



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월07일

(11) 등록번호 10-2238075

(24) 등록일자 2021년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 209/82 (2006.01) *C07D 241/36* (2006.01)
C07D 487/04 (2006.01) *C09K 11/06* (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0050668
(22) 출원일자 2014년04월28일
심사청구일자 2019년03월11일
(65) 공개번호 10-2014-0131271
(43) 공개일자 2014년11월12일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-097201 2013년05월03일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2013033804 A

(73) 특허권자
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
카도마 히로시
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
카와타 유코
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
황의만

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 허정오

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

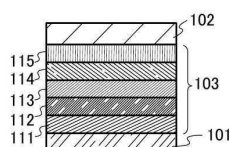
(57) 요약

본 발명은 발광 소자의 캐리어 수송 재료나 호스트 재료, 발광 재료로서 이용할 수 있는 신규 복소환 화합물을 제공한다. 특히 인광을 발하는 발광 소자에 이용해도 특성이 양호한 발광 소자를 얻을 수 있는 복소환 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다.

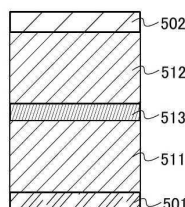
인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 포함하는 복소환 화합물을 제공한다. 상기 복소환 화합물은 넓은 밴드 갭을 갖는 물질이다. 또한, 높은 삼중항 준위를 갖는 물질이다. 또한 상기 복소환 화합물은 캐리어 수송성도 뛰어난 물질이다.

대표도 - 도1

(A)



(B)



(72) 발명자

세오 히로미

일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

타카하시 타츠요시

일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

세오 사토시

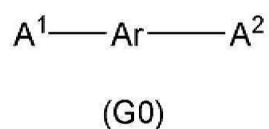
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

명세서

청구범위

청구항 1

일반식(G0)으로 나타내어지는, 화합물:



A¹은 치환 또는 비치환된 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기를 나타내고, A²는 치환 또는 비치환된 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기를 나타내고, Ar은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타낸다.

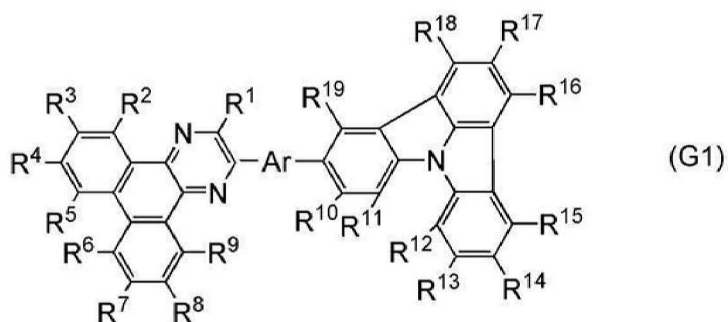
청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기, 상기 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기, 및 상기 아릴렌기 중 어느 하나의 치환기는, 탄소수 1 내지 6의 알킬기와 탄소수 6 내지 13의 아릴기로부터 선택되는, 화합물.

청구항 3

일반식(G1)으로 나타내어지는, 화합물:



R¹ 내지 R¹⁹는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고, Ar은 탄소수 6 내지 13의 치환 또는 비치환된 아릴렌기를 나타낸다.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 아릴렌기의 치환기는 탄소수 1 내지 6의 알킬기와 탄소수 6 내지 13의 아릴기로부터 선택되는, 화합물.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 아릴렌기는 페닐렌기, 바이페닐다이일기, 나프탈렌다이일기, 및 플루오렌다이일기로부터 선택되는, 화합물.

청구항 6

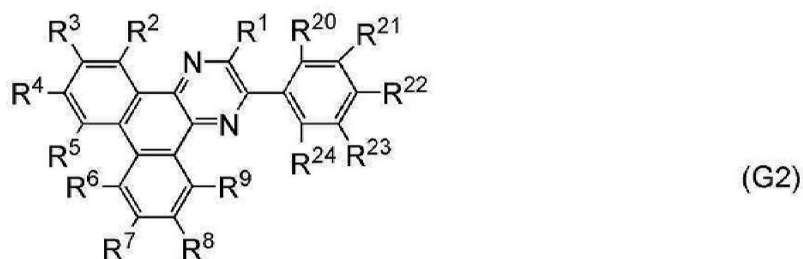
제 3 항에 있어서,

상기 아릴렌기는 메타페닐렌기와 1,1'-바이페닐-3,3'-다이일기로부터 선택되는, 화합물.

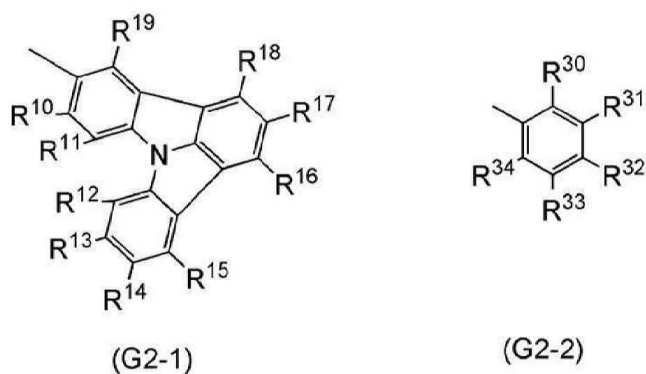
청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 화합물은 일반식(G2)으로 나타내어지는, 화합물:



R^1 내지 R^9 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고, R^{20} 내지 R^{24} 중 하나는 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 나타내어지는 기를 나타내고, 나머지는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고,



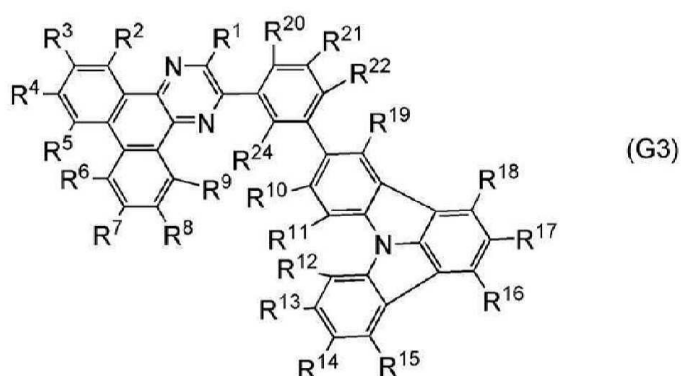
R^{10} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고,

R^{30} 내지 R^{34} 중 하나는 상기 일반식(G2-1)으로 나타내어지는 기를 나타내고, 나머지는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 화합물은 일반식(G3)으로 나타내어지는, 화합물:

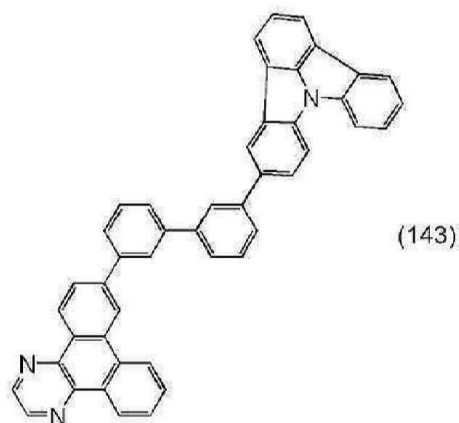
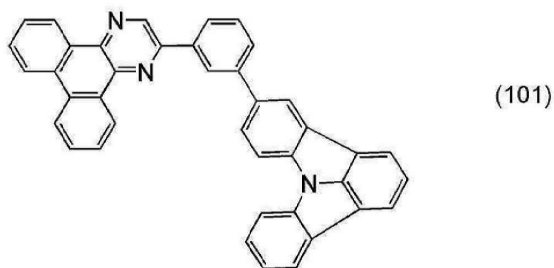


R^1 내지 R^{22} 및 R^{24} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 화합물은 일반식(101)과 일반식(143) 중 어느 하나로 나타내어지는, 화합물.



청구항 10

제 1 항 또는 제 3 항에 따른 화합물을 포함하는, 발광 소자.

청구항 11

제 10 항에 따른 발광 소자를 포함하는, 전자 기기.

청구항 12

제 10 항에 따른 발광 소자를 포함하는, 조명 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발광 소자용 재료로서 이용할 수 있는 복소환 화합물에 관한 것이다. 또한, 이것을 이용한 발광 소자, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 조명 장치, 및 전자 기기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 박형 경량, 입력 신호에 대한 고속 응답성, 저소비 전력 등의 이점 때문에 차세대 조명 장치나 표시 장치로서 유기 화합물을 발광 물질로 하는 발광 소자(유기 EL 소자)를 이용한 표시 장치의 개발이 가속화되고 있다.

[0003] 유기 EL 소자는 전극 간에 발광층을 끼우고 전압을 인가함으로써 전극으로부터 주입된 전자 및 홀이 재결합하여 발광 물질이 여기 상태가 되고, 그 여기 상태가 기저 상태로 돌아갈 때에 발광한다. 발광 물질이 발하는 빛의 파장은 그 발광 물질 특유의 것으로, 다른 종류의 유기 화합물을 발광 물질로서 이용함으로써 다양한 파장 즉 다양한 색의 발광을 나타내는 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0004] 디스플레이 등, 화상을 표시하는 것을 염두에 둔 표시 장치의 경우, 풀컬러 영상을 재현하기 위해서는 적어도 적색, 녹색, 청색의 3색의 빛을 얻을 필요가 있다. 또한, 조명 장치로서 이용하는 경우는 높은 연색성(演色性)을 얻기 위해 가시광 영역에서 빠짐없이 발광을 얻는 것이 이상적이고, 현실적으로는 다른 파장의 빛을 2종류 이상 합성함으로써 얻어지는 빛이 조명 용도로서 이용되는 경우가 많다. 또한, 적색과 녹색과 청색 3색의 빛을 합성함으로써 높은 연색성을 갖는 백색 빛을 얻을 수 있다는 것이 알려져 있다.

[0005] 발광 물질이 발하는 빛은 그 물질 고유의 것임을 앞서 서술했다. 그러나, 수명이나 소비 전력, 발광 효율 등 발광 소자로서의 중요한 성능은 발광 물질에만 의존하는 것이 아니고, 발광층 이외의 층의 재료나 소자 구조 등도 크게 영향을 미친다. 그러므로, 이 분야의 성장을 위해서는 많은 종류의 발광 소자용 재료가 필요하다. 이와 같은 이유에 의해 다양한 분자 구조를 갖는 발광 소자용 재료가 제안되고 있다(예를 들면 특허문헌 1 참조).

[0006] 한편, 일렉트로 루미네선스(electroluminescence)를 이용한 발광 소자인 경우, 여기 상태의 생성 비율은 일중항 여기 상태가 1에 대하여, 삼중항 여기 상태가 3인 것이 일반적으로 알려져 있다. 그러므로, 삼중항 여기 상태를 발광으로 바꿀 수 있는 인광 재료를 발광 물질로서 이용한 발광 소자는 일중항 여기 상태를 발광으로 바꾸는 형광 재료를 발광 물질로서 이용한 발광 소자와 비교하여 발광 효율이 높은 발광 소자를 원리적으로 얻을 수 있다.

[0007] 그러나, 어떤 물질에서 삼중항 여기 상태는 해당 물질에서 일중항 여기 상태보다 에너지 레벨이 작기 때문에 같은 파장의 형광을 발하는 물질과 인광을 발하는 물질을 비교한 경우, 인광을 발하는 물질이 높은 일중항 여기 상태를 갖는 물질이라고 할 수 있다.

[0008] 여기서, 호스트-게스트형 발광층에서 호스트 재료나 발광층에 접촉하는 각 수송층을 구성하는 물질은 여기 에너지를 효율적으로 발광 물질로부터의 발광으로 바꾸기 위해, 발광 물질보다 넓은 밴드 갭 혹은 높은 삼중항 준위(T_1 준위, 삼중항 여기 상태와 일중항 기저 상태와의 에너지차)를 갖는 물질이 이용된다.

[0009] 그러므로, 인광을 효율적으로 얻기 위해서는 더욱 큰 밴드 갭을 갖는 호스트 재료 및 캐리어 수송 재료가 필요하다. 그러나, 저구동 전압 및 높은 발광 효율의 발광 소자를 제공할 수 있으며, 또한 큰 밴드 갭을 갖는 물질을 개발하는 것은 매우 어렵다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2007-15933호 공보

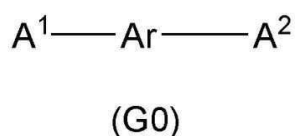
발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 여기서, 본 발명의 일형태에서는 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또한, 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일형태에서는 발광 소자의 캐리어 수송 재료나 호스트 재료, 발광 재료로서 이용할 수 있는 신규 복소환 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 특히 인광을 발하는 발광 소자에 이용해도 특성이 양호한 발광 소자를 얻는 것이 가능한 복소환 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일형태에서는 T_1 준위가 높은 복소환 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일형태에서는 캐리어 수송성이 높은 복소환 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 다른 일형태에서는 상기 복소환 화합물을 이용한 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 다른 일형태에서는 상기 복소환 화합물을 이용한 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 조명 장치, 표시 장치 및 전자 기기를 각각 제공하는 것을 과제로 한다.
- [0017] 본 발명은 상기 과제 중 어느 하나를 해결하면 좋다.

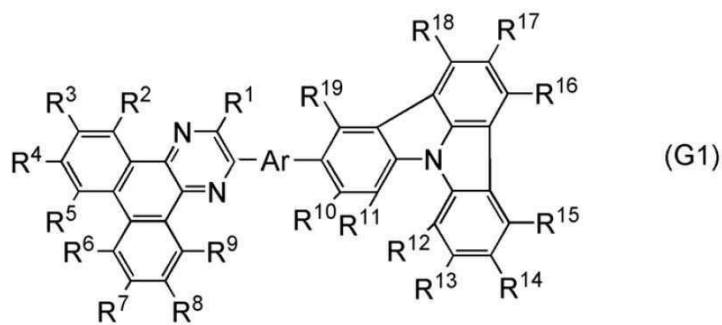
과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일형태는 하기 일반식(G0)으로 나타내어지는 복소환 화합물이다.
- [0019] [일반식(G0)]



- [0020]
- [0021] 단, 식 중 A^1 은 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기를 나타내고, A^2 는 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기를 나타내고, Ar은 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다. 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기 및 아릴렌기는 각각 독립적으로 비치환이어도 치환기를 가지고 있어도 좋고, 치환기를 갖는 경우 상기 치환기는 탄소수 1 내지 6의 알킬기 혹은 탄소수 6 내지 13의 아릴기이다.
- [0022] 본 발명의 일형태는 하기 일반식(G1)으로 나타내어지는 복소환 화합물이다.

[0023] [일반식(G1)]



[0024]

[0025] 단, 상기 일반식 중 R^1 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Ar은 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0026]

또한, 본 발명의 다른 형태는 상기 구조를 갖는 복소환 화합물에서 Ar이 치환 혹은 비치환된 페닐렌기 또는 치환 혹은 비치환된 바이페닐다이일기인 복소환 화합물이다.

[0027]

또한, 본 발명의 다른 형태는 상기 구성을 갖는 복소환 화합물에서 Ar이 치환 또는 비치환된 페닐렌기인 복소환 화합물이다.

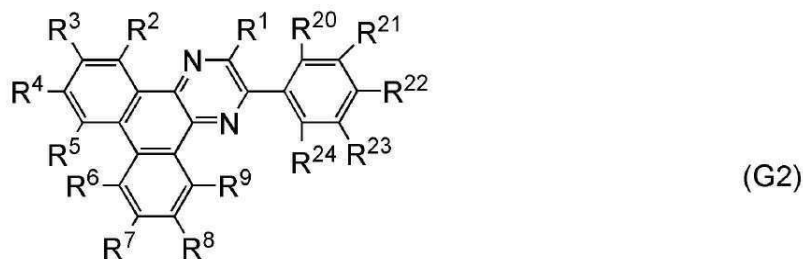
[0028]

또한, 본 발명의 다른 형태는 상기 구성을 갖는 복소환 화합물에서 Ar이 치환 또는 비치환된 m-페닐렌기인 복소환 화합물이다.

[0029]

또한, 본 발명의 다른 형태는 하기 일반식(G2)으로 나타내어지는 복소환 화합물이다.

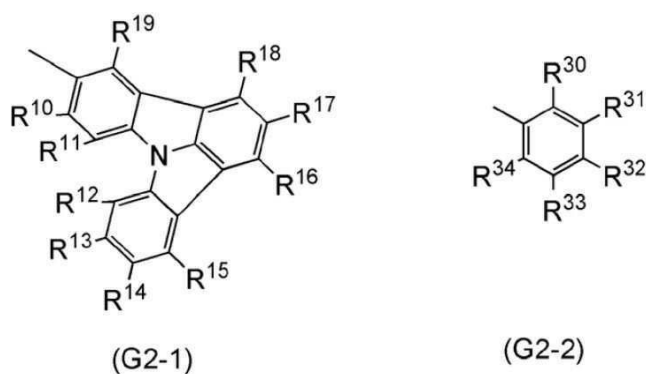
[0030] [일반식(G2)]



[0031]

[0032] 단, 상기 일반식 중 R^1 내지 R^9 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R^{20} 내지 R^{24} 는 적어도 하나가 하기 일반식(G2-1) 또는 (G2-2)으로 나타내어지는 기(基)이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0033] [일반식(G2-1), (G2-2)]

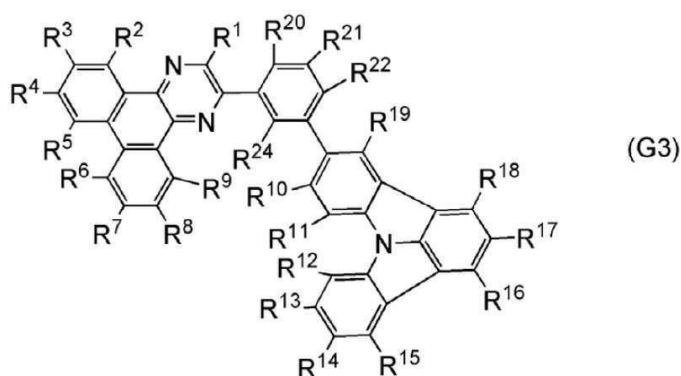


[0034]

[0035] 단, 상기 일반식(G2-2)에서 R^{30} 내지 R^{34} 는 적어도 하나가 상기 일반식(G2-1)으로 나타내어지는 기이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, 상기 일반식(G2-1)에서 R^{10} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0036] 본 발명의 다른 형태는 하기 일반식(G3)으로 나타내어지는 복소환 화합물이다.

[0037] [일반식(G3)]

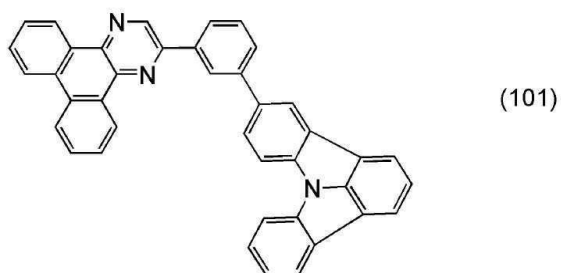


[0038]

[0039] 단, 상기 일반식 중 R^1 내지 R^{22} 및 R^{24} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0040] 또한, 본 발명의 다른 형태는 하기 구조식(101)으로 나타내어지는 복소환 화합물이다.

[0041] [구조식(101)]



[0042]

[0043] 또한, 본 발명의 다른 형태는 한 쌍의 전극 간에 적어도 발광 물질을 포함하는 EL층을 가지고, 한 쌍의 전극 간에 전압을 인가함으로써 발광하는 발광 소자에서 EL층이 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린

골격을 갖는 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자이다.

- [0044] 또한, 본 발명의 다른 형태는 상기 구성을 갖는 발광 소자에서 상기 복소환 화합물이 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴놀살린 골격이 아릴렌기를 통하여 결합하는 복소환 화합물인 발광 소자이다.
- [0045] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자에서 EL층은 적어도 발광 물질과 제 1 유기 화합물을 포함하는 발광층을 가지고, 제 1 유기 화합물이 상기 복소환 화합물인 발광 소자이다.
- [0046] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자에서 EL층은 적어도 발광 물질과 상기 제 1 유기 화합물을 포함하는 발광층과 발광층의 음극 측에 접촉하는 전자 수송층을 가지고, 상기 제 1 유기 화합물과 전자 수송층에 포함되는 전자 수송 재료에 공통된 골격이 존재하는 발광 소자이다.
- [0047] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자에서 전자 수송 재료가 복소환 화합물인 발광 소자이다.
- [0048] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자에서 복소환 화합물이 상술한 복소환 화합물인 발광 소자이다.
- [0049] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자를 구비한 디스플레이 모듈이다.
- [0050] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자를 구비한 조명 모듈이다.
- [0051] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자와 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 발광 장치이다.
- [0052] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자를 표시부에 구비하고, 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 표시 장치이다.
- [0053] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자를 조명부에 구비하고, 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 조명 장치이다.
- [0054] 또한, 본 발명의 다른 구성은 상기 구성을 갖는 발광 소자를 구비한 전자 기기이다.

발명의 효과

- [0055] 본 발명에 따른 발광 소자는 발광 효율이 높은 발광 소자이다. 또한, 구동 전압이 작은 발광 소자이다.
- [0056] 본 발명에 따른 복소환 화합물은 넓은 밴드 갭을 갖는다. 또한, 뛰어난 캐리어 수송성을 갖는다. 그러므로, 발광 소자의 수송층을 구성하는 재료나 발광층에서 호스트 재료, 발광 물질로서 적당하게 이용할 수 있다.
- [0057] 또한, 본 발명의 다른 일형태에서는 상기 복소환 화합물을 이용한 소비 전력이 작은 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 조명 장치, 표시 장치 및 전자 기기를 각각 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0058] 도 1은 발광 소자의 개념도이다.
- 도 2는 유기 반도체 소자의 개념도이다.
- 도 3은 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도이다.
- 도 4는 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도이다.
- 도 5는 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도이다.
- 도 6은 패시브 매트릭스형 발광 장치의 개념도이다.
- 도 7은 전자 기기를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 광원 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 9는 조명 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 조명 장치를 나타내는 도면이다.

- 도 11은 차량 탑재 표시 장치 및 조명 장치를 나타내는 도면이다.
- 도 12는 전자 기기를 나타내는 도면이다.
- 도 13은 5-[3-(다이벤조[f,h]퀴녹살린-2-일)페닐]인돌로[3,2,1-jk]카바졸(2mIcPDBq)의 NMR 차트이다.
- 도 14는 2mIcPDBq의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼이다.
- 도 15는 2mIcPDBq의 LC/MS 분석 결과이다.
- 도 16은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성이다.
- 도 17은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전압-휘도 특성이다.
- 도 18은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성이다.
- 도 19는 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전압-전류 특성이다.
- 도 20은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 발광 스펙트럼이다.
- 도 21은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 정규화 휘도 시간 변화 특성이다.
- 도 22는 5-{3-[3-(다이벤조[f,h]퀴녹살린-7-일)페닐]페닐}인돌로[3,2,1-jk]카바졸(7mIcBPDBq)의 NMR 차트이다.
- 도 23은 7mIcBPDBq의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼이다.
- 도 24는 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성이다.
- 도 25는 발광 소자 2의 전압-휘도 특성이다.
- 도 26은 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성이다.
- 도 27은 발광 소자 2의 전압-전류 특성이다.
- 도 28은 발광 소자 2의 발광 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0059] 아래에 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다. 단, 본 발명은 많은 다른 형태로 실시할 수 있고, 본 발명의 취지 및 그 범위로부터 벗어나는 일 없이 그 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 실시형태의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.
- [0060] (실시형태 1)
- [0061] 본 실시형태에서 복소환 화합물은 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 포함하는 복소환 화합물이다. 상기 복소환 화합물은 넓은 밴드 갭을 갖는 물질이다. 또한, 높은 삼중항 준위(T_1 준위)를 갖는 물질이다. 또한 상기 복소환 화합물은 캐리어 수송성도 뛰어나다.
- [0062] 그러므로, 상기 복소환 화합물을 이용한 발광 소자는 발광 효율이 높은 발광 소자로 하는 것이 가능하게 된다. 또한, 구동 전압이 작은 발광 소자로 하는 것이 가능하게 된다.
- [0063] 또한, 상기 복소환 화합물에서 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격은 아릴렌기를 통하여 결합하고 있는 것이 바람직하다. 이들 골격이 아릴렌기를 통하여 결합함으로써 밴드 갭을 넓게 유지할 수 있고, 또한 T_1 준위도 높은 화합물로 할 수 있다. 상기 아릴렌기는 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 이용하는 것이 바람직하다. 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기로서는 페닐렌기, 나프탈렌다이일기, 바이페닐다이일기 및 플루오렌다이일기 등을 들 수 있고, 특히 페닐렌기, 바이페닐다이일기 및 플루오렌다이일기가 T_1 준위를 높게 유지하는데 바람직한 구성이다.
- [0064] 또한, 이들 아릴렌기는 치환기를 가지고 있어도 좋고, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 12의 아릴기 등을 이용할 수 있다.
- [0065] 또한, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 잇는 아릴렌기는 직선 상으로 이들 골격을 잇는 것보다, 굴절시켜 잇는 것이 상기 두 개의 골격의 π 궤도의 상호 작용을 작게 할 수 있고, 밴드 갭 폭과

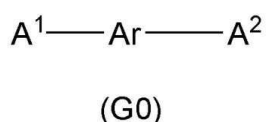
T_1 준위를 크게 할 수 있기 때문에 바람직하다. 예를 들어, 아릴렌기가 페닐렌기라면, 파라페닐렌기가 아닌 메타페닐렌기인 것이 보다 바람직하다. 또한, 아릴렌기가 바이페닐다이일기라면 1,1'-바이페닐-3,3'-다이일기가 바람직하다.

[0066] 이와 같은 구조를 갖는 복소환 화합물은 넓은 밴드 갭을 가짐으로써, 발광 소자의 발광층에서 청색이나 그 이하의 파장의 형광 물질의 호스트 재료나 상기 발광층에 인접하는 캐리어 수송층으로서 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 상기 복소환 화합물은 높은 T_1 준위를 가짐으로써, 인광 물질을 포함하는 발광층에서 호스트 재료나 상기 발광층에 인접하는 캐리어 수송층으로서 적합하게 이용할 수 있다. 상기 복소환 화합물이 넓은 밴드 갭 또는 높은 T_1 준위를 가짐으로써 호스트 재료 위에서 재결합한 캐리어의 에너지를 발광 물질에 유효하게 이동시키는 것이 가능해지고, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작하는 것이 가능하게 된다.

[0067] 또한, 상기 복소환 화합물은 양호한 캐리어 수송성을 갖기 때문에 발광 소자의 호스트 재료나 캐리어 수송층으로서 적합하게 이용할 수 있다. 따라서, 구동 전압이 작은 발광 소자를 제작하는 것이 가능하게 된다. 또한, 상기 복소환 화합물의 밴드 갭이 넓은 것 또는 T_1 준위가 높은 것으로부터, 발광층에서 발광 영역에 근접하는 쪽의 캐리어 수송층으로서 이용해도 발광 물질의 여기 에너지의 손실을 억제할 수 있기 때문에, 발광 효율이 높은 발광 소자를 실현하는 것을 가능하게 한다.

[0068] 상기 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 포함하는 복소환 화합물은 하기 일반식(G)과 같이 나타낼 수도 있다.

[0069] [일반식(G0)]



[0070]

[0071] 상기 식 중, A^1 은 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기를 나타내고, A^2 는 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기를 나타내고, Ar은 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다. 다이벤조[f,h]퀴녹살리닐기, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸릴기 및 아릴렌기는 각각 독립적으로 비치환이어도 치환기를 가지고 있어도 좋고, 치환기를 갖는 경우 상기 치환기는 탄소수 1 내지 6의 알킬기 혹은 탄소수 6 내지 13의 아릴기이다.

[0072] 또한, 본 명세서 전반에 걸쳐 탄소수 1 내지 6의 알킬기로서는 메틸기, 에틸기, n-프로필기, iso-프로필기, n-부틸기, iso-부틸기, sec-부틸기, tert-부틸기, 펜틸기, 헥실기, 및 사이클로헥실기 등을 들 수 있다. 또한, 탄소수 6 내지 13의 아릴기로서는 페닐기, 바이페닐이, 플루오레닐기, 나프틸기 등을 들 수 있다. 탄소수 6 내지 13의 아릴기는 치환기를 가지고 있어도 좋고, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 페닐기를 들 수 있다. 또한, 이들 치환기끼리 결합하여 고리를 형성해도 좋고, 이와 같은 예로서는 예를 들면, 플루오레닐기의 9위의 탄소가 치환기로서 페닐기를 2개 가지고 있으며, 상기 페닐기끼리 결합함으로써 스피로플루오렌 골격이 형성되는 경우 등을 들 수 있다.

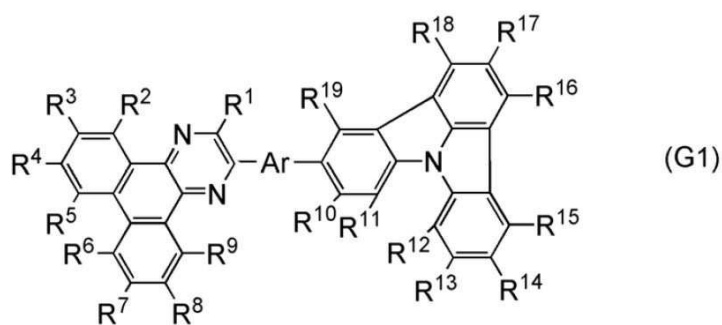
[0073] 또한, 본 명세서 전반에 걸쳐, 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기로서는 구체적으로는 페닐렌기, 바이페닐다이일기, 나프탈렌다이일기, 플루오렌다이일기 등을 들 수 있다. 이 중에서도 페닐렌기 또는 바이페닐다이일기인 것이 바람직하고, 페닐렌기가 더욱 바람직하다.

[0074] 또한, Ar은 직선 상으로 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격과 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격을 잇는 것보다, 굴절시켜 잇는 것이 상기 두 개의 골격의 π 궤도의 상호 작용을 작게 할 수 있고, 밴드 갭 폭과 T_1 준위를 크게 할 수 있기 때문에 바람직하다. 예를 들면, Ar이 페닐렌기라면, 파라페닐렌기가 아닌 메타페닐렌기인 것이 보다 바람직하다. 또한, Ar이 바이페닐다이일기라면, 1,1'-바이페닐-3,3'-다이일기가 바람직하다.

[0075] 또한, Ar은 치환기를 가지고 있어도 좋고, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 이용할 수 있다.

[0076] 본 실시형태의 복소환 화합물은 하기 일반식(G1)으로 나타낼 수도 있다.

[0077] [일반식(G1)]



[0078]

[0079] 상기 식 중 R^1 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 1 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

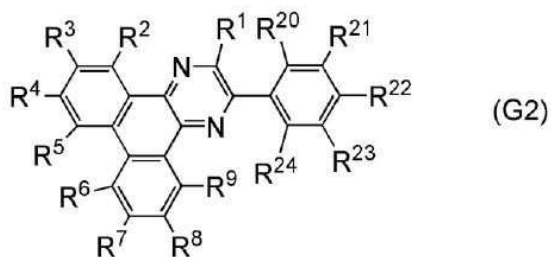
[0080] 또한, 식 중 Ar은 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다.

[0081] 일반식(G0)과 마찬가지로, 일반식(G1)의 Ar도 상술한 이유로, 직선 상으로 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격과 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격을 잇는 것보다, 굴절시켜 잇는 것이 바람직하다. 예를 들면, Ar이 페닐렌기라면, 파라페닐렌기가 아닌 메타페닐렌기인 것이 보다 바람직하다. 또한, Ar이 바이페닐다이일기라면, 1,1'-바이페닐-3,3'-다이일기가 바람직하다.

[0082] 또한, Ar은 치환기를 가지고 있어도 좋고, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 이용할 수 있다.

[0083] 이와 같은 복소환 화합물은 하기 일반식(G2)으로 나타낼 수 있다. 하기 일반식(G2)으로 나타내어지는 복소환 화합물은 상기 일반식(G1)으로 나타내어지는 복소환 화합물의 바람직한 예이다.

[0084] [일반식(G2)]

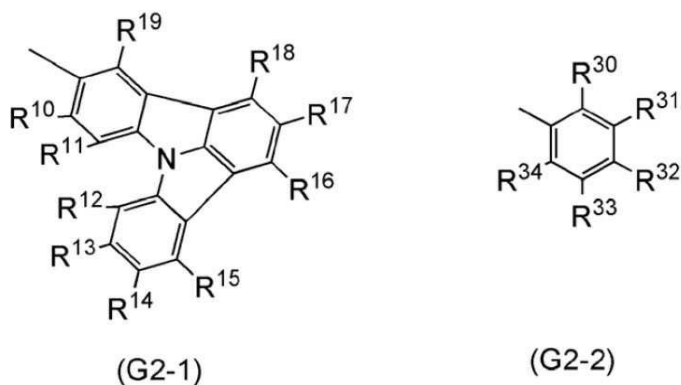


[0085]

[0086] 상기 일반식 중 R^1 내지 R^9 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0087] 또한, 상기 식 중 R^{20} 내지 R^{24} 는 하나가 하기 일반식(G2-1) 또는 (G2-2)으로 나타내어지는 기이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0088] [일반식(G2-1), (G2-2)]



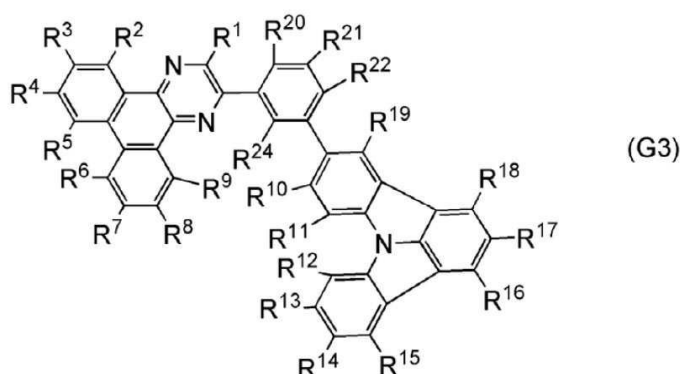
[0089]

[0090] 상기 일반식(G2-2)에서 R^{30} 내지 R^{34} 는 하나가 상기 일반식(G2-1)으로 나타내어지는 기이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0091] 또한, 상기 일반식(G2-1)에서 R^{10} 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0092] 상기 일반식(G1) 또는 상기 일반식(G2)으로 나타내어지는 복소환 화합물에서 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격과 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격이 메타-페닐렌기를 통해 결합되어 있는 것이 바람직하고, 이와 같은 복소환 화합물은 하기 일반식(G3)으로 나타낼 수 있다.

[0093] [일반식(G3)]



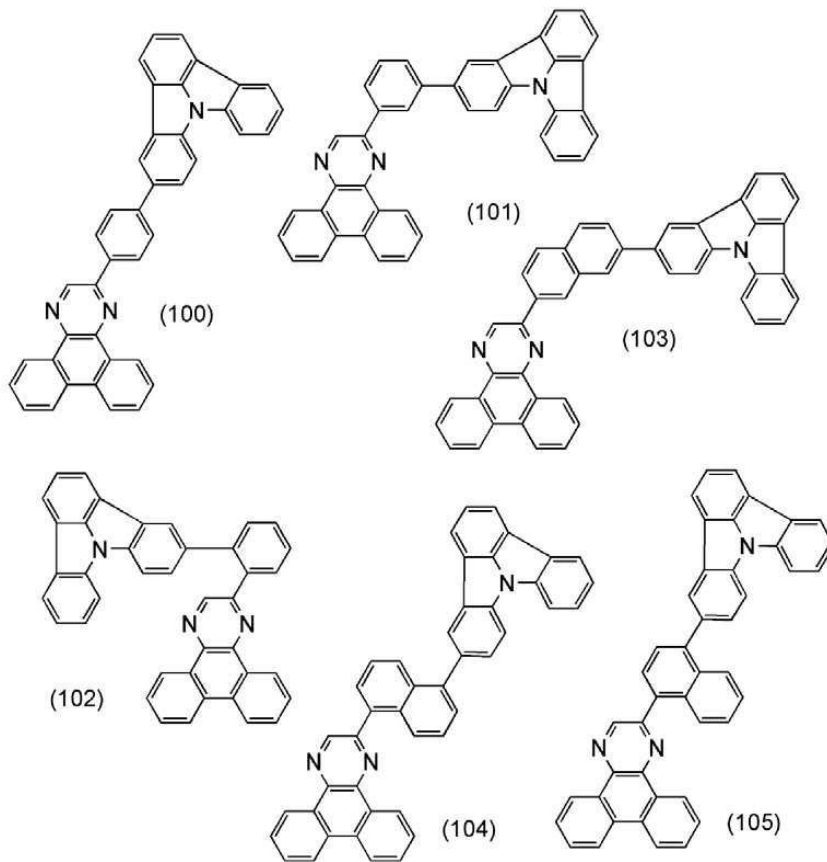
[0094]

[0095] 상기 일반식(G3) 중 R^1 내지 R^{22} 및 R^{24} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 및 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 나타낸다.

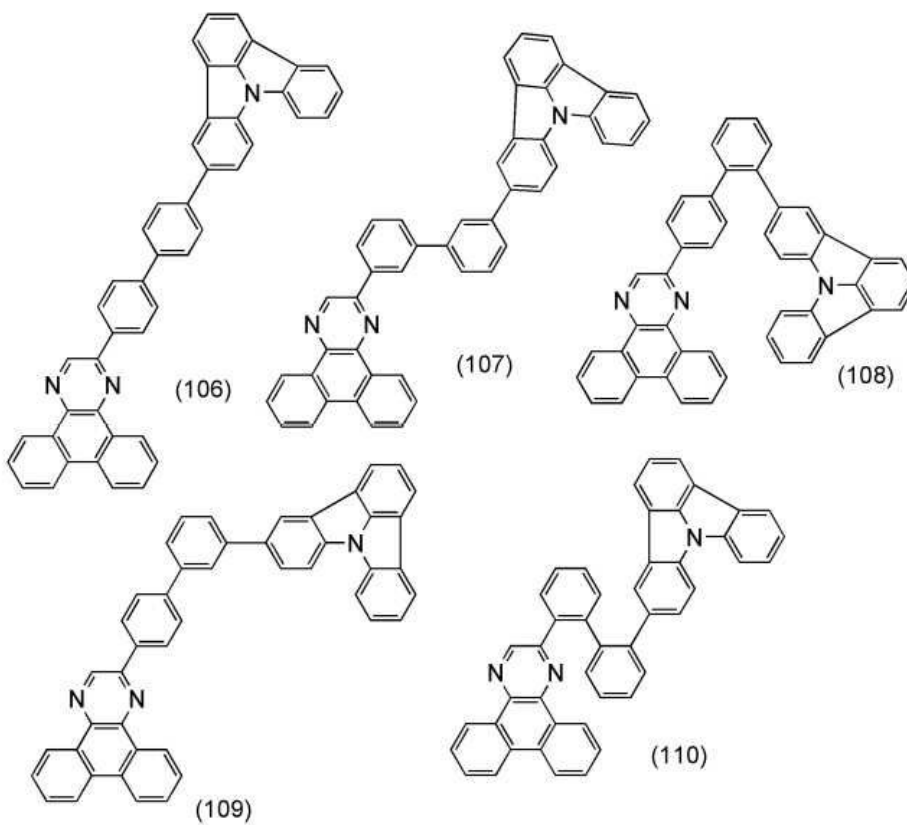
[0096] 또한, R^1 내지 R^{22} 및 R^{24} 는 모두 수소인 것이 합성의 간편함 및 원료 입수의 용이성 때문에 유리하므로 저렴하게 합성할 수 있어 바람직한 구성이다.

[0097] 상기 일반식(G1) 내지 일반식(G3)으로서 나타내어지는 복소환 화합물의 구체적인 구조의 예로서는 하기 구조식(100) 내지 구조식(160)으로 나타내어지는 물질 등을 들 수 있다.

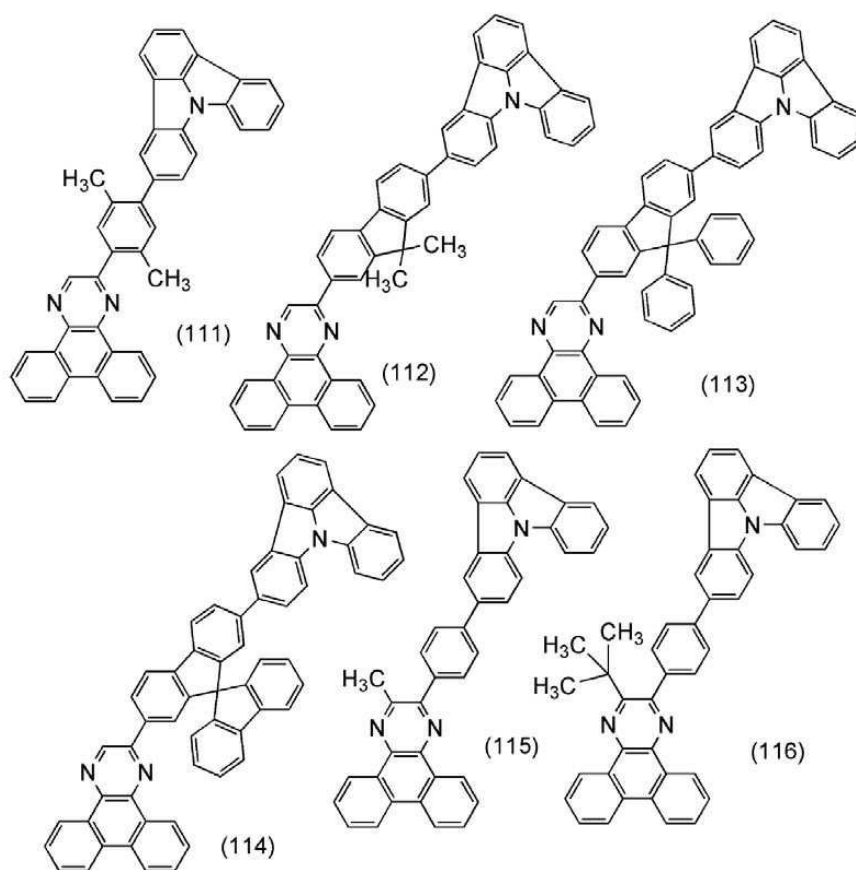
[0098] [구조식(100) 내지 구조식(160)]



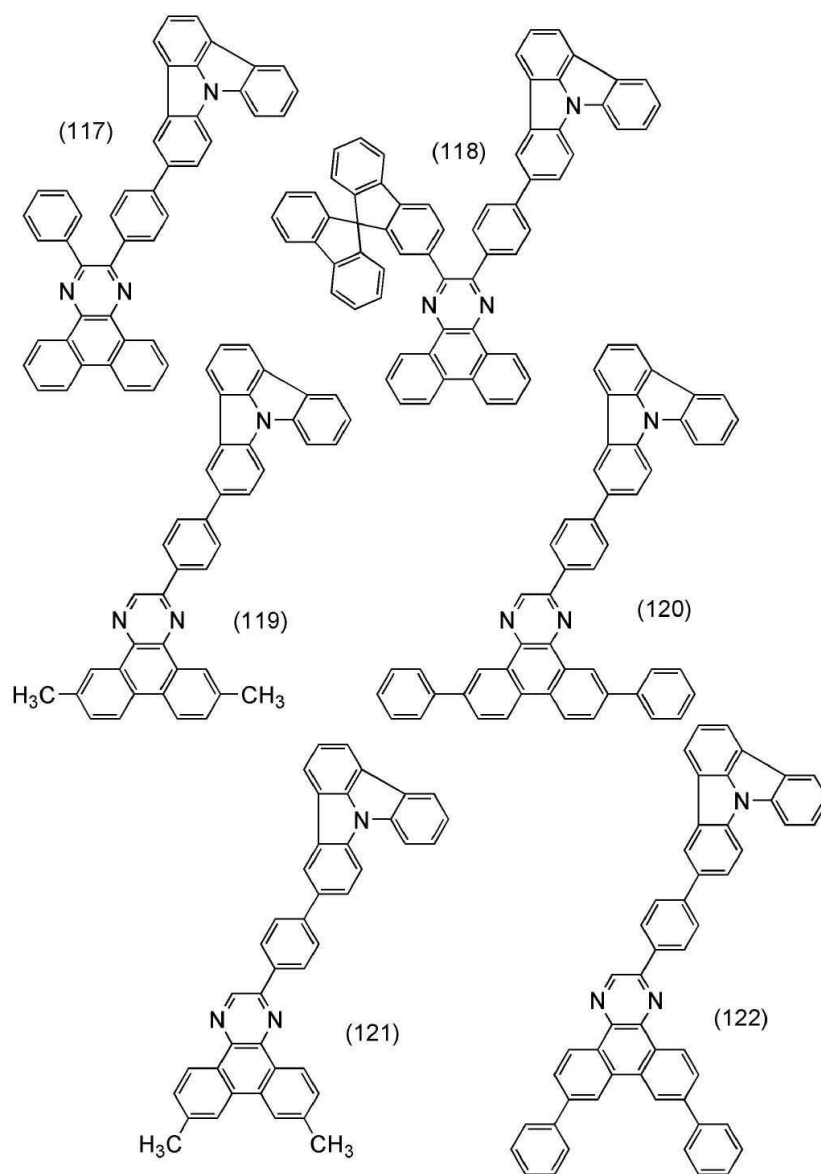
[0099]



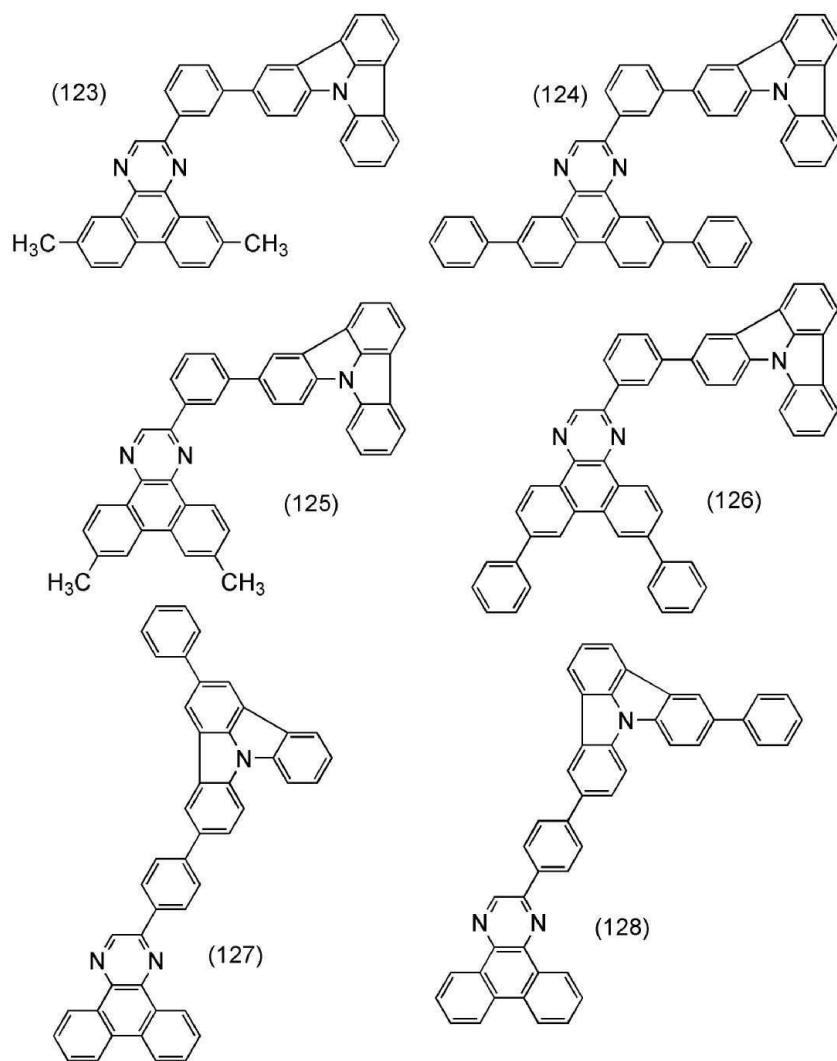
[0100]



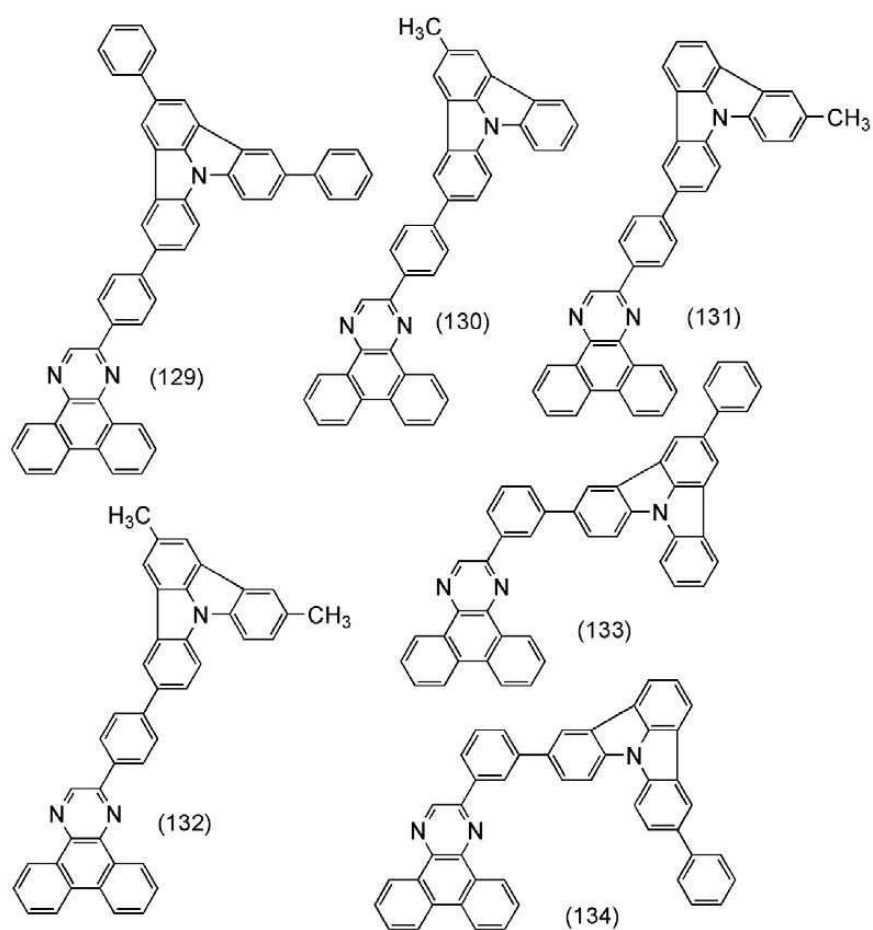
[0101]



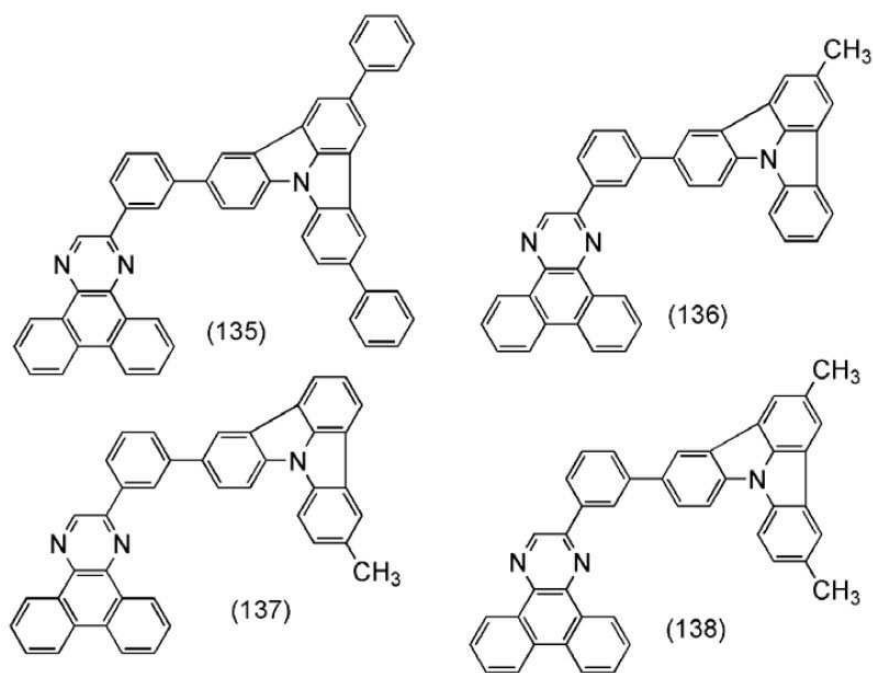
[0102]



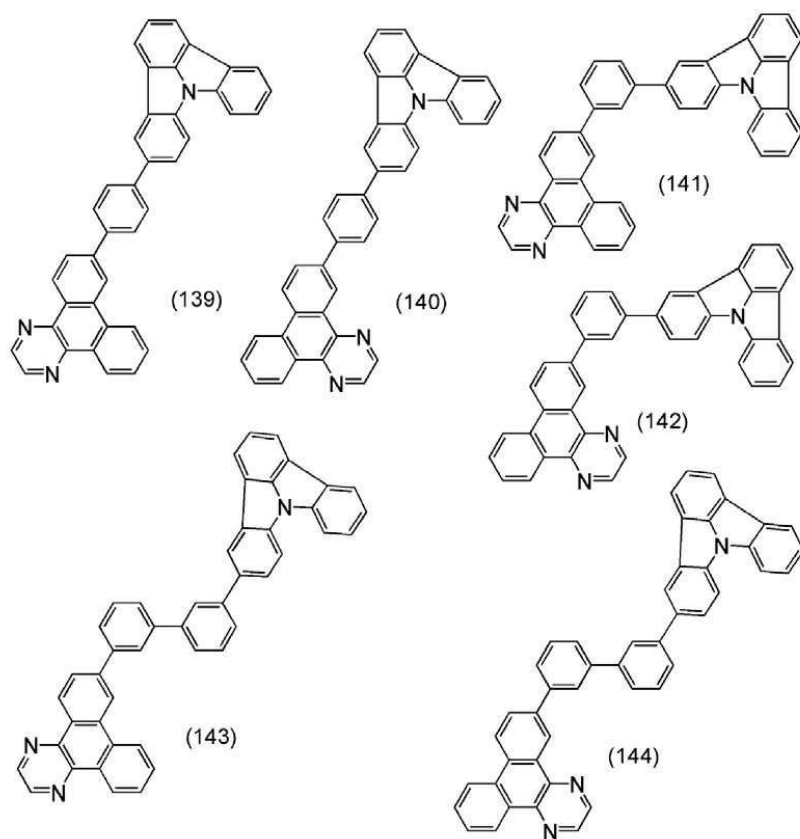
[0103]



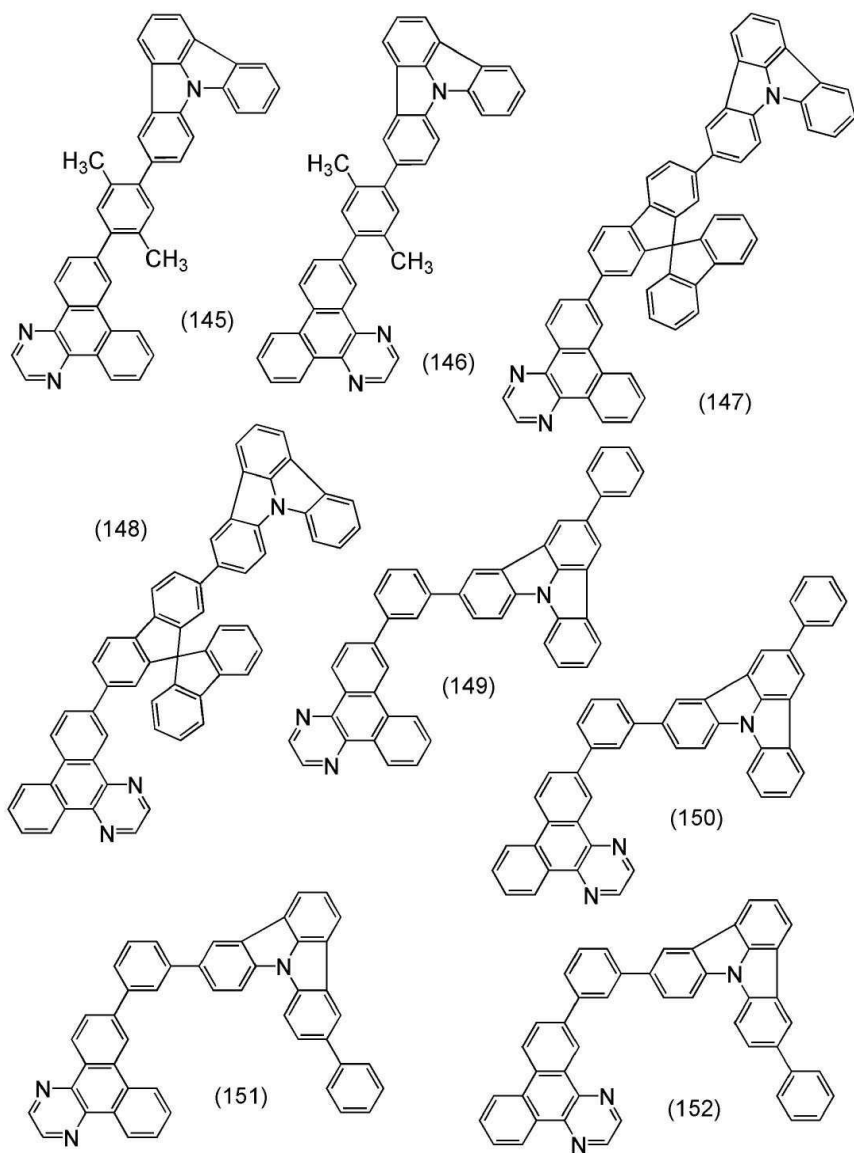
[0104]



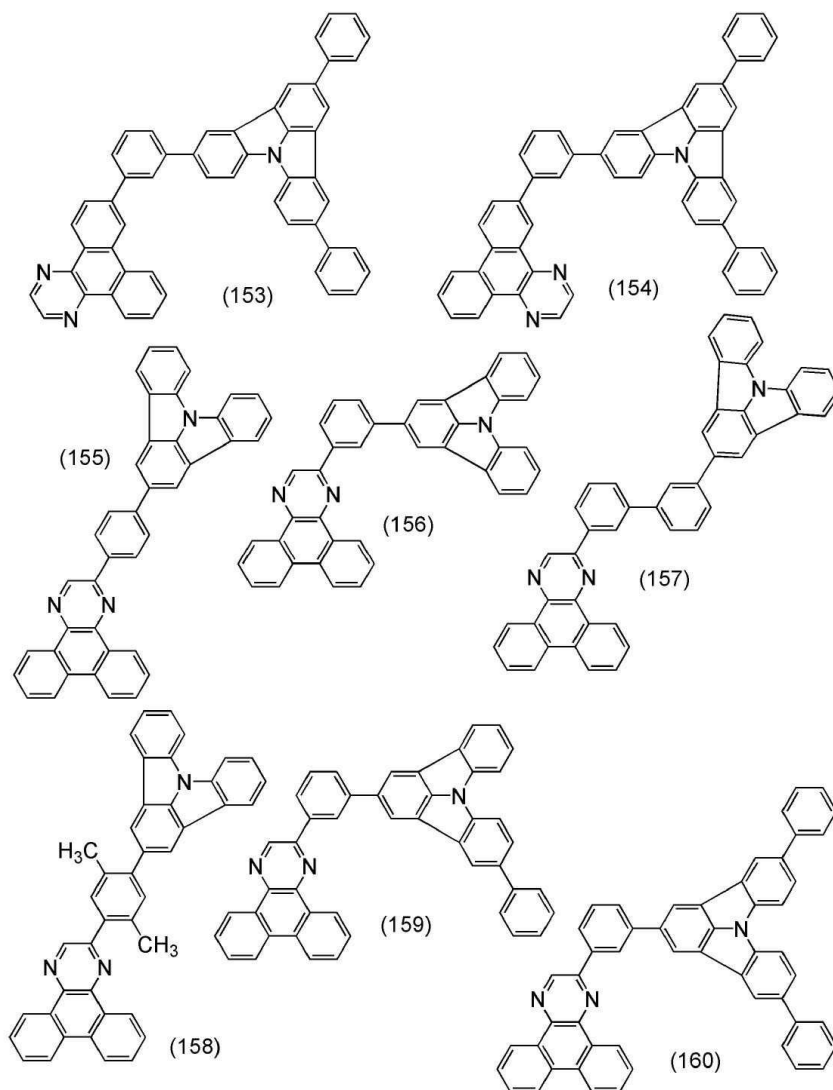
[0105]



[0106]



[0107]



[0108]

[0109]

이상과 같은 복소환 화합물은 캐리어의 수송성이 뛰어나기 때문에 캐리어 수송 재료나 호스트 재료로서 적합하다. 그러므로, 구동 전압이 작은 발광 소자를 제공할 수도 있다. 또한, 높은 T_1 준위를 가지고, 발광 효율이 높은 인광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 높은 T_1 준위를 갖는다는 것은 넓은 밴드 갭을 갖는다는 것 또한 의미하기 때문에, 청색 형광을 나타내는 발광 소자도 효율적으로 발광시킬 수 있다.

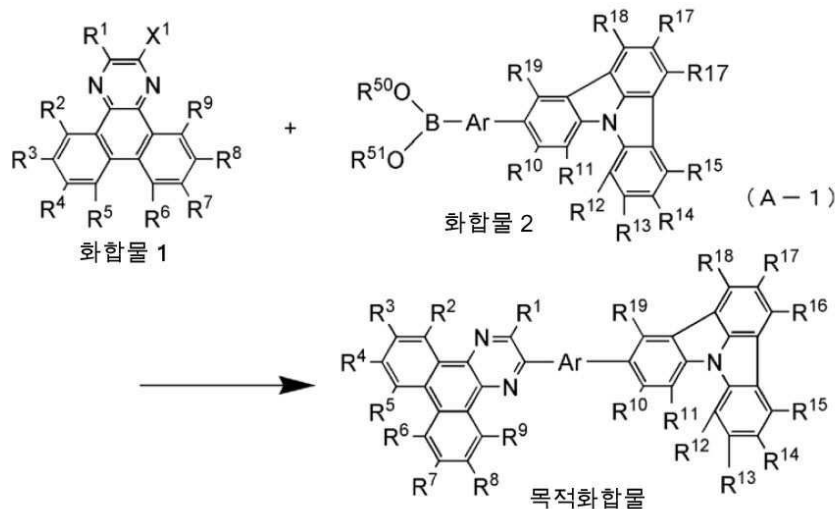
[0110]

또한, 본 실시형태에서 복소환 화합물은 청색~보라색 외의 발광을 나타내는 재료로서도 이용할 수 있다.

[0111]

이어서 이들 복소환 화합물의 합성 방법에 대하여 설명한다. 상기 구조식(G1)으로 나타내어지는 목적 화합물은 하기 합성 스킴(A-1)에 나타내는 바와 같이, 다이벤조[f,h]퀴녹살린 유도체의 할로겐화물 또는 트라이플레이트 치환체(화합물 1)와, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 유도체의 유기 붕소 화합물 또는 보론산(화합물 2)을 스즈키·미야우라 반응에 의해 커플링시킴으로써 목적 화합물을 얻을 수 있다.

[0112] [합성 스킴(A-1)]



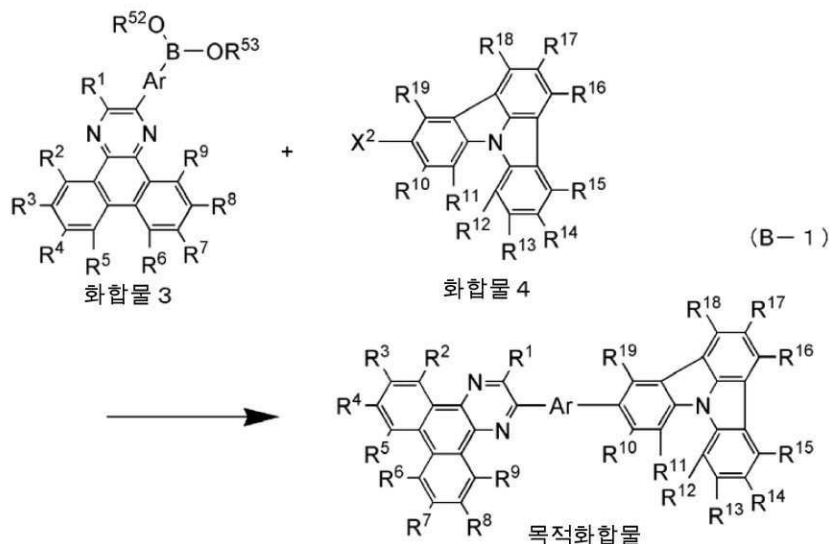
[0113]

[0114] 상기 합성 스킴(A-1)에서 R^1 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다. Ar은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, R^{50} 및 R^{51} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 중 어느 것을 나타내고, R^{50} 과 R^{51} 은 서로 결합하여 고리를 형성해도 좋다. 또한, X^1 은 할로젠 또는 트라이플레이트기를 나타낸다.

[0115] 또한, 합성 스킴(A-1)에 나타내는 스즈키·미야우라 커플링 반응에서 다이벤조[f,h]퀴녹살린 유도체의 유기 붕소 화합물 또는 보론산과, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 유도체의 할로젠화물 또는 트라이플레이트 치환체를 스즈키·미야우라 반응에 의해 커플링해도 좋다.

[0116] 또한, 상기 복소환 화합물은 하기 합성 스킴(B-1)과 같이, 다이벤조[f,h]퀴녹살린 유도체의 유기 붕소 화합물 또는 보론산(화합물 3)과, 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 유도체의 할로젠화물 또는 트라이플레이트기 치환체(화합물 4)을 스즈키·미야우라 반응에 의해 커플링시킴으로써 합성해도 좋다.

[0117] [합성 스킴(B-1)]



[0118]

[0119] 상기 합성 스킴(B-1)에서 R^1 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다. Ar은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, R^{52} 및 R^{53} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기 중 어느 것을 나타내고, R^{52} 와 R^{53} 은 서로

로 결합하여 고리를 형성해도 좋다. 또한, X^2 는 할로젠 또는 트라이플레이트기를 나타낸다.

[0120] 합성 스킴(A-1), (B-1)에 나타내는 스즈키·미야우라 커플링 반응에서 화합물 2와 3으로 나타내어지는 유기 붕소 화합물, 또는 보론산 이외에도 유기 알루미늄과 유기 지르코늄, 유기 아연, 유기 주석 화합물 등을 이용하는 크로스 커플링 반응을 이용해도 좋다. 그러나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0121] 또한, 합성 스킴(B-1)에 나타내는 스즈키·미야우라 커플링 반응에서 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 유도체의 유기 붕소 화합물, 또는 보론산과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 유도체의 할로겐화물, 또는 트라이플레이트 치환체를 스즈키·미야우라 반응에 의해 커플링해도 좋다.

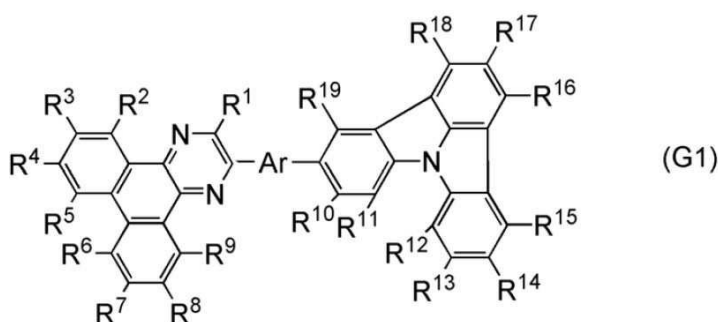
[0122] 합성 스킴(A-1) 또는 (B-1)의 합성 반응을 행할 때에 이용하는 팔라듐 착체의 예로서는 아세트산 팔라듐(II), 테트라키스(트라이페닐포스핀)팔라듐(0), 비스(트라이페닐포스핀)팔라듐(II)다이클로라이드 등을 들 수 있지만, 이 이외의 팔라듐 착체를 사용해도 좋다. 또한, 팔라듐 착체의 배위자의 예로서는 트라이(오쏘-톨릴)포스핀, 트라이페닐포스핀 및 트라이사이클로헥실포스핀 등을 들 수 있지만, 이들 이외의 배위자를 이용해도 좋다. 또한, (A-1) 또는 (B-1)의 합성 반응을 행할 때에 이용하는 염기의 예로서는 나트륨 tert-부톡사이드 등의 유기 염기나 탄산 칼륨, 탄산 나트륨 등의 무기 염기를 들 수 있지만, 이들 이외의 염기를 이용해도 좋다. 또한, (A-1) 또는 (B-1)의 합성 반응을 행할 때에 이용하는 용매의 예로서는 톨루엔과 물의 혼합 용매, 톨루엔과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 자일렌과 물의 혼합 용매, 자일렌과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 벤젠과 물의 혼합 용매, 벤젠과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 에틸렌 글리콜 다이메틸 에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매 등을 들 수 있지만, 이에 한정되지 않는다. 또한, 톨루엔과 물, 또는 톨루엔과 에탄올과 물의 혼합 용매, 에틸렌 글리콜 다이메틸 에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매가 보다 바람직하다.

[0123] 이상과 같이, 본 실시형태에 따른 복소환 화합물은 합성할 수 있다.

[0124] (실시형태 2)

[0125] 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재한 하기 일반식(G1)으로 나타내어지는 복소환 화합물을 유기 반도체 소자의 일종인 중형 트랜지스터(SIT)의 활성층으로서 이용하는 형태를 예시한다. 단, 하기 일반식(G1) 중 R^1 내지 R^{19} 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Ar은 탄소수 6 내지 13의 아릴렌기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0126] [일반식(G1)]



[0127]

[0128] 소자의 구조로서는 도 2에 나타내는 바와 같이, 일반식(G1)으로 나타내어지는 화합물을 포함하는 박막 형상의 활성층(1202)을 소스 전극(1201) 및 드레인 전극(1203) 사이에 끼우고, 게이트 전극(1204)이 활성층(1202)에 매립된 구조를 갖는다. 게이트 전극(1204)은 게이트 전압을 인가하기 위한 수단에 전기적으로 접속되어 있고, 소스 전극(1201) 및 드레인 전극(1203)은 소스-드레인 간의 전압을 제어하기 위한 수단에 전기적으로 접속되어 있다.

[0129] 이와 같은 소자 구조에서 게이트 전압을 인가하지 않는 상태에서 소스-드레인 사이에 전압을 인가하면 전류가 흐른다(ON 상태가 된다). 그리고 그 상태에서 게이트 전압을 인가하면 게이트 전극(1204) 주변에 공핍층이 발생하고, 전류가 흐르지 않게 된다(OFF 상태가 된다). 이상의 기구에 의해 트랜지스터로서 동작한다.

[0130] 중형 트랜지스터에서는 발광 소자와 마찬가지로, 캐리어 수송성과 양호한 막질을 겸비한 재료가 활성층에 요구되지만, 일반식(G1)으로 나타내어지는 복소환 화합물은 그 조건을 충분히 만족하고 있어 적합하게 이용할 수 있

다.

- [0131] (실시형태 3)
- [0132] 본 실시형태에서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자의 일형태에 대하여 도 1의 (A)를 이용하여 아래에 설명한다.
- [0133] 본 실시형태에서 발광 소자는 한쌍의 전극 간에 복수의 층을 갖는다. 본 형태에서 발광 소자는 제 1 전극(101)과, 제 2 전극(102)과, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)과의 사이에 제공된 EL층(103)으로 구성되어 있다. 또한, 도 1의 (A)에서는 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하고, 제 2 전극(102)은 음극으로써 기능하는 것으로서 도시한다. 즉, 제 1 전극(101)이 제 2 전극(102)보다 전위가 높아지도록 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)에 전압을 인가했을 때, 발광을 얻을 수 있는 구성으로 되어 있다. 물론 제 1 전극이 음극으로써 기능하고, 제 2 전극이 양극으로서 기능해도 된다. 또한, 본 실시형태에서 발광 소자는 EL층(103) 중 어느 층에 본 발명의 일형태의 복소환 화합물이 포함되어 있으면 좋다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물이 포함되는 층으로서 발광층 또는 전자 수송층이 상기 복소환 화합물의 특성을 보다 살릴 수 있고, 양호한 특성을 갖는 발광 소자를 얻을 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0134] 양극으로서 기능하는 전극으로서의 일함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 이용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 예를 들면, 산화 인듐-산화 주석(ITO: Indium Tin Oxide), 규소 혹은 산화 규소를 함유한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속 산화물막은 통상 스퍼터에 의해 성막되지만, 졸-겔법 등을 응용하여 제작해도 된다. 예를 들면, 산화 인듐-산화 아연은 산화 인듐에 대하여 1~20wt%의 산화 아연을 더한 타겟을 이용하여 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 또한, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO)은 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐을 0.5~5wt%, 산화 아연을 0.1~1wt% 함유한 타겟을 이용하여 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 이 외에 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들면, 질화 티탄) 등을 들 수 있다. 또한, 그래핀을 이용해도 좋다.
- [0135] EL층(103)의 적층 구조에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 전자 수송성이 높은 물질을 포함하는 층 또는 정공 수송성이 높은 물질을 포함하는 층, 전자 주입성이 높은 물질을 포함하는 층, 정공 주입성이 높은 물질을 포함하는 층, 양극성(전자 및 정공의 수송성이 높은 물질)의 물질을 포함하는 층, 캐리어 블록성을 갖는 층 등을 적절히 조합하여 구성하면 좋다. 본 실시형태에서는 EL층(103)은 양극으로서 기능하는 전극층으로부터 「정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 전자 주입층(115)」의 순차로 적층한 구성을 갖는 것으로서 설명한다. 각 층을 구성하는 재료에 대하여 아래에 구체적으로 나타낸다.
- [0136] 정공 주입층(111)은 정공 주입성의 물질을 포함하는 층이다. 몰리브덴 산화물이나 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 망간 산화물 등을 이용할 수 있다. 이 외에 프탈로사이아닌(약칭: H₂Pc)이나 구리 프탈로사이아닌(CuPC) 등의 프탈로사이아닌계 화합물, 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) 등의 방향족 아민 화합물, 혹은 폴리(에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스틸렌술폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 등에 의해서도 정공 주입층(111)을 형성할 수 있다.
- [0137] 또한, 정공 주입층(111)으로서 정공 수송성을 갖는 물질에, 상기 물질에 대하여 전자 수용성을 나타내는 물질(이하 전자 수용성 물질로 약칭함)을 함유시킨 복합 재료를 이용할 수도 있다. 본 명세서 중에서 복합 재료란 단순히 2개의 재료를 혼합시킨 재료의 것을 가리키는 것이 아니고, 복수의 재료를 혼합함으로써 재료 사이에서의 전하의 수수가 행해질 수 있는 상태가 되는 것을 말한다. 이 전하의 수수는 전계가 걸려있는 경우에만 실현되는 경우도 포함하는 것으로 한다.
- [0138] 또한, 정공 수송성을 갖는 물질에 전자 수용성 물질을 함유시킨 것을 이용함으로써 재료의 일함수에 상관없이 전극을 형성하는 재료를 선택할 수 있게 된다. 즉, 양극으로서 기능하는 전극으로서 일함수가 큰 재료뿐만 아니라, 일함수가 작은 재료도 이용할 수 있게 된다. 전자 수용성 물질로서는 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이에탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물도 사용할 수 있다. 특히 원소 주기표에서 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속의 산화물을 적합하게 이용할 수 있다. 구체적으로는 산화 바나듐, 산화 니오븀, 산화 탄탈, 산화 크롬, 산화 몰리브덴, 산화 텅스텐, 산화 망간, 산화 레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도 특히 산화 몰리브덴은 대기 중에서도 안

정적이고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 전자 수송성 물질로서 적합하게 이용할 수 있다.

- [0139] 복합 재료에 이용하는 정공 수송성을 갖는 물질로서는 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화 수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 다양한 유기 화합물을 이용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 이용하는 유기 화합물로서는 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 단, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면, 이들 이외의 것을 이용해도 좋다. 아래에서는 복합 재료에서 정공 수송성을 갖는 물질로서 이용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.
- [0140] 예를 들면, 방향족 아민 화합물로서는 N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌다이아민(약칭 : DTDPPA), DPAB, DNTPD, 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭 : DPA3B) 등을 들 수 있다.
- [0141] 복합 재료에 이용할 수 있는 카바졸 화합물로서는 구체적으로는 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) 등을 들 수 있다.
- [0142] 또한, 복합 재료에 이용할 수 있는 카바졸 화합물로서는 그 밖에 4,4'-다이(N-카바졸)바이페닐(약칭 : CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸)페닐]벤젠(약칭 : TCBP), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭 : CzPA), 1,4-비스[4-(N-카바졸)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 이용할 수 있다.
- [0143] 또한, 복합 재료에 이용할 수 있는 방향족 탄화 수소로서는 예를 들면, 2-tert-부틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭 : t-BuDNA), 2-tert-부틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭 : DPPA), 2-tert-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭 : t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭 : DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭 : DPAnth), 2-tert-부틸안트라센(약칭 : t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭 : DMNA), 2-tert-부틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-다이페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌 등을 들 수 있다. 또한, 이 외에 펜타센, 코로넨 등도 이용할 수 있다. 이와 같이, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 가지고, 탄소수 14~42인 방향족 탄화 수소를 이용하는 것이 보다 바람직하다.
- [0144] 또한, 복합 재료에 이용할 수 있는 방향족 탄화 수소는 비닐 골격을 가지고 있어도 좋다. 비닐기를 가지고 있는 방향족 탄화 수소로서는 예를 들면, 4,4'-비스(2,2-다이페닐비닐)바이페닐(약칭 : DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐비닐)페닐]안트라센(약칭 : DPVPA) 등을 들 수 있다.
- [0145] 또한, 폴리(N-비닐카바졸)(약칭 : PCK)이나 폴리(4-비닐트라이페닐아민)(약칭 : PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭 : PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭 : Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 이용할 수 있다.
- [0146] 정공 수송층(112)은 정공 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층이다. 정공 수송성을 갖는 물질로서는 상술한 복합 재료로서 이용할 수 있는 정공 수송성을 갖는 물질을 이용할 수 있다. 또한, 반복이 되기 때문에 상세한 설명은 생략한다. 복합 재료의 기재를 참조하기 바란다.
- [0147] 발광층(113)은 발광성의 물질을 포함하는 층이다. 발광층(113)은 발광 물질 단독의 막으로 구성되어 있어도 호스트 재료 중에 발광 물질을 분산시킨 막으로 구성되어 있어도 좋다.
- [0148] 발광층(113)에서 발광 물질로서 이용할 수 있는 재료로서는 특별히 한정은 없고, 이들 재료가 발하는 빛은 형광 이어도 인광이어도 좋다. 상기 발광 물질로서는 예를 들면, 아래와 같은 것을 들 수 있다. 형광 물질로서는 N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-피렌-1,6-다이아민(약칭 : 1,6FLPAPrn), N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐스티렌-4,4'-다이아민(약칭 : YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭 : YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭 : 2YGAPPA), N,9-다이페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭 : PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라-tert-부틸페릴렌(약칭 : TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBAPA), N,N'-(2-tert-부틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭 : DPABPA), N,9-다이페닐-N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭 : 2PCAPPA), N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭 : 2DPAPPA),

N,N,N',N',N'',N''',N''''-옥타페닐다이벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭 : DBC1), 쿠마린 30, N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,9-다이페닐-9H-카바줄-3-아민(약칭 : 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-다이페닐-9H-카바줄-3-아민(약칭 : 2PCABPhA), N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭 : 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭 : 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바줄-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭 : 2YGABPhA), N,N,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭 : DPHAPhA), 쿠마린 545T, N,N'-다이페닐퀴나크리돈(약칭 : DPQD), 루브렌, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭 : BPT), 2-(2-{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭 : DCM1), 2-(2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭 : DCM2), N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭 : p-mPhTD), 7,14-다이페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-다이아민(약칭 : p-mphAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭 : DCJTI), 2-{2-tert-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭 : DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에테닐}-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭 : BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭 : BisDCJTM) 등을 들 수 있다. 청색 발광의 인광 물질로서는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭 : Ir(mpptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭 : Ir(Mptz)₃), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭 : Ir(iPrptz-3b)₃)과 같은 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭 : Ir(Mptz1-mp)₃), 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭 : Ir(Prptz1-Me)₃)과 같은 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, fac-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭 : Ir(iPrpmi)₃), 트리스[3-(2,6-다이메틸 페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(dmpimpt-Me)₃)과 같은 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 비스{2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}}이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭 : FIr6), 비스{2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭 : FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디나토-N,C^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭 : Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}}이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : FIr(acac))와 같은 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기 금속 이리듐 착체를 들 수 있다. 또한, 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성과 발광 효율도 뛰어나기 때문에 특히 바람직하다. 또한, 녹색발광의 인광 물질의 예로서는 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(mppm)₃), 트리스(4-t-부틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[6-(2-노르보르닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(mpppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(dppm)₂(acac))과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토나토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(mppr-Me)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(mppr-iPr)₂(acac))과 같은 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭 : Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(ppy)₂(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(bzq)₂(acac)), 트리스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(bzq)₃), 트리스(2-페닐퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭 :

Ir(pq)₃), 비스(2-페닐퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(pq)₂(acac))와 같은 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭 : Tb(acac)₃(Phen))과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 적색 발광의 인광 물질의 예로서는 (다이아이소부틸릴메타나토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(5mdppm)₂(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토](다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(5mdppm)₂(dpm)), 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디나토](다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(dlnpm)₂(dpm))과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(tppr)₂(acac)), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)(다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(tppr)₂(dpm)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(Fdpq)₂(acac))과 같은 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭 : Ir(piq)₃), 비스(1-페닐아이소퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(piq)₂(acac))와 같은 아이소퀴놀린 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(ii)(약칭 : PtOEP)과 같은 백금 착체나, 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭 : Eu(DBM)₃(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭 : Eu(TTA)₃(Phen))과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 또한, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 매우 뛰어나기 때문에 특히 바람직하다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 좋은 적색 발광을 얻을 수 있기 때문에, 백색 발광 소자에 적용함으로써 연색성을 높일 수 있다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물도 청색~보라색 외 영역의 발광을 나타냄으로써, 발광 물질로서의 사용도 가능하다.

[0149] 또한, 위에 서술한 물질 외에 공지의 물질 중에서 선택해도 좋다.

[0150] 상기 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 이용하는 것이 적합하다.

[0151] 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 밴드 갭이 넓고, 높은 T₁ 준위를 갖기 때문에 청색의 형광 물질이나 녹색의 인광 물질 등, 에너지가 높은 발광을 나타내는 물질을 분산하는 호스트 재료로서 특히 적합하게 이용할 수 있다. 물론 청색보다 장파장의 형광을 발하는 물질이나 녹색보다 장파장의 인광을 발하는 물질 등을 분산하는 호스트 재료로서도 이용할 수 있다. 또한, 발광층에 인접하는 캐리어 수송층(바람직하게는 전자 수송층)을 구성하는 재료로서 이용해도 효율적이다. 상기 복소환 화합물이 넓은 밴드 갭 혹은 높은 T₁ 준위를 가짐으로써 발광 물질이 청색의 형광과 녹색의 인광 등, 에너지가 높은 발광을 나타내는 재료라 하더라도 호스트 재료 위에서 재결합한 캐리어의 에너지를 발광 물질에 유효하게 이동시키는 것이 가능해지고, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작하는 것이 가능하게 된다. 또한, 상기 복소환 화합물을 호스트 재료 또는 캐리어 수송층을 구성하는 재료로서 이용하는 경우 발광 물질로서는 상기 복소환 화합물보다 밴드 갭이 좁거나 혹은 일중항 준위나 T₁ 준위가 낮은 물질을 선택하는 것이 바람직하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0152] 또한, 상기 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격이 아릴렌기를 통하여 결합하는 복소환 화합물인 것이 넓은 밴드 갭 또는 높은 T₁ 준위를 실현하기 위해 유리하다. 또한, 상기 구조를 갖는 복소환 화합물은 증착한 막의 성질이 양호하고, 합성도 간편하게 행할 수 있다는 이점도 있다.

[0153] 또한, 실시형태 1에서 설명한 복소환 화합물(일반식(G1))으로 나타내어지는 복소환 화합물은 본 발명의 일형태의 복소환 화합물의 일부를 구성하는 보다 바람직한 형태이다.

[0154] 상기 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 호스트 재료로서 이용하지 않는 경우 호스트 재료로서는 공지의 재료를 사용할 수 있다.

[0155] 상기 호스트 재료로서 이용할 수 있는 재료를 아래에 예시한다. 전자 수송성을 갖는 재료로서는 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(II)(약칭 : BeBq), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭 : Alq), 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(II)(약칭 : Znq), 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀라토]아연(II)(약

칭 : ZnPB0), 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭 : ZnBTZ) 등의 금속 착체나, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭 : PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭 : TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭 : OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭 : CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤조이미다졸)(약칭 : TPBI), 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤조이미다졸(약칭 : mDBTBI-m-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 복소환 화합물이나, 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 : 2mDBTBDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭 : 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭 : 4,6mpnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조티에닐)페닐]피리미딘(약칭 : 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 다이아진 골격을 갖는 복소환 화합물이나, 3,5-비스(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭 : 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭 : TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 갖는 복소환 화합물을 들 수 있다. 상술한 것 중에서도, 다이아진 골격을 갖는 복소환 화합물과 피리딘 골격을 갖는 복소환 화합물은 신뢰성이 양호하며 바람직하다. 특히 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 복소환 화합물은 전자 수송성이 높고, 구동 전압 저감에도 기여한다. 또한, 상술한 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 전자 수송성이 비교적 크고, 전자 수송성을 갖는 재료로 분류된다.

[0156] 또한, 정공 수송성을 갖는 재료로서는 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭 : NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭 : TPD), 4,4'-비스[N-(스피로-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), 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]스피로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭 : PCBASF) 등의 방향족 아민 골격을 갖는 화합물이나, 1,3-비스(N-카바졸)벤젠(약칭 : mCP), CBP, 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭 : CzTP), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭 : PCCP) 등의 카바졸 골격을 갖는 화합물이나, 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), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭 : DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 갖는 화합물이나, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭 : DBF3P-II), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭 : mmDBFFLi-II) 등의 퓨란 골격을 갖는 화합물을 들 수 있다. 상술한 것 중에서도 방향족 아민 골격을 갖는 화합물이나 카바졸 골격을 갖는 화합물은 신뢰성이 양호하고, 또한 캐리어 수송성이 높고, 구동 전압 저감에도 기여하기 때문에 바람직하다.

[0157] 또한, 호스트 재료로서는 발광 물질이 인광 물질인 경우에는 상기 인광 물질의 T_1 준위보다 큰 T_1 준위를 갖는 물질을 선택하고, 형광 물질인 경우에는 상기 형광 물질보다 일중항의 밴드 갭이 큰 물질을 선택하는 것이 바람직하다. 또한, 발광층에는 호스트 재료와 인광 물질 외에 제 3 물질이 포함되어 있어도 좋다. 또한, 이 기재는 발광층에 호스트 재료, 인광 물질 및 제 3 물질 이외의 성분이 포함되어 있는 것을 배제하는 것은 아니다.

[0158] 여기서, 인광 물질을 이용한 경우에, 보다 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻기 위한 호스트 재료와 인광 물질의 에너지 이동에 대하여 고려한다. 캐리어의 재결합은 호스트 재료와 인광 물질 양쪽에서 행해지기 때문에 발광 효율의 향상을 위해서는 호스트 재료로부터 인광 물질로의 에너지 이동을 효율화할 필요가 있다.

[0159] 본 실시형태에서는 발광 물질로서 인광 물질을 이용한다. 인광 물질의 흡수 스펙트럼에서 가장 발광에 크게 기여한다고 생각되는 흡수대는 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 직접 천이에 상당하는 흡수대이고, 이는 가장 장파장측에 나타나는 흡수대이다. 그러므로, 호스트 재료의 발광 스펙트럼(형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼)은 인광 물질의 가장 장파장측의 흡수대와 중첩되는 것이 바람직하다.

[0160] 따라서, 발광층에 호스트 재료, 발광 물질 외에 제 3 물질을 포함하고, 호스트 재료 및 제 3 물질은 여기 착체(엑시플렉스(exciplex))라고도 함)를 형성하는 조합인 것이 바람직하다.

[0161] 이 경우, 발광층에서 캐리어(전자 및 홀)의 재결합 시에 호스트 재료와 제 3 물질은 여기 착체를 형성한다. 여기 착체의 형광 스펙트럼은 호스트 재료 단독 및 제 3 물질 단독의 형광 스펙트럼보다 장파장 측에 스펙트럼을

갖는 발광이 되기 때문에, 호스트 재료 및 제 3 물질의 T_1 준위를 인광 물질의 T_1 준위보다 높게 유지된 채 일층 항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 최대한으로 높일 수 있다. 또한, 여기 착체는 T_1 준위와 S_1 준위가 근접하여 있기 때문에, 형광 스펙트럼과 인광 스펙트럼이 거의 같은 위치에 존재한다. 따라서, 인광 물질의 일층항 기저 상태에서 삼중항 여기 상태로의 천이에 상당하는 흡수(게스트 분자의 가장 장파장측에 존재하는 넓은 흡수대)에 여기 착체의 형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼의 양쪽을 크게 중첩시키는 것도 가능하게 되기 때문에, 에너지 이동 효율이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0162] 제 3 물질로서는 호스트 재료로서 이용할 수 있는 상기 재료를 이용할 수 있다. 또한, 호스트 재료 및 제 3 물질은 여기 착체를 형성하는 조합이면 좋지만, 전자를 수취하기 쉬운 화합물(전자 수송성을 갖는 화합물)과, 홀을 수취하기 쉬운 화합물(정공 수송성을 갖는 화합물)을 조합하는 것이 바람직하다.

[0163] 전자 수송성을 갖는 화합물과 홀 수송성을 갖는 화합물로 호스트 재료와 제 3 물질을 구성하는 경우 그 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 제어할 수도 있다. 구체적으로는 호스트 재료 : 제 3 물질 = 1 : 9 ~ 9 : 1의 범위가 바람직하다. 또한, 이 때 한 종류의 발광 물질이 분산된 발광층을 2층으로 분할하고, 호스트 재료와 제 3 물질의 혼합 비율을 다르게 하는 구성으로 해도 좋다. 이로 인해 발광 소자의 캐리어 밸런스를 최적화할 수 있고, 수명을 향상시키는 것이 가능하게 된다. 또한, 한쪽의 발광층을 정공 수송성의 층으로 하고, 다른 한쪽의 발광층을 전자 수송성의 층으로 해도 좋다.

[0164] 이상과 같은 구성을 갖는 발광층은 복수의 재료로 구성되어 있는 경우, 진공 증착법에 의한 공증착 또는 혼합 용액으로서 잉크젯법이나 스핀코트법 또는 딥코트법 등을 이용하여 제작할 수 있다. 또한, 공증착이란 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

[0165] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층이다. 예를 들면, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 : Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 : Almq), BeBq₂, BA1q 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등으로 이루어진 층이다. 또한, 그 외에 ZnPBO 또는 ZnBTZ 등의 옥사졸계, 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등도 이용할 수 있다. 또한 금속 착체 이외에도 PBC, XD-7, TAZ, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen), 바스코프로인(약칭 : BCP) 등도 이용할 수 있다. 여기에 서술한 물질은 주로 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 또한, 정공보다 전자의 수송성이 높은 물질이라면, 상기 이외의 물질을 전자 수송층으로서 이용해도 된다.

[0166] 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 전자 수송층(114)을 구성하는 재료로서 이용해도 좋다. 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 밴드 갭이 넓고, T_1 준위가 높은 물질이기 때문에, 발광층에서 여기 에너지가 전자 수송층(114)으로 이동하는 것을 효과적으로 방지하고, 이것을 원인으로 하는 발광 효율의 저하를 억제하고, 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻는 것이 가능하게 된다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 캐리어 수송성이 뛰어나기 때문에, 구동 전압이 작은 발광 소자를 제공하는 것이 가능하게 된다.

[0167] 또한, 전자 수송층은 단층인 것뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층이 2층 이상 적층한 것으로 해도 좋다.

[0168] 또한, 전자 수송층과 발광층 사이에 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층을 제공해도 좋다. 이는 상술한 바와 같은 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 소량 첨가한 층으로, 전자 캐리어의 이동을 억제함으로써 캐리어 밸런스를 조절하는 것이 가능하게 된다. 이와 같은 구성은 발광층을 전자가 관통함으로써 발생하는 문제(예를 들면 소자 수명의 저하)의 억제에 큰 효과를 발휘한다.

[0169] 또한, 발광층의 호스트 재료와 전자 수송층을 구성하는 재료에는 공통된 골격이 존재하는 것이 바람직하다. 이로 인해 캐리어의 이동이 보다 원활해지고, 구동 전압을 저감시킬 수 있다. 또한 상기 호스트 재료와 전자 수송층을 구성하는 재료를 같은 물질로 구성하면 효과가 높다.

[0170] 또한, 전자 수송층(114)과 제 2 전극(102)과의 사이에 제 2 전극(102)에 접촉하여 전자 주입층(115)을 제공해도 좋다. 전자 주입층(115)으로서는 리튬, 칼슘, 불화 리튬(LiF), 불화 세슘(CsF), 불화 칼슘(CaF₂) 등을 이용할 수 있다. 또한, 전자 수송성을 갖는 물질과 상기 물질에 대하여 전자 공여성을 갖는 물질(이하, 전자 공여성 물질로 약칭)과의 복합 재료를 이용할 수도 있다. 전자 공여성 물질로서는 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속 또는 이들의 화합물을 들 수 있다. 또한, 전자 주입층(115)으로서 이와 같은 복합 재료를 이용함으로써, 제 2 전극(102)으로부터의 전자 주입이 효율적으로 행해지기 때문에 보다 바람직한 구성이 된다. 이 구성으로 함으로써 음극으로써 일함수가 작은 재료뿐만 아니라 그 외의 도전 재료를 이용하는 것도 가능하게 된다.

- [0171] 음극으로써 기능하는 전극을 형성하는 물질로서는 일함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들 혼합물 등을 이용할 수 있다. 이와 같은 음극 재료의 구체예로서는 원소 주기표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 즉 리튬(Li)이나 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등 및 이들을 포함하는 합금(MgAg, AlLi)이나 유로퓸(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속 및 이들을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. 그러나 제 2 전극(102)과 전자 수송층과의 사이에 전자 주입층을 제공함으로써, 일함수의 대소에 관계없이, Al, Ag, ITO, 규소 혹은 산화 규소를 함유한 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전성 재료를 제 2 전극(102)으로서 이용할 수 있다. 이들 도전성 재료는 스퍼터링법이나 잉크젯법, 스펀코트법 등을 이용하여 성막하는 것이 가능하다.
- [0172] 또한, EL층(103)의 형성 방법으로서는 건식법, 습식법 상관없이 다양한 방법을 이용할 수 있다. 예를 들면, 진공 증착법, 잉크젯법 또는 스펀코트법 등을 이용해도 된다. 또한 각 전극 또는 각 층마다 다른 성막 방법을 이용하여 형성해도 된다.
- [0173] 전극에 대해서도 졸-겔법이나 금속 재료의 페이스트를 이용하여 습식법으로 형성해도 좋다. 또한, 스퍼터링법이나 진공 증착법 등의 건식법을 이용하여 형성해도 좋다.
- [0174] 또한, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)과의 사이에 제공되는 EL층의 구성은 상기의 것에는 한정되지 않는다. 그러나, 발광 영역과 전극 또는 캐리어 주입층에 이용되는 금속이 근접함으로써 생기는 소광이 억제되도록 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)으로부터 떨어진 부위에 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역을 제공하는 구성이 바람직하다.
- [0175] 또한, 직접 발광층에 접촉하는 정공 수송층이나 전자 수송층, 특히 발광층(113)에서 발광 영역에 가까운 쪽에 접촉하는 캐리어 수송층은 발광층에서 생성한 여기자로부터의 에너지 이동을 억제하기 위해 밴드 갭이 발광층에 포함되는 발광 물질의 밴드 갭보다 큰 물질로 구성하는 것이 바람직하다.
- [0176] 이상과 같은 구성을 갖는 발광 소자는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)과의 사이에 부여되는 전위차에 의해 전류가 흐르고, 발광성이 높은 물질을 포함하는 층인 발광층(113)에서 정공과 전자가 재결합하여, 발광하는 것이다. 즉 발광층(113)에 발광 영역이 형성되는 구성으로 되어 있다.
- [0177] 발광은 제 1 전극(101) 또는 제 2 전극(102) 중 어느 한쪽 또는 양쪽을 통해 외부에 추출된다. 따라서, 제 1 전극(101) 또는 제 2 전극(102) 중 어느 한쪽 또는 양쪽은 투광성을 갖는 전극으로 이루어진다. 제 1 전극(101)만이 투광성을 갖는 전극인 경우, 발광은 제 1 전극(101)을 통해 기판측으로부터 추출된다. 또한, 제 2 전극(102)만이 투광성을 갖는 전극인 경우, 발광은 제 2 전극(102)을 통해 기판과 반대측으로부터 추출된다. 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)이 모두 투광성을 갖는 전극인 경우, 발광은 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)을 통해 기판측 및 기판과 반대측의 양쪽으로부터 추출된다.
- [0178] 본 실시형태에서 발광 소자는, 밴드 갭이 큰 본 발명의 일형태의 복소환 화합물이 이용되기 때문에, 발광 물질이 밴드 갭이 크고, 청색의 형광을 나타내는 물질이나 녹색의 인광을 발하는 물질이어도 효율적으로 발광시킬 수 있고, 발광 효율이 양호한 발광 소자를 얻을 수 있게 된다. 그러므로, 보다 저소비 전력의 발광 소자를 제공하는 것이 가능하게 된다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 캐리어의 수송성이 뛰어나기 때문에 구동 전압이 작은 발광 소자를 제공하는 것이 가능하게 된다.
- [0179] (실시형태 4)
- [0180] 본 실시형태는 복수의 발광 유닛을 적층한 구성의 발광 소자(이하, 적층형 소자라고도 함)의 형태에 대하여, 도 1의 (B)를 참조하여 설명한다. 이 발광 소자는 제 1 전극과 제 2 전극과의 사이에 복수의 발광 유닛을 갖는 발광 소자이다. 하나의 발광 유닛은 실시형태 3에서 나타낸 EL층(103)과 같은 구성을 갖는다. 즉, 실시형태 3에서 나타낸 발광 소자는 하나의 발광 유닛을 갖는 발광 소자이고, 본 실시형태에서는 복수의 발광 유닛을 갖는 발광 소자라고 할 수 있다.
- [0181] 도 1의 (B)에서 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502)과의 사이에는 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)이 적층되어 있고, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)과의 사이에는 전하 발생층(513)이 제공되어 있다. 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502)은 각각 실시형태 3의 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)에 상당하고, 실시형태 3에서 설명한 것과 같은 것을 적용할 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)은 같은 구성이어도 다른 구성이어도 좋다.
- [0182] 전하 발생층(513)에는 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료가 포함되어 있다. 이 유기 화합물과 금속 산화

물의 복합 재료는 실시형태 3에 설명한 정공 주입층에 이용할 수 있는 복합 재료를 이용할 수 있다. 또한, 양극층의 계면이 전하 발생층에 접촉하고 있는 발광 유닛은 전하 발생층이 정공 수송층의 역할도 할 수 있기 때문에, 정공 수송층을 제공하지 않아도 좋다.

[0183] 또한, 전하 발생층(513)은 상기 복합 재료를 포함하는 층과 다른 재료에 의해 구성되는 층을 조합한 적층 구조로 형성해도 좋다. 예를 들면, 상기 복합 재료를 포함하는 층과, 전자 공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자 수송성이 높은 화합물을 포함하는 층을 조합하여 형성해도 좋다. 또한, 전하 발생층(513)은 상기 복합 재료를 포함하는 층과 투명 도전막을 조합하여 형성해도 좋다.

[0184] 어쨌든, 전하 발생층(513)은 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502)에 전압을 인가했을 때, 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 한쪽의 발광 유닛에 정공을 주입하는 것이면 좋다. 예를 들면, 도 1의 (B)에서 제 1 전극의 전위가 제 2 전극의 전위보다 높아지도록 전압을 인가한 경우, 전하 발생층(513)은 제 1 발광 유닛(511)에 전자를 주입하고, 제 2 발광 유닛(512)에 정공을 주입하는 것이면 좋다.

[0185] 본 실시형태에서는 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 설명했지만, 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 소자에 대해서도 마찬가지로 적용하는 것이 가능하다. 본 실시형태에 따른 발광 소자와 같이, 한쌍의 전극간에 복수의 발광 유닛을 전하 발생층으로 분할하여 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지한 채 고휘도 발광을 가능하게 하고, 더욱 수명이 긴 소자를 실현할 수 있다. 또한, 저전압 구동이 가능하고 소비 전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.

[0186] 또한, 각각의 발광 유닛의 발광색을 다른 것으로 함으로써, 발광 소자 전체적으로 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들면, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에서 제 1 발광 유닛의 발광색과 제 2 발광 유닛의 발광색을 보색의 관계가 되도록 함으로써 발광 소자 전체적으로 백색 발광하는 발광 소자를 얻는 것도 가능하다. 또한, 보색이란 혼합하면 무채색이 되는 색끼리의 관계를 말한다. 즉, 보색의 관계에 있는 색을 발광하는 물질로부터 얻어진 빛을 혼합하면 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 3개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자의 경우라도 마찬가지로, 예를 들면 제 1 발광 유닛의 발광색이 적색이고, 제 2 발광 유닛의 발광색이 녹색이고, 제 3 발광 유닛의 발광색이 청색인 경우, 발광 소자 전체적으로는 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 한쪽의 발광 유닛에서는 인광 물질을 이용한 발광층을, 다른 한쪽의 발광 유닛에서는 형광 물질을 이용한 발광층을 적용함으로써, 1개의 발광 소자에서 형광, 인광의 양쪽을 효율적으로 얻을 수 있다. 예를 들면, 한쪽의 발광 유닛에서는 적색과 녹색의 인광을 얻고, 다른 한쪽의 발광 유닛에서는 청색의 형광을 얻음으로써, 발광 효율이 양호한 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0187] 본 실시형태의 발광 소자는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함함으로써, 발광 효율이 양호한 발광 소자로 할 수 있다. 또한, 구동 전압이 작은 발광 소자로 할 수 있다. 또한, 상기 복소환 화합물이 포함되는 발광 유닛은 발광 물질에 유래한 빛을 얻을 수 있기 때문에, 발광 소자 전체적으로 색의 조정이 용이해진다.

[0188] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태 및 실시예와 적절히 조합할 수 있다.

[0189] (실시형태 5)

[0190] 본 실시형태에서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 이용한 발광 장치에 대하여 설명한다.

[0191] 본 실시형태에서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 이용하여 제작된 발광 장치의 일례에 대하여 도 3을 이용하여 설명한다. 또한, 도 3의 (A)는 발광 장치를 나타내는 상면도, 도 3의 (B)는 도 3의 (A)를 A-B 및 C-D로 절단한 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 소자의 발광을 제어하는 것으로서 점선으로 나타내어진 구동 회로부(소스측 구동 회로)(601), 화소부(602), 구동 회로부(게이트측 구동 회로)(603)를 포함하고 있다. 또한, 604는 밀봉 기관, 605는 실재이고, 실재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)으로 되어 있다.

[0192] 또한, 리드 배선(608)은 소스측 구동 회로(601) 및 게이트측 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이고, 외부 입력 단자가 되는 FPC(플렉서블 프린트 서킷)(609)로부터 비디오 신호, 클록 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 받는다. 또한, 여기서는 FPC만 도시했지만, 이 FPC에는 프린트 배선 기관(PWB)이 부착되어 있어도 좋다. 본 명세서에서 발광 장치에는 발광 장치 본체뿐만 아니라 이것에 FPC 혹은 PWB가 부착된 상태도 포함하는 것으로 한다.

[0193] 다음으로, 단면 구조에 대하여 도 3의 (B)를 이용하여 설명한다. 소자 기관(610) 위에는 구동 회로부(601), 구동 회로부(603), 및 화소부(602)가 형성되어 있지만, 여기서는 구동 회로부인 소스측 구동 회로(601)와, 화소부

(602) 중 1개의 화소가 도시되어 있다.

- [0194] 또한, 소스측 구동 회로(601)는 n채널형 트랜지스터(623)와 p채널형 트랜지스터(624)를 조합한 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 다양한 CMOS 회로, PMOS 회로 혹은 NMOS 회로로 형성해도 좋다. 또한, 본 실시형태에서는 기관 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내지만 반드시 그럴 필요는 없고, 구동 회로를 기관 위가 아닌 외부에 형성할 수도 있다. 또한, 트랜지스터는 스테거형이어도 좋고, 역스테거형이어도 좋다. 트랜지스터를 구성하는 반도체층의 재료로서는 실리콘(Si) 및 게르마늄(Ge) 등의 원소 주기표에서 제 14 족 원소, 갈륨 비소 및 인듐 인 등의 화합물, 및 산화 아연 및 산화 주석 등의 산화물 등, 반도체 특성을 나타내는 물질이라면 어떠한 재료를 이용해도 좋다. 반도체 특성을 나타내는 산화물(산화물 반도체)로서는 인듐, 갈륨, 알루미늄, 아연 및 주석으로부터 선택한 원소의 복합 산화물을 이용할 수 있다. 예를 들면, 산화 아연(ZnO), 산화 아연을 포함하는 산화 인듐(Indium Zinc Oxide), 및 산화 인듐, 산화 갈륨 및 산화 아연으로 이루어지는 산화물(IGZO: Indium Gallium Zinc Oxide)을 그 예로 들 수 있다. 또한, 유기 반도체를 이용해도 좋다. 상기 반도체층은 결정질 구조, 비결정질 구조 중 어느 구조여도 좋다. 또한, 결정질 구조의 반도체층의 구체예로서는 단결정 반도체, 다결정 반도체, 혹은 미결정 반도체를 들 수 있다.
- [0195] 또한, 화소부(602)는 스위칭용 트랜지스터(611)와 전류 제어용 트랜지스터(612)와 그 드레인 에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소에 의해 형성된다. 또한, 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연물(614)이 형성되어 있다. 여기서는 포지티브형 감광성 수지막을 이용함으로써 형성할 수 있다.
- [0196] 또한, 위에 형성되는 막의 커버리지를 양호한 것으로 하기 위해, 절연물(614)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 면이 형성되도록 한다. 예를 들면, 절연물(614)의 재료로서 포지티브형의 감광성 아크릴을 이용한 경우, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경($0.2\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$)을 갖는 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 또한, 절연물(614)로서 네거티브형의 감광 재료, 혹은 포지티브형의 감광 재료 모두 사용할 수 있다.
- [0197] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616), 및 제 2 전극(617)이 각각 형성되어 있다. 여기서, 제 1 전극(613)에 이용하는 재료로서는 실시형태 3에서 기술한 재료를 이용할 수 있다. 예를 들면, 질화 티탄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과의 적층, 질화 티탄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화 티탄막과의 3층 구조 등을 이용할 수 있다. 또한, 적층 구조로 하면 배선으로서의 저항도 낮고, 양호한 옴 콘택트(ohmic contact)를 취할 수 있으며 양극으로서도 기능시킬 수 있다.
- [0198] 또한, EL층(616)은 증착 마스크를 이용한 증착법, 잉크젯법, 스핀코트법 등의 다양한 방법에 의해 형성된다. EL층(616)은 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하고 있다. 또한, EL층(616)을 구성하는 다른 재료로서는 저분자 화합물, 또는 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머를 포함함)이어도 좋다.
- [0199] 제 2 전극(617)에 이용하는 재료로서는 실시형태 3에서 기술한 재료를 이용할 수 있다. 또한, EL층(616)에서 생긴 빛이 제 2 전극(617)을 투과시키는 경우에는 제 2 전극(617)으로서 막 두께를 얇게 한 금속 박막과 투명 도전막(ITO, 2~20wt%의 산화 아연을 포함하는 산화 인듐, 규소를 함유한 인듐 주석 산화물, 산화 아연(ZnO) 등)의 적층을 이용하는 것이 좋다.
- [0200] 또한, 제 1 전극(613), EL층(616), 제 2 전극(617)에 의해 발광 소자(618)가 형성되어 있다. 상기 발광 소자는 실시형태 3 또는 실시형태 4의 구성을 갖는 발광 소자이다. 또한, 화소부(602)는 복수의 발광 소자가 형성되어 이루어져 있지만, 본 실시형태의 발광 장치에서는 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 구성을 갖는 발광 소자와 그 이외의 구성을 갖는 발광 소자 양쪽이 포함되어 있어도 좋다.
- [0201] 또한 실재(605)로 밀봉 기관(604)을 소자 기관(610)에 불임으로써, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 구비된 구조로 되어 있다. 또한, 공간(607)에는 충전제가 충전되어 있고, 불활성 기체(질소 또는 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에, 수지 혹은 건조재 또는 그 양쪽 모두가 충전되는 경우도 있다.
- [0202] 또한, 실재(605)에는 에폭시계 수지나 글래스 프리트(glass frit)를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 이들 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한, 밀봉 기관(601)이나 밀봉 기관(604)에 이용하는 재료로서 유리 기관이나 석영 기관 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐플루오라이드), 폴리에스터 또는 아크릴 등으로 이루어진 플라스틱 기관을 이용할 수 있다.
- [0203] 이상과 같이 하여, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 이용하여 제작된 발광 장치를 얻을 수 있다.

- [0204] 도 4에는 백색을 나타내는 발광 소자를 형성하고, 착색층(컬러 필터) 등을 제공함으로써 풀 컬러화된 발광 장치의 예를 나타낸다. 도 4의 (A)에는 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006), 게이트 전극(1007), 게이트 전극(1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024W), 제 1 전극(1024R), 제 1 전극(1024G), 제 1 전극(1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 실재(1032) 등이 도시되어 있다.
- [0205] 또한, 도 4의 (A)에서는 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))은 투명한 기재(1033)에 제공하고 있다. 또한, 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)을 더 제공해도 좋다. 착색층 및 흑색층이 제공된 투명한 기재(1033)는 기관(1001)에 고정한다. 또한, 착색층 및 흑색층은 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 또한, 도 4의 (A)에서는 빛이 착색층을 투과하지 않고 외부로 나가는 발광 영역(1044W)과, 각 색의 착색층을 투과하여 외부로 빛이 나오는 발광 영역(1044R), 발광 영역(1044B), 발광 영역(1044G)이 있고, 착색층을 투과하지 않는 빛은 백색, 착색층을 투과하는 빛은 적색, 청색, 녹색이 되기 때문에 4색의 화소로 영상을 표현할 수 있다.
- [0206] 도 4(B)에서는 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))을 게이트 절연막(103)과 제 1 층간 절연막(1020)과의 사이에 형성하는 예를 도시했다. 이와 같이, 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031)의 사이에 제공되어 있어도 좋다.
- [0207] 또한, 이상에 설명한 발광 장치에서는 트랜지스터가 형성되어 있는 기관(1001)측으로 빛을 꺼내는 구조(보텀 에미션형)의 발광 장치로 했지만, 밀봉 기관(1031)측으로 발광을 꺼내는 구조(탑 에미션형)의 발광 장치로 해도 좋다. 탑 에미션형의 발광 장치의 단면도를 도 5에 나타낸다. 이 경우 기관(1001)은 빛을 투과하지 않는 기관을 이용할 수 있다.
- [0208] 제 1 전극(1024W), 제 1 전극(1024R), 제 1 전극(1024G), 제 1 전극(1024B)은 반사 전극이다. EL층(1028)의 구성은 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 바와 같은 구성으로 하고, 백색의 발광을 얻을 수 있는 소자 구조로 한다.
- [0209] 예를 들면, 발광층을 복수층 이용하는 것, 복수의 발광 유닛을 이용하는 것 등에 의해 실현하면 좋다.
- [0210] 도 5와 같은 탑 에미션 구조에서는 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))을 제공한 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 행할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소와 화소 사이에 위치하도록 흑색층(1035)을 제공해도 좋다. 착색층이나 흑색층은 오버코트층에 의해 덮여 있어도 좋다. 또한 밀봉 기관(1031)은 투광성을 갖는 기관을 이용한다.
- [0211] 또한, 여기서는 적색, 녹색, 청색, 백색의 4색으로 풀 컬러 표시를 행하는 예를 나타냈지만 특별히 한정되지 않고, 적색, 녹색, 청색의 3색으로 풀 컬러 표시를 행해도 좋다.
- [0212] 본 실시형태에서 발광 장치는 실시형태 3 또는 실시형태 4에 기재한 발광 소자(본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자)를 이용하고 있기 때문에, 양호한 특성을 구비한 발광 장치를 얻을 수 있다. 구체적으로는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물은 넓은 밴드 갭을 가지고, 발광 물질로부터의 에너지의 이동을 억제하는 것이 가능하기 때문에 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있고, 따라서 소비 전력이 저감된 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물의 캐리어 수송성이 높기 때문에 구동 전압이 작은 발광 소자를 얻을 수 있고, 구동 전압이 작은 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0213] 여기까지는 액티브 매트릭스형의 발광 장치에 대하여 설명했지만, 이하부터는 패시브 매트릭스형의 발광 장치에 대하여 설명한다. 도 6에는 본 발명을 적용하여 제작한 패시브 매트릭스형의 발광 장치를 나타낸다. 또한, 도 6의 (A)는 발광 장치를 나타내는 사시도이고, 도 6의 (B)는 도 6의 (A)를 X-Y로 절단한 단면도이다. 도 6에서 기관(951) 위의 전극(952)과 전극(956)과의 사이에는 EL층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 그리고 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽은 기관면에 가까워짐에 따라 한쪽의 측벽과 다른 한쪽의 측벽의 간격이 좁아지도록 경사를 갖는다. 즉, 격벽층(954)의 단변 방향의 단면은 사다리꼴 형상이고, 저변(절연층(953)과 접촉하는 변)이 상변(절연층(953)과 접촉하지 않는 변)보다 짧다. 이와 같이, 격벽층(954)을 제공함으로써, 크로스토크(crosstalk)에 기인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다. 또한, 패시브 매트릭스형의 발광 장치에서도 저구동 전압으로 동작하는 실시형태 3 또는 실시형태 4에 기재한 발광 소자(본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자)를 가짐으로써 저소비 전력으로 구동시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 갖는 발광 효율이 높은 발광 소자(실

시형태 3 또는 실시형태 4에 기재한 발광 소자)를 포함함으로써 저소비 전력으로 구동시킬 수 있다.

- [0214] 이상, 설명한 발광 장치는 매트릭스 형상으로 배치된 다수의 미소한 발광 소자를 각각 제어하는 것이 가능하기 때문에, 화상의 표현을 행하는 표시 장치로서 적합하게 이용할 수 있는 발광 장치이다.
- [0215] (실시형태 6)
- [0216] 본 실시형태에서는 실시형태 3 또는 실시형태 4에 나타내는 발광 소자를 그 일부에 포함하는 전자 기기, 및 조명 장치에 대하여 설명한다. 실시형태 3 또는 실시형태 4에 기재한 발광 소자는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 포함하여, 소비 전력이 저감되고, 그 결과, 표시부를 갖는 상기 전자 기기, 및 조명 장치의 소비 전력을 저감하는 것이 가능하다. 또한, 실시형태 3 또는 실시형태 4에 기재한 발광 소자는 구동 전압이 작은 발광 소자이기 때문에 구동 전압이 작은 전자 기기, 조명 장치로 하는 것이 가능하다.
- [0217] 상기 발광 소자를 적용한 전자 기기로서 예를 들면, 텔레비전 장치(텔레비전 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 디지털 포토프레임, 휴대 전화기(휴대 전화, 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 슬롯 머신 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다. 이들 전자 기기의 구체예를 아래에 나타낸다.
- [0218] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 나타낸다. 텔레비전 장치는 하우징(7101)에 표시부(7103)가 내장되어 있다. 또한, 여기서는 스탠드(7105)에 의해 하우징(7101)을 지지한 구성을 나타내고 있다. 표시부(7103)에 의해 영상을 표시하는 것이 가능하고, 표시부(7103)는 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 것과 같은 발광 소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 구성되어 있다.
- [0219] 텔레비전 장치의 조작은 하우징(7101)이 구비하는 조작 스위치나 별체의 리모콘 조작기(7110)에 의해 행할 수 있다. 리모콘 조작기(7110)가 구비하는 조작 키(7109)에 의해 채널이나 음량을 조작할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한, 리모콘 조작기(7110)에, 상기 리모콘 조작기(7110)로부터 출력되는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 제공하는 구성으로 해도 좋다.
- [0220] 또한, 텔레비전 장치는 수신기나 모뎀 등을 구비한 구성으로 한다. 수신기에 의해 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있고, 또한 모뎀을 통해 유선 또는 무선에 의한 통신 네트워크에 접속함으로써, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 간, 혹은 수신자끼리 등)의 정보 통신을 행하는 것도 가능하다.
- [0221] 도 7의 (B)는 컴퓨터이고, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 또한, 이 컴퓨터는 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 것과 마찬가지로의 발광 소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 표시부(7203)에 이용함으로써 제작된다.
- [0222] 도 7의 (C)는 휴대형 유기기이고, 하우징(7301)과 하우징(7302)의 2개의 하우징으로 구성되어 있고, 연결부(7303)에 의해 개폐 가능하도록 연결되어 있다. 하우징(7301)에는 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 것과 마찬가지로의 발광 소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 제작된 표시부(7304)가 내장되고, 하우징(7302)에는 표시부(7305)가 내장되어 있다. 또한, 도 7의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기는 그 외, 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작 키(7309), 접속 단자(7310), 마이크로폰(7312)), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 빛, 액, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 강도, 전장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정 혹은 감지하는 기능을 포함하는 것) 등을 구비하고 있다. 물론 휴대형 유기기의 구성은 상술한 것에 한정되지 않고, 적어도 표시부(7304) 및 표시부(7305) 양쪽 또는 한쪽에 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 것과 마찬가지로의 발광 소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 제작된 표시부를 이용하고 있으면 좋고, 그 외 부속 설비가 적절히 제공된 구성으로 할 수 있다. 도 7의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기는 기록 매체에 기록되어 있는 프로그램 또는 데이터를 관독하여 표시부에 표시하는 기능이나, 다른 휴대형 유기기와 무선 통신을 행하여 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 또한, 도 7의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기가 갖는 기능은 이에 한정되지 않고, 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0223] 도 7의 (D)는 휴대 전화기의 일례를 나타낸다. 휴대 전화기는 하우징(7401)에 내장된 표시부(7402) 외에, 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크(7406) 등을 구비하고 있다. 또한, 휴대 전화기(7400)는 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 것과 마찬가지로의 발광 소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 제작된 표시부(7402)를 가지고 있다. 또한, 구동 전압이 작은 발광 소자로 하는 것이 가능하다. 그러므로, 상기 발광 소자로 구성되는 표시부(7402)를 갖는 휴대 전화기는 소비 전력이 저감된 휴대 전화기로 할 수 있다. 또

한, 구동 전압이 작은 휴대 전화기로 하는 것이 가능하다.

- [0224] 도 7의 (D)에 나타내는 휴대 전화기는 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 정보를 입력할 수 있는 구성으로 할 수도 있다. 이 경우 전화를 걸거나, 혹은 메일을 작성하는 등의 조작은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 행할 수 있다.
- [0225] 표시부(7402)의 화면은 주로 3개의 모드가 있다. 제 1은 화상의 표시를 주로 하는 표시 모드이고, 제 2는 문자 등의 정보의 입력을 주로 하는 입력 모드이다. 제 3은 표시 모드와 입력 모드의 2개의 모드가 혼합된 표시+입력 모드이다.
- [0226] 예를 들면, 전화를 걸거나, 혹은 메일을 작성하는 경우는 표시부(7402)를 문자의 입력을 주로 하는 문자 입력 모드로 하고, 화면에 표시한 문자의 입력 조작을 행하면 좋다. 이 경우 표시부(7402)의 화면의 대부분에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0227] 또한, 휴대 전화기 내부에 자이로스코프, 가속도 센서 등의 기울기를 검출하는 센서를 갖는 검출 장치를 제공함으로써, 휴대 전화기의 방향(세로인지 가로인지)를 판단하여 표시부(7402)의 화면 표시를 자동적으로 전환하도록 할 수 있다.
- [0228] 또한, 화면 모드의 전환은 표시부(7402)를 터치하는 것, 또는 하우스징(7401)의 조작 버튼(7403)의 조작에 의해 행해진다. 또한, 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 전환하도록 할 수도 있다. 예를 들면, 표시부에 표시하는 화상 신호가 동영상의 데이터라면 표시 모드, 텍스트 데이터라면 입력 모드로 전환한다.
- [0229] 또한, 입력 모드에서 표시부(7402)의 광센서에 의해 표시부(7402)의 터치 조작에 의한 입력이 일정 기간 없다고 판단된 경우에는 화면 모드를 입력 모드에서 표시 모드로 전환하도록 제어해도 좋다.
- [0230] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능시킬 수도 있다. 예를 들면, 표시부(7402)에 손바닥이나 손가락으로 터치하고, 장문, 지문 등을 촬상함으로써 본인 인증을 행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 발광하는 백라이트 또는 근적외광을 발광하는 센싱용 광원을 이용하면 지정맥, 장정맥 등을 촬상할 수도 있다.
- [0231] 또한, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 광원 장치에 이용할 수 있다. 그 일형태를 도 8을 이용하여 설명한다. 또한, 광원 장치는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 빛의 조사 수단으로서 가지고, 또한 적어도 상기 발광 소자에 전류를 공급하는 입출력 단자부를 갖는 것으로 한다.
- [0232] 도 8은 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 백라이트에 적용한 액정 표시 장치의 일레이다. 도 8에 도시한 액정 표시 장치는 하우스징(901), 액정층(902), 백라이트(903), 하우스징(904)을 가지고, 액정층(902)은 드라이버 IC(905)와 접속되어 있다. 또한, 백라이트(903)에는 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자가 이용되고 있고, 단자(906)에 의해 전류가 공급되고 있다.
- [0233] 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 액정 표시 장치의 백라이트에 적용함으로써 소비 전력이 저감된 백라이트가 얻어진다. 또한, 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 이용함으로써 면 발광의 조명 장치를 제작할 수 있고, 또한 대면적화도 가능하다. 이로 인해 백라이트의 대면적화가 가능하고, 액정 표시 장치의 대면적화도 가능하게 된다. 또한 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 적용한 백라이트는 발광 장치는 종래와 비교하여 두께를 작게 할 수 있기 때문에, 표시 장치의 박형화도 가능하게 된다.
- [0234] 도 9는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 조명 장치인 전기 스탠드에 이용한 예이다. 도 9에 나타내는 전기 스탠드는 하우스징(2001)과 광원(2002)을 가지고, 광원(2002)으로서 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자가 이용되고 있다.
- [0235] 도 10은 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 실내의 조명 장치(3001)에 적용한 예이다. 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 소비 전력이 저감된 발광 소자이기 때문에, 소비 전력이 저감된 조명 장치로 할 수 있다. 또한, 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 대면적화가 가능하기 때문에, 대면적의 조명 장치로서 이용할 수 있다. 또한, 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 두께가 작기 때문에, 박형화된 조명 장치를 제작하는 것이 가능하게 된다.
- [0236] 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 자동차의 프론트 유리나 대시보드에도 탑재할 수 있다. 도 11에 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 자동차의 프론트 유리나 대시보드에 이용하는 일형태를 나타낸다. 표시 영역(5000) 내지 표시 영역(5005)에는 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자가 제공되

어 있다.

- [0237] 표시 영역(5000)과 표시 영역(5001)은 자동차의 프론트 유리에 제공된 표시 영역이다. 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 제 1 전극과 제 2 전극을 투광성을 갖는 전극으로 제작함으로써 반대측이 비치 보이는, 이른바 시스루(see-through) 상태의 표시 장치로 할 수 있다. 시스루 상태의 표시라면 자동차의 프론트 유리에 설치한다고 해도 시야에 방해되는 일 없이 설치할 수 있다. 또한, 구동을 위해 트랜지스터 등을 제공하는 경우에는 유기 반도체 재료에 의한 유기 트랜지스터나 산화물 반도체를 이용한 트랜지스터 등, 투광성을 갖는 트랜지스터를 이용하면 좋다.
- [0238] 표시 영역(5002)은 필터 부분에 제공된 표시 영역이다. 표시 영역(5002)에는 차체에 제공된 촬상 수단으로부터의 영상을 비춰 내는 것에 의해 필터로 차단된 시야를 보완할 수 있다. 또한, 마찬가지로 대시보드 부분에 제공된 표시 영역(5003)은 차체에 의해 가로막힌 시야를 자동차의 외측에 제공된 촬상 수단으로부터의 영상을 비춰 내는 것에 의해 사각을 보완하고, 안전성을 높일 수 있다. 보이지 않는 부분을 보완하도록 영상을 비춰 내는 것에 의해 보다 자연스럽고 위화감 없이 안전 확인을 행할 수 있다.
- [0239] 표시 영역(5004)과 표시 영역(5005)은 내비게이션 정보, 스피드 미터, 타코미터, 주행 거리, 급유량, 기어 상태, 에어컨 설정 등을 표시함으로써 다양한 정보를 제공할 수 있다. 사용자의 취향에 맞춰 그 표시 항목이나 레이아웃을 변경할 수 있다. 또한, 이들 정보는 표시 영역(5000) 내지 표시 영역(5003)에도 표시시킬 수 있다. 또한, 표시 영역(5000) 내지 표시 영역(5005)은 조명 장치로서 이용하는 것도 가능하다.
- [0240] 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자는 상기 복소환 화합물을 포함함으로써 구동 전압이 작은 발광 소자로 할 수 있고, 또는 소비 전력이 작은 발광 장치로 할 수 있다. 이것으로부터, 표시 영역(5000) 내지 표시 영역(5005)은 큰 화면을 많이 제공해도 배터리에 부하가 걸리는 일이 적고, 쾌적하게 사용할 수 있기 때문에 상기 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 이용한 발광 장치 또는 조명 장치는 차량 탑재용 발광 장치 또는 조명 장치로서 적합하게 이용할 수 있다.
- [0241] 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)는 반으로 접을 수 있는 태블릿형 단말의 일례이다. 도 12의 (A)는 펼친 상태이고, 태블릿형 단말은 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 전환 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 절전 모드 전환 스위치(9036), 물림쇠(9033), 조작 스위치(9038)를 갖는다. 또한, 상기 태블릿 단말은 상기 복소환 화합물을 이용한 발광 소자를 구비한 발광 장치를 표시부(9631a), 표시부(9631b) 중 한쪽 또는 양쪽에 이용함으로써 제작된다.
- [0242] 표시부(9631a)는 일부를 터치 패널 영역(9632a)으로 할 수 있고, 표시된 조작 키(9637)를 터치함으로써 데이터를 입력할 수 있다. 또한, 표시부(9631a)에서는 일례로서 반의 영역이 표시 기능만을 갖는 구성, 나머지 반의 영역이 터치 패널의 기능을 갖는 구성을 나타내고 있지만, 이 구성에 한정되지 않는다. 표시부(9631a)의 모든 영역이 터치 패널의 기능을 갖는 구성으로 해도 좋다. 예를 들면, 표시부(9631a)의 전면을 키보드 버튼 표시시켜 터치 패널로 하고, 표시부(9631b)를 표시 화면으로서 이용할 수 있다.
- [0243] 또한, 표시부(9631b)에서도 표시부(9631a)와 마찬가지로 표시부(9631b)의 일부를 터치 패널 영역(9632b)으로 할 수 있다. 또한, 터치 패널의 키보드 표시 전환 버튼(9639)이 표시되어 있는 위치에 손가락이나 스타일러스 등으로 터치함으로써 표시부(9631b)에 키보드 버튼을 표시할 수 있다.
- [0244] 또한, 터치 패널 영역(9632a)과 터치 패널 영역(9632b)에 대하여 동시에 터치 입력할 수도 있다.
- [0245] 또한, 표시 모드 전환 스위치(9034)는 세로 표시 또는 가로 표시 등의 표시 방향의 전환, 흑백 표시나 컬러 표시의 전환 등을 선택할 수 있다. 절전 모드 전환 스위치(9036)는 태블릿형 단말에 내장되어 있는 광센서로 검출되는 사용 시의 외광의 광량에 따라 표시의 휘도를 최적의 것으로 할 수 있다. 태블릿형 단말은 광센서뿐만 아니라 자이로스코프, 가속도 센서 등의 기울기를 검출하는 센서 등의 다른 검출 장치를 내장시켜도 좋다.
- [0246] 또한, 도 12의 (A)에서는 표시부(9631b)와 표시부(9631a)의 표시 면적이 같은 예를 나타내고 있지만 특별히 한정되지 않고, 한쪽의 사이즈와 다른 한쪽의 사이즈가 달라도 좋고, 표시의 품질도 달라도 좋다. 예를 들면 한쪽이 다른 한쪽보다 세밀한 표시를 행할 수 있는 표시 패널로 해도 좋다.
- [0247] 도 12의 (B)는 접은 상태이고, 본 실시형태에서 태블릿형 단말에서는 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636)를 구비하는 예를 도시했다. 또한, 도 12의 (B)에서는 충방전 제어 회로(9634)의 일례로서 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636)를 갖는 구성에 대하여 도시하고 있다.
- [0248] 또한, 태블릿형 단말은 반으로 접을 수 있기 때문에, 미사용 시에 하우징(9630)을 접은 상태로 할 수 있다. 따

라서 표시부(9631a), 표시부(9631b)를 보호할 수 있기 때문에, 내구성이 뛰어나고, 장기 사용의 관점에서도 신뢰성이 뛰어난 태블릿형 단말을 제공할 수 있다.

[0249] 또한, 이외에도 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)에 도시한 태블릿형 단말은 다양한 정보(정지 화상, 동영상, 텍스트 화상 등)를 표시하는 기능, 캘린더, 날짜 또는 시각 등을 표시부에 표시하는 기능, 표시부에 표시한 정보를 터치 입력 조작 또는 편집하는 터치 입력 기능, 다양한 소프트웨어(프로그램)에 의해 처리를 제어하는 기능 등을 가질 수 있다.

[0250] 태블릿형 단말의 표면에 장착된 태양 전지(9633)에 의해 전력을 터치 패널, 표시부, 또는 영상 신호 처리부 등에 공급할 수 있다. 또한, 태양 전지(9633)는 하우징(9630)의 1면 또는 2면에 제공되어 있는 효율적인 배터리(9635)의 충전을 행하는 구성으로 할 수 있기 때문에 적합하다.

[0251] 또한, 도 12의 (B)에 나타내는 충방전 제어 회로(9634)의 구성 및 동작에 대하여 도 12의 (C)에 블록도를 도시하여 설명한다. 도 12의 (C)에는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치 SW1 내지 스위치 SW3, 표시부(9631)에 대하여 나타내고 있고, 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치 SW1 내지 스위치 SW3이 도 12의 (B)에 나타내는 충방전 제어 회로(9634)에 대응하는 부분이 된다.

[0252] 먼저 외광에 의해 태양 전지(9633)로 발전이 되는 경우의 동작예에 대하여 설명한다. 태양 전지로 발전한 전력은 배터리(9635)를 충전하기 위한 전압이 되도록 DCDC 컨버터(9636)로 승압 또는 강압하게 된다. 그리고 표시부(9631)의 동작에 태양 전지(9633)로 충전된 전력이 이용될 때에는 스위치 SW1을 온으로 하고, 컨버터(9638)로 표시부(9631)에 필요한 전압에 승압 또는 강압을 하게 된다. 또한, 표시부(9631)에서의 표시를 행하지 않을 때에는 SW1을 오프로 하고, SW2를 온으로 하여 배터리(9635)의 충전을 행하는 구성으로 하면 좋다.

[0253] 또한, 태양 전지(9633)에 대해서는 발전 수단의 일례로서 나타냈지만 발전 수단은 특별히 한정되지 않고, 압전 소자(피에조 소자) 또는 열전 변환 소자(펠티에 소자) 등의 다른 발전 수단에 의해 배터리(9635)의 충전을 행하는 구성이어도 좋다. 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전하는 무접점 전력 전송 모듈이나, 또는 다른 충전 수단을 조합하여 행하는 구성으로 해도 좋고, 발전 수단을 갖지 않아도 좋다. 또한, 상기 표시부(9631)를 구비하고 있다면 도 12에 도시한 형상의 전자 기기에 특별히 한정되지 않는다는 것은 말할 것도 없다.

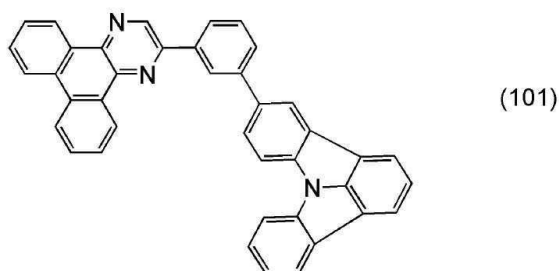
[0254] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은 실시형태 1 내지 실시형태 5에 도시한 구성을 적절히 조합하여 이용할 수 있다.

[0255] 이상과 같이, 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 바와 같은 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 포함하는 발광 소자를 구비한 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓고, 이 발광 장치를 다양한 분야의 전자 기기나 조명 장치에 적용하는 것이 가능하다. 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 이용함으로써 소비 전력이 낮고 구동 전압이 작은 전자 기기, 조명 장치를 얻을 수 있다.

[0256] [실시예 1]

[0257] 본 실시예에서는 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 갖는 복소환 화합물이고, 일반식(G1)으로 나타내어지는 복소환 화합물에 포함되는 하기 구조식(101)으로 나타내어지는 5-[3-(다이벤조[f,h]퀴녹살린-2-일)페닐]인돌로[3,2,1-jk]카바졸(약칭 : 2mIcPDBq)의 합성 방법 및 그 물성에 대하여 설명한다.

[0258] [구조식(101)]

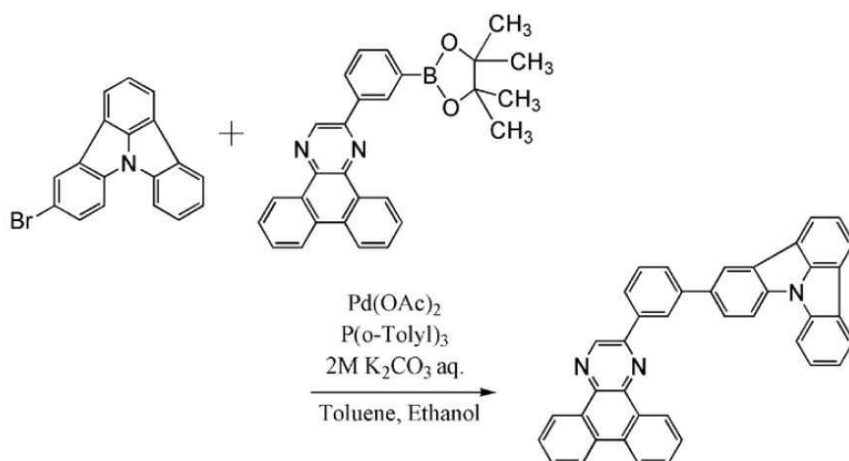


[0259]

[0260] < 합성 방법 >

[0261] 100mL 3구 플라스크에 5-브로모인돌로[3,2,1-jk]카바졸 0.92g(2.9mmol), 2-[3-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린 1.3g(3.0mmol), 트리스(2-메틸페닐)포스핀 0.10g(0.33mmol), 톨루엔 30mL, 에탄올 3mL, 2M의 탄산 칼륨 수용액 3mL를 더했다. 이 혼합물을 감압 하에서 교반함으로써 탈기하고, 플라스크 내를 질소 치환했다. 이 혼합물에 아세트산 팔라듐(II) 27mg(0.12mmol)을 더하고, 질소 기류 하, 80℃에서 6시간 교반했다. 반응 종료 후, 얻어진 혼합물을 실온까지 낮추고, 물과 톨루엔을 더하여 고체를 흡인 여과했다. 얻어진 고체의 메탄올 현탁액에 초음파를 조사하고, 고체를 흡인 여과했다. 얻어진 고체의 톨루엔 용액을 알루미늄, 셀라이트(와코 순약 공업 주식회사(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), 카탈로그 번호 : 531-16855, 이하 동일)를 통하여 흡인 여과하고, 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 또한 이 고체를 톨루엔에 의해 재결정을 행한 결과, 수량 1.1g, 수율 70%로 황색 분말을 얻었다. 본 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0262] [합성 스킴]



[0263]

[0264] 얻어진 2mIcPDBq의 분말 1.1g을 트레인 서블리메이션법에 의해 승화 정제했다. 승화 정제는 압력 3.5Pa, 아르곤 유량 5.0mL/min의 조건으로, 2mIcPDBq를 310℃에서 가열하여 행하였다. 승화 정제 후 2mIcPDBq의 황색 분말을 1.0g, 회수율 95%로 얻었다.

[0265] 얻어진 물질의 ¹H NMR 데이터를 아래에 나타낸다.

[0266] ¹H NMR(CDCl₃, 300MHz) : δ = 7.41(td, J=7.8Hz, 0.9Hz, 1H), 7.59-7.68(m, 2H), 7.73-7.84(m, 5H), 7.91-8.21(m, 7H), 8.36(d, J=7.8Hz, 1H), 8.53(d, J=1.5Hz, 1H), 8.67-8.73(m, 3H), 9.28(dd, J=7.2Hz, 2.1Hz, 1H), 9.48(dd, J=7.5Hz, 2.4Hz, 1H), 9.52(s, 1H)

[0267] 또한, ¹H NMR 차트를 도 13의 (A), 및 도 13의 (B)에 나타낸다. 또한, 도 13의 (B)는 도 13의 (A)의 7.00ppm부터 10.0ppm의 범위를 확대하여 나타낸 차트이다. 측정 결과로부터, 목적물인 2mIcPDBq가 얻어진 것을 확인했다.

[0268] <<2mIcPDBq의 광물성>>

[0269] 다음으로, 2mIcPDBq의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 14의 (A)에, 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 14의 (B)에 나타낸다. 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(일본 분광 주식회사(JASCO Corporation)제, V550형)를 이용했다. 톨루엔 용액의 스펙트럼은 2mIcPDBq의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣어 측정했다. 또한, 박막의 스펙트럼은 2mIcPDBq를 석영 기판에 증착하여 샘플을 제작했다. 또한, 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 톨루엔만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 뺀 흡수 스펙트럼을 도시하고, 박막의 흡수 스펙트럼은 석영 기판의 흡수 스펙트럼을 뺀 흡수 스펙트럼을 도시했다.

[0270] 도 14의 (A)로부터, 2mIcPDBq의 톨루엔 용액은 374nm에 흡수 피크가 보이고, 발광의 피크는 406nm 및 387nm(여기 파장 363nm)였다. 또한, 도 14의 (B)로부터 2mIcPDBq의 박막은 382nm, 374nm, 309nm, 270nm, 241nm 및 208nm에 흡수 피크가 보이고, 발광의 피크는 474nm 및 457nm(여기 파장 377nm)였다. 이와 같이, 2mIcPDBq는 매우 단파장인 영역에 흡수 및 발광을 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0271] 또한, 박막 상태의 2mIcPDBq의 이온화 포텐셜의 값을 대기 중에서 광전자 분광법(리켄 계기사(Riken Keiki, Co., Ltd.)제, AC-3)으로 측정했다. 얻어진 이온화 포텐셜을 음의 값으로 환산한 결과, 2mIcPDBq의 HOMO 준위는 -5.92eV였다. 도 14의 (B)의 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터에서, 직접 천이를 가정한 Tauc 플롯으로부터 구한 2mIcPDBq의 흡수단은 3.07eV였다. 따라서, 2mIcPDBq의 고체 상태의 광학적 밴드 갭은 3.07eV로 추측되고, 앞서 얻은 HOMO 준위와 이 밴드 갭의 값으로부터 2mIcPDBq의 LUMO 준위가 -2.85eV로 추측할 수 있다. 이와 같이, 2mIcPDBq는 고체 상태에서 3.07eV의 넓은 밴드 갭을 가지고 있는 것을 알 수 있었다.

[0272] 또한, 2mIcPDBq를 액체 크로마토그래피 질량 분석(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 약칭 : LC/MS 분석)에 의해 분석했다.

[0273] LC/MS 분석은 워터즈사(Waters Corporation) 제 Acquity UPLC 및 워터즈사 제 Xevo G2 Tof MS를 이용하여 행하였다.

[0274] MS 분석에서는 일렉트로 스프레이 이온화법(ElectroSpray Ionization, 약칭 : ESI)에 의한 이온화를 행하였다. 이 때의 캐필러리 전압은 3.0kV, 샘플론 전압은 30V로 하고, 검출은 포지티브 모드에서 행하였다. 또한 이상의 조건으로 이온화된 성분을 충돌실(collision cell) 내에서 아르곤 gas와 충돌시켜 프록터트 이온에 해리시켰다. 아르곤을 충돌시킬 때의 에너지(충돌 에너지)는 50eV 및 70eV로 했다. 또한, 측정하는 질량 범위는 $m/z = 100 \sim 1200$ 으로 했다.

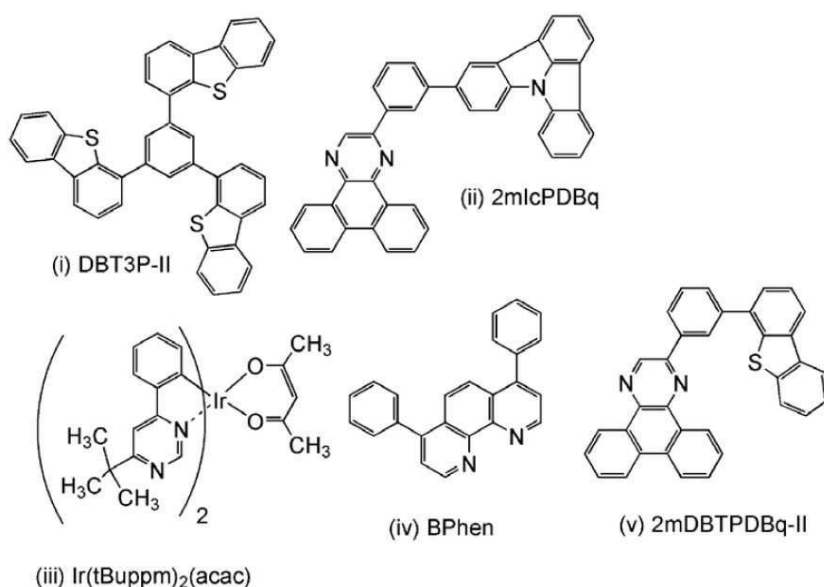
[0275] 결과를 도 15에 나타낸다. 도 15(A)는 충돌 에너지 50eV의 결과를, 도 15(B)는 충돌 에너지 70eV의 결과를 나타낸다.

[0276] [실시예 2]

[0277] 본 실시예에서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물인 2mIcPDBq를 황녹색의 인광을 발하는 발광 물질을 이용한 발광층에서 호스트 재료로서 이용한 발광 소자(발광 소자 1) 및 2mIcPDBq의 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격이 다이벤조싸이오펜 골격인 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II)을 발광 소자 1에서 2mIcPDBq 대신 이용한 발광 소자(비교 발광 소자 1)에 대하여 설명한다.

[0278] 또한, 본 실시예에서 이용한 유기 화합물의 분자 구조를 하기 구조식(i)~구조식(v)에 나타낸다. 소자 구조는 도 1의 (A)에서 채용된 구조이다.

[0279] [구조식(i)~구조식(v)]



[0280]

[0281] <<발광 소자 1의 제작>>

[0282] 먼저, 제 1 전극(101)으로서 110nm의 막 두께로 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)이 성막된 유리 기판을 준비했다. ITSO 표면을 표면의 2mm×2mm 면적이 노출되도록 주변을 폴리이미드막으로 덮고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다. 이 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간

간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다. 그 후, 10^{-4} Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판을 30분 정도 방랭했다.

[0283] 다음으로, ITS0가 형성된 면이 아래쪽이 되도록 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다.

[0284] 진공 장치 내를 10^{-4} Pa로 감압한 후, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭 : DBT3PII)과 산화 폴리브덴(VI)을 DBT3P-II : 산화 폴리브덴=4 : 2(중량비)가 되도록 공증착함으로써 정공 주입층(111)을 형성했다. 막 두께는 20nm로 했다.

[0285] 이어서 DBT3P-II를 20nm 증착함으로써 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0286] 또한 정공 수송층(112) 위에 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 2mIcPDBq와 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-펜탄디오나토-κ²O,0')이리듐(III)(약칭 : [Ir(tBuppm)₂(acac)])를 2mIcPDBq : [Ir(tBuppm)₂(acac)]=1 : 0.05(중량비)가 되도록 40nm 증착하여 발광층(113)을 형성했다.

[0287] 다음으로, 2mIcPDBq를 20nm, 이어서 상기 구조식(iv)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 20nm 증착함으로써 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0288] 또한 전자 수송층(114) 위에 불화 리튬을 1nm가 되도록 증착함으로써 전자 주입층(115)을 형성했다. 마지막으로 음극으로써 기능하는 제 2 전극(102)으로서 알루미늄을 200nm 성막하고, 발광 소자 1을 완성시켰다. 상술한 증착 과정에서 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.

[0289] <<비교 발광 소자 1의 제작>>

[0290] 비교 발광 소자 1은 발광 소자 1에서 2mIcPDBq를 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 2mDBTPDBq-II으로 환산한 것 외에는, 발광 소자 1과 마찬가지로 제작했다.

[0291] <<발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 동작 특성>>

[0292] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1을 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업(실재를 소자 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리, 80℃에서 1시간 열처리)을 행한 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대하여 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0293] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 도 16에, 전압-휘도 특성을 도 17에, 휘도-전류 효율 특성을 도 18에, 전압-전류 특성을 도 19에 나타낸다.

[0294] 도 18로부터, 발광 소자 1은 양호한 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 발광 효율이 양호한 발광 소자인 것을 알 수 있었다. 이로 인해 2mIcPDBq, 즉 본 발명의 일형태의 복소환 화합물이 높은 T₁ 준위 및 넓은 밴드 갭을 가지고, 황녹색의 인광을 발하는 발광 물질이어도 유효하게 여기할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 17로부터, 발광 소자 1은 양호한 전압-휘도 특성을 나타내고, 구동 전압이 작은 발광 소자인 것을 알 수 있었다. 이는 2mIcPDBq, 즉 본 발명의 일형태의 복소환 화합물이 뛰어난 캐리어 수송성을 가지고 있는 것을 나타낸다. 또한, 마찬가지로 도 16의 전류 밀도-휘도 특성도 양호한 특성을 나타낸다.

[0295] 이와 같이, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 이용한 발광 소자 1은 유사한 구조를 갖는 2mDBTPDBq-II를 마찬가지로 이용하여 제작한 비교 발광 소자 1과 비교하여, 발광 효율이 양호하며 또한 구동 전압이 낮고 특성이 양호한 발광 소자인 것을 알 수 있다.

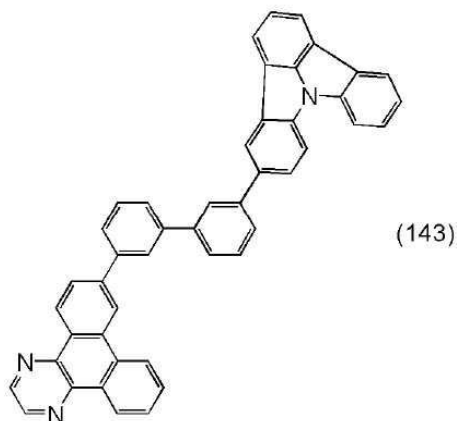
[0296] 이어서 제작한 발광 소자 1, 및 비교 발광 소자 1에 0.1mA의 전류를 흘려보냈을 때의 정규화된 발광 스펙트럼을 도 20에 나타낸다. 도 20에 의해 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1은 발광 물질인 [Ir(tBuppm)₂(acac)] 기인의 황녹색의 발광을 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0297] 다음으로, 이들 발광 소자의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험은 초기 휘도를 5000cd/m²로 하고, 전류 밀도가 일정한 조건에서 초기 휘도를 100%로 한 경우의 구동 시간에 대한 휘도 변화(정규화 휘도 시간 변화)를 측정함으로써 행하였다. 결과를 도 21에 나타낸다. 이 결과에 의해, 발광 소자 1은 초기 휘도의 50%에 달할 때까지의 시간이 비교 발광 소자의 3배 이상으로 매우 양호한 신뢰성을 나타내는 소자인 것을 알 수 있었다.

[0298] [실시예 3]

[0299] 본 실시예에서는 인돌로[3,2,1-jk]카바졸 골격과 다이벤조[f,h]퀴녹살린 골격을 갖는 복소환 화합물인 하기 구조식(143)으로 나타내어지는 5-{3-[3-(다이벤조[f,h]퀴녹살린-7-일)페닐]페닐}인돌로[3,2,1-jk]카바졸 (약칭 : 7mIcBPDBq)의 합성 방법 및 그 물성에 대하여 설명한다.

[0300] [구조식(143)]

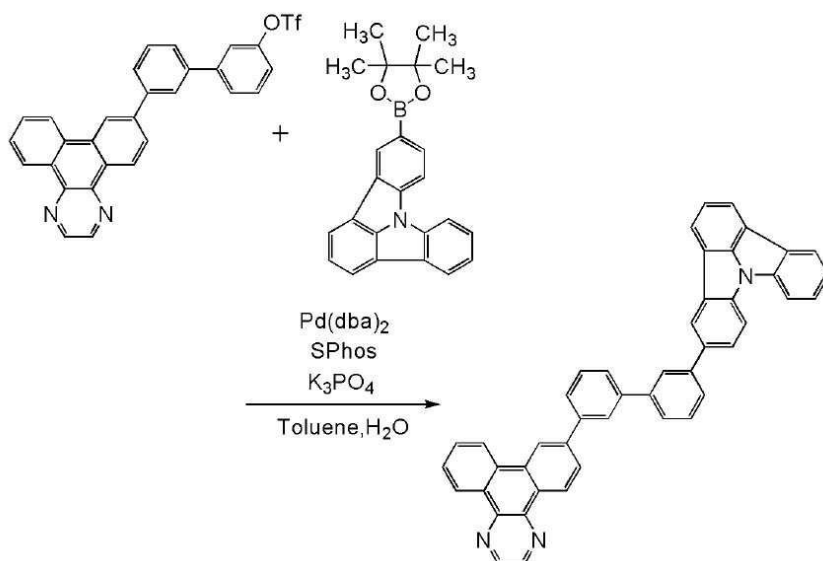


[0301]

[0302] < 합성 방법 >

[0303] 100mL 3구 플라스크에 3-[3-(다이벤조[f,h]퀴녹살린-7-일)페닐]페닐트라이플레이트 1.4g(2.5mmol), 2(인돌로[3,2,1-jk]카바졸-5-일)-4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란 0.93g(2.5mmol), 인산칼륨 1.7g(7.8mmol), 톨루엔 25mL, 물 9mL를 더했다. 이 혼합물을 감압 하에서 교반함으로써 탈기하고, 플라스크 내를 질소 치환했다. 이 혼합물에 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 30mg(51 μmol), 2-다이사이클로헥실포스포노-2',6'-다이메톡시바이페닐(SPhos) 69mg(0.17mmol)을 더했다. 이 혼합물을 질소 기류 하, 80℃에서 6시간 교반했다. 반응 종료 후, 얻어진 혼합물을 실온까지 낮추고, 물과 톨루엔을 더하여 고체를 흡인 여과했다. 얻어진 고체의 톨루엔 용액을 알루미늄, 셀라이트를 통하여 흡인 여과하고, 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 톨루엔으로 재결정한 결과, 백색 분말을 수량 1.3g 수율 82%로 얻었다. 본 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0304] [합성 스킴]



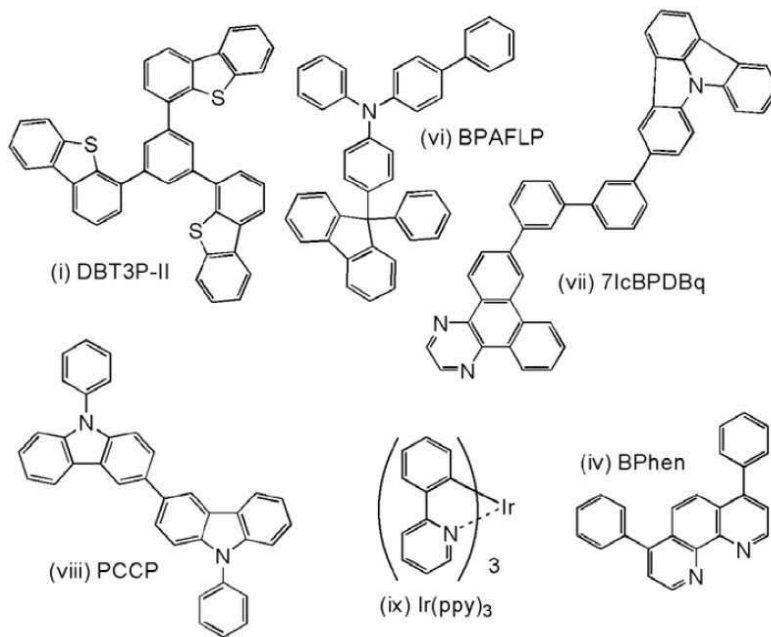
[0305]

[0306] 얻어진 백색 분말 1.3g을 트레인 서블리메이션법에 의해 승화 정제했다. 승화 정제는 압력 3.0Pa, 아르곤 유량 5.0mL/min의 조건으로, 가열은 360℃에서 행하였다. 승화 정제 후, 백색 분말을 1.1g, 수율 88%로 얻었다.

[0307] 얻어진 물질의 ¹H NMR 데이터를 아래에 나타낸다.

- [0308] ^1H NMR(CDCl_3 , 300MHz): δ = 7.38(t, J=2.5Hz, 1H), 7.56-7.91(m, 11H), 7.95(d, J=8.4Hz, 1H), 8.00(d, J=8.4Hz, 1H), 8.06-8.18(m, 6H), 8.45(d, J=1.5Hz, 1H), 8.75(dd, J=7.5Hz, 1.5Hz, 1H), 8.91-8.93(m, 3H), 9.26(dd, J=7.8Hz, 1.5Hz, 1H), 9.32(d, J=8.4Hz, 1H)
- [0309] 또한, ^1H NMR 차트를 도 22의 (A) 및 도 22의 (B)에 나타낸다. 또한, 도 22의 (B)는 도 22의 (A)에서 7.00ppm 부터 9.50ppm의 범위를 확대하여 나타낸 차트이다. 측정 결과로부터, 목적물인 7mIcBPDBq가 얻어진 것을 확인 했다.
- [0310] ≪7mIcBPDBq의 광물성≫
- [0311] 다음으로, 7mIcBPDBq의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 23의 (A)에, 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 23의 (B)에 나타낸다. 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(일본 분광 주식회사, V550형)를 이용했다. 톨루엔 용액의 스펙트럼은 7mIcBPDBq의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣어 측정했다. 또한, 박막의 스펙트럼은 7mIcBPDBq를 석영 기판에 증착하여 샘플을 제작했다. 또한, 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼은 석영 셀에 톨루엔만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 뺀 흡수 스펙트럼을 도시하고, 박막의 흡수 스펙트럼은 석영 기판의 흡수 스펙트럼을 뺀 흡수 스펙트럼을 도시했다.
- [0312] 도 23의 (A)에서, 7mIcBPDBq의 톨루엔 용액은 363nm에 흡수 피크가 보이고, 발광의 피크는 387nm(여기 과장 348nm)였다. 또한, 도 23의 (B)에서 7mIcBPDBq의 박막은 372nm, 354nm, 313nm, 271nm 및 240nm에 흡수 피크가 보이고, 발광의 피크는 431nm(여기 과장 372nm)였다. 이와 같이, 7mIcBPDBq는 매우 단파장인 영역에 흡수 및 발광을 나타내는 것을 알 수 있었다.
- [0313] 또한, 박막 상태의 7mIcBPDBq의 이온화 포텐셜의 값을 대기 중에서 광전자 분광법(리켄 계시사제, AC-3)으로 측정했다. 얻어진 이온화 포텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, 7mIcBPDBq의 HOMO 준위는 -6.09eV였다. 도 23의 (B)의 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터에서 직접 전이를 가정한 T_{auc} 플롯으로부터 구한 7mIcBPDBq의 흡수 단은 3.12eV였다. 따라서, 7mIcBPDBq의 고체 상태의 광학적 밴드 갭은 3.12eV로 추측되고, 앞서 얻은 HOMO 준위와 이 밴드 갭의 값으로부터 7mIcBPDBq의 LUMO 준위가 -2.97eV로 추측할 수 있다. 이와 같이, 7mIcBPDBq는 고체 상태에서 3.12eV의 넓은 밴드 갭을 가지고 있는 것을 알 수 있었다.
- [0314] [실시예 4]
- [0315] 본 실시예에서는 본 발명의 일형태의 복소환 화합물인 7mIcBPDBq를 녹색의 인광을 발하는 발광 물질을 이용한 발광층에서 호스트 재료로서 이용한 발광 소자(발광 소자 2)에 대하여 설명한다.
- [0316] 또한, 본 실시예에서 이용한 유기 화합물의 분자 구조를 이하에 나타낸다. 소자 구조는 도 1의 (A)에서 채용된 구조이다.

[0317] [구조식]



[0318]

[0319] <<발광 소자 2의 제작>>

[0320] 먼저, 제 1 전극(101)으로서 110nm의 막 두께로 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)이 성막된 유리 기판을 준비했다. ITSO 표면을 표면의 2mm×2mm 면적이 노출되도록 주변을 폴리이미드막으로 덮고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다. 이 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후 UV 오존 처리를 370초 행하였다. 그 후, 10⁻⁴Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분 간의 진공 소성을 행한 후, 기판을 30분 정도 방랭했다.

[0321] 다음으로, ITSO가 형성된 면이 아래쪽이 되도록 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다.

[0322] 진공 장치 내를 10⁻⁴Pa로 감압한 후, DBT3P-II와 산화 몰리브덴(VI)을 DBT3P-II : 산화 몰리브덴 = 4 : 2(중량비)가 되도록 공증착함으로써 정공 주입층(111)을 형성했다. 막 두께는 20nm로 했다.

[0323] 이어서 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)을 20nm 증착함으로써 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0324] 또한 정공 수송층(112) 위에 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 7mIcBPDBq와, 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭 : PCCP)과, 상기 구조식(ix)으로 나타내어지는 트리스(2-페닐피리딘)이리듐(약칭 : [Ir(ppy)₃])을 7mIcBPDBq : PCCP : [Ir(ppy)₃] = 0.7 : 0.3 : 0.05(중량비)가 되도록 20nm 증착한 후, 7mIcBPDBq : PCCP : [Ir(ppy)₃] = 0.8 : 0.2 : 0.05(중량비)가 되도록 20nm 증착하여 발광층(113)을 형성했다.

[0325] 다음으로, 7mIcBPDBq를 20nm, 이어서 Bphen을 20nm 증착함으로써 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0326] 또한 전자 수송층(114) 위에 불화 리튬을 1nm가 되도록 증착함으로써 전자 주입층(115)을 형성했다. 마지막으로 음극으로써 기능하는 제 2 전극(102)으로서 알루미늄을 200nm 성막하여 발광 소자 2를 완성시켰다. 상술한 증착 과정에서는 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.

[0327] <<발광 소자 2의 동작 특성>>

[0328] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 2를 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업(실재를 소자 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리, 80℃에서 1시간 열처리)을 행한 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대하여 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0329] 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 도 24에 전압-휘도 특성을 도 25에, 휘도-전류 효율 특성을 도 26에, 전

압-전류 특성을 도 27에 나타낸다.

- [0330] 도 26로부터, 발광 소자 2는 양호한 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 발광 효율이 양호한 발광 소자인 것을 알 수 있었다. 이로 인해 7mIcBPDBq가 높은 T_1 준위 및 넓은 밴드 갭을 가지고, 녹색의 인광을 발하는 발광 물질 이어도 유효하게 여기할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 25로부터, 발광 소자 2는 양호한 전압-휘도 특성을 나타내고, 구동 전압이 작은 발광 소자인 것을 알 수 있었다. 이는 7mIcBPDBq가 뛰어난 캐리어 수송성을 가지고 있는 것을 나타낸다. 또한, 마찬가지로 도 24의 전류 밀도-휘도 특성도 양호한 특성을 나타낸다.
- [0331] 이와 같이, 본 발명의 일형태의 복소환 화합물을 이용한 발광 소자 2는 발광 효율이 양호하며 또한 구동 전압이 낮고 특성이 양호한 발광 소자인 것을 알 수 있다.
- [0332] 이어서 제작한 발광 소자 2에 0.1mA의 전류를 흘려보냈을 때의 발광 스펙트럼을 도 28에 나타낸다. 도 28에 의해 발광 소자 2는 발광 물질인 $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ 에 기인한 녹색의 발광을 나타내는 것을 알 수 있었다.

부호의 설명

- [0333]
- 101 : 제 1 전극
 - 102 : 제 2 전극
 - 103 : EL층
 - 111 : 정공 주입층
 - 112 : 정공 수송층
 - 113 : 발광층
 - 114 : 전자 수송층
 - 501 : 제 1 전극
 - 502 : 제 2 전극
 - 511 : 제 1 발광 유닛
 - 512 : 제 2 발광 유닛
 - 513 : 전하 발생층
 - 601 : 구동 회로부(소스측 구동 회로)
 - 602 : 화소부
 - 603 : 구동 회로부(게이트측 구동 회로)
 - 604 : 밀봉 기관
 - 605 : 실재
 - 607 : 공간
 - 608 : 배선
 - 609 : FPC(플렉서블 프린트 서킷)
 - 610 : 소자 기관
 - 611 : 스위칭용 트랜지스터
 - 612 : 전류 제어용 트랜지스터
 - 613 : 제 1 전극
 - 614 : 절연물
 - 616 : EL층

617 : 제 2 전극
 618 : 발광 소자
 623 : n채널형 트랜지스터
 624 : p채널형 트랜지스터
 901 : 하우징
 902 : 액정층
 903 : 백라이트 유닛
 904 : 하우징
 905 : 드라이버 IC
 906 : 단자
 951 : 기판
 952 : 전극
 953 : 절연층
 954 : 격벽층
 955 : EL층
 956 : 전극
 1001 : 기판
 1002 : 하지 절연막
 1003 : 게이트 절연막
 1006 : 게이트 전극
 1007 : 게이트 전극
 1008 : 게이트 전극
 1020 : 제 1 층간 절연막
 1021 : 제 2 층간 절연막
 1022 : 전극
 1024W : 발광 소자의 제 1 전극
 1024R : 발광 소자의 제 1 전극
 1024G : 발광 소자의 제 1 전극
 1024B : 발광 소자의 제 1 전극
 1025 : 격벽
 1028 : EL층
 1029 : 발광 소자의 제 2 전극
 1031 : 밀봉 기판
 1032 : 실재
 1033 : 투명한 기재
 1034R : 적색의 착색층

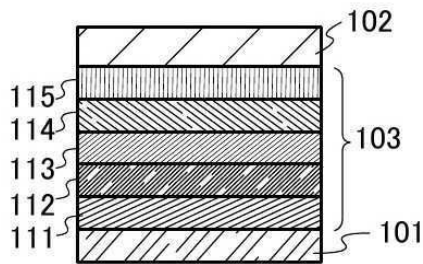
1034G : 녹색의 착색층
 1034B : 청색의 착색층
 1035 : 흑색층(블랙 매트릭스)
 1037 : 제 3 층간 절연막
 1040 : 화소부
 1041 : 구동 회로부
 1042 : 주변부
 1044W : 백색의 발광 영역
 1044R : 적색의 발광 영역
 1044B : 청색의 발광 영역
 1044G : 녹색의 발광 영역
 1201 : 소스 전극
 1202 : 활성층
 1203 : 드레인 전극
 1204 : 게이트 전극
 2001 : 하우징
 2002 : 광원
 3001 : 조명 장치
 5000 : 표시 영역
 5001 : 표시 영역
 5002 : 표시 영역
 5003 : 표시 영역
 5004 : 표시 영역
 5005 : 표시 영역
 7101 : 하우징
 7103 : 표시부
 7105 : 스탠드
 7107 : 표시부
 7109 : 조작 키
 7110 : 리모콘 조작기
 7201 : 본체
 7202 : 하우징
 7203 : 표시부
 7204 : 키보드
 7205 : 외부 접속 포트
 7206 : 포인팅 디바이스

7301 : 하우징
 7302 : 하우징
 7303 : 연결부
 7304 : 표시부
 7305 : 표시부
 7306 : 스피커부
 7307 : 기록 매체 삽입부
 7308 : LED 램프
 7309 : 조작 키
 7310 : 접속 단자
 7311 : 센서
 7401 : 하우징
 7402 : 표시부
 7403 : 조작 버튼
 7404 : 외부 접속 포트
 7405 : 스피커
 7406 : 마이크
 7400 : 휴대 전화기
 9630 : 하우징
 9631 : 표시부
 9631a : 표시부
 9631b : 표시부
 9632a : 터치 패널 영역
 9632b : 터치 패널 영역
 9633 : 태양 전지
 9634 : 충방전 제어 회로
 9635 : 배터리
 9636 : DCDC 컨버터
 9637 : 조작 키
 9638 : 컨버터
 9639 : 키보드 표시 전환 버튼
 9033 : 물림쇠
 9034 : 표시 모드 전환 스위치
 9035 : 전원 스위치
 9036 : 절전 모드 전환 스위치
 9038 : 조작스위치

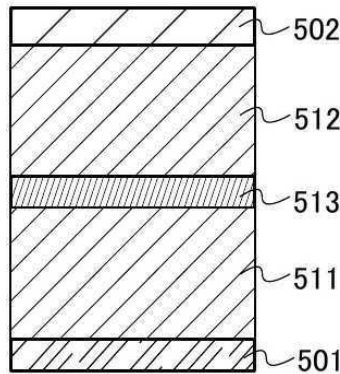
도면

도면1

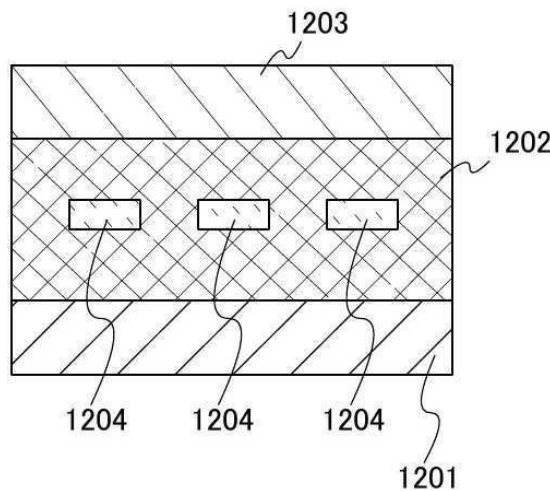
(A)



(B)

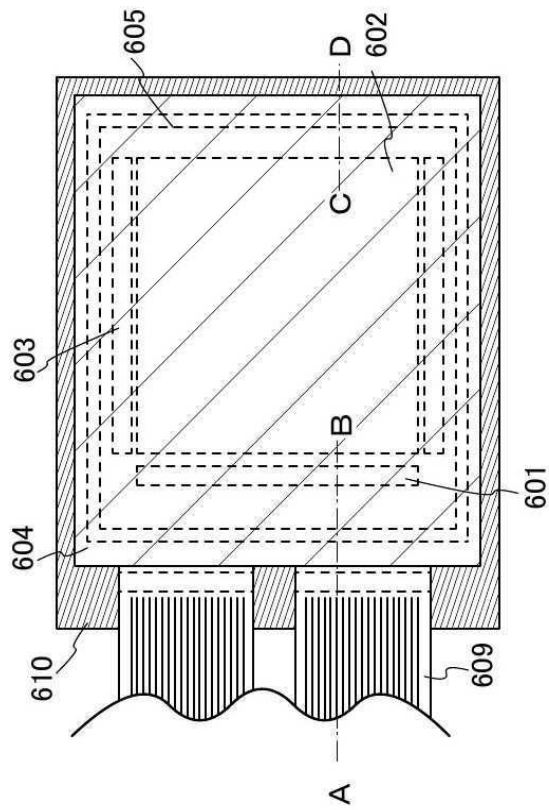


도면2

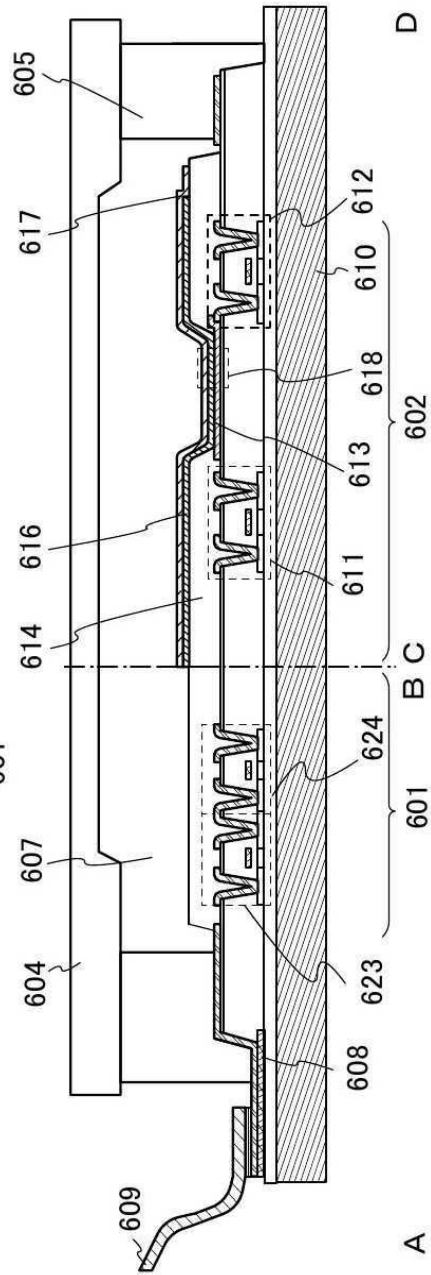


도면3

(A)

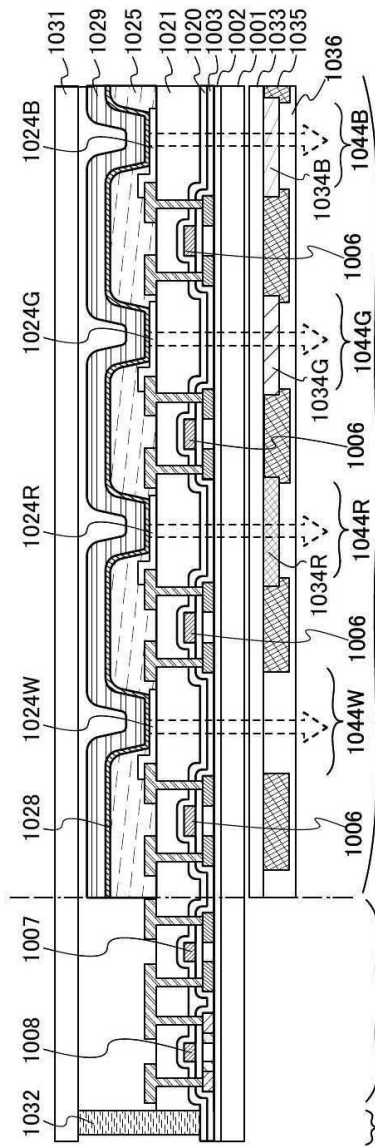


(B)

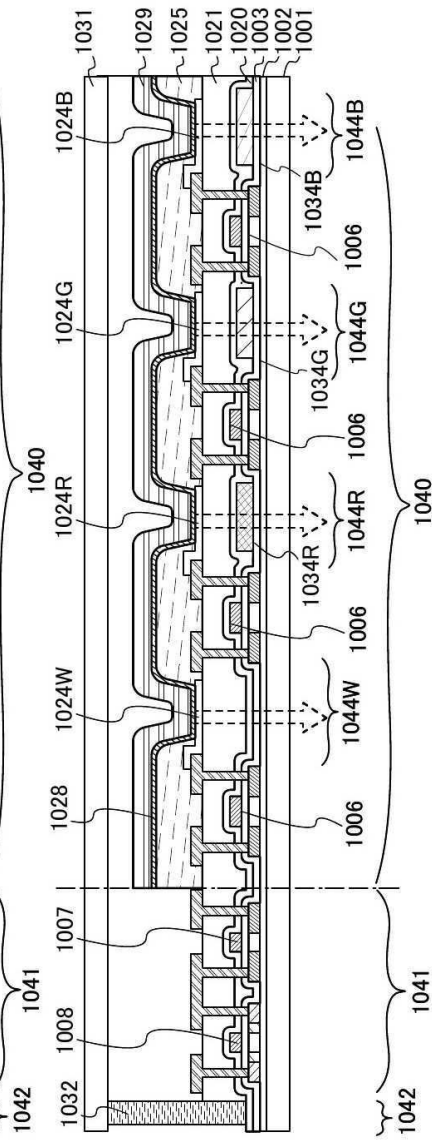


도면4

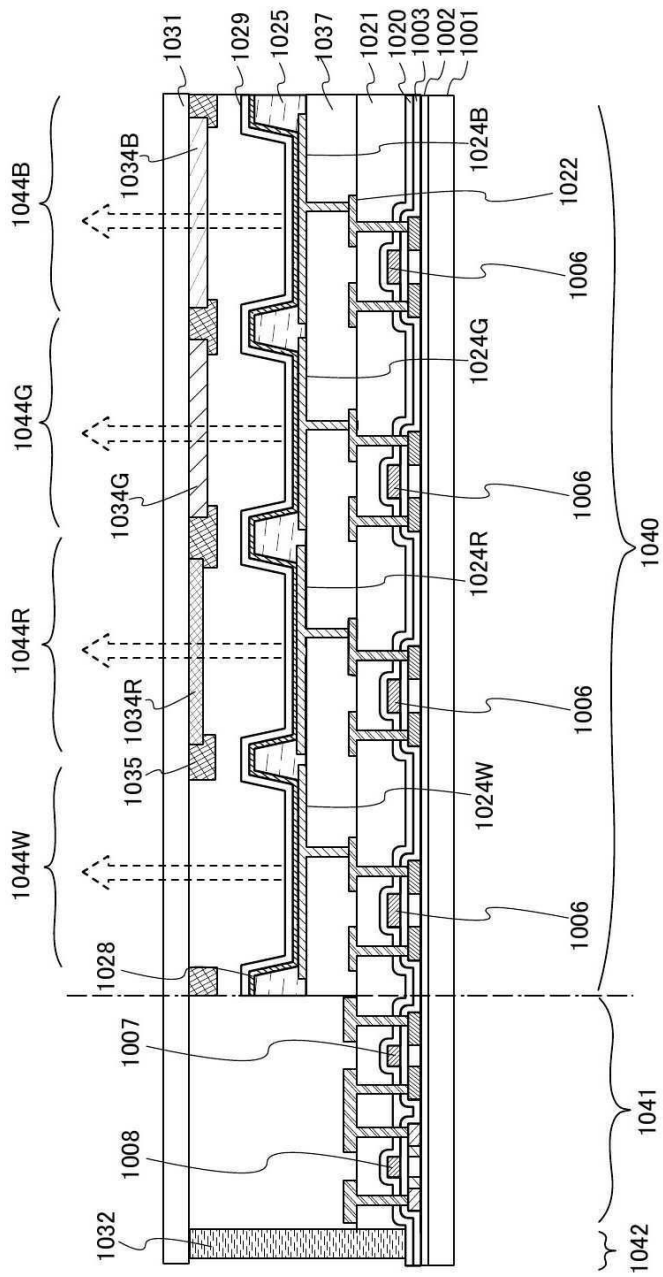
(A)



(B)

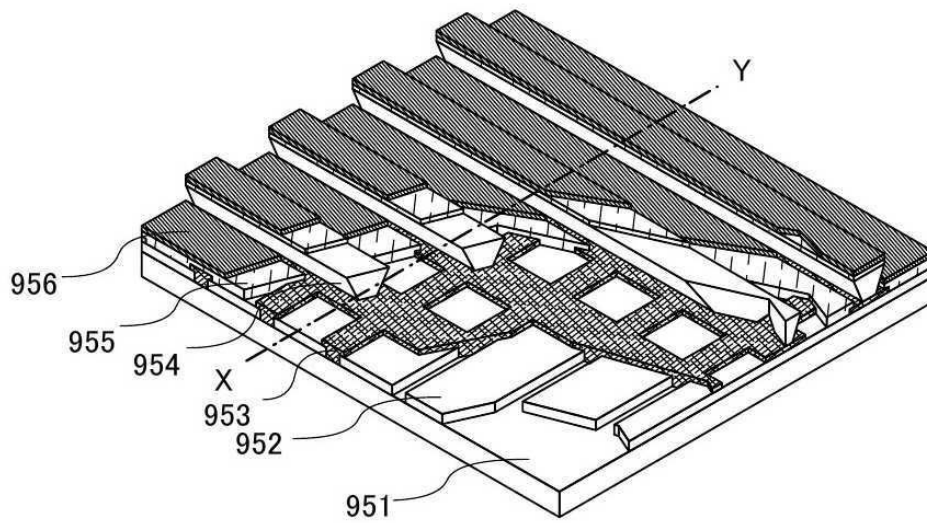


도면5

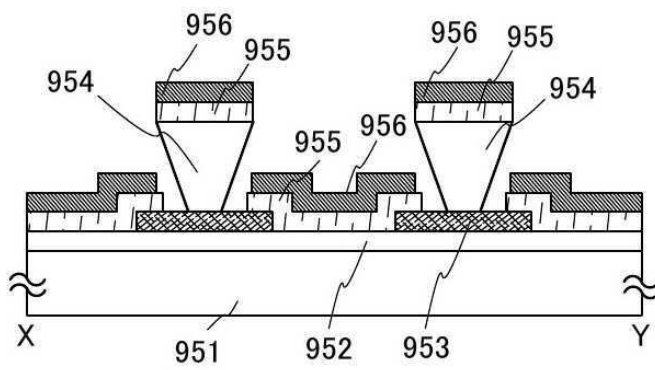


도면6

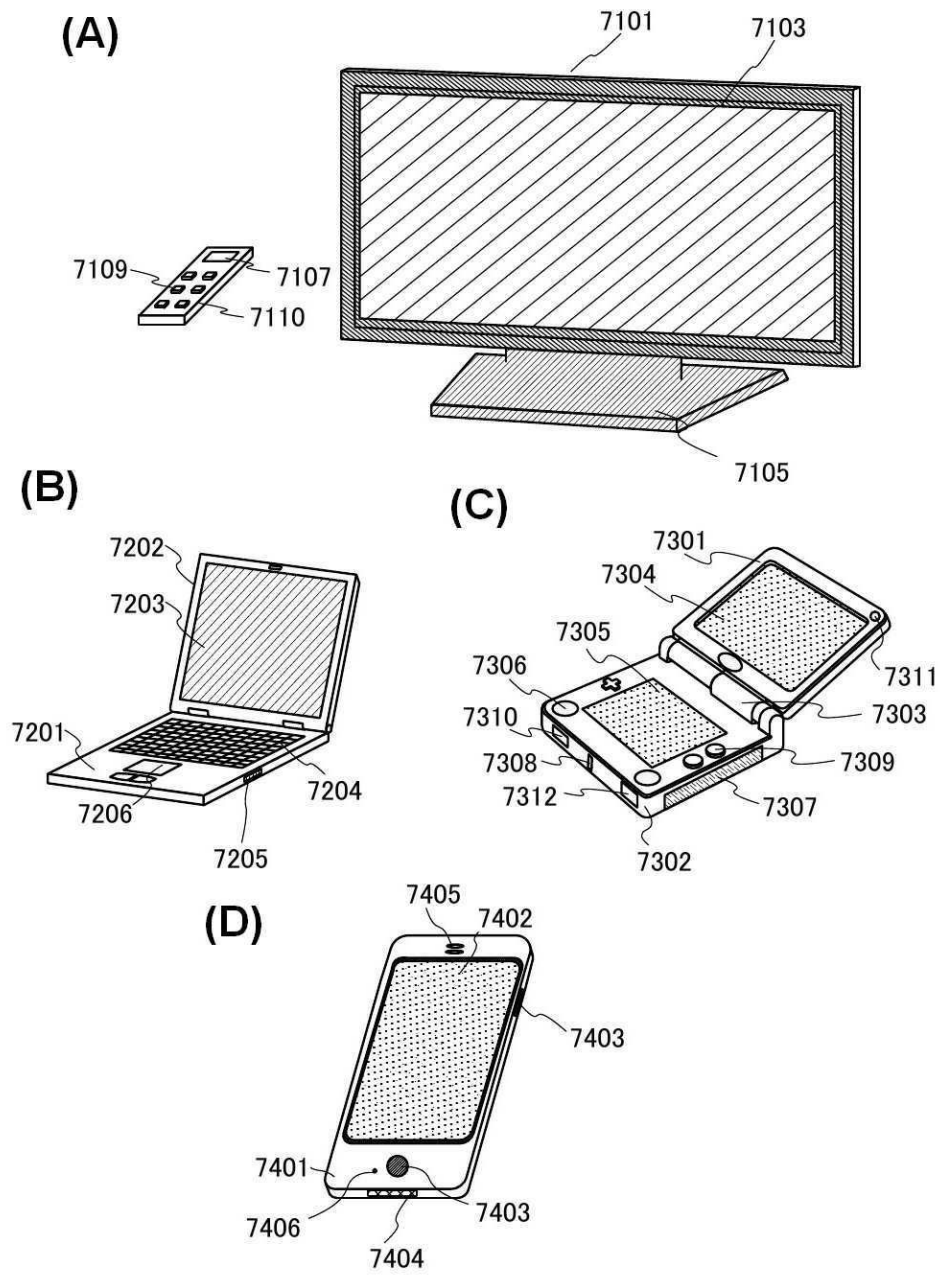
(A)



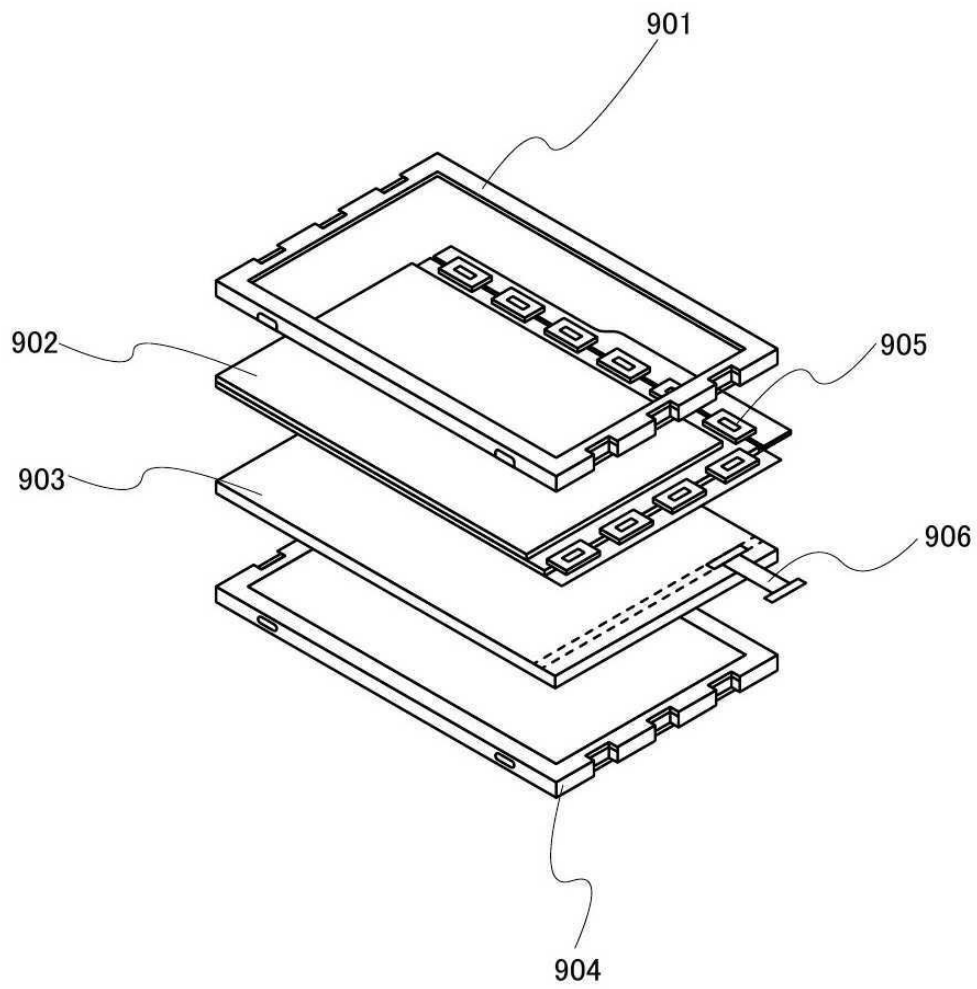
(B)



도면7



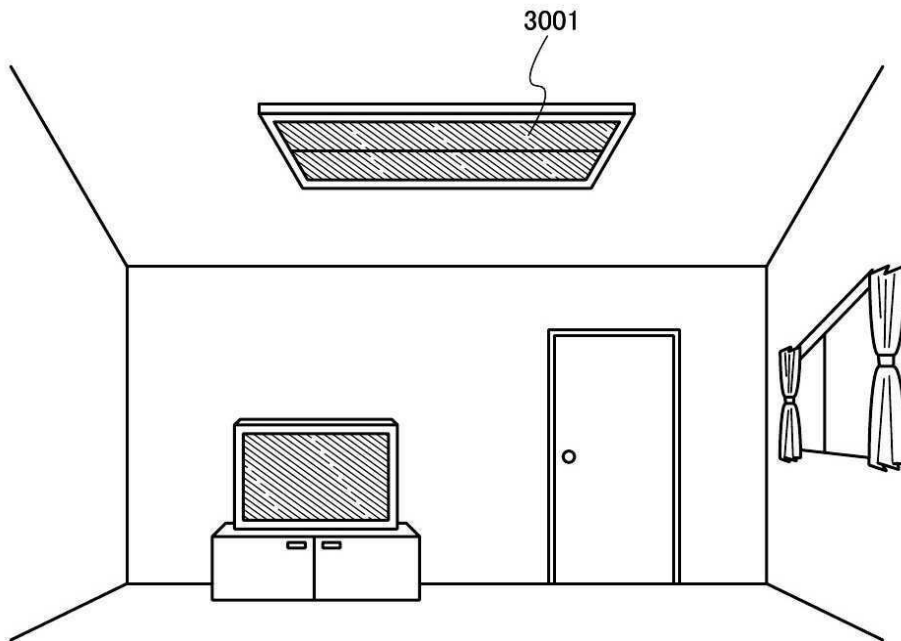
도면8



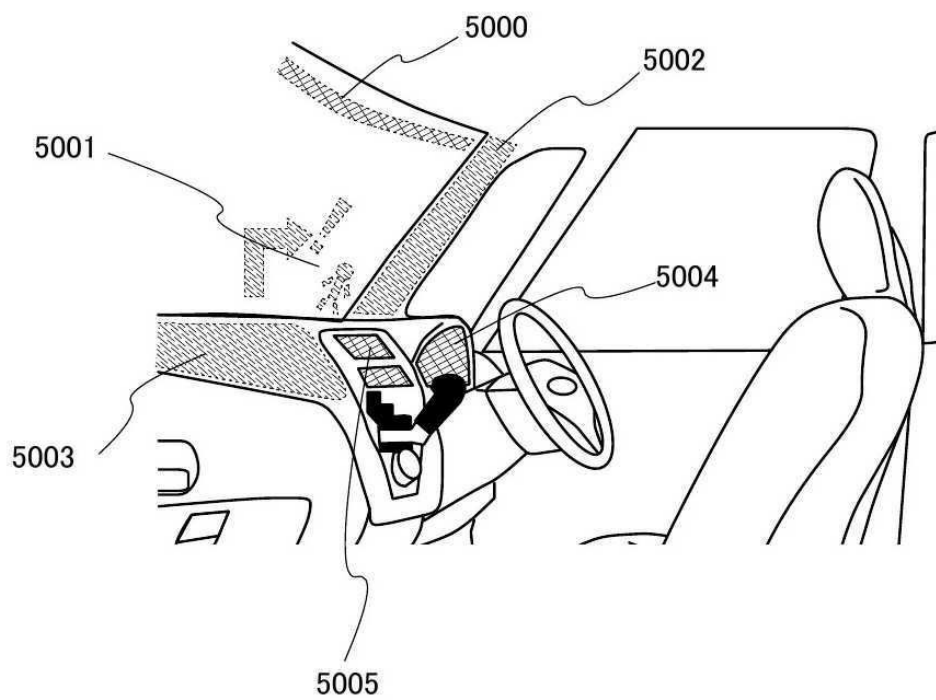
도면9



도면10

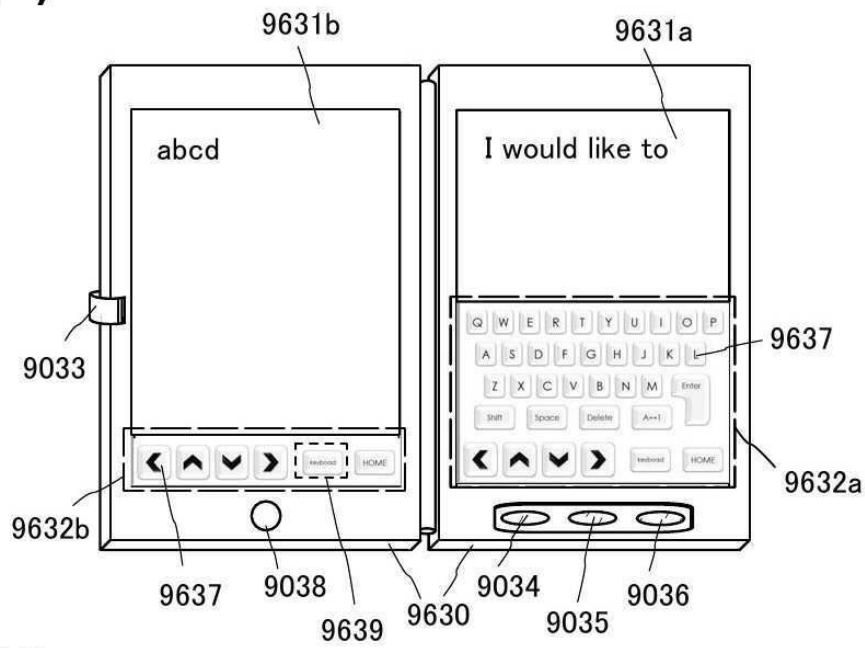


도면11

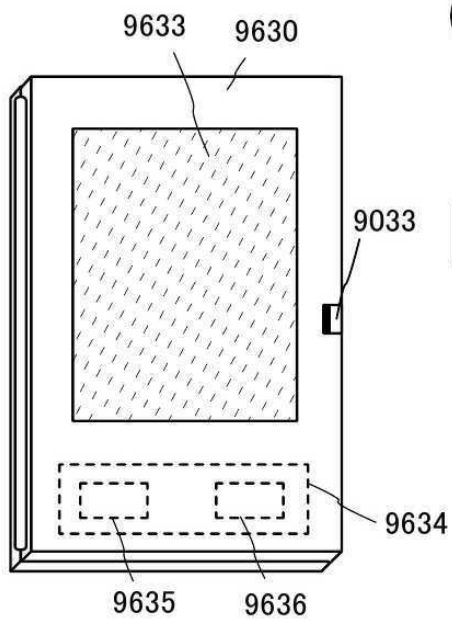


도면12

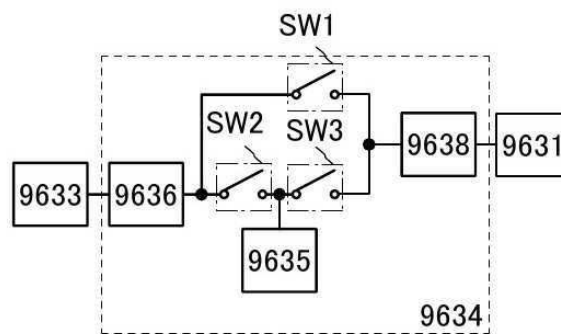
(A)



(B)

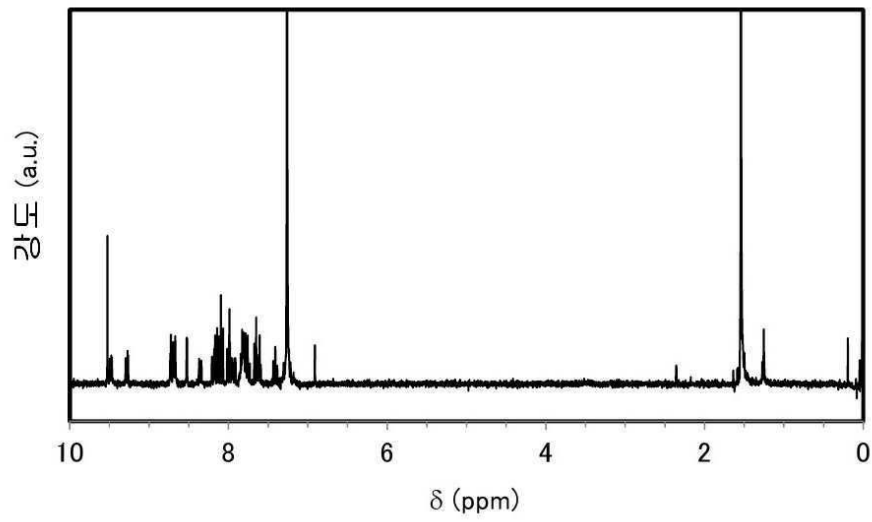


(C)

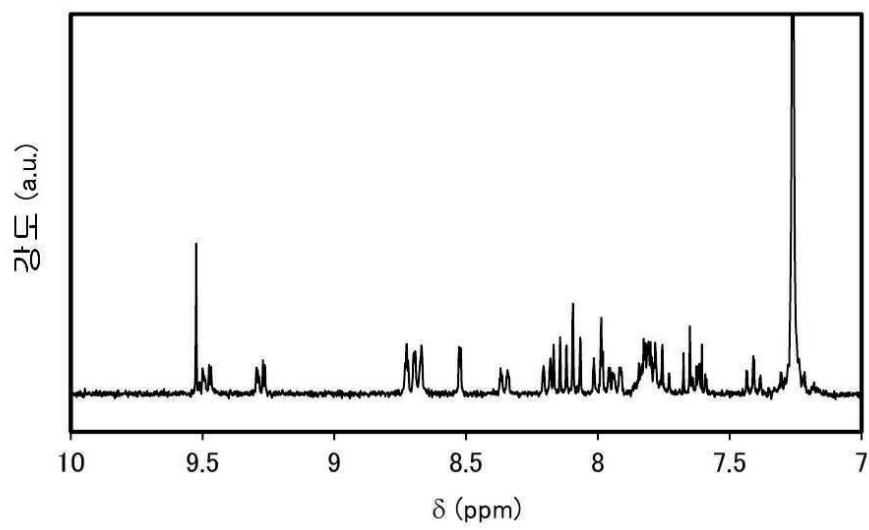


도면13

(A)

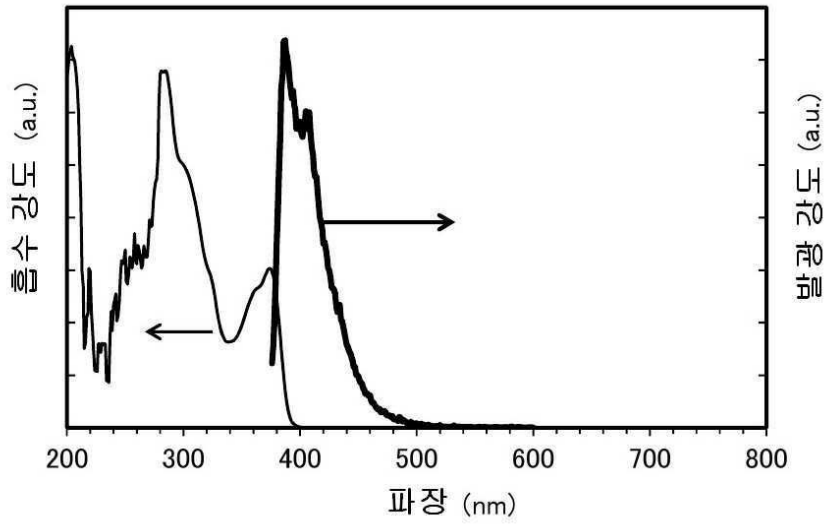


(B)

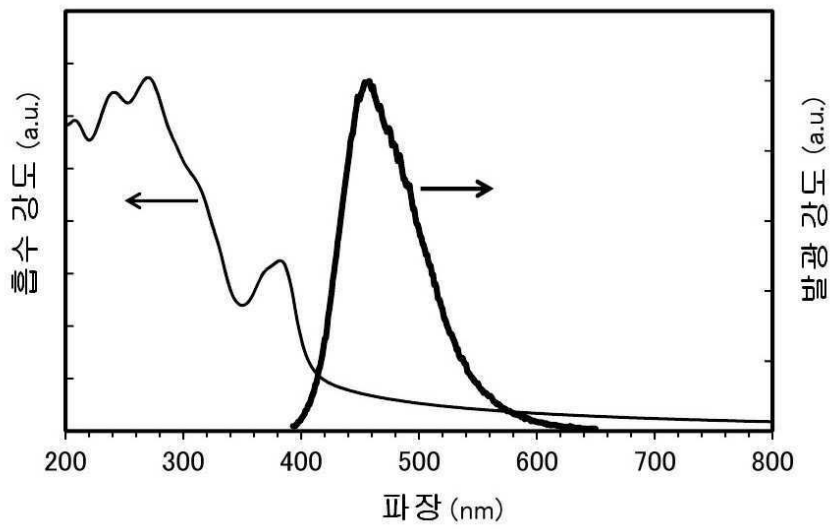


도면14

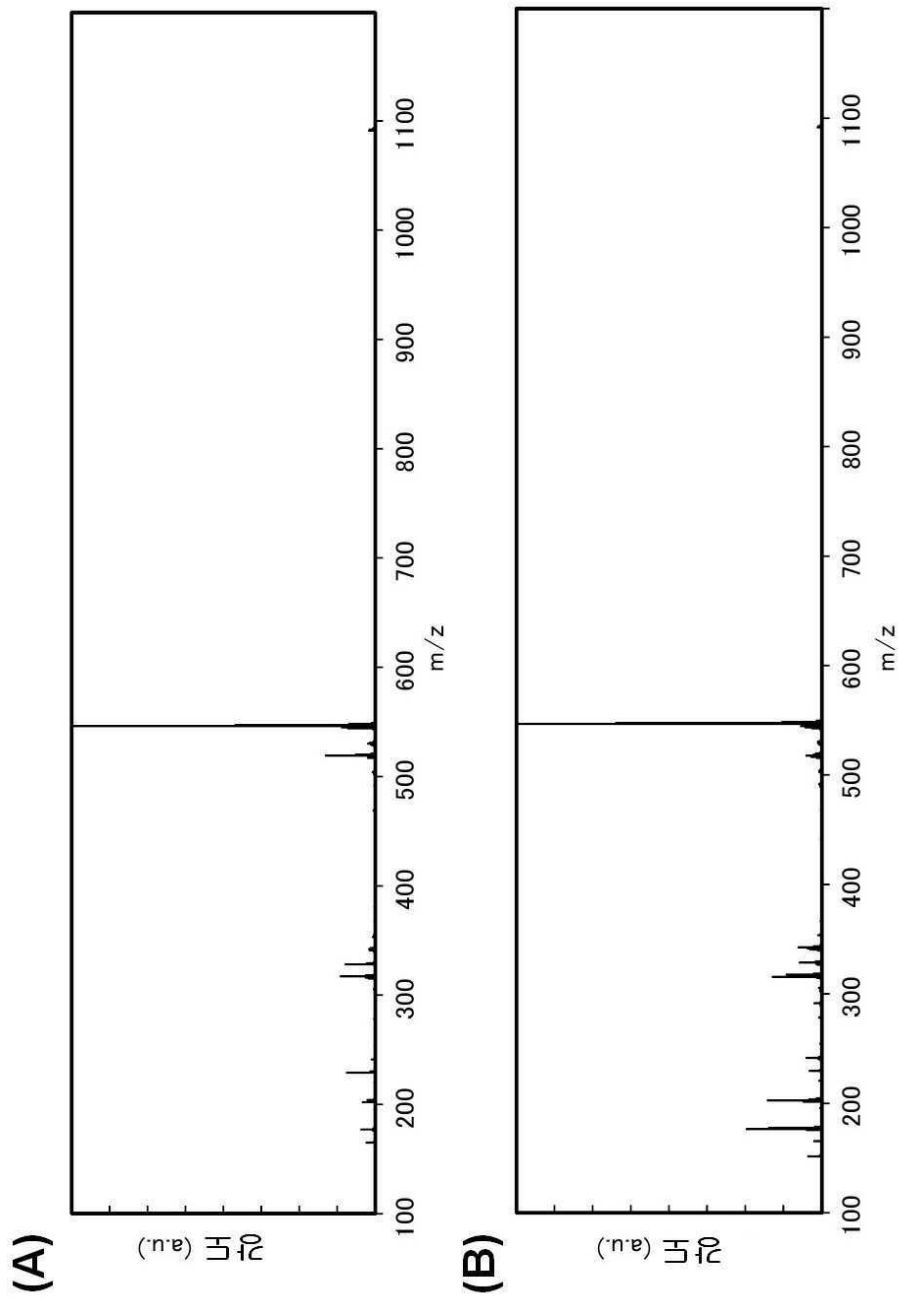
(A)



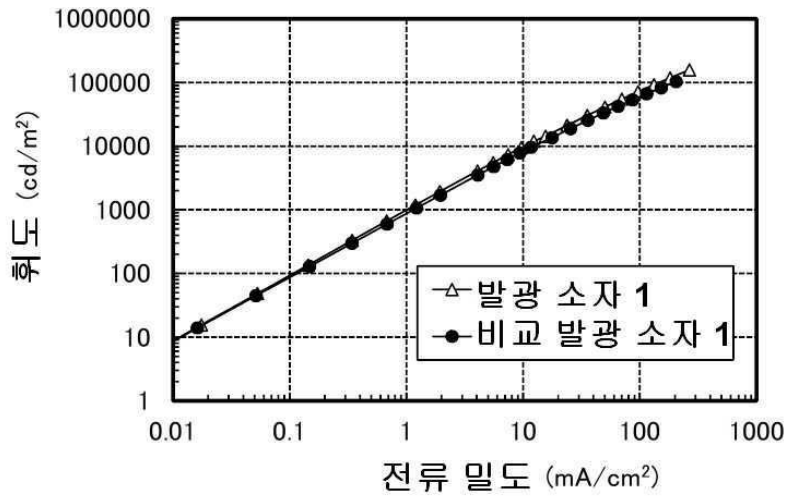
(B)



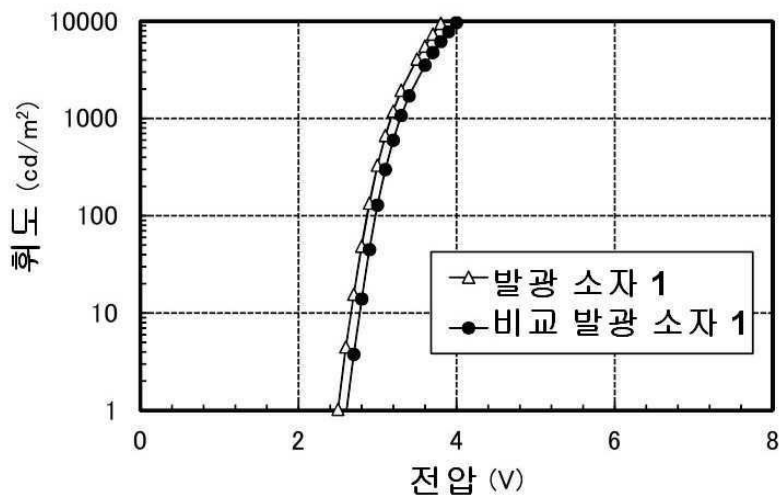
도면15



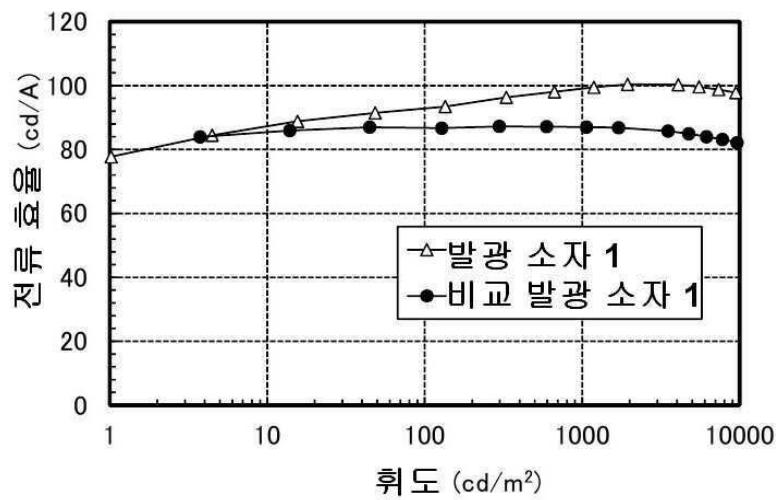
도면16



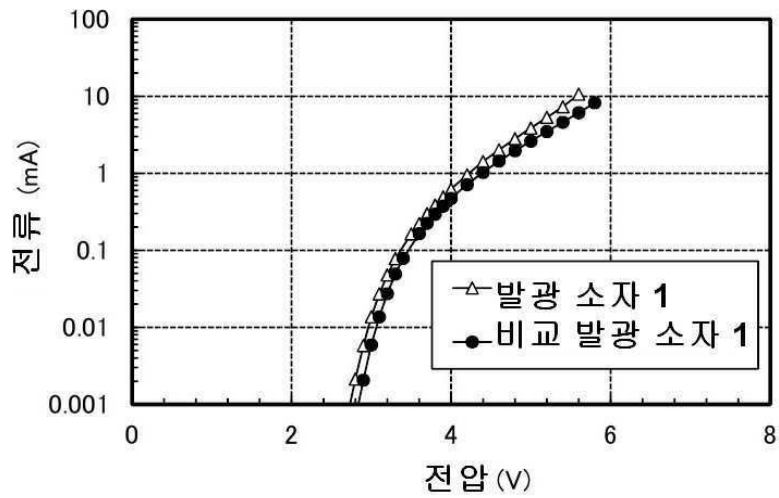
도면17



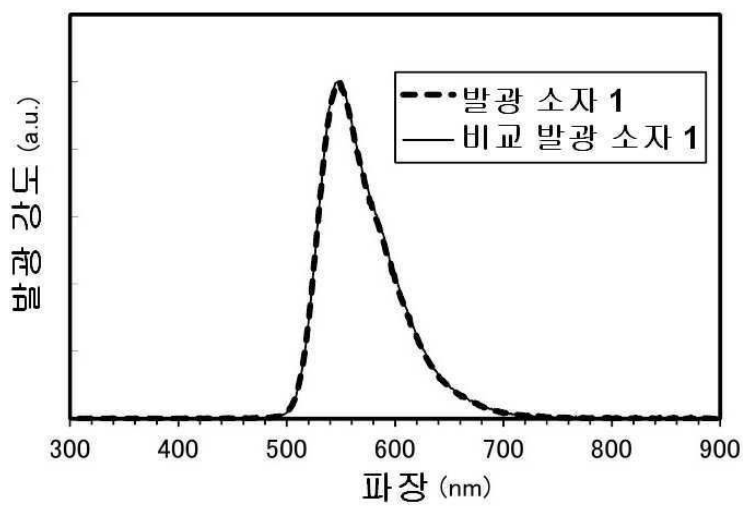
도면18



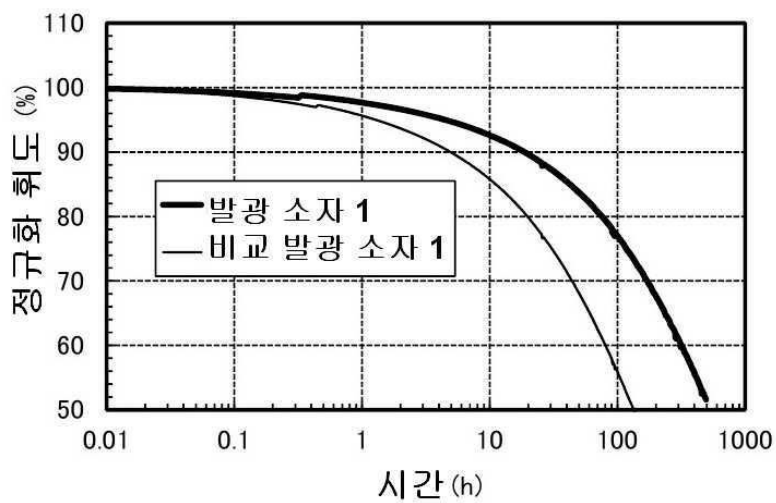
도면19



도면20

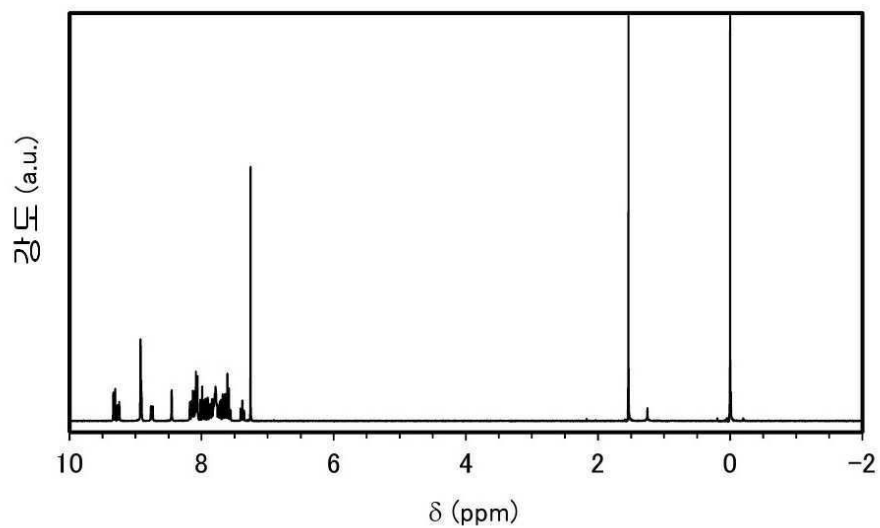


도면21

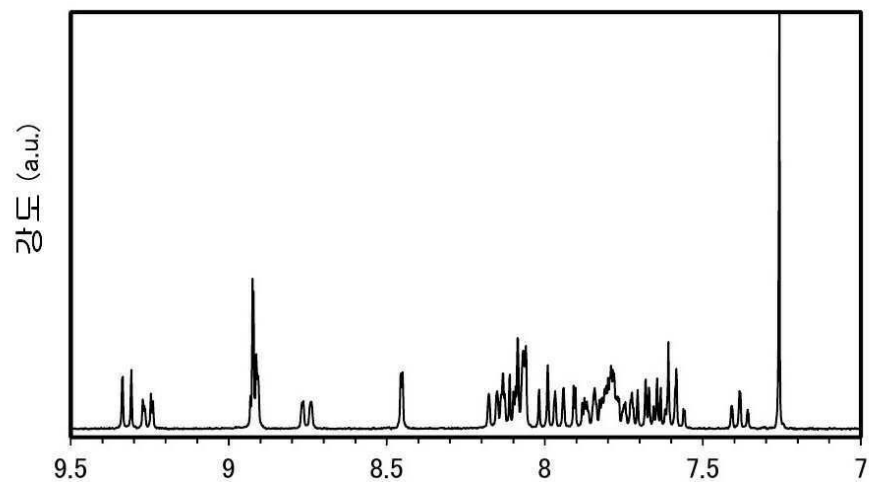


도면22

(A)

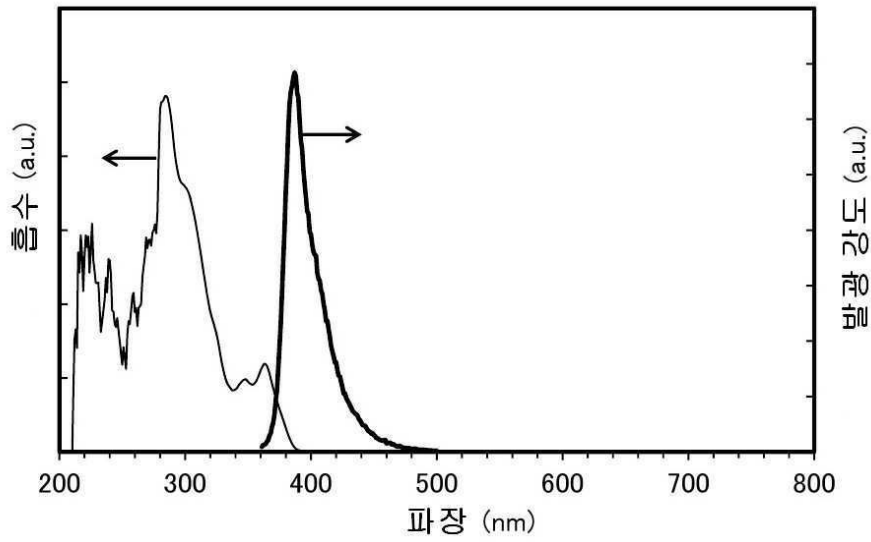


(B)

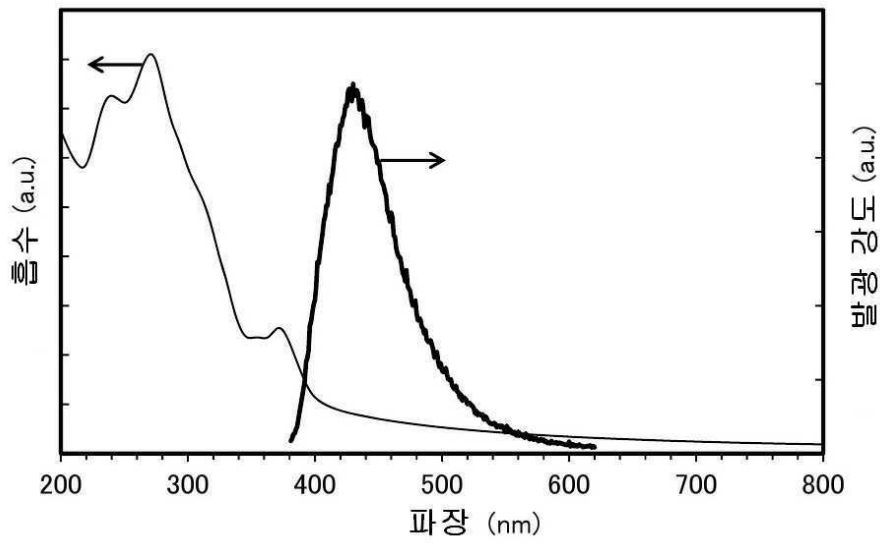


도면23

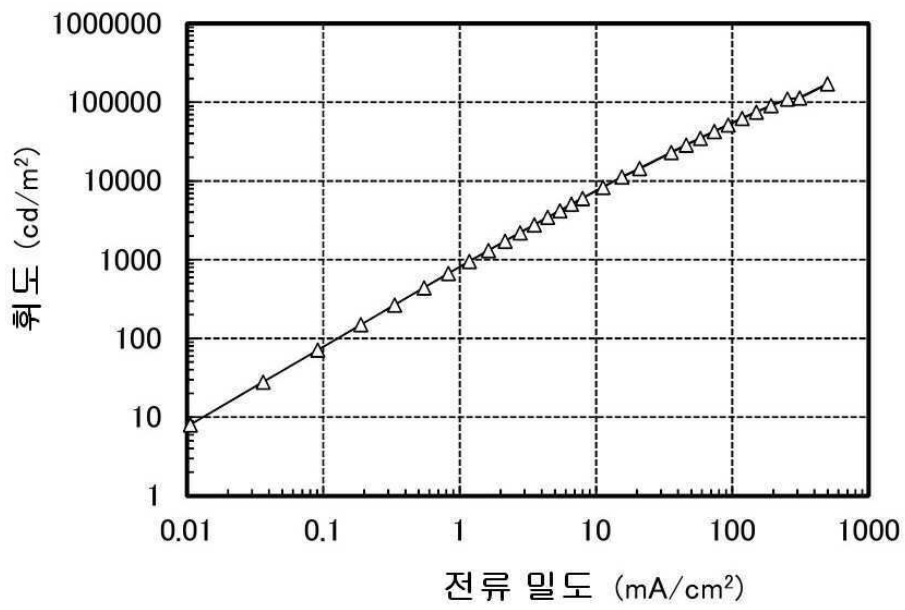
(A)



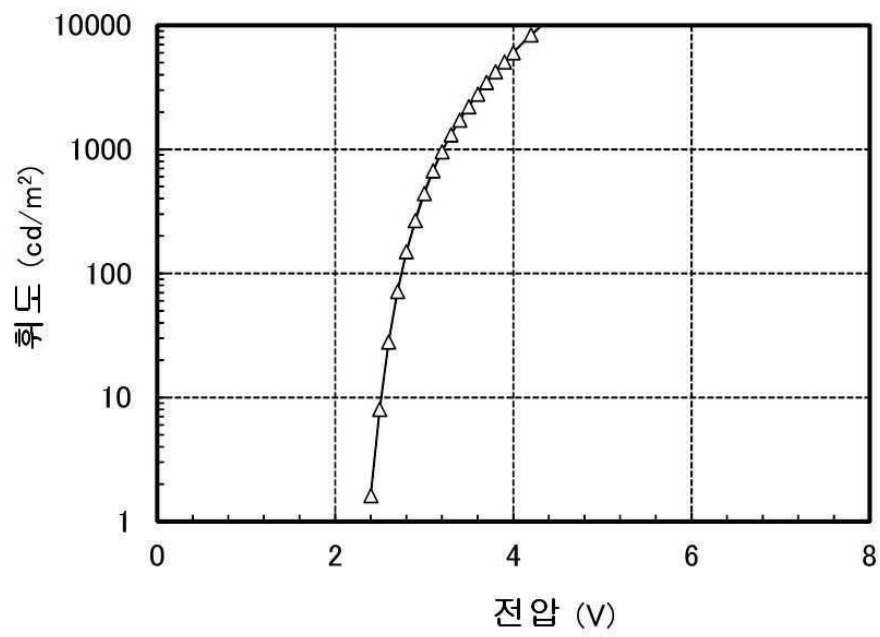
(B)



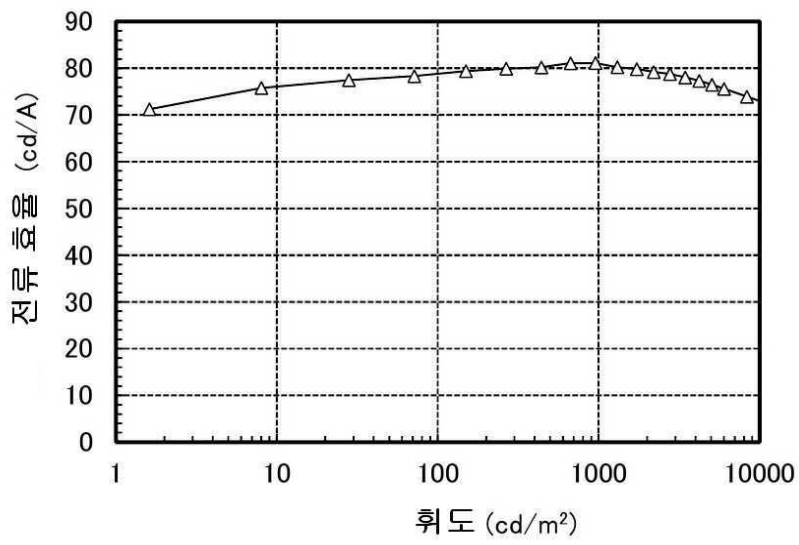
도면24



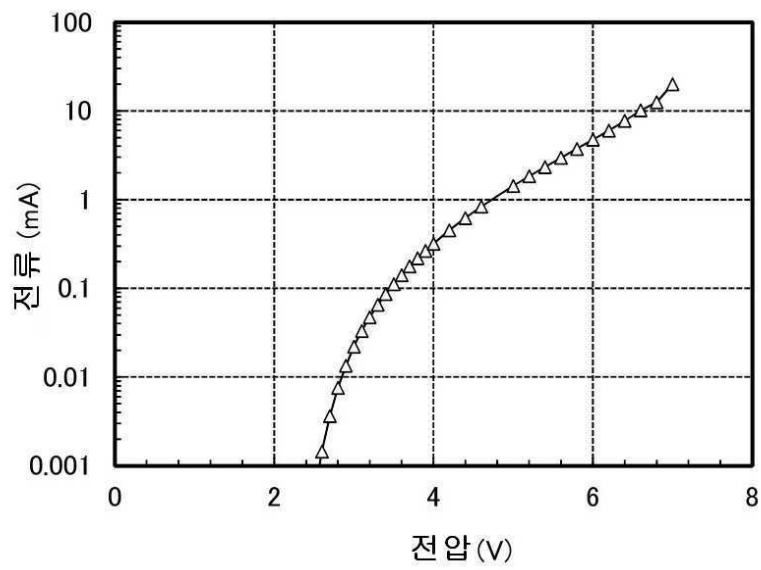
도면25



도면26



도면27



도면28

