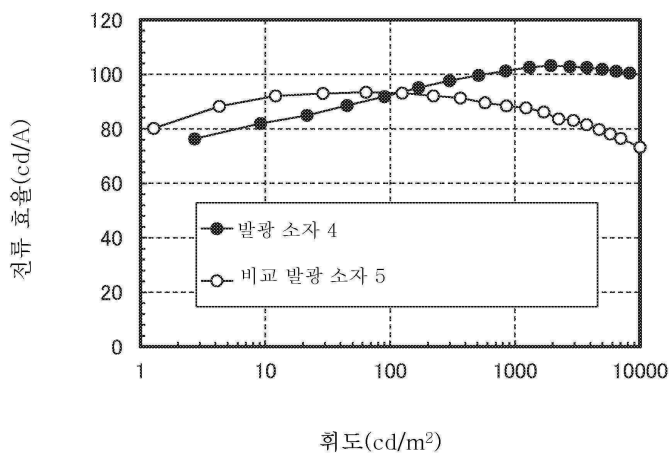
도면43



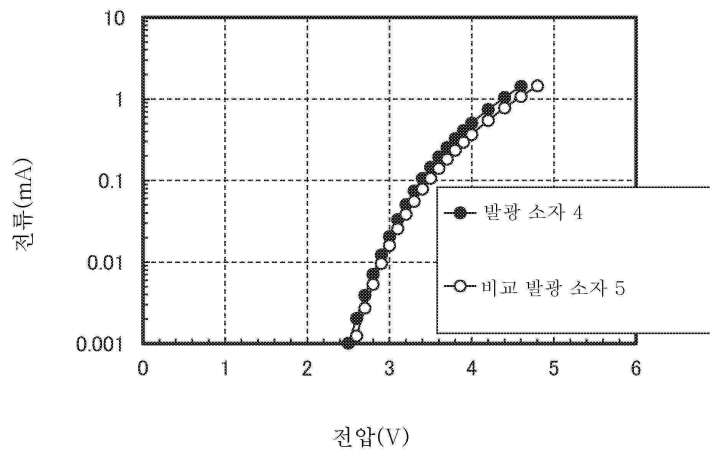
도면44



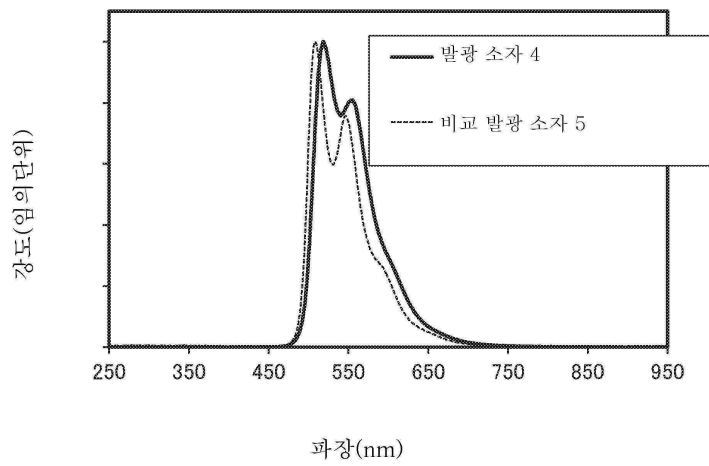
도면45



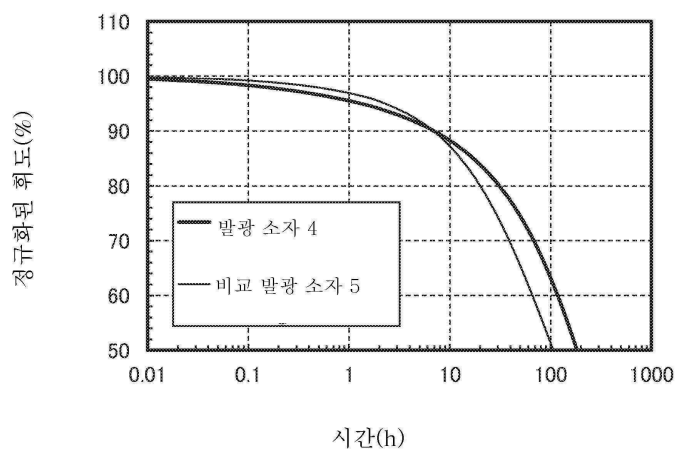
도면46



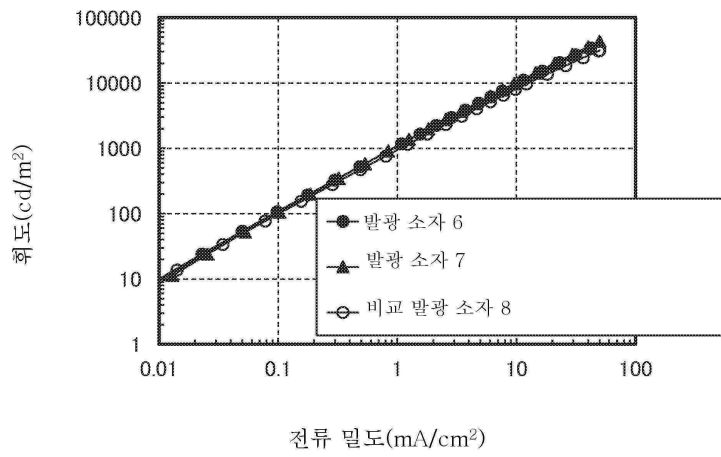
도면47



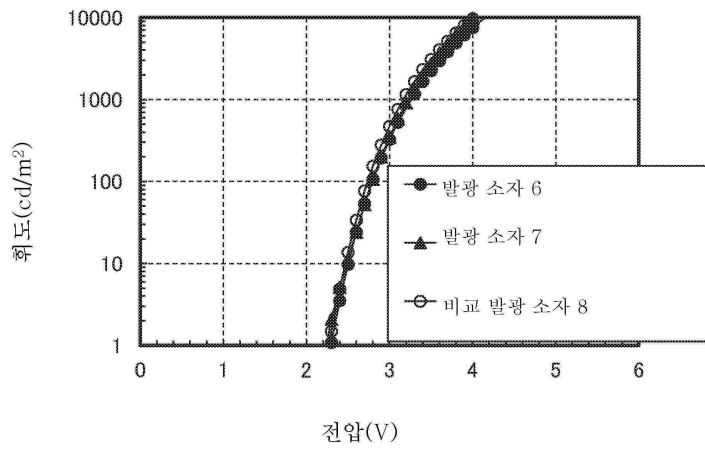
도면48



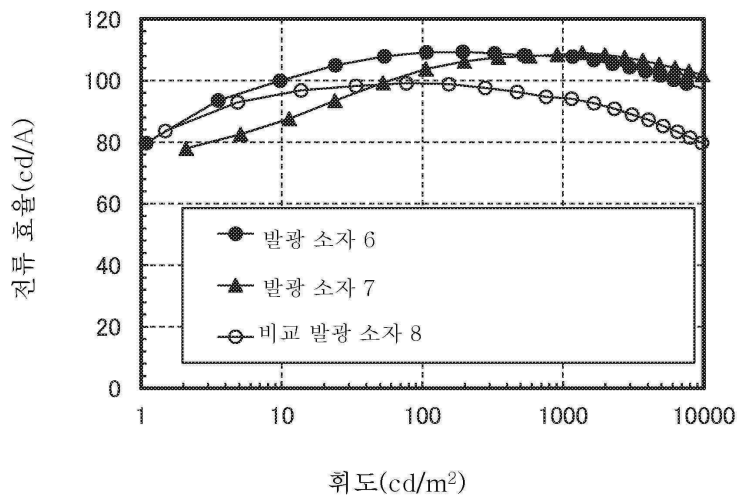
도면49



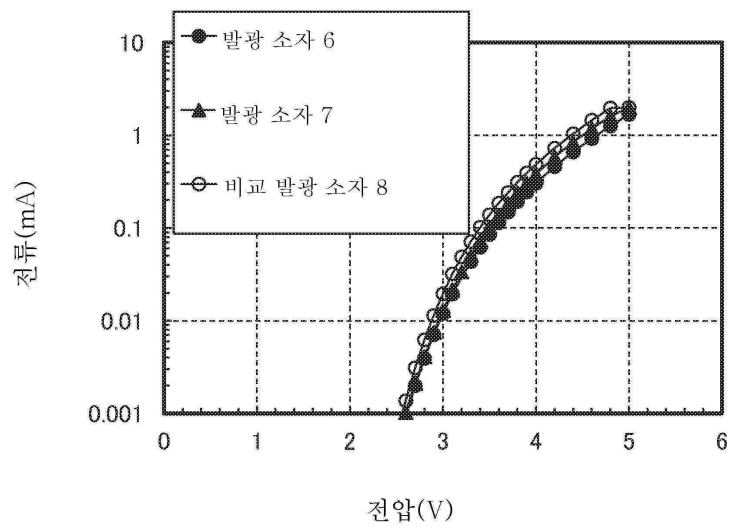
도면50



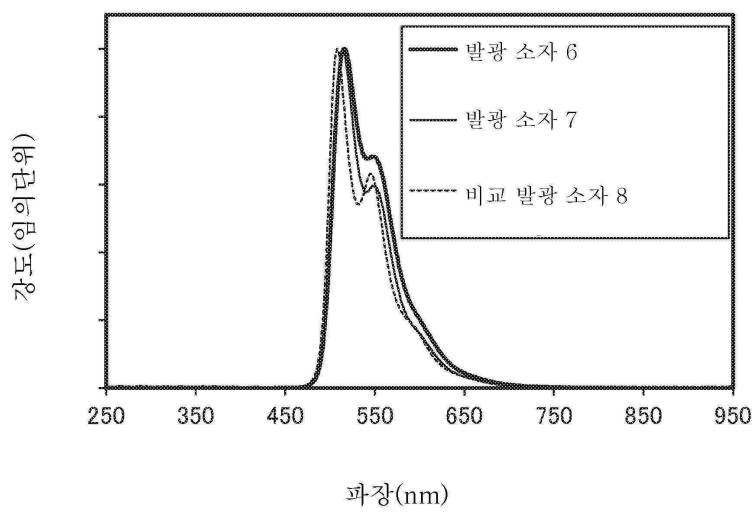
도면51



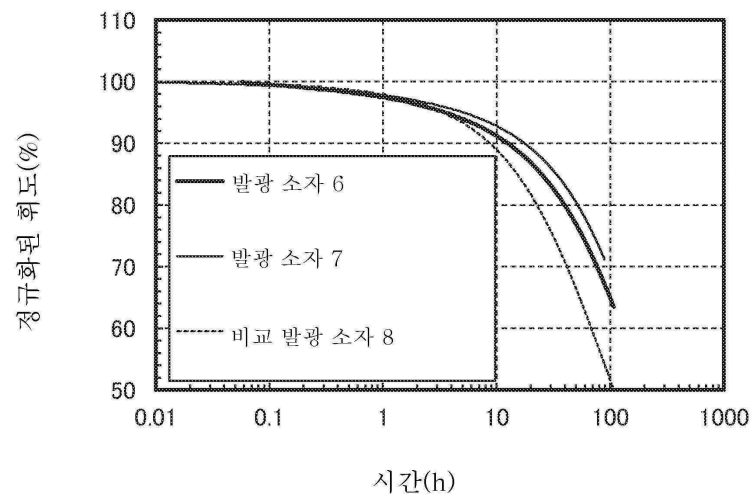
도면52



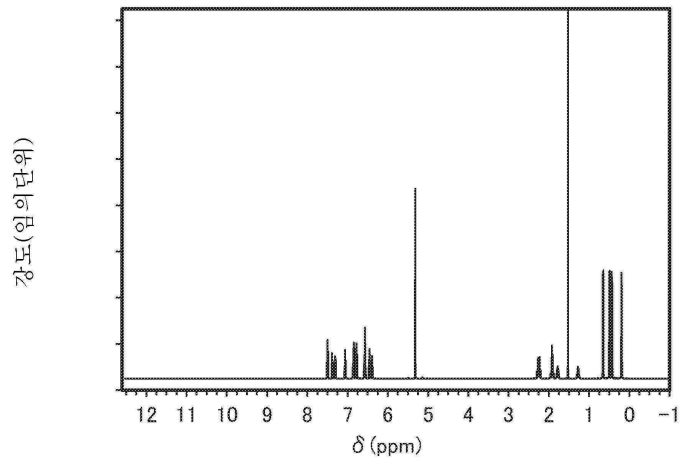
도면53



도면54



도면55



도면56

