



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월15일  
(11) 등록번호 10-2579886  
(24) 등록일자 2023년09월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10K 50/13 (2023.01) H10K 101/10 (2023.01)  
H10K 50/81 (2023.01) H10K 50/82 (2023.01)  
H10K 59/38 (2023.01)
- (52) CPC특허분류  
H10K 50/13 (2023.02)  
H10K 50/81 (2023.02)
- (21) 출원번호 10-2023-7013628(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2013년02월28일  
심사청구일자 2023년04월21일
- (85) 번역문제출일자 2023년04월21일
- (65) 공개번호 10-2023-0061558
- (43) 공개일자 2023년05월08일
- (62) 원출원 특허 10-2021-7037507  
원출원일자(국제) 2013년02월28일  
심사청구일자 2021년11월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/056211
- (87) 국제공개번호 WO 2013/137088  
국제공개일자 2013년09월19일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2012-056990 2012년03월14일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020110065507 A  
KR1020110099645 A  
JP2009302041 A  
JP2007141847 A

- (73) 특허권자  
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자  
세오 히로미  
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
시타가키 사토코  
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
황의만

전체 청구항 수 : 총 10 항

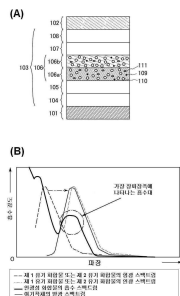
심사관 : 정명주

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

(57) 요약

본 발명은 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또한, 수명이 긴 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 발광 소자는 한쌍의 전극 간에 발광층(106)을 포함한다. 발광층(106)은 인광성 화합물, 전자 수송성을 가지는 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110), 및 정공 수송성을 가지는 제 2 유기 화합물 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(어시스트 재료)(111)을 적어도 포함한다. 발광층(106)은 제 1 발광층(106a)과 제 2 발광층(106b)를 포함하는 적층 구조이고, 제 1 발광층(106a)은 제 2 발광층(106b)보다 제 2 유기 화합물(111)을 많이 포함한다. 발광층(제 1 발광층(106a) 및 제 2 발광층(106b))(106)에서, 제 1 유기 화합물(110) 및 제 2 유기 화합물(111)의 조합은 여기 착체를 형성한다.

(52) CPC특허분류

*H10K 50/82* (2023.02)

*H10K 59/38* (2023.02)

*H10K 2101/10* (2023.02)

(72) 발명자

**세오 사토시**

일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

**우시쿠보 타카히로**

일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

**사사키 토시키**

일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

**우에사카 쇼고**

일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

발광 장치로서,

양극, 복수의 발광층, 제 1 층, 및 음극을 가지고,

상기 복수의 발광층은,

상기 양극 위에서 형광 발광 물질과 호스트 재료를 가지는 제 1 발광층; 및

상기 제 1 발광층 위의, 제 2 발광층 및 제 3 발광층을 가지고,

상기 제 1 층은 상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 위치하고,

상기 제 2 발광층과 상기 제 3 발광층은 서로 접하고 있고,

상기 음극은 상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 위에 위치하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 한쪽은,

삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 1 발광 물질;

제 1 유기 화합물; 및

제 2 유기 화합물을 가지고,

상기 제 1 유기 화합물과 상기 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성할 수 있는 조합이며,

상기 제 1 유기 화합물은 함 질소 축합 복소 방향환을 포함하는 화합물이고,

상기 제 2 유기 화합물은 카바졸환의 3 위치에 벤젠환이 결합된 구조를 포함하는 화합물이고,

상기 여기 착체의 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장의 에너지값과, 상기 제 1 발광 물질의 가장 낮은 에너지층의 흡수대의 피크 파장의 에너지값과의 차이는 0.2eV 이내인, 발광 장치.

**청구항 2**

발광 장치로서,

양극, 복수의 발광층, 제 1 층, 및 음극을 가지고,

상기 복수의 발광층은,

상기 양극 위에서 형광 발광 물질과 호스트 재료를 가지는 제 1 발광층; 및

상기 제 1 발광층 위의, 제 2 발광층 및 제 3 발광층을 가지고,

상기 제 1 층은 상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 위치하고,

상기 제 2 발광층과 상기 제 3 발광층은 서로 접하고 있고,

상기 음극은 상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 위에 위치하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 한쪽은,

삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 1 발광 물질;

제 1 유기 화합물; 및

제 2 유기 화합물을 가지고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 다른 한쪽은 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 제 2 발

광 물질을 가지고,

상기 제 1 유기 화합물과 상기 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성할 수 있는 조합이며,

상기 제 1 유기 화합물은 함 질소 축합 복소 방향환을 포함하는 화합물이고,

상기 제 2 유기 화합물은 카바졸환의 3 위치에 벤젠환이 결합된 구조를 포함하는 화합물이고,

상기 여기 착체의 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장의 에너지값과, 상기 제 1 발광 물질의 가장 낮은 에너지층의 흡수대의 피크 파장의 에너지값과의 차이는 0.2eV 이내인, 발광 장치.

### 청구항 3

발광 장치로서,

양극, 복수의 발광층, 제 1 층, 및 음극을 가지고,

상기 복수의 발광층은,

상기 양극 위에서 형광 발광 물질과 호스트 재료를 가지는 제 1 발광층; 및

상기 제 1 발광층 위의, 제 2 발광층 및 제 3 발광층을 가지고,

상기 제 1 층은 상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 위치하고,

상기 제 2 발광층과 상기 제 3 발광층은 서로 접하고 있고,

상기 음극은 상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 위에 위치하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 한쪽은 제 1 발광 물질, 제 1 유기 화합물, 및 제 2 유기 화합물을 가지고,

상기 제 1 발광 물질은 인광 발광 물질이고,

상기 제 1 유기 화합물과 상기 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성할 수 있는 조합이며,

상기 제 1 유기 화합물은 함 질소 축합 복소 방향환을 포함하는 화합물이고,

상기 제 2 유기 화합물은 카바졸환의 3 위치에 벤젠환이 결합된 구조를 포함하는 화합물이고,

상기 여기 착체의 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장의 에너지값과, 상기 제 1 발광 물질의 가장 낮은 에너지층의 흡수대의 피크 파장의 에너지값과의 차이는 0.2eV 이내인, 발광 장치.

### 청구항 4

발광 장치로서,

양극, 복수의 발광층, 제 1 층, 및 음극을 가지고,

상기 복수의 발광층은,

상기 양극 위에서 형광 발광 물질과 호스트 재료를 가지는 제 1 발광층; 및

상기 제 1 발광층 위의, 제 2 발광층 및 제 3 발광층을 가지고,

상기 제 1 층은 상기 제 1 발광층과 상기 제 2 발광층 사이에 위치하고,

상기 제 2 발광층과 상기 제 3 발광층은 서로 접하고 있고,

상기 음극은 상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 위에 위치하고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 한쪽은 제 1 발광 물질, 제 1 유기 화합물, 및 제 2 유기 화합물을 가지고,

상기 제 2 발광층 및 상기 제 3 발광층 중 다른 한쪽은 제 2 발광 물질을 가지고,

상기 제 1 발광 물질과 상기 제 2 발광 물질은 각각 인광 발광 물질이고,

상기 제 1 유기 화합물과 상기 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성할 수 있는 조합이며,  
 상기 제 1 유기 화합물은 함 질소 축합 복소 방향환을 포함하는 화합물이고,  
 상기 제 2 유기 화합물은 카바졸환의 3 위치에 벤젠환이 결합된 구조를 포함하는 화합물이고,  
 상기 여기 착체의 발광 스펙트럼의 최대 피크 파장의 에너지값과, 상기 제 1 발광 물질의 가장 낮은 에너지층의 흡수대의 피크 파장의 에너지값과의 차이는 0.2eV 이내인, 발광 장치.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 양극, 상기 제 1 층, 상기 복수의 발광층, 상기 음극을 각각 가지는 제 1 발광 소자, 제 2 발광 소자, 제 3 발광 소자, 및 제 4 발광 소자를 가지고,  
 상기 제 1 발광 소자는 적색의 컬러 필터와 중첩되는 영역을 가지고,  
 상기 제 2 발광 소자는 녹색의 컬러 필터와 중첩되는 영역을 가지고,  
 상기 제 3 발광 소자는 청색의 컬러 필터와 중첩되는 영역을 가지고,  
 상기 제 4 발광 소자는 상기 적색, 녹색, 청색의 컬러 필터 중 어느 것보다도 중첩되지 않는 영역을 가지는, 발광 장치.

**청구항 6**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 1 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크는 상기 제 2 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크보다 단 파장 측에 존재하고,  
 상기 제 1 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크는 상기 제 3 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크보다 단 파장 측에 존재하는, 발광 장치.

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 3 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크는 상기 제 2 발광층으로부터의 발광 스펙트럼의 피크보다 단 파장 측에 존재하는, 발광 장치.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 호스트 재료는 안트라센 골격을 가지는, 발광 장치.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 형광 발광 물질은 피렌디아민 화합물인, 발광 장치.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 1 발광 물질의 흡수 스펙트럼의 가장 낮은 에너지층의 흡수대는 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 직접 천이에 상당하고,  
 상기 여기 착체의 발광 스펙트럼은 상기 여기 착체의 일중항 여기 상태에서부터의 형광 스펙트럼이고,  
 상기 여기 착체의 일중항 여기 상태에서의 여기 에너지는 상기 여기 착체의 발광 스펙트럼과 상기 제 1 발광 물질의 가장 낮은 에너지층의 흡수대의 중첩을 이용하여 상기 제 1 발광 물질의 삼중항 여기 상태의 여기 에너지

로 변환되는, 발광 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 일양태는 전계를 가함으로써 발광을 제공할 수 있는 유기 화합물을 한쌍의 전극 사이에 끼워 제공되는 발광 소자, 또한, 이러한 발광 소자를 포함하는 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 박형 경량, 고속 응답성, 직류 저전압 구동 등의 특징을 가지는 유기 화합물을 발광체로서 포함한 발광 소자는 차세대의 플랫 패널 디스플레이로의 응용이 기대되고 있다. 특히, 발광 소자를 매트릭스형상으로 배치한 표시 장치는 종래의 액정 표시 장치와 비교하여 시야각이 넓고, 시인성이 뛰어난 점에 우수성이 있다고 생각되고 있다.

[0003] 발광 소자의 발광 기구는 다음과 같이 알려져 있다: 한쌍의 전극 간에 제공된 발광체를 포함하는 E층을 끼우고 전압을 인가함으로써, 음극으로부터 주입된 전자 및 양극으로부터 주입된 정공이 E층의 발광 중심에서 재결합하여 분자 여기자를 형성하고, 그 분자 여기자가 기저 상태로 완화될 때에 에너지를 방출하여 발광한다고 알려져 있다. 여기 상태로는 일중항 여기와 삼중항 여기가 알려져 있고, 발광은 어느 쪽의 여기 상태를 거쳐도 얻어질 수 있다고 생각되고 있다.

[0004] 이와 같은 발광 소자에 관해서는 그 소자 특성을 향상시키기 위하여 소자 구조의 개량이나 재료 개발 등이 활발히 행해지고 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조).

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2010-182699호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 그러나, 현상에서의 발광 소자의 광 추출 효율은 20%~30% 정도로 알려져 있다. 반사 전극이나 투명 전극에 의한 광의 흡수를 고려해도, 인광성 화합물을 이용한 발광 소자의 외부 양자 효율의 한계는 25% 정도라고 생각되고 있다.

[0007] 그러므로, 본 발명의 일양태에서는 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 제공한다. 또한, 본 발명의 일양태는 수명이 긴 발광 소자를 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명의 일양태는 한쌍의 전극 간에 발광층을 포함하는 발광 소자이다. 발광층은 인광성 화합물, 전자 수송성을 가지는 제 1 유기 화합물(호스트 재료), 및 정공 수송성을 가지는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)을 적어도 포함한다. 발광층은 제 1 발광층과 제 2 발광층의 적층 구조를 가지고, 제 1 발광층에는 제 2 발광층보다 제 2 유기 화합물이 많이 포함되는 것을 특징으로 한다. 발광층(제 1 발광층 및 제 2 발광층)에서, 제 1 유기 화합물 및 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성하는 조합인 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 다른 일양태는 양극과 음극의 사이에 발광층을 포함하고, 양극과 발광층의 사이에 정공 수송층을 포함하고, 음극과 발광층의 사이에 전자 수송층을 포함하는 발광 소자이다. 발광층은 인광성 화합물, 전자 수송성을 가지는 제 1 유기 화합물, 및 정공 수송성을 가지는 제 2 유기 화합물을 적어도 포함하고, 또한, 정공 수송층과 접촉하여 형성된 제 1 발광층과, 인광성 화합물, 전자 수송성을 가지는 제 1 유기 화합물, 및 정공 수송성을 가지는 제 2 유기 화합물을 적어도 포함하고, 또한, 전자 수송층과 접촉하여 형성된 제 2 발광층의 적층이다. 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물은 여기 착체를 형성한다. 제 1 발광층에는 제 2 발광층보다 제 2

유기 화합물이 많이 포함되는 것을 특징으로 한다.

- [0010] 단, 상기 각 구성에서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)에 의해 형성된 여기 착체의 발광 파장은 제 1 유기 화합물(호스트 재료)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)의 각각의 발광 파장(형광 파장)에 비해 장파장측에 존재한다. 따라서, 여기 착체를 형성함으로써 제 1 유기 화합물(호스트 재료)의 형광 스펙트럼이나 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)의 형광 스펙트럼을, 보다 장파장측에 위치하는 발광 스펙트럼으로 변환할 수 있다.
- [0011] 따라서, 본 발명의 일양태인 발광 소자는 발광층에서 여기 착체를 형성함으로써, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물 각각의 발광 파장(형광 파장)보다 장파장측에 존재하는 여기 착체의 발광 스펙트럼과, 인광성 화합물(게스트 재료)의 흡수 스펙트럼의 중첩을 이용한 에너지 이동을 행할 수 있어, 에너지 이동 효율이 높고, 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0012] 단, 상기 구성에서, 발광층에 포함되는 인광성 화합물은 제 1 발광층에 포함되는 물질과 제 2 발광층에 포함되는 물질은 같아도, 달라도 좋다. 단, 다른 경우에는 제 1 발광층으로부터 얻어지는 발광은 제 2 발광층으로부터 얻어지는 발광보다 단파장인 광인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 단, 상기 구성에서, 제 1 유기 화합물의 음이온 및 제 2 유기 화합물의 양이온으로부터 여기 착체가 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 구성에서, 인광성 화합물은 유기 금속 착체이고, 제 1 유기 화합물은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 가지는 전자 수송성 재료, 구체적으로는  $\pi$  전자 부족형 복소 방향족 화합물이고, 제 2 유기 화합물은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 정공 수송성 재료, 구체적으로는  $\pi$  전자 과잉형 복소 방향족 화합물 또는 방향족 아민 화합물인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일양태는 발광 소자를 포함하는 발광 장치뿐만 아니라, 발광 장치를 포함하는 전자 기기 및 조명 장치도 범주에 포함하는 것이다. 따라서, 본 명세서 중에서의 발광 장치란, 화상 표시 디바이스, 발광 디바이스, 혹은 광원(조명 장치 포함함)을 가리킨다. 또한, 발광 장치는 다음의 모든 모듈을 포함한다: 발광 장치에 커넥터, 예를 들면 FPC(Flexible printed circuit) 혹은 TCP(Tape Carrier Package)가 장착된 모듈; TCP의 끝에 프린트 배선판이 제공된 모듈; 또는 발광 소자에 COG(Chip On Glass) 방식에 의해 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈을 모두 발광 장치에 포함한다.

**발명의 효과**

- [0016] 단, 본 발명의 일양태인 발광 소자는 발광층에서 여기 착체를 형성함으로써, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물 각각의 발광 파장(형광 파장)보다 장파장측에 존재하는 여기 착체의 발광 스펙트럼과, 인광성 화합물(게스트 재료)의 흡수 스펙트럼의 중첩을 이용한 에너지 이동을 행할 수 있기 때문에, 에너지 이동 효율이 높고, 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일양태에서의 발광층은 제 1 발광층과 제 2 발광층을 포함하는 적층 구조이다. 제 1 발광층과 제 2 발광층은 모두 전자 수송성을 가지는 제 1 유기 화합물(호스트 재료)과, 정공 수송성을 가지는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)을 포함하고, 제 1 발광층은 제 2 발광층보다 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)이 많이 포함된다. 따라서, 발광층 내에서의 캐리어(정공, 전자 모두) 밸런스를 향상시키고, 발광층에서 형성되는 여기자를 제 1 발광층과 제 2 발광층의 계면에 분포시킬 수 있다. 이것에 의해, 국소적으로 여기자의 밀도가 높아지는 것에 의한 발광층의 열화를 방지할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)는 본 발명의 일양태의 개념을 설명하는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일양태에 따른 계산 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 3의 (A1), 도 3의 (A2), 도 3의 (B1), 도 3의 (B2), 도 3의 (C1) 및 도 3의 (C2)는 본 발명의 일양태에 따른 계산 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일양태에 적용하는 여기 착체의 에너지 준위를 설명하는 도면이다.
- 도 5는 발광 소자의 구조에 대하여 설명하는 도면이다.

- 도 6의 (A) 및 도 6의 (B)는 발광 소자의 구조에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 7은 발광 장치에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 8의 (A) 및 도 8의 (B)는 발광 장치에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 9의 (A) 내지 도 9의 (D)는 전자 기기에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 10의 (A) 내지 도 10의 (C)는 전자 기기에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 11은 조명기구에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 12는 발광 소자 1의 구조에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 13은 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 14는 발광 소자 1의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 15는 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 16은 발광 소자 1의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 17은 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- 도 18은 발광 소자 1의 신뢰성을 나타내는 도면이다.
- 도 19는 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 20은 발광 소자 2의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 21은 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 22는 발광 소자 2의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 23은 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- 도 24는 발광 소자 3의 구조에 대하여 설명하는 도면이다.
- 도 25는 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 26은 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 27은 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 28은 발광 소자 3의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 29는 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- 도 30은 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 31은 발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 32는 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 33은 발광 소자 4의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 34는 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- 도 35는 발광 소자 4의 신뢰성을 나타내는 도면이다.
- 도 36은 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 37은 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 38은 발광 소자 5의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 39는 발광 소자 5의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 40은 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- 도 41은 발광 소자 5의 신뢰성을 나타내는 도면이다.



도 42는 발광 소자 6의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 도면이다.

도 43은 발광 소자 6의 전압-휘도 특성을 나타내는 도면이다.

도 44는 발광 소자 6의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 도면이다.

도 45는 발광 소자 6의 전압-전류 특성을 나타내는 도면이다.

도 46은 발광 소자 6의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

도 47은 발광 소자 6의 신뢰성을 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0019] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 이용하여 상세하게 설명한다. 단, 본 발명은 이하의 설명으로 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위로부터 벗어나는 일 없이 그 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다. 따라서, 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용으로 한정하여 해석되는 것은 아니다.

[0020] (발광 소자에서의 발광의 소과정)

[0021] 우선, 인광성 화합물을 게스트 재료로서 이용하는 발광 소자에서의 발광의 일반적인 소과정에 대하여 설명한다. 단, 여기에서는 여기 에너지를 제공하는 측의 분자를 호스트 분자, 여기 에너지를 받는 측의 분자를 게스트 분자라고 한다.

[0022] (1) 전자 및 정공(홀)이 게스트 분자에서 재결합하고, 게스트 분자가 여기 상태가 되는 경우(직접 재결합 과정).

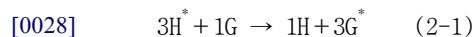
[0023] (1-1) 게스트 분자의 여기 상태가 삼중항 여기 상태일 때, 게스트 분자는 인광을 발한다.

[0024] (1-2) 게스트 분자의 여기 상태가 일중항 여기 상태일 때, 일중항 여기 상태의 게스트 분자는 삼중항 여기 상태에 항간 교차하여, 인광을 발한다.

[0025] 즉, 상기 (1)의 직접 재결합 과정에서는 게스트 분자의 항간 교차 효율, 및 인광 양자 수율만 높다면, 높은 발광 효율을 얻을 수 있게 된다. 단, 호스트 분자의 T<sub>1</sub> 준위는 게스트 분자의 T<sub>1</sub> 준위보다 높은 것이 바람직하다.

[0026] (2) 전자 및 정공(홀)이 호스트 분자에서 재결합하고, 호스트 분자가 여기 상태가 되는 경우(에너지 이동 과정).

[0027] (2-1) 호스트 분자의 여기 상태가 삼중항 여기 상태일 때, 호스트 분자의 T<sub>1</sub> 준위가 게스트 분자의 T<sub>1</sub> 준위보다 높은 경우, 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하고, 게스트 분자가 삼중항 여기 상태가 된다. 삼중항 여기 상태가 된 게스트 분자는 인광을 발한다. 단, 호스트 분자의 T<sub>1</sub> 준위로부터 게스트 분자의 일중항 여기 에너지의 준위(S<sub>1</sub> 준위)로의 에너지 이동은 호스트 분자가 인광 발광하지 않는 한 금지이고, 주된 에너지 이동 과정이 되기 어렵기 때문에; 여기에서는 생략한다. 즉, 하기 식 (2-1)과 같이, 호스트 분자의 삼중항 여기 상태(3H\*)로부터 게스트 분자의 삼중항 여기 상태(3G\*)에의 에너지 이동이 중요하다(식 중, 1G는 게스트 분자의 일중항 기저 상태, 1H는 호스트 분자의 일중항 기저 상태를 나타낸다).



[0029] (2-2) 호스트 분자의 여기 상태가 일중항 여기 상태일 때, 호스트 분자의 S<sub>1</sub> 준위가 게스트 분자의 S<sub>1</sub> 준위 및 T<sub>1</sub> 준위보다 높은 경우, 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하고, 게스트 분자가 일중항 여기 상태 또는 삼중항 여기 상태가 된다. 삼중항 여기 상태가 된 게스트 분자는 인광을 발한다. 또한, 일중항 여기 상태가 된 게스트 분자는 삼중항 여기 상태에 항간 교차하고, 인광을 발한다.

[0030] 즉, 하기 식 (2-2A)과 같이, 호스트 분자의 일중항 여기 상태(1H\*)로부터 게스트 분자의 일중항 여기 상태(1G\*)로 에너지 이동하고, 그 후 항간 교차에 의해 게스트 분자의 삼중항 여기 상태(3G\*)가 생성하는 과정과, 하기 식 (2-2B)과 같이, 호스트 분자의 일중항 여기 상태(1H\*)로부터 게스트 분자의 삼중항 여기 상태(3G\*)로 직접 에너지 이동하는 과정을 고려할 수 있다.

[0031]  $1H^* + 1G \rightarrow 1H + 1G^* \rightarrow (\text{항간 교차}) \rightarrow 1H + 3G^* \quad (2-2A)$

[0032]  $1H^* + 1G \rightarrow 1H + 3G^* \quad (2-2B)$

[0033] 상기 (2)에서 서술한 모든 에너지 이동 과정이 효율적으로 일어나면, 호스트 분자의 삼중항 여기 에너지 및 일중항 여기 에너지 쌍방이 효율적으로 게스트 분자의 삼중항 여기 상태( $3G^*$ )로 변환된다. 따라서, 고효율 발광이 가능해진다. 반대로, 호스트 분자로부터 게스트 분자로 여기 에너지가 이동하기 전에, 호스트 분자 자체가 그 여기 에너지를 광 또는 열로서 방출하여 실활하면, 발광 효율이 저하하게 된다.

[0034] 다음으로, 상술한 호스트 분자와 게스트 분자의 분자 간의 에너지 이동 과정의 지배 인자에 대하여 설명한다. 분자 간의 에너지 이동 기구로서는 이하의 2개의 기구가 제창되고 있다.

[0035] 우선, 1번째 기구인 펠스터 기구(쌍극자-쌍극자 상호 작용)는 에너지 이동에 분자 간의 직접적 접촉을 필요로 하지 않고, 호스트 분자 및 게스트 분자 간의 쌍극자 진동의 공명 현상을 통하여 에너지 이동이 일어나는 기구이다. 쌍극자 진동의 공명 현상에 의해 호스트 분자가 게스트 분자에 에너지를 제공하고, 호스트 분자가 기저 상태가 되고, 게스트 분자가 여기 상태가 된다. 단, 펠스터 기구의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 수식 (1)에 나타낸다.

[0036] [수식 1]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon'_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad (1)$$

[0037]

[0038] 수식 (1)에서  $\nu$ 는 진동수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 규격화된 발광 스펙트럼(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 스펙트럼, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon'_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 몰 흡광 계수를 나타내고,  $N$ 은 아보가드로의 수를 나타내고,  $n$ 은 매체의 굴절률을 나타내고,  $R$ 은 호스트 분자와 게스트 분자의 분자 간 거리를 나타내고,  $\tau$ 은 실측되는 여기 상태의 수명(형광 수명이나 인광 수명)을 나타내고,  $c$ 는 광속을 나타내고,  $\phi$ 은 발광 양자 수율(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 양자 수율, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광 양자 수율)을 나타내고,  $K^2$ 는 호스트 분자와 게스트 분자의 전이 쌍극자 모멘트의 배향을 나타내는 계수(0~4)이다. 단, 랜덤 배향의 경우는  $K^2=2/3$ 이다.

[0039] 다음으로, 2번째 기구인 텍스터 기구(전자 교환 상호 작용)에서는 호스트 분자와 게스트 분자가 궤도의 중첩을 일으키는 접촉 유효 거리에 가까워지고, 여기 상태의 호스트 분자의 전자와 기저 상태의 게스트 분자의 전자의 교환을 통하여 에너지 이동이 일어난다. 단, 텍스터 기구의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 수식 (2)에 나타낸다.

[0040] [수식 2]

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h}\right) K'^2 \exp\left(-\frac{2R}{L}\right) \int f'_h(\nu) \epsilon'_g(\nu) d\nu \quad (2)$$

[0041]

[0042] 수식 (2)에서,  $h$ 는 플랑크 상수이고,  $K'$ 는 에너지 차원을 가지는 상수이고,  $\nu$ 는 진동수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 규격화된 발광 스펙트럼(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광 스펙트럼, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon'_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 규격화된 흡수 스펙트럼을 나타내고,  $L$ 은 실효 분자 반경을 나타내고,  $R$ 은 호스트 분자와 게스트 분자의 분자 간 거리를 나타낸다.

[0043] 여기서, 호스트 분자로부터 게스트 분자로의 에너지 이동 효율( $\phi_{ET}$ )은 수식 (3)으로 나타내어진다 생각된다.  $k_r$ 은 호스트 분자의 발광 과정(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 형광, 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하는 경우는 인광)의 속도 상수를 나타내고,  $k_n$ 은 호스트 분자의 비발광 과정(열 실활

이나 항간 교차)의 속도 상수를 나타내고,  $\tau$ 은 실측되는 호스트 분자의 여기 상태의 수명을 나타낸다.

[0044] [수식 3]

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad (3)$$

[0045]

[0046] 수식 (3)에 의해, 에너지 이동 효율( $\Phi_{ET}$ )을 높게 하기 위해서는 에너지 이동의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하고, 그 외 경합하는 속도 상수  $k_r + k_n (=1/\tau)$ 가 상대적으로 작아지면 좋은 것을 알 수 있다.

[0047] ((2-1)의 에너지 이동 효율)

[0048] 여기서 우선, (2-1)의 에너지 이동 과정을 생각해 본다. 이 경우, 펠스터형(식 (1))은 금제되기 때문에, 텍스터형(식 (2))만 고려하면 좋다. 식 (2)에 의하면, 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하기 위해서는 호스트 분자의 발광 스펙트럼(삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하고 있으므로 인광 스펙트럼)과 게스트 분자의 흡수 스펙트럼(일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태에의 직접 천이에 상당하는 흡수)의 중첩이 큰 것이 좋은 것을 알 수 있다.

[0049] 본 발명의 일양태에서는 인광성 화합물을 게스트 재료로서 이용한다. 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼에서는 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태에의 직접 천이에 상당하는 흡수가 관측되는 경우가 있고, 이는 가장 장파장측에 나타나는 흡수대이다. 특히 발광성 이리듐 착체에서는 가장 장파장측의 흡수대는 500~600nm 부근에 광대한 흡수대로서 나타나는 경우가 많다(물론, 발광 파장에 따라서는 보다 단파장측이나 보다 장파장측에 나타나는 경우도 있음). 이 흡수대는 주로 삼중항 MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer) 천이에 유래한다. 단, 이 흡수대에는 삼중항  $\pi-\pi^*$  천이나 일중항 MLCT 천이에 유래하는 흡수도 일부 포함되고, 이들이 중첩되어, 흡수 스펙트럼의 가장 장파장측에 광대한 흡수대를 형성하고 있다고 생각된다. 즉, 최저 일중항 여기 상태와 최저 삼중항 여기 상태의 차이는 작고, 이들에 유래하는 흡수가 중첩되어, 흡수 스펙트럼의 가장 장파장측에 광대한 흡수대를 형성하고 있다고 생각된다. 따라서, 게스트 재료에, 유기 금속 착체(특히 이리듐 착체)를 이용할 때는 이와 같이 가장 장파장측에 존재하는 광대한 흡수대와, 호스트 재료의 인광 스펙트럼이 크게 중첩됨으로써, 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 크게 하고, 에너지 이동 효율을 높일 수 있다.

[0050] 또한, 통상, 호스트 재료에는 형광성 화합물을 이용하기 때문에; 인광 수명( $\tau$ )은 밀리초 이상으로 매우 길다( $k_r + k_n$ 이 작음). 이것은 삼중항 여기 상태에서부터 기저 상태(일중항)로의 천이가 금제 천이이기 때문이다. 수식 (3)으로부터, 이것은 에너지 이동 효율( $\Phi_{ET}$ )에 대해서 유리하게 작용한다.

[0051] 이상을 고려하면, 호스트 재료의 삼중항 여기 상태에서부터 게스트 재료의 삼중항 여기 상태로의 에너지 이동, 즉 식 (2-1)의 과정은 호스트 재료의 인광 스펙트럼과, 게스트 재료의 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 직접 천이에 상당하는 흡수 스펙트럼을 중첩하기만 하면, 대체로 일어나기 쉬운 경향이 있다.

[0052] ((2-2)의 에너지 이동 효율)

[0053] 다음으로, (2-2)의 에너지 이동 과정을 생각해 본다. 식 (2-2A)의 과정은 게스트 재료의 항간 교차 효율의 영향을 받는다. 따라서, 극한까지 발광 효율을 높이기 위해서는 식 (2-2B)의 과정이 중요하게 생각된다. 이 경우, 텍스터형(식 (2))은 금제가 되기 때문에, 펠스터형(식 (1))만을 생각하면 좋다.

[0054] 식 (1)과 식 (3)으로부터  $\tau$ 을 소거하면, 에너지 이동 효율( $\Phi_{ET}$ )은 양자 수율( $\phi$ )(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하고 있으므로, 형광 양자 수율)이 높은 것이 좋다고 할 수 있다. 그러나 실제로는 또한, 중요한 팩터로서 호스트 분자의 발광 스펙트럼(일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 논하고 있으므로 형광 스펙트럼)과 게스트 분자의 흡수 스펙트럼(일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 직접 천이에 상당하는 흡수)의 중첩이 큰 것도 필요하다(또한, 게스트 분자의 몰 흡광 계수도 높은 것이 바람직함). 이것은 호스트 재료의 형광 스펙트럼과 게스트 재료인 인광성 화합물의 가장 장파장측에 나타나는 흡수대가 중첩되는 것을 의미

한다.

- [0055] 그러나, 이를 실현하는 것은 종래에는 매우 곤란했다. 왜냐하면, 상술한 (2-1)의 과정과 (2-2)의 과정 모두를 효율적으로 행하려고 하면, 상술한 논의로부터, 호스트 재료의 인광 스펙트럼뿐만 아니라, 형광 스펙트럼도 게스트 재료의 가장 장파장측의 흡수대와 중첩되도록 설계해야 하기 때문이다. 다시 말하면, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 인광 스펙트럼과 같은 위치에 오도록 호스트 재료를 설계해야 하는 것이다.
- [0056] 그런데, 일반적으로  $S_1$  준위와  $T_1$  준위는 크게 다르기( $S_1$  준위  $>$   $T_1$  준위) 때문에; 형광 발광 파장과 인광 발광 파장도 크게 다르다(형광 발광 파장  $<$  인광 발광 파장). 예를 들면, 인광성 화합물을 포함한 발광 소자에서, 호스트 재료로서 자주 이용되는 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP)은 500nm 부근에 인광 스펙트럼을 가지지만, 한편 형광 스펙트럼은 400nm 부근이고, 100nm의 간격이 있다. 이 예로부터 생각해 보아도, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 인광 스펙트럼과 같은 위치에 오도록 호스트 재료를 설계하는 것은 매우 어렵다. 따라서, 호스트 재료의 일중항 여기 상태로부터의 게스트 재료로의 에너지 이동 효율의 향상은 매우 중요하다.
- [0057] 따라서, 본 발명의 일양태는 이러한 호스트 재료의 일중항 여기 상태로부터 게스트 재료로의 에너지 이동 효율에 관한 문제점을 극복할 수 있는 유용한 방법을 제공하는 것이다. 이하에, 그 구체적인 양태를 설명한다.
- [0058] (실시형태 1)
- [0059] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자를 구성하는데 있어서의 개념 및 구체적인 발광 소자의 구성에 대하여 설명한다. 단, 본 발명의 일양태인 발광 소자는 한쌍의 전극 간에 제공된 발광층을 포함하는 EL층을 사이에 끼워 형성되어 있고, 발광층은 인광성 화합물인 게스트 재료와, 제 1 유기 화합물과 제 2 유기 화합물을 포함하여 형성된다.
- [0060] 우선, 본 발명의 일례인 발광 소자의 소자 구조에 대하여, 도 1의 (A)에 의해 설명한다.
- [0061] 도 1의 (A)에 나타내는 소자 구조는 한쌍의 전극(양극(101), 음극(102)) 간에 제공된 발광층(106)을 포함하는 EL층(103)이 끼워져 있고, EL층(103)은 양극(101)측으로부터 정공(홀) 주입층(104), 정공(홀) 수송층(105), 발광층(106)(106a, 106b), 전자 수송층(107), 전자 주입층(108) 등이 순차로 적층된 구조를 가진다.
- [0062] 본 발명의 일양태에서의 발광층(106)은 도 1의 (A)에 나타내는 바와 같이 게스트 재료인 인광성 화합물(109)과, 제 1 유기 화합물(110)과, 제 2 유기 화합물(111)을 포함하는 층이다. 제 1 유기 화합물(110)로서는 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 가지는 전자 수송성 재료를 이용하고, 제 2 유기 화합물(111)로서는 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 정공(홀) 수송성 재료를 이용한다. 본 명세서 중에서는 제 1 유기 화합물(110)을 호스트 재료라고 칭하고, 제 2 유기 화합물(111)을 어시스트 재료라고 칭하는 것으로 한다.
- [0063] 단, 상기 구성에서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 각각의 삼중항 여기 에너지의 준위( $T_1$  준위)는 인광성 화합물(게스트 재료)(109)의  $T_1$  준위보다 높은 것이 바람직하다. 제 1 유기 화합물(110)(또는 제 2 유기 화합물(111))의  $T_1$  준위가 인광성 화합물(109)의  $T_1$  준위보다 낮으면 발광에 기여하는 인광성 화합물(109)의 삼중항 여기 에너지를 제 1 유기 화합물(110)(또는 제 2 유기 화합물(111))이 소광(퀵치)되고, 발광 효율의 저하를 초래하기 때문이다.
- [0064] 본 발명의 일양태에서의 발광층(106)은 발광층(106) 안에 포함되는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 비율이 다른 발광층이 적층된 구조인 것을 특징으로 한다. 구체적으로는 도 1의 (A)에 나타내는 바와 같이, 발광층(106)이 제 1 발광층(106a)과 제 2 발광층(106b)의 적층 구조이고, 제 1 발광층(106a)에서 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)이 포함되는 비율은 제 2 발광층(106b)에서 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)이 포함되는 비율보다 많은 것을 특징으로 한다.
- [0065] 또한, 발광층(106)을 구성하는 제 1 발광층(106a) 및 제 2 발광층(106b)의 각각에 관하여, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)이 포함되는 비율에 대해서는 어느 쪽이 많아도 좋고, 본 발명에서는 두 경우 모두 포함하는 것으로 한다.
- [0066] 단, 상기 구조의 제 1 발광층(106a)에서, 정공(홀) 수송성 재료인 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 비율이 적으면, 발광 영역이 제 1 발광층(106a)의 양극측(정공 수송층(105)측)에 치우치게 된다. 한편, 제 1 발광층(106a), 제 2 발광층(106b) 쌍방에서의 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)이 너무 많아지면, 캐리어(정공, 전자 모두)가 발광층(106)을 관통하기 쉬워지게 되고, 재결합 효율이 저하되게 된다. 그러나, 도 1의 (A)

에서 서술한 본 발명의 일양태의 구성으로 함으로써, 제 1 발광층(106a)의 정공 수송성은 제 2 발광층(106b)의 정공 수송성에 비해 상대적으로 높아지고, 전자 수송성은 그 반대가 된다. 따라서, 여기자는 제 1 발광층(106a)과 제 2 발광층(106b)의 계면을 중심으로 치우치는 일 없이, 또한, 발광층(106) 내로부터 벗어나는 일 없이 분포시킬 수 있다. 그 결과, 발광층(106) 내부에서의 여기자의 편향을 막을 수 있고, 여기자의 밀도가 높아지는 것에 의한 발광층(106)의 열화를 방지할 수 있다. 또한, 발광층(106)으로부터 캐리어가 관통하는 것을 막을 수 있기 때문에, 발광 효율을 높게 유지할 수 있다.

[0067] 여기서, 상기 제 1 발광층(106a) 및 제 2 발광층(106b) 중 어느 하나에서도 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)은 여기 착체(exciplex : 엑시플렉스라고도 함)를 형성하는 조합인 것을 특징으로 한다. 또한, 형성된 여기 착체의 발광 파장은 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 각각의 발광 파장(형광 파장)에 비해, 장파장측에 존재한다. 따라서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)의 형광 스펙트럼이나 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 형광 스펙트럼을 보다 장파장측에 위치하는 발광 스펙트럼으로 변환할 수 있다.

[0068] 이것은 도 1의 (B)에 나타내는 바와 같이 제 1 유기 화합물(110)(또는 제 2 유기 화합물(111))의 형광 스펙트럼이 비록 인광성 화합물(게스트 재료)(109)의 가장 장파장측에 위치하는 흡수대에 비해 단파장 측에 위치하고, 인광성 화합물(게스트 재료)(109)의 가장 장파장측에 위치하는 흡수대의 중첩이 없다고 해도, 여기 착체를 형성함으로써, 그 중첩을 크게 할 수 있는 것을 의미한다. 이것에 의해, 상술한 식 (2-2B)의 에너지 이동 효율을 높일 수 있다.

[0069] 또한, 여기 착체는 일중항 여기 에너지와 삼중항 여기 에너지의 차이가 매우 작다고 생각된다. 다시 말하면, 여기 착체의 일중항 상태로부터의 발광 스펙트럼과 삼중항 상태로부터의 발광 스펙트럼은 매우 근접하게 된다. 따라서, 상술한 바와 같이 여기 착체의 발광 스펙트럼(일반적으로는 여기 착체의 일중항 상태로부터의 발광 스펙트럼)을 인광성 화합물의 가장 장파장측에 위치하는 흡수대에 중첩되도록 설계한 경우, 여기 착체의 삼중항 상태로부터의 발광 스펙트럼(상온에서는 관측되지 않고, 저온에서도 관측되지 않는 경우가 많음)도, 인광성 화합물의 가장 장파장측에 위치하는 흡수대와 중첩되게 된다. 즉, 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동((2-2))뿐만 아니라 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동((2-1))의 효율도 높아지고, 결과적으로 일중항·삼중항 쌍방을 효율적으로 발광으로 변환할 수 있다.

[0070] 그러므로, 실제로 여기 착체가 이러한 특성을 가지고 있는지에 관하여, 이하에서는 분자 궤도 계산을 이용하여 검증했다. 일반적으로, 복소 방향족 화합물과 방향족 아민의 조합은 방향족 아민의 최저 공분자 궤도(LUMO : Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위에 비해 깊은 복소 방향족 화합물의 LUMO 준위(전자가 들어가기 쉬운 성질)와 복소 방향족 화합물의 최고 점유 궤도(HOMO : Highest Occupied Molecular Orbital) 준위에 비해 얕은 방향족 아민의 HOMO 준위(홀이 들어가기 쉬운 성질)의 영향으로, 여기 착체를 형성하는 경우가 많다. 그러므로, 본 발명의 일양태에서의 제 1 유기 화합물(110)의 모델로서 복소 방향족 화합물의 LUMO를 형성하는 대표적인 골격의 다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : DBq)을 이용하고, 본 발명의 일양태에서의 제 2 유기 화합물(111)의 모델로서 방향족 아민의 HOMO를 형성하는 대표적인 골격의 트라이페닐아민(약칭 : TPA)을 이용하고, 이들을 조합하여 계산을 행하였다.

[0071] 우선, DBq(약칭) 1분자와 TPA(약칭) 1분자의 최저 여기 일중항 상태( $S_1$ )와 최저 여기 삼중항 상태( $T_1$ )에서의 최적 분자 구조 및 여기 에너지를 시간 의존 밀도 범함수법(TD-DFT)을 이용하여 계산했다. 또한, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체에 대해서도 여기 에너지를 계산했다.

[0072] DFT(밀도 범함수법)의 전에너지(total energy)는 포텐셜 에너지, 전자 간 정전 에너지, 전자의 운동 에너지, 및, 복잡한 전자 간의 상호 작용을 모두 포함하는 교환 상관 에너지의 합으로 나타내어진다. DFT에서는 교환 상관 상호 작용은 전자 밀도로 표현된 1 전자 포텐셜의 범함수(함수의 함수라는 뜻)와 유사하기 때문에, 계산은 고속이고 고정밀도이다. 여기에서는 혼합 범함수인 B3LYP를 이용하여, 교환과 상관 에너지에 따른 각 파라미터의 중량을 규정했다.

[0073] 또한, 기저 함수로서 6-311(각각의 원자가 궤도에 3개의 단축 함수를 이용한 triple split valence 기저계의 기저 함수)를 모든 원자에 적용했다.

[0074] 상술한 기저 함수에 의해, 예를 들면, 수소 원자이면 1s~3s의 궤도가 고려되고, 또한, 탄소 원자이면 1s~4s, 2p~4p의 궤도가 고려되게 된다. 또한, 계산 정밀도 향상을 위하여 분극 기저계로서 수소 원자에는 p함수를, 수소 원자 이외에는 d함수를 더했다.

- [0075] 단, 양자 화학 계산 프로그램으로서는 Gaussian 09를 사용했다. 계산은 하이 퍼포먼스 컴퓨터(SGI Japan, Ltd., Altix4700)를 이용하여 행하였다.
- [0076] 우선, DBq(약칭) 1분자, TPA(약칭) 1분자, 및 DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체에 관하여, HOMO 준위 및 LUMO 준위를 산출했다. HOMO 준위 및 LUMO 준위를 도 2에, HOMO 및 LUMO의 분포를 도 3의 (A1), 도 3의 (A2), 도 3의 (B1), 도 3의 (B2), 도 3의 (C1), 및 도 3의 (C2)에, 각각 나타낸다.
- [0077] 도 3의 (A1)에 DBq(약칭) 1분자의 LUMO의 분포를 나타내고; 도 3의 (A2)에 DBq(약칭) 1분자의 HOMO의 분포를 나타내고; 도 3의 (B1)에 TPA(약칭) 1분자의 LUMO의 분포를 나타내고; 도 3의 (B2)에 TPA(약칭) 1분자의 HOMO의 분포를 나타내고; 도 3(C1)에 DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 LUMO의 분포를 나타내고; 도 3(C2)에 DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 HOMO의 분포를 나타낸다.
- [0078] 도 2에 나타내는 바와 같이, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체는 TPA(약칭)의 LUMO 준위에 비해 깊은(낮은) DBq(약칭)의 LUMO 준위(-1.99eV)와, DBq의 HOMO 준위에 비해 얕은(높은) TPA(약칭)의 HOMO 준위(-5.21eV)의 영향으로, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 여기 착체를 형성하는 것이 시사된다. 실제로 도 3의 (C1) 및 도 3의 (C2)로부터 알 수 있는 바와 같이, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 LUMO는 DBq(약칭)측에, HOMO는 TPA(약칭)측에 분포되어 있다.
- [0079] 다음으로, DBq(약칭) 1분자의 S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위에서의 최적 분자 구조로부터 얻어진 여기 에너지를 나타낸다. 여기서, S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 DBq(약칭) 1분자가 발하는 형광과 인광의 파장에 각각 상당한다. DBq(약칭) 1분자의 S<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 3.294eV이고, 형광 파장은 376.4nm였다. DBq(약칭) 1분자의 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 2.460eV이고, 인광 파장은 504.1nm였다.
- [0080] 또한, TPA(약칭) 1분자의 S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위에서의 최적 분자 구조로부터 얻어진 여기 에너지를 나타낸다. 여기서, S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 TPA(약칭) 1분자가 발하는 형광과 인광의 파장에 각각 상당한다. TPA(약칭) 1분자의 S<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 3.508eV이고, 형광 파장은 353.4nm였다. TPA(약칭) 1분자의 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 2.610eV이고, 인광 파장은 474.7nm였다.
- [0081] 또한, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위에서의 최적 분자 구조로부터 얻어진 여기 에너지를 나타낸다. S<sub>1</sub> 준위와 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체가 발하는 형광과 인광의 파장에 각각 상당한다. DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 S<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 2.036eV이고, 형광 파장은 609.1nm였다. DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 T<sub>1</sub> 준위의 여기 에너지는 2.030eV이고, 인광 파장은 610.0nm였다.
- [0082] 이상으로부터, DBq(약칭) 1분자, TPA(약칭) 1분자 중 어느 쪽에서도, 인광 파장이 100nm 가까이 장파장 시프트하고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 상술한 CBP(약칭)(실측치)와 같은 경향이고, 계산의 타당성을 지지하는 결과이다.
- [0083] 한편, DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 형광 파장은 DBq(약칭) 1분자나 TPA(약칭) 1분자의 형광 파장에 비해, 보다 장파장측에 존재하는 것을 알 수 있다. DBq(약칭)와 TPA(약칭)의 이량체의 형광 파장과 인광 파장의 차이는 불과 0.9nm이고, 거의 같은 파장인 것을 알 수 있다.
- [0084] 이 결과로부터, 여기 착체는 일중항 여기 에너지와 삼중항 여기 에너지를 거의 같은 에너지에 집약할 수 있다고 할 수 있다. 따라서, 상술한 것처럼, 여기 착체는 그 일중항 상태, 및 삼중항 상태 모두으로부터, 인광성 화합물에 대해서 효율적으로 에너지 이동할 수 있는 것이 시사되었다.
- [0085] 이와 같이, 본 발명의 일양태인 발광 소자는 발광층에서 형성된 여기 착체의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물(게스트 재료)의 흡수 스펙트럼의 중첩을 이용하고, 에너지 이동을 하기 때문에 에너지 이동 효율이 높다. 따라서, 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0086] 또한, 여기 착체는 여기 상태에서만 존재하기 때문에, 에너지를 흡수할 수 있는 기저 상태가 존재하지 않는다. 따라서, 인광성 화합물(게스트 재료)의 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태에서부터 여기 착체로의 에너지 이동에 의해 인광성 화합물(게스트 재료)(109)이 발광하기 전에 실활한다(즉 발광 효율을 잃는다)는 현상은 원리적으로 생기지 않는다고 생각된다. 이것도, 외부 양자 효율을 높일 수 있는 한 요인이다.

- [0087] 단, 상술한 여기 착체는 여기 상태에서의 이중 분자 간의 상호 작용에 의해 형성된다. 여기 착체는 비교적 깊은 LUMO 준위를 가지는 재료와, 얇은 HOMO 준위를 가지는 재료의 사이에서 형성하기 쉬운 것이 일반적으로 알려져 있다.
- [0088] 여기 착체의 발광 과정은 HOMO 준위와 LUMO 준위 간의 에너지 차이에 의존한다. 대략적인 경향으로서 에너지 차이가 크면 발광 과정은 짧아지고, 에너지 차이가 작으면 발광 과정은 길어진다.
- [0089] 따라서, 본 실시형태에서의 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 각각 다르다. 구체적으로는 제 1 유기 화합물(110)의 HOMO 준위 < 제 2 유기 화합물(111)의 HOMO 준위 < 제 1 유기 화합물(110)의 LUMO 준위 < 제 2 유기 화합물(111)의 LUMO 준위의 순서로 에너지 준위가 다르다(도 4 참조).
- [0090] 그리고, 이 2개의 유기 화합물에 의해 여기 착체가 형성된 경우, 여기 착체의 LUMO 준위는 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)에 유래하고, HOMO 준위는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)에 유래한다(도 4 참조). 따라서, 여기 착체의 에너지 차이는 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)의 에너지 차이, 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111)의 에너지 차이보다 작아진다. 즉, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(110)과 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(111) 각각의 발광 과정에 비해, 여기 착체의 발광 과정은 장파장이 된다.
- [0091] 단, 본 발명의 일양태에서의 여기 착체의 형성 과정에는 이하의 2개의 과정을 생각할 수 있다.
- [0092] 첫 번째 형성 과정은 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)이 캐리어를 가진 상태(양이온 또는 음이온)로부터, 여기 착체를 형성하는 형성 과정이다.
- [0093] 일반적으로는 전자 및 정공(홀)이 호스트 재료 중에서 재결합한 경우, 여기 상태의 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 이동하고, 게스트 재료가 여기 상태에 도달하여 발광한다. 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 이동하기 전에 호스트 재료 자체가 발광하거나, 또는 여기 에너지가 열에너지가 됨으로써, 여기 에너지의 일부를 실활하게 된다. 특히, 호스트 재료가 일중항 여기 상태인 경우는 (2-2)에서 서술한 바와 같이, 에너지 이동이 생기기 어렵다. 이러한 여기 에너지의 실활은 발광 소자의 수명의 저하로 연결되는 요인의 하나이다.
- [0094] 그러나, 본 발명의 일양태에서는 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)이 캐리어를 가진 상태(양이온 또는 음이온)로부터 여기 착체를 형성하기 때문에; 제 1 유기 화합물(호스트 재료)의 일중항 여기자의 형성을 억제할 수 있다. 즉, 일중항 여기자를 형성하는 일 없이, 직접 여기 착체를 형성하는 과정이 존재할 수 있다. 이것에 의해, 상기 일중항 여기 에너지의 실활도 억제할 수 있다. 따라서, 수명이 긴 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0095] 예를 들면, 제 1 유기 화합물(110)이 전자 수송성 재료 중에서도 전자(캐리어)를 포획하기 쉬운 성질을 가지는(LUMO 준위가 깊은) 전자 트랩성 화합물이고, 제 2 유기 화합물(111)이 정공 수송성의 재료 중에서도 홀(캐리어)을 포획하기 쉬운 성질을 가지는(HOMO 준위가 얇은) 홀 트랩성 화합물인 경우에는 제 1 유기 화합물의 음이온과 제 2 유기 화합물의 양이온으로부터, 직접 여기 착체가 형성되게 된다. 이러한 과정에서 형성되는 여기 착체를 특히 일렉트로플렉스(electroplex)라고 부르는 것으로 한다. 이와 같이 하여 제 1 유기 화합물(호스트 재료)의 일중항 여기 상태의 발생을 억제하고, 일렉트로플렉스로부터 인광성 화합물(게스트 재료)로 에너지 이동을 행함으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 단, 이 경우, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)의 삼중항 여기 상태의 발생도 이와 같이 억제되어 직접 여기 착체가 형성되기 때문에; 여기 착체로부터 인광성 화합물(게스트 재료)로 에너지 이동한다고 생각된다.
- [0096] 두 번째 형성 과정은 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)의 한쪽이 일중항 여기자를 형성한 후, 기저 상태의 다른 한쪽과 상호 작용하여 여기 착체를 형성하는 소과정이다. 일렉트로플렉스와는 달리, 이 경우는 일단 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 또는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)의 일중항 여기 상태가 생성되지만, 이는 신속하게 여기 착체로 변환되기 때문에, 역시 일중항 여기 에너지의 실활을 억제할 수 있다. 따라서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 또는 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)이 여기 에너지를 실활하는 것을 억제할 수 있다. 단, 이 경우, 호스트 재료의 삼중항 여기 상태도 마찬가지로 신속하게 여기 착체로 변환되고, 여기 착체로부터 인광성 화합물(게스트 재료)로 에너지 이동한다고 생각된다.
- [0097] 단, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)이 전자 트랩성 화합물이고, 한편 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)이 홀 트랩성 화합물이고, 이들 화합물의 HOMO 준위의 차이, 및 LUMO 준위의 차이가 큰 경우(구체적으로는 차이가 0.3eV

이상), 전자는 선택적으로 제 1 유기 화합물(호스트 재료)에 들어가고, 홀은 선택적으로 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)에 들어간다. 이 경우, 일중항 여기자를 거쳐 여기 착체가 형성되는 과정보다, 일렉트로플렉스가 형성되는 과정이 우선된다고 생각된다.

- [0098] 여기 착체의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물(게스트 재료)의 흡수 스펙트럼을 충분히 중첩시키기 위해서는 발광 스펙트럼의 피크의 에너지값과, 흡수 스펙트럼의 가장 저에너지측의 흡수대의 피크의 에너지값과의 차이가 0.3eV 이내인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.2eV 이내이고, 가장 바람직한 것은 0.1eV 이내이다.
- [0099] 본 발명의 일양태인 발광 소자에서 여기 착체의 여기 에너지는 인광성 화합물(게스트 재료)로 충분히 에너지 이동하고, 여기 착체로부터의 발광은 실질적으로 관찰되지 않는 것이 바람직하다. 따라서, 여기 착체를 통하여 인광성 화합물(게스트 재료)로 에너지를 이동하고, 인광성 화합물(게스트 재료)이 인광을 발하는 것이 바람직하다. 단, 인광성 화합물(게스트 재료)로서는 유기 금속 착체인 것이 바람직하다.
- [0100] 본 발명의 일양태인 발광 소자에서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)에 인광성 화합물을 이용하면, 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 자체가 발광하기 쉬워지고, 인광성 화합물(게스트 재료)로 에너지 이동되기 어려워진다. 이 경우, 이 제 1 유기 화합물이 효율적으로 발광하면 좋지만, 호스트 재료는 농도 소광의 문제가 발생하기 때문에, 높은 발광 효율을 달성하는 것은 어렵다. 따라서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료) 중 적어도 한쪽이 형광성 화합물(즉, 일중항 여기 상태에서부터 발광이나 열 실향이 일어나기 쉬운 화합물)인 경우가 효과적이다. 따라서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료) 중 적어도 한쪽이 형광성 화합물인 것이 바람직하다.
- [0101] 따라서, 제 1 유기 화합물(호스트 재료)은 형광성 화합물이고, 여기 착체를 에너지 이동의 매체로 이용하는 구성인 것이 바람직하다.
- [0102] 단, 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타내는 구성과 적절히 조합하여 이용할 수 있는 것으로 한다.
- [0103] (실시형태 2)
- [0104] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자의 일례에 대하여 도 5를 이용하여 설명한다.
- [0105] 본 실시형태에 나타내는 발광 소자는 도 5에 나타내는 바와 같이 한쌍의 전극(제 1 전극(양극)(201)과 제 2 전극(음극)(202)) 사이에 발광층(206)을 포함하는 EL층(203)이 끼워져 있고, EL층(203)은 제 1 발광층(206a)과 제 2 발광층(206b)의 적층 구조를 가지는 발광층(206) 외에, 정공(또는 홀) 주입층(204), 정공(또는 홀) 수송층(205), 전자 수송층(207), 전자 주입층(208) 등을 포함하여 형성된다.
- [0106] 단, 본 실시형태에 나타내는 발광층(206)(제 1 발광층(206a) 및 제 2 발광층(206b))에는 게스트 재료인 인광성 화합물(209), 호스트 재료인 제 1 유기 화합물(210), 및 어시스트 재료인 제 2 유기 화합물(211)이 각각 포함되어 있다. 단, 본 실시형태에서, 제 1 유기 화합물(210)은 제 2 유기 화합물(211)보다 발광층(206)(발광층(206a, 206b) 중 어느 쪽에서도) 중에 포함되는 비율이 많다.
- [0107] 본 실시형태에 나타내는 발광층(206)은 제 1 발광층(206a)과 제 2 발광층(206b)의 적층 구조를 가지지만, 제 1 발광층(206a)에서 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)이 포함되는 비율은 제 2 발광층(206b)에서 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)이 포함되는 비율보다 많은 것을 특징으로 한다.
- [0108] 발광층(206)(제 1 발광층(206a) 및 제 2 발광층(206b))에서, 인광성 화합물(209)을 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(210) 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)에 분산시킨 구성으로 함으로써, 발광층(206)의 결정화를 억제할 수 있다. 또한, 인광성 화합물(209)의 농도가 높은 것에 의한 농도 소광을 억제하여, 발광 소자의 발광 효율을 높게 할 수 있다.
- [0109] 제 1 유기 화합물(210) 및 제 2 유기 화합물(211) 각각의 삼중항 여기 에너지의 준위( $T_1$  준위)는 인광성 화합물(209)의  $T_1$  준위보다 높은 것이 바람직하다. 제 1 유기 화합물(210)(또는 제 2 유기 화합물(211))의  $T_1$  준위가 인광성 화합물(게스트 재료)(209)의  $T_1$  준위보다 낮으면 발광에 기여하는 인광성 화합물(게스트 재료)(209)의 삼중항 여기 에너지를 제 1 유기 화합물(210)(또는 제 2 유기 화합물(211))이 소광(퀵치)하여, 발광 효율의 저하를 초래하기 때문이다.
- [0110] 본 실시형태의 발광층(206)에서는 양 전극으로부터 각각 주입되는 캐리어(전자 및 홀)의 재결합 시에, 제 1 유기 화합물(210)과 제 2 유기 화합물(211)로부터 여기 착체(엑시플렉스)가 형성된다. 이것에 의해, 발광층(20



6)에서의 제 1 유기 화합물(210)의 형광 스펙트럼, 및 제 2 유기 화합물(211)의 형광 스펙트럼은 보다 장파장측에 위치하는 여기 착체의 발광 스펙트럼으로 변환할 수 있다. 따라서, 일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동을 최대한으로 높이기 위하여 여기 착체의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물(게스트 재료)(209)의 흡수 스펙트럼의 중첩이 커지도록, 제 1 유기 화합물(210)과 제 2 유기 화합물(211)을 각각 선택하는 것으로 한다. 단, 여기에서는 삼중항 여기 상태에 관해서도, 호스트 재료가 아닌 여기 착체로부터의 에너지 이동이 생기는 것으로 생각한다.

[0111] 단, 인광성 화합물(209)로서는 유기 금속 착체가 바람직하다. 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(210)로서는 전자 수송성 재료를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)로서는 정공(홀) 수송성 재료를 이용하는 것이 바람직하다.

[0112] 단, 상기 유기 금속 착체로서는 예를 들면, 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭 : FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭 : FIrpic), 비스[2-(3',5'-비스트라이플루오로메틸페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭 : Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : FIracac), 트리스(2-페닐피리디나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(ppy)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐피리디나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸라토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)), 비스{2-[4'-(피플루오로페닐)페닐]피리디나토-N,C<sup>2'</sup>}이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2-페닐벤조티아졸라토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)), 비스[2-(2'-벤조[4,5-a]티에닐)피리디나토-N,C<sup>3'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)), 비스(1-페닐아이소퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭 : Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(약칭 : Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭 : Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린플래티늄(II)(약칭 : PtOEP), 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭 : Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭 : Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭 : Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등을 포함한다.

[0113] 상기 전자 수송성 재료로서는, 함 질소 복소 방향족 화합물과 같은 π 부족형 복소 방향족 화합물이 바람직하고, 예를 들면, 2-[3-(다이벤조티오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조티오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTBPDBq-II), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조티오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 7mDBTPDBq-II), 및, 6-[3-(다이벤조티오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 6mDBTPDBq-II) 등의 퀴놀살린 내지는 다이벤조퀴놀살린 유도체를 들 수 있다.

[0114] 상기 정공(홀) 수송성 재료로서는, π 부족형 복소 방향족 화합물(예를 들면 카바졸 유도체나 인돌 유도체)이나 방향족 아민 화합물이 바람직하고, 예를 들면, 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBA1BP), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBNBB), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzPCN1), 4,4',4' '-트리스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭 : 1'-TNATA), 2,7-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]스피로-9,9'-바이플루오렌(약칭 : DPA2SF), N,N'-비스(9-페닐카바졸-3-일)-N,N'-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭 : PCA2B), N-(9,9-다이메틸-2-다이페닐아미노-9H-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭 : DPNF), N,N',N' '-트라이페닐-N,N',N' '-트리스(9-페닐카바졸-3-일)벤젠-1,3,5-트리아민(약칭 : PCA3B), 2-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]스피로-9,9'-바이플루오렌(약칭 : PCASF), 2-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]스피로-9,9'-바이플루오렌(약칭 : DPASF), N,N'-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭 : YGA2F), 4,4'-비스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭 : TPD), 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약

칭 : DPAB), 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), 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzPCA1), 3-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzDPA1), 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzDPA2), 4,4'-비스(N-(4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐)-N-페닐아미노)바이페닐(약칭 : DNTPD), 3,6-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-(1-나프틸)아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzTPN2), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭 : PCzPCA2)을 포함한다.

[0115] 단, 상술한 인광성 화합물(209), 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(210), 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)에 각각 이용할 수 있는 재료는 이에 한정되지 않는다. 여기 착체를 형성할 수 있는 조합이며 여기 착체의 발광 스펙트럼이 인광성 화합물(209)의 흡수 스펙트럼과 중첩되고, 여기 착체의 발광 스펙트럼의 피크가 인광성 화합물(209)의 흡수 스펙트럼의 피크보다 장파장인 것이면 좋다.

[0116] 제 1 유기 화합물(210)에 전자 수송성 재료를 이용하고, 제 2 유기 화합물(211)에 정공(홀) 수송성 재료를 이용하는 경우, 그 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 제어할 수 있다. 구체적으로는 제 1 유기 화합물(210) : 제 2 유기 화합물(211)=1 : 9~9 : 1의 범위로 하는 것이 바람직하다.

[0117] 이하에 본 실시형태에 나타내는 발광 소자를 제작하는데 있어서의 구체적인 예에 대하여 설명한다.

[0118] 제 1 전극(양극)(201) 및 제 2 전극(음극)(202)에는 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 이용할 수 있다. 구체적으로는 산화 인듐-산화 주석(ITO : Indium Tin Oxide), 규소 혹은 산화 규소를 함유한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연(Indium Zinc Oxide), 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유 한 산화 인듐, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 티탄(Ti)을 이용할 수 있다. 이외에, 원소 주기표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 즉 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토류 금속, 및 이들을 포함하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속 및 이들을 포함하는 합금, 그 외 그라펜 등을 이용할 수 있다. 제 1 전극(양극)(201) 및 제 2 전극(음극)(202)은 예를 들면 스퍼터링법이나 증착법(진공 증착법을 포함함) 등에 의해 형성할 수 있다.

[0119] 정공 주입층(204) 및 정공 수송층(205)에 이용하는 정공 수송성이 높은 물질로서는 예를 들면, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭 : NPB 또는 α-NPD)이나 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭 : TPD), 4,4',4'-트리스(카바졸-9-일)트라이페닐아민(약칭 : TCTA), 4,4',4'-트리스(N,N'-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭 : TDATA), 4,4',4'-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭 : MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭 : BSPB) 등의 방향족 아민 화합물, 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. 그 외, 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭 : CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭 : TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라세닐)페닐]-9H-카바졸(약칭 : CzPA) 등의 카바졸 유도체 등을 이용할 수 있다. 여기서 설명한 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 물질이다. 단, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이면, 이들 이외의 것을 이용해도 좋다.

[0120] 또한, 폴리(N-비닐카바졸)(약칭 : PVK), 폴리(4-비닐트라이페닐아민)(약칭 : PVTTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약칭 : PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭 : Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 이용할 수도 있다.

[0121] 또한, 정공 주입층(204)에 이용할 수 있는 액셉터성 물질로서는 천이 금속 산화물이나 원소 주기표에서의 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는 산화 몰리브덴이 특히 바람직하다.

[0122] 발광층(206(206a, 206b))은 상술한 바와 같고, 인광성 화합물(209), 제 1 유기 화합물(호스트 재료)(210), 및 제 2 유기 화합물(어시스트 재료)(211)을 포함하여 형성된다.

[0123] 전자 수송층(207)은 전자 수송성이 높은 물질을 포함하는 층이다. 전자 수송층(207)에는  $\text{Alq}_3$ , 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 :  $\text{Almq}_3$ ), 비스(10-하이드록시다이벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약칭 :  $\text{BeBq}_2$ ),  $\text{BAIq}$ ,  $\text{Zn}(\text{BOX})_2$ , 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약칭 :  $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$ ) 등의 금속 착체를 이용할 수 있다. 또한, 2-(4-바이페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭 : PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-

1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭 : OXD-7), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-5-(4-바이페닐일)-1,2,4-트리아졸(약칭 : TAZ), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-바이페닐일)-1,2,4-트리아졸(약칭 : p-EtTAZ), 바소 페난트롤린(약칭 : BPhen), 바소큐프로인(약칭 : BCP), 4,4'-비스(5-메틸벤조옥사졸-2-일)스티벤(약칭 : BzOs) 등의 복소 방향족 화합물도 이용할 수 있다. 또한, 폴리(2,5-피리딘-다이일)(약칭 : PPy), 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-co-(피리딘-3,5-다이일)](약칭 : PF-Py), 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-co-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭 : PF-BPy)과 같은 고분자 화합물을 이용할 수도 있다. 여기서 설명한 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 가지는 물질이다. 단, 정공보다 전자의 수송성이 높은 물질이라면, 상기 이외의 물질을 전자 수송층(207)으로서 이용해도 좋다.

[0124] 전자 수송층(207)은 단층인 것뿐만이 아니라, 상기 물질로부터 이루어지는 층이 2층 이상 적층된 것이어도 좋다.

[0125] 전자 주입층(208)은 전자 주입성이 높은 물질을 포함하는 층이다. 전자 주입층(208)에는 불화 리튬(LiF), 불화 세슘(CsF), 불화 칼슘(CaF<sub>2</sub>), 리튬 산화물(LiOx) 등과 같은 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 또는 그들의 화합물을 이용할 수 있고, 불화 에르븀(ErF<sub>3</sub>)과 같은 희토류 금속 화합물을 이용할 수 있다. 또한, 상술한 전자 수송층(207)을 형성하는 물질을 이용할 수도 있다.

[0126] 혹은 전자 주입층(208)에 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합하여 이루어진 복합 재료를 이용해도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의해 유기 화합물에 전자가 발생하기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 뛰어나다. 이 경우, 유기 화합물로서는 발생한 전자의 수송이 뛰어난 재료인 것이 바람직하고, 구체적으로는 예를 들면 상술한 전자 수송층(207)을 구성하는 물질(금속 착체나 복소 방향족 화합물 등)을 이용할 수 있다. 전자 공여체로서는 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질이면 좋다. 구체적으로는 알칼리 금속이나 알칼리 토류 금속이나 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 에르븀, 이테르븀 등을 들 수 있다. 알칼리 금속 산화물이나 알칼리 토류 금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 바륨 산화물 등을 들 수 있고, 산화 마그네슘과 같은 루이스 염기를 이용할 수도 있고, 테트라티아폴발렌(약칭 : TTF) 등의 유기 화합물을 이용할 수도 있다.

[0127] 단, 상술한 정공 주입층(204), 정공 수송층(205), 발광층(206(206a, 206b)), 전자 수송층(207), 전자 주입층(208)은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법 등의 방법으로 형성할 수 있다.

[0128] 상술한 발광 소자의 발광층(206)에서 얻어진 발광은 제 1 전극(201) 및 제 2 전극(202)의 어느 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 외부로 추출된다. 따라서, 본 실시형태에서의 제 1 전극(201) 및 제 2 전극(202)의 어느 한쪽, 또는 양쪽 모두가 투광성을 가지는 전극이 된다.

[0129] 본 실시형태에서 나타낸 발광 소자는 여기 착체의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼의 중첩을 이용한 에너지 이동에 의해 에너지 이동 효율을 높일 수 있기 때문에, 외부 양자 효율이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.

[0130] 단, 본 실시형태에서 나타낸 발광 소자는 본 발명의 일양태이고, 특히 발광층의 구성에 특징을 가진다. 따라서, 본 실시형태에서 나타낸 구성을 적용함으로써, 패시브 매트릭스형 발광 장치나 액티브 매트릭스형 발광 장치 등을 제작할 수 있다. 이들은 모두 본 발명에 포함되는 것으로 한다.

[0131] 단, 액티브 매트릭스형 발광 장치의 경우에, TFT의 구조는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들면, 스테거형이나 역스테거형의 TFT를 적절히 이용할 수 있다. 또한, TFT 기판에 형성되는 구동용 회로에 대해서도, N형 및 P형의 TFT로 이루어진 것도 좋고, N형의 TFT 또는 P형의 TFT의 어느 한쪽만으로 이루어진 것이어도 좋다. 또한, TFT에 이용되는 반도체막의 결정성에 대해서도 특별히 한정되지 않는다. 예를 들면, 비정질 반도체막, 결정성 반도체막, 그 외, 산화물 반도체막 등을 이용할 수 있다.

[0132] 단, 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타내는 구성과 적절히 조합하여 이용할 수 있는 것으로 한다.

[0133] (실시형태 3)

[0134] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태로서 전하 발생층을 끼우고 EL층을 복수 가지는 구조의 발광 소자(이하, 텐덤형 발광 소자라고 함)에 대하여 설명한다.

[0135] 본 실시형태에 나타내는 발광 소자는 도 6의 (A)에 나타내는 바와 같이 한쌍의 전극(제 1 전극(301) 및 제 2 전

극(304)) 사이에, 복수의 EL층(제 1 EL층(302(1)), 제 2 EL층(302(2)))을 포함하는 탠덤형 발광 소자이다.

- [0136] 본 실시형태에서, 제 1 전극(301)은 양극으로서 기능하는 전극이고, 제 2 전극(304)은 음극으로서 기능하는 전극이다. 단, 제 1 전극(301) 및 제 2 전극(304)은 실시형태 1과 같은 구성을 이용할 수 있다. 또한, 복수의 EL층(제 1 EL층(302(1)), 제 2 EL층(302(2)))은 실시형태 1 또는 실시형태 2에서 나타낸 EL층과 같은 구성이어도 좋지만, 어느 한쪽이 같은 구성이어도 좋다. 즉, 제 1 EL층(302(1))과 제 2 EL층(302(2))은 같은 구성이어도 다른 구성이어도 좋고, 그 구성은 실시형태 1 또는 실시형태 2와 같은 것을 적용할 수 있다.
- [0137] 또한, 복수의 EL층(제 1 EL층(302(1)), 제 2 EL층(302(2)))의 사이에는 전하 발생층(I)(305)이 제공되어 있다. 전하 발생층(I)(305)은 제 1 전극(301)과 제 2 전극(304)에 전압을 인가했을 때에, 한쪽의 EL층에 전자를 주입하고, 다른 한쪽의 EL층에 정공을 주입하는 기능을 가진다. 본 실시형태의 경우에는 제 1 전극(301)에 제 2 전극(304)보다 전위가 높아지도록 전압을 인가하면, 전하 발생층(I)(305)으로부터 제 1 EL층(302(1))에 전자가 주입되고, 제 2 EL층(302(2))에 정공이 주입된다.
- [0138] 단, 전하 발생층(I)(305)은 광의 추출 효율이라는 점에서 가시광에 대해서 투광성을 가지는(구체적으로는 전하 발생층(I)(305)에 대한 가시광의 투과율이 40% 이상) 것이 바람직하다. 또한, 전하 발생층(I)(305)은 제 1 전극(301)이나 제 2 전극(304)보다 낮은 도전율이어도 기능한다.
- [0139] 전하 발생층(I)(305)은 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 수용체(억셉터)가 첨가된 구성이어도, 전자 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 공여체(도너)가 첨가된 구성이어도 좋다. 또한, 이러한 양쪽 모두의 구성이 적층되어 있어도 좋다.
- [0140] 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 수용체가 첨가된 구성으로 하는 경우에, 정공 수송성이 높은 유기 화합물로서는 예를 들면, NPB나 TPD, TDATA, MTDATA, 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭 :BSPB) 등의 방향족 아민 화합물 등을 이용할 수 있다. 여기서 설명한 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 물질이다. 단, 전자보다 정공의 수송성이 높은 유기 화합물이면, 상기 이외의 물질을 이용해도 상관없다.
- [0141] 전자 수용체로서는 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메탄(약칭 :F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있고, 천이 금속 산화물을 들 수 있고, 원소 주기표에서의 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는 산화 바나듐, 산화 니오브, 산화 탄탈, 산화 크로뮴, 산화 몰리브덴, 산화 텅스텐, 산화 망간, 산화 레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서 특히, 산화 몰리브덴은 대기 중에서도 안정적이고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0142] 한편, 전자 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 공여체가 첨가된 구성으로 하는 경우에, 전자 수송성이 높은 유기 화합물로서는 예를 들면, Alq, Almq<sub>3</sub>, BeBq<sub>2</sub>, BAlq 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 가지는 금속 착체 등을 이용할 수 있다. 이 외, Zn(BOX)<sub>2</sub>, Zn(BTZ)<sub>2</sub> 등의 옥사졸계, 티아졸계 배위자를 가지는 금속 착체 등도 이용할 수 있다. 또한, 금속 착체 이외에도, PBD나 OXD-7, TAZ, BPhen, BCP 등도 이용할 수 있다. 여기서 설명한 물질은 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 전자 이동도를 가지는 물질이다. 단, 정공보다 전자의 수송성이 높은 유기 화합물이라면, 상기 이외의 물질을 이용해도 상관없다.
- [0143] 전자 공여체로서는 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속 또는 희토류 금속 또는 원소 주기표에서의 제 13 족에 속하는 금속 및 그 산화물, 탄산염을 이용할 수 있다. 구체적으로는 리튬(Li), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 이테르븀(Yb), 인듐(In), 산화 리튬, 탄산 세슘 등을 이용하는 것이 바람직하다. 테트라티아나프타센과 같은 유기 화합물을 전자 공여체로서 이용해도 좋다.
- [0144] 단, 상술한 재료를 이용하여 전하 발생층(I)(305)을 형성함으로써, EL층이 적층되었을 경우의 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.
- [0145] 본 실시형태에서는 EL층을 2층 가지는 발광 소자에 대하여 설명했지만, 도 6의 (B)에 나타내는 바와 같이, n층(단, n은 3 이상)의 EL층(302(1), 302(2)~302(n-1), 302(n))을 적층한 발광 소자에 대해서도 마찬가지로 적용하는 것이 가능하다. 본 실시형태에 따른 발광 소자와 같이, 한쌍의 전극 간에 복수의 EL층을 포함하는 경우, EL층과 EL층의 사이에 전하 발생층(I)(305(1), 305(2)~305(n-2), 305(n-1))을 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지한 채로 고휘도 영역에서의 발광이 가능하다. 전류 밀도를 낮게 유지할 수 있기 때문에, 장수명 소자를 실현할 수 있다. 조명을 응용으로 한 경우는 전극 재료의 저항에 의한 전압 강하를 작게 할 수 있기 때문에,

큰 면적에서의 균일 발광이 가능해진다. 또한, 저전압 구동이 가능하여 소비 전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.

- [0146] 또한, 각각의 EL층의 발광색을 다른 것으로 함으로써, 발광 소자 전체적으로, 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들면, 2개의 EL층을 가지는 발광 소자에서, 제 1 EL층의 발광색과 제 2 EL층의 발광색을 보색의 관계가 되도록 함으로써, 발광 소자 전체적으로 백색 발광하는 발광 소자를 얻는 것도 가능하다. 단, "보색"이란, 혼합하면 무채색이 되는 색들의 관계를 말한다. 즉, 보색의 관계에 있는 색을 발광하는 물질로부터 얻어진 광과 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0147] 또한, 3개의 EL층을 가지는 발광 소자의 경우에도 마찬가지이고, 예를 들면, 제 1 EL층의 발광색이 적색이고, 제 2 EL층의 발광색이 녹색이고, 제 3 EL층의 발광색이 청색인 경우, 발광 소자 전체적으로는 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0148] 단, 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타난 구성과 적절히 조합하여 이용할 수 있다.
- [0149] (실시형태 4)
- [0150] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태인 발광 장치에 대하여 설명한다.
- [0151] 본 실시형태에 나타내는 발광 장치는 한쌍의 전극 간에서의 광의 공진 효과를 이용한 미소광 공진기(마이크로 캐비티) 구조를 가지고 있다. 도 7에 나타내는 바와 같이 한쌍의 전극(반사 전극(401) 및 반투과·반반사 전극(402)) 간에 적어도 EL층(405)을 가지는 구조인 발광 소자를 복수 포함하고 있다. 또한, EL층(405)은 적어도 발광 영역이 되는 발광층(404(404R, 404G, 404B))을 포함하고, 그 외, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 전하 발생층(E) 등이 포함되어 있어도 좋다.
- [0152] 본 실시형태에서는 도 7에 나타내는 바와 같이 구조가 다른 발광 소자(제 1 발광 소자(R)(410R), 제 2 발광 소자(G)(410G), 제 3 발광 소자(B)(410B))를 포함하고 구성되는 발광 장치에 대하여 설명한다.
- [0153] 제 1 발광 소자(R)(410R)는 반사 전극(401) 위에 제 1 투명 도전층(403a)과, 제 1 발광층(B)(404B), 제 2 발광층(G)(404G), 제 3 발광층(R)(404R)을 일부에 포함하는 EL층(405)과; 반투과·반반사 전극(402)이 순차로 적층된 구조를 가진다. 제 2 발광 소자(G)(410G)는 반사 전극(401) 위에 제 2 투명 도전층(403b)과, EL층(405)과, 반투과·반반사 전극(402)이 순차로 적층된 구조를 가진다. 제 3 발광 소자(B)(410B)는 반사 전극(401) 위에 EL층(405)과 반투과·반반사 전극(402)이 순차로 적층된 구조를 가진다.
- [0154] 단, 상기 발광 소자(제 1 발광 소자(R)(410R), 제 2 발광 소자(G)(410G), 제 3 발광 소자(B)(410B))에서, 반사 전극(401), EL층(405), 반투과·반반사 전극(402)은 공통이다. 제 1 발광층(B)(404B)에서는 420nm 이상 480nm 이하의 파장 영역에 피크를 가지는 광( $\lambda_B$ )을 발광시킨다. 제 2 발광층(G)(404G)에서는 500nm 이상 550nm 이하의 파장 영역에 피크를 가지는 광( $\lambda_G$ )을 발광시킨다. 제 3 발광층(R)(404R)에서는 600nm 이상 760nm 이하의 파장 영역에 피크를 가지는 광( $\lambda_R$ )을 발광시킨다. 이것에 의해, 어느 발광 소자(제 1 발광 소자(R)(410R), 제 2 발광 소자(G)(410G), 제 3 발광 소자(B)(410B))에서도, 제 1 발광층(B)(404B), 제 2 발광층(G)(404G), 및 제 3 발광층(R)(404R)으로부터의 발광이 서로 중첩된; 즉 가시광 영역에 걸치는 광대한 광을 발광시킬 수 있다. 단, 상기에 의해, 파장의 길이는  $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ 가 되는 관계로 한다.
- [0155] 본 실시형태에 나타내는 각 발광 소자는 각각 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)의 사이에 EL층(405)을 제공하는 이루어지는 구조를 가지고 있다. EL층(405)에 포함되는 각 발광층으로부터 전(全)방향으로 사출되는 발광은 미소광 공진기(마이크로 캐비티)로서의 기능을 가지는 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)에 의해 공진된다. 단, 반사 전극(401)은 반사성을 가지는 도전성 재료에 의해 형성되고, 그 막에 대한 가시광의 반사율이 40%~100%, 바람직하게는 70%~100%이고, 또한, 그 저항율이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막으로 한다. 또한, 반투과·반반사 전극(402)은 반사성을 가지는 도전성 재료와 광투과성을 가지는 도전성 재료에 의해 형성되고, 그 막에 대한 가시광의 반사율이 20%~80%, 바람직하게는 40%~70%이고, 또한, 그 저항율이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막으로 한다.
- [0156] 본 실시형태에서는 각 발광 소자로 제 1 발광 소자(R)(410R)와 제 2 발광 소자(G)(410G)에 각각 제공된 투명 도전층(제 1 투명 도전층(403a), 제 2 투명 도전층(403b))의 두께를 바꿈으로써, 발광 소자마다 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)의 사이의 광학 거리를 바꾸고 있다. 즉, 각 발광 소자의 각 발광층으로부터 발광하

는 광대한 광은 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)의 사이에서 공진하는 파장의 광을 강하게 하고, 공진하지 않는 파장의 광을 감쇠시킬 수 있다. 따라서, 소자마다 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)의 사이의 광학 거리를 바꿈으로써, 다른 파장의 광을 추출할 수 있다.

[0157] 단, 광학 거리(광로 길이라고도 함)란, 실제의 거리에 굴절률을 곱한 것이고, 본 실시형태에서는 실제 막 두께에  $n$ (굴절률)을 곱한 것을 나타낸다. 즉, 「광학 거리=실제 막 두께 $\times n$ 」이다.

[0158] 또한, 제 1 발광 소자(R)(410R)에서는 반사 전극(401)으로부터 반투과·반반사 전극(402)까지의 총 두께를  $m\lambda_R/2$ (단,  $m$ 은 자연수); 제 2 발광 소자(G)(410G)에서는 반사 전극(401)으로부터 반투과·반반사 전극(402)까지의 총 두께를  $m\lambda_G/2$ (단,  $m$ 은 자연수); 제 3 발광 소자(B)(410B)에서는 반사 전극(401)으로부터 반투과·반반사 전극(402)까지의 총 두께를  $m\lambda_B/2$ (단,  $m$ 은 자연수)로 하고 있다.

[0159] 이상에 의해, 제 1 발광 소자(R)(410R)로부터는 주로 EL층(405)에 포함되는 제 3 발광층(R)(404R)에서 발광한 광( $\lambda_R$ )이 추출되고, 제 2 발광 소자(G)(410G)로부터는 주로 EL층(405)에 포함되는 제 2 발광층(G)(404G)에서 발광한 광( $\lambda_G$ )이 추출되고, 제 3 발광 소자(B)(410B)로부터는 주로 EL층(405)에 포함되는 제 1 발광층(B)(404B)에서 발광한 광( $\lambda_B$ )이 추출된다. 단, 각 발광 소자로부터 추출되는 광은 반투과·반반사 전극(402)측으로부터 각각 사출된다.

[0160] 또한, 상기 구성에서, 반사 전극(401)으로부터 반투과·반반사 전극(402)까지의 총 두께는 엄밀하게는 반사 전극(401)에서의 반사 영역으로부터 반투과·반반사 전극(402)에서의 반사 영역까지의 총 두께라고 할 수 있다. 그러나, 반사 전극(401)이나 반투과·반반사 전극(402)에서의 반사 영역의 위치를 엄밀하게 결정하는 것은 어렵기 때문에; 반사 전극(401)과 반투과·반반사 전극(402)의 임의의 위치를 반사 영역으로 가정함으로써 충분히 상술한 효과를 얻을 수 있는 것으로 한다.

[0161] 다음으로, 제 1 발광 소자(R)(410R)에서, 반사 전극(401)으로부터 제 3 발광층(R)(404R)으로의 광학 거리를 원하는 막 두께( $(2m'+1)\lambda_R/4$ (단,  $m'$ 는 자연수))로 조절함으로써; 제 3 발광층(R)(404R)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다. 제 3 발광층(R)(404R)으로부터의 발광 중, 반사 전극(401)에 의해 반사되어 돌아온 광(제 1 반사광)은 제 3 발광층(R)(404R)으로부터 반투과·반반사 전극(402)에 직접 입사하는 광(제 1 입사광)과 간섭을 일으킨다. 따라서, 반사 전극(401)으로부터 제 3 발광층(R)(404R)으로의 광학 거리를 원하는 값( $(2m'+1)\lambda_R/4$ (단,  $m'$ 는 자연수))로 조절하여 형성함으로써, 제 1 반사광과 제 1 입사광의 위상을 맞추고, 제 3 발광층(R)(404R)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다.

[0162] 단, 반사 전극(401)과 제 3 발광층(R)(404R)과의 광학 거리란, 엄밀하게는 반사 전극(401)에서의 반사 영역과 제 3 발광층(R)(404R)에서의 발광 영역과의 광학 거리라고 할 수 있다. 그러나, 반사 전극(401)에서의 반사 영역이나 제 3 발광층(R)(404R)에서의 발광 영역의 위치를 엄밀하게 결정하는 것은 어렵기 때문에; 반사 전극(401)의 임의의 위치를 반사 영역, 제 3 발광층(R)(404R)의 임의의 위치를 발광 영역으로 가정함으로써 충분히 상술한 효과를 얻을 수 있는 것으로 한다.

[0163] 다음으로, 제 2 발광 소자(G)(410G)에서 반사 전극(401)으로부터 제 2 발광층(G)(404G)에의 광학 거리를 원하는 막 두께( $(2m''+1)\lambda_G/4$ (단,  $m''$ 는 자연수))로 조절함으로써; 제 2 발광층(G)(404G)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다. 제 2 발광층(G)(404G)으로부터의 발광 중, 반사 전극(401)에 의해 반사되어 돌아온 광(제 2 반사광)은 제 2 발광층(G)(404G)으로부터 반투과·반반사 전극(402)에 직접 입사하는 광(제 2 입사광)과 간섭을 일으킨다. 따라서, 반사 전극(401)으로부터 제 2 발광층(G)(404G)에의 광학 거리를 원하는 값( $(2m''+1)\lambda_G/4$ (단,  $m''$ 는 자연수))으로 조절하여 형성함으로써, 제 2 반사광과 제 2 입사광의 위상을 맞추어 제 2 발광층(G)(404G)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다.

[0164] 단, 반사 전극(401)과 제 2 발광층(G)(404G)과의 광학 거리란, 엄밀하게는 반사 전극(401)에서의 반사 영역과 제 2 발광층(G)(404G)에서의 발광 영역과의 광학 거리라고 할 수 있다. 그러나, 반사 전극(401)에서의 반사 영역이나 제 2 발광층(G)(404G)에서의 발광 영역의 위치를 엄밀하게 결정하는 것은 어렵기 때문에; 반사 전극(401)의 임의의 위치를 반사 영역, 제 2 발광층(G)(404G)의 임의의 위치를 발광 영역으로 가정함으로써 충분히 상술한 효과를 얻을 수 있는 것으로 한다.

[0165] 다음으로, 제 3 발광 소자(B)(410B)에서, 반사 전극(401)으로부터 제 1 발광층(B)(404B)에의 광학 거리를 원하는

는 막 두께( $(2m'''+1)\lambda_B/4$ (단,  $m'''$ 는 자연수))로 조절함으로써; 제 1 발광층(B)(404B)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다. 제 1 발광층(B)(404B)으로부터의 발광 중, 반사 전극(401)에 의해 반사되어 돌아온 광(제 3 반사광)은 제 1 발광층(B)(404B)으로부터 반투과·반반사 전극(402)에 직접 입사하는 광(제 3 입사광)과 간섭을 일으킨다. 따라서, 반사 전극(401)으로부터 제 1 발광층(B)(404B)에의 광학 거리를 원하는 값( $(2m'''+1)\lambda_B/4$ (단,  $m'''$ 는 자연수))으로 조절하여 형성함으로써, 제 3 반사광과 제 3 입사광의 위상을 맞추어 제 1 발광층(B)(404B)으로부터의 발광을 증폭시킬 수 있다.

[0166] 단, 제 3 발광 소자에서, 반사 전극(401)과 제 1 발광층(B)(404B)과의 광학 거리란, 엄밀하게는 반사 전극(401)에서의 반사 영역과 제 1 발광층(B)(404B)에서의 발광 영역과의 광학 거리라고 할 수 있다. 그러나, 반사 전극(401)에서의 반사 영역이나 제 1 발광층(B)(404B)에서의 발광 영역의 위치를 엄밀하게 결정하는 것은 어렵기 때문에; 반사 전극(401)의 입의 위치를 반사 영역, 제 1 발광층(B)(404B)의 입의 위치를 발광 영역으로 가정함으로써 충분히 상술한 효과를 얻을 수 있는 것으로 한다.

[0167] 단, 상기 구성에서, 어느 발광 소자도 EL층에 복수의 발광층을 포함하는 구조를 가지고 있지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않고; 예를 들면 실시형태 3에서 설명한 탠덤형 발광 소자의 구성과 조합하고, 하나의 발광 소자에 전자 발생층을 끼우고 복수의 EL층을 제공하여 각각의 EL층에 단수 혹은 복수의 발광층을 형성하는 구성으로 해도 좋다.

[0168] 본 실시형태에서 나타낸 발광 장치는 마이크로 캐비티 구조를 가지고 있고, 같은 EL층을 포함하고 있어도 발광 소자마다 다른 파장의 광을 추출할 수 있기 때문에 RGB를 나누어 도포하는 것이 불필요하다. 따라서, 고정밀화를 실현하는 것이 용이하다는 등의 이유로부터 풀 컬러화를 실현하는데 있어서 유리하다. 또한, 특정 파장의 정면 방향의 발광 강도를 강하게 하는 것이 가능해지기 때문에, 저소비 전력화를 도모할 수 있다. 이 구성은 3색 이상의 화소를 포함한 컬러 디스플레이(화상 표시 장치)에 적용하는 경우에 특히 유용하지만, 조명 등의 용도에 이용해도 좋다.

[0169] (실시형태 5)

[0170] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대하여 설명한다.

[0171] 상기 발광 장치는 패시브 매트릭스형의 발광 장치여도 액티브 매트릭스형의 발광 장치여도 좋다. 단, 본 실시형태에 나타내는 발광 장치에는 다른 실시형태에서 설명한 발광 소자를 적용하는 것이 가능하다.

[0172] 본 실시형태에서는 액티브 매트릭스형의 발광 장치에 대하여 도 8의 (A) 및 도 8의 (B)를 이용하여 설명한다.

[0173] 단, 도 8의 (A)은 발광 장치를 나타내는 상면도이고, 도 8의 (B)는 도 8의 (A)를 섹션 A-A'로 절단한 단면도이다. 본 실시형태에 따른 액티브 매트릭스형의 발광 장치는 소자 기관(501) 위에 제공된 화소부(502)와, 구동 회로부(소스선 구동 회로)(503)와, 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(504)(504a 및 504b)를 포함한다. 화소부(502), 구동 회로부(503), 및 구동 회로부(504)는 시일재(505)에 의해, 소자 기관(501)과 밀봉 기관(506)의 사이에 밀봉되어 있다.

[0174] 또한, 소자 기관(501) 위에는 리드 배선(507)이 제공된다. 리드 배선(507)d은 구동 회로부(503), 및 구동 회로부(504)에 외부로부터의 신호(예를 들면, 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 또는 리셋 신호 등)나 전위를 전달하는 외부 입력 단자를 접속하기 위해 제공된다. 여기에서는 외부 입력 단자로서 FPC(플렉서블 프린트 서킷)(508)를 형성하는 예를 나타낸다. 또한, 여기에서는 FPC밖에 도시하지 않았지만, 이 FPC에는 프린트 배선 기관(PWB)이 제공되어 있어도 좋다. 본 명세서에서의 발광 장치에는 발광 장치 본체뿐만 아니라, 거기에 FPC 혹은 PWB가 장착된 상태도 포함하는 것으로 한다.

[0175] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 8의 (B)를 이용하여 설명한다. 소자 기관(501) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있지만; 여기에서는 소스선 구동 회로인 구동 회로부(503)와 화소부(502)를 나타낸다.

[0176] 구동 회로부(503)는 n채널형 TFT(509)와 p채널형 TFT(510)를 조합한 CMOS 회로가 형성되는 예를 나타내고 있다. 단, 구동 회로부에 포함되는 회로는 다양한 CMOS 회로, PMOS 회로, 혹은 NMOS 회로로 형성해도 좋다. 본 실시형태에서는 기관 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내지만, 반드시 그럴 필요는 없고, 기관 위가 아닌 외부에 구동 회로를 형성할 수도 있다.

[0177] 화소부(502)는 스위칭용 TFT(511)와, 전류 제어용 TFT(512)와, 전류 제어용 TFT(512)의 배선(소스 전극 또는 드레인 전극)에 전기적으로 접속된 제 1 전극(양극)(513)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 단, 제 1 전극(양

극)(513)의 단부를 덮고 절연물(514)이 형성되어 있다. 여기에서는 포지티브형의 감광성 아크릴 수지를 이용함으로써 형성한다.

- [0178] 상층에 적층 형성되는 막의 피복성을 양호한 것으로 하기 위하여, 절연물(514)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 가지는 곡면이 형성되도록 하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 절연물(514)의 재료로서 포지티브형의 감광성 아크릴 수지를 이용한 경우, 절연물(514)의 상단부에 곡률 반경(0.2 $\mu$ m~3 $\mu$ m)을 가지는 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 절연물(514)로서 네가티브형의 감광성 수지, 혹은 포지티브형의 감광성 수지를 모두 사용하여 형성될 수 있다. 유기 화합물에 한정하지 않고 무기 화합물, 예를 들면, 산화 실리콘, 산질화 실리콘 등 모두 사용할 수 있다.
- [0179] 제 1 전극(양극)(513) 위에는 EL층(515) 및 제 2 전극(음극)(516)이 적층 형성되어 있다. EL층(515)은 적어도 발광층이 제공되어 있다. 발광층은 실시형태 1에서 나타낸 바와 같은 적층 구조를 가진다. 또한, EL층(515)에는 발광층 외에 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 전하 발생층 등을 적절히 제공할 수 있다.
- [0180] 제 1 전극(양극)(513), EL층(515), 및 제 2 전극(음극)(516)을 포함하는 적층 구조로 발광 소자(517)가 형성되어 있다. 제 1 전극(양극)(513), EL층(515) 및 제 2 전극(음극)(516)에 이용하는 재료로서는, 실시형태 1에 나타내는 재료를 이용할 수 있다. 또한, 여기에서는 도시하지 않았지만, 제 2 전극(음극)(516)은 외부 입력 단자인 FPC(508)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0181] 도 8의 (B)에 나타내는 단면도에서는 발광 소자(517)를 하나만 도시하고 있지만, 화소부(502)에서 복수의 발광 소자가 매트릭스형상으로 배치되어 있는 것으로 한다. 화소부(502)에는 3종류(R, G, B)의 발광을 제공하는 발광 소자를 각각 선택적으로 형성하고, 풀 컬러 표시 가능한 발광 장치를 형성할 수 있다. 또한, 컬러 필터와 조합함으로써 풀 컬러 표시 가능한 발광 장치로 해도 좋다.
- [0182] 또한, 시일재(505)로 밀봉 기관(506)을 소자 기관(501)과 부착시킴으로써, 소자 기관(501), 밀봉 기관(506), 및 시일재(505)로 둘러싸인 공간(518)에 발광 소자(517)가 제공된 구조로 되어 있다. 공간(518)에는 불활성 기체(질소나 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에, 시일재(505)로 충전되는 구성도 포함하는 것으로 한다.
- [0183] 시일재(505)에는 에폭시계 수지나 저융점 유리를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 이러한 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 밀봉 기관(506)에 이용하는 재료로서 유리 기관이나 석영 기관 외에, FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐플루오라이드), 폴리에스테르 또는 아크릴 등으로 이루어지는 플라스틱 기관을 이용할 수 있다.
- [0184] 이상과 같이 하여, 액티브 매트릭스형 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0185] 단, 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타낸 구성을 적절히 조합하여 이용할 수 있다.
- [0186] (실시형태 6)
- [0187] 본 실시형태에서는 본 발명의 일양태인 발광 장치를 이용하여 완성된 다양한 전자 기기의 일례에 대하여, 도 9의 (A) 내지 도 9의 (D) 및 도 10의 (A) 내지 도 10의 (C)를 이용하여 설명한다. 발광 장치는 본 발명의 일양태인 발광 소자를 이용하여 제작된다.
- [0188] 발광 장치를 적용한 전자 기기로서 예를 들면, 텔레비전 장치(텔레비전, 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화기(휴대 전화, 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 과칭코기 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다. 이러한 전자 기기의 구체적인 예를 도 9의 (A) 내지 도 9의 (D)에 나타낸다.
- [0189] 도 9의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 나타낸다. 텔레비전 장치(7100)는 하우징(7101)에 표시부(7103)가 내장되어 있다. 표시부(7103)에 의해 영상을 표시하는 것이 가능하고, 발광 장치를 표시부(7103)에 이용할 수 있다. 또한, 여기에서는 스탠드(7105)에 의해 하우징(7101)을 지지한 구성을 나타낸다.
- [0190] 텔레비전 장치(7100)의 조작은 하우징(7101)에 제공된 조작 스위치나, 별체의 리모콘 조작기(7110)에 의해 행할 수 있다. 리모콘 조작기(7110)가 구비하는 조작 키(7109)에 의해, 채널이나 음량의 조작을 행할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한, 리모콘 조작기(7110)에 상기 리모콘 조작기(7110)로부터 출력하는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 제공하는 구성으로 해도 좋다.
- [0191] 단, 텔레비전 장치(7100)는 수신기나 모뎀 등이 제공된 구성으로 한다. 수신기에 의해 일반 텔레비전 방송의



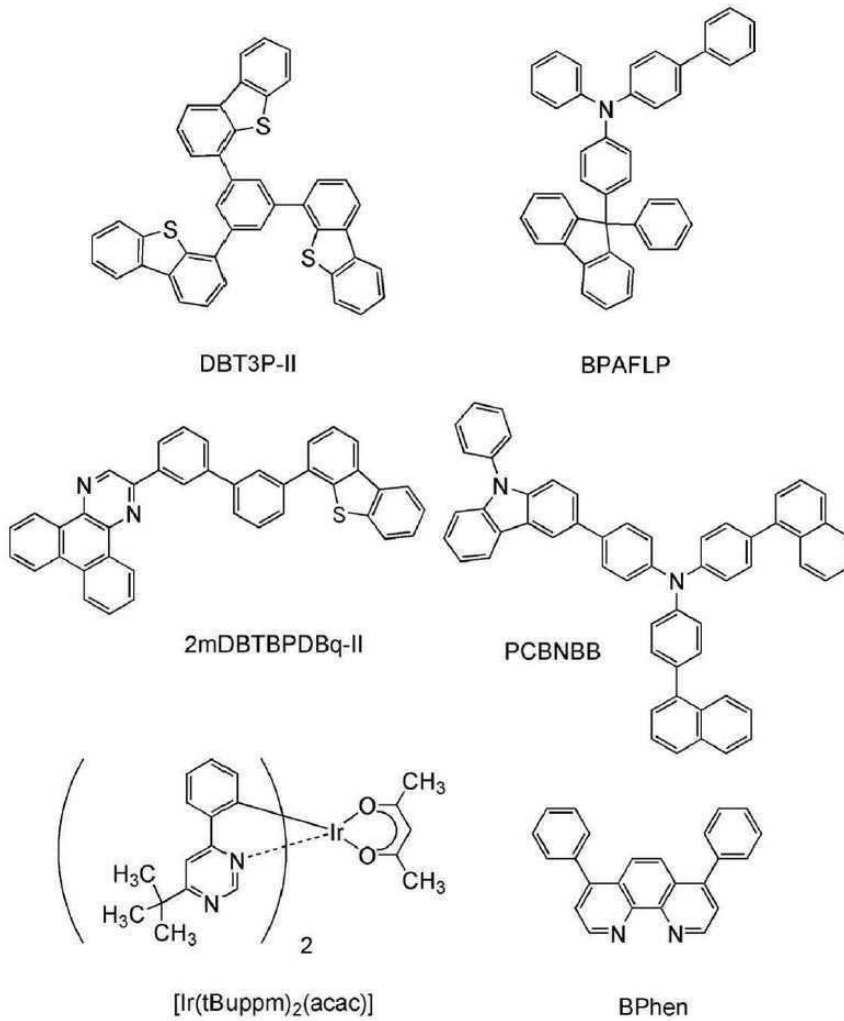
수신을 행할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선에 의한 통신 네트워크에 접속함으로써, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이, 혹은 수신자 사이 등)의 정보 통신을 행하는 것도 가능하다.

- [0192] 도 9의 (B)는 컴퓨터이고, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 단, 컴퓨터는 발광 장치를 그 표시부(7203)에 이용함으로써 제작된다.
- [0193] 도 9의 (C)는 휴대형 유기기이고, 하우징(7301)과 하우징(7302)의 2개의 하우징으로 구성되어 있고, 연결부(7303)에 의해 개폐 가능하게 연결되어 있다. 하우징(7301)에는 표시부(7304)가 내장되고, 하우징(7302)에는 표시부(7305)가 내장되어 있다. 또한, 도 9의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기는 그 외에, 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작 키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 포함하는 것), 마이크로폰(7312)) 등을 포함하고 있다. 물론, 휴대형 유기기의 구성은 상술한 것으로 한정되지 않고, 적어도 표시부(7304) 및 표시부(7305)의 양쪽 모두, 또는 한쪽에 발광 장치를 이용하고 있으면 좋고, 그 외 부속 설비가 적절히 포함된 구성으로 할 수 있다. 도 9의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기는 기억 매체에 저장되어 있는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 표시부에 표시하는 기능이나, 다른 휴대형 유기기와 무선 통신을 행하여 정보를 공유하는 기능을 가진다. 단, 도 9의 (C)에 나타내는 휴대형 유기기가 가지는 기능은 이것으로 한정되지 않고, 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0194] 도 9의 (D)는 휴대 전화기의 일례를 나타낸다. 휴대 전화기(7400)는 하우징(7401)에 포함된 표시부(7402) 외에, 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크(7406) 등이 제공되어 있다. 단, 휴대 전화기(7400)는 발광 장치를 표시부(7402)에 이용함으로써 제작된다.
- [0195] 도 9의 (D)에 나타내는 휴대 전화기(7400)는 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 정보를 입력할 수 있다. 또한, 전화를 걸거나, 혹은 메일을 작성하는 등의 조작은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 행할 수 있다.
- [0196] 표시부(7402)의 화면은 주로 3개의 모드가 있다. 첫 번째는 화상의 표시를 주로 하는 표시 모드이다. 두 번째는 문자 등의 정보의 입력을 주로 하는 입력 모드이다. 세 번째는 표시 모드와 입력 모드의 2개의 모드가 혼합된 표시+입력 모드이다.
- [0197] 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.
- [0198] 휴대 전화기(7400) 내부에, 자이로스코프, 가속도 센서 등의 기울기를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치를 제공함으로써, 휴대 전화기(7400)의 방향(세로인가 가로인지)을 판단하고, 표시부(7402)의 화면 표시를 자동적으로 전환하도록 할 수 있다.
- [0199] 화면 모드의 전환은 표시부(7402)를 터치하는 것, 또는 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)의 조작에 의해 행해진다. 또한, 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 의해 전환되도록 할 수도 있다. 예를 들면, 표시부에 표시하는 화상 신호가 동영상 데이터이면 표시 모드로 전환한다. 신호가 텍스트 데이터이면 입력 모드로 전환한다.
- [0200] 또한, 입력 모드에서, 표시부(7402)의 광 센서로 검출되는 신호를 검지하여, 표시부(7402)의 터치 조작에 의한 입력이 일정 기간 없는 경우에는 화면의 모드를 입력 모드에서 표시 모드로 전환하도록 제어해도 좋다.
- [0201] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능하게 할 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 제공하면, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다.
- [0202] 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)는 반으로 접을 수 있는 태블릿형 단말이다. 도 10의 (A)은 펼친 상태이다. 태블릿형 단말은 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 전환 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 전력 절약 모드 전환 스위치(9036), 잠금쇠(9033), 조작 스위치(9038)를 포함한다. 상기 태블릿 단말은 발광 장치를 표시부(9631a), 표시부(9631b)의 한쪽 또는 양쪽 모두에 이용함으로써 제작된다.
- [0203] 표시부(9631a)는 일부를 터치 패널의 영역(9632a)으로 할 수 있고, 표시된 조작 키(9637)에 터치함으로써 데이터 입력을 할 수 있다. 또한, 표시부(9631a)에서는 일례로서 반의 영역이 표시만의 기능을 가지는 구성, 나머지

지 반의 영역이 터치 패널의 기능을 가지는 구성을 나타내고 있지만 이 구성으로 한정되지 않는다. 표시부(9631a)의 모든 영역이 터치 패널의 기능을 가지는 구성으로 해도 좋다. 예를 들면, 표시부(9631a)의 전면을 키보드 버튼 표시시켜 터치 패널로 하고, 표시부(9631b)를 표시 화면으로서 이용할 수 있다.

- [0204] 표시부(9631b)에서도 표시부(9631a)와 마찬가지로, 표시부(9631b)의 일부를 터치 패널의 영역(9632b)으로 할 수 있다. 터치 패널의 키보드 표시 전환 버튼(9639)이 표시되어 있는 위치에 손가락이나 스타일러스 등으로 터치함으로써 표시부(9631b)에 키보드 버튼 표시할 수 있다.
- [0205] 터치 패널의 영역(9632a)과 터치 패널의 영역(9632b)에 대해서 동시에 터치 입력할 수도 있다.
- [0206] 표시 모드 전환 스위치(9034)는 세로 표시 또는 가로 표시 등의 표시의 방향을 전환하고, 흑백 표시나 컬러 표시의 전환 등을 선택할 수 있다. 전력 절약 모드 전환 스위치(9036)는 타블렛형 단말에 내장되어 있는 광 센서로 검출되는 사용 시의 외광의 광량에 따라 표시의 휘도를 최적의 것으로 할 수 있다. 타블렛형 단말은 광 센서뿐만 아니라, 자이로스코프, 가속도 센서 등의 기율기를 검출하는 센서 등을 포함하는 다른 검출 장치를 내장시켜도 좋다.
- [0207] 도 10의 (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 고정밀 표시를 행할 수 있는 표시 패널로 해도 좋다.
- [0208] 도 10의 (B)는 접은 상태이다. 타블렛형 단말은 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 10의 (B)에서는 충방전 제어 회로(9634)의 일례로서 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636)를 포함하는 구성에 대하여 나타낸다.
- [0209] 타블렛형 단말은 반으로 접을 수 있기 때문에, 미사용시에 하우징(9630)을 접은 상태로 할 수 있다. 따라서, 표시부(9631a), 표시부(9631b)를 보호할 수 있기 때문에; 내구성이 뛰어나고 장기 사용의 관점에서 신뢰성이 뛰어난 타블렛형 단말을 제공할 수 있다.
- [0210] 또한, 이 외에도 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)에 나타낸 타블렛형 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.
- [0211] 타블렛형 단말의 표면에 제공된 태양 전지(9633)에 의해, 전력을 터치 패널, 표시부, 또는 영상 신호 처리부에 공급할 수 있다. 단, 태양 전지(9633)는 하우징(9630)의 단면 또는 양면에 제공될 수 있고, 배터리(9635)의 충전을 효율적으로 행하는 구성으로 할 수 있다. 배터리(9635)로서는 리튬 이온 배터리를 이용하면, 소형화 등의 이점이 있다.
- [0212] 도 10의 (B)에 나타내는 충방전 제어 회로(9634)의 구성, 및 동작에 대하여 도 10의 (C)에 블럭도를 도시하여 설명한다. 도 10의 (C)에는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1) 내지 SW3, 표시부(9631)에 대하여 나타내고, 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1) 내지 스위치(SW3)가 도 10의 (B)에 나타내는 충방전 제어 회로(9634)에 대응하는 개소가 된다.
- [0213] 우선 외광에 의해 태양 전지(9633)에 의해 발전이 되는 경우의 동작의 예에 대하여 설명한다. 태양 전지(9633)로 발전한 전력은 배터리(9635)를 충전하기 위한 전압이 되도록 DCDC 컨버터(9636)로 승압 또는 강압이 행해진다. 그리고, 표시부(9631)의 동작에 태양 전지(9633)로부터의 전력이 이용될 때에는 스위치(SW1)를 온으로 하고, 컨버터(9638)로 표시부(9631)에 필요한 전압에 승압 또는 강압을 하게 된다. 또한, 표시부(9631)에서의 표시를 행하지 않을 때는 스위치(SW1)를 오프로 하고, 스위치(SW2)를 온으로 하여 배터리(9635)의 충전을 행하는 구성으로 하면 좋다.
- [0214] 단, 태양 전지(9633)에 대해서는 발전 수단의 일례로서 나타냈지만; 특별히 한정되지 않고, 압전 소자(피에조 소자)나 열전 변환 소자(페르티에 소자) 등의 다른 발전 수단에 의한 배터리(9635)의 충전을 행하는 구성이어도 좋다. 예를 들면, 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전하는 무접점 전력 전송 모듈이나, 또 다른 충전 수단을 조합하여 행하는 구성으로 해도 좋다.
- [0215] 또한, 상기 실시형태에 설명한 표시부를 구비하고 있으면, 도 10의 (A) 내지도 도 10의 (C)에 나타낸 전자 기기에 특별히 한정되지 않는다는 것은 말할 것도 없다.

- [0216] 이상과 같이 하여, 본 발명의 일양태인 발광 장치를 적용하여 전자 기기를 얻을 수 있다. 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓고, 모든 분야의 전자 기기에 적용하는 것이 가능하다.
- [0217] 단, 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타낸 구성과 적절히 조합하여 이용할 수 있다.
- [0218] (실시형태 7)
- [0219] 본 실시형태에서는 도 11을 이용하여 조명 장치의 일례에 대하여 설명한다. 본 발명의 일양태인 발광 소자를 포함하는 발광 장치가 조명 장치에 적용된다.
- [0220] 도 11은 발광 장치를 실내의 조명 장치(8001)로서 이용한 예이다. 발광 장치는 대면적화도 가능하기 때문에, 대면적의 조명 장치를 형성할 수도 있다. 그 외, 곡면을 가지는 하우징을 이용함으로써, 발광 영역이 곡면을 가지는 조명 장치(8002)를 형성할 수도 있다. 본 실시형태에 나타내는 발광 장치에 포함되는 발광 소자는 박막 형상이고, 하우징 디자인의 자유도가 높다. 따라서, 다양한 방식으로 정교하게 디자인된 조명 장치를 형성할 수 있다. 또한, 실내의 벽면에 대형 조명 장치(8003)를 제공해도 좋다.
- [0221] 또한, 발광 장치를 테이블의 표면에 이용함으로써 테이블로서의 기능을 구비한 조명 장치(8004)를 얻을 수 있다. 그 외의 가구의 일부에 발광 장치를 이용함으로써, 가구로서의 기능을 구비한 조명 장치를 얻을 수 있다.
- [0222] 이상과 같이, 발광 장치를 적용한 다양한 조명 장치를 얻을 수 있다. 단, 이러한 조명 장치는 본 발명의 일양태에 포함되는 것으로 한다.
- [0223] 본 실시형태에 나타내는 구성은 다른 실시형태에 나타낸 구성과 적절히 조합하여 이용할 수 있다.
- [0224] (실시에 1)
- [0225] 본 실시에에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자 1에 대하여 도 12를 이용하여 설명한다. 또한, 본 실시에에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



[0226]

[0227] <<발광 소자 1의 제작>>

[0228] 우선, 유리체 기판(1100) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.

[0229] 다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자 1을 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.

[0230] 그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방랭했다.

[0231] 다음으로, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, EL층(1002)에 포함되는 정공 주입층(1111), 정공 수송층(1112), 발광층(1113), 전자 수송층(1114), 전자 주입층(1115)이 순차로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.

[0232] 진공 장치 내를 10<sup>-4</sup>Pa로 감압했다. 그 후, 1,3,5-트라이(다이벤조티오펜-4-일)-벤젠(약칭 : DBT3P-II)과 산화 몰리브덴(VI)을 DBT3P-II(약칭) : 산화 몰리브덴=4 : 2(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(1101) 위에 정공 주입층(1111)을 형성했다. 막 두께는 40nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발 원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

[0233] 다음에, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)을 20nm 증착함으로써, 정공 수송층(1112)을 형성했다.

[0234] 다음으로, 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성했다. 2-[3'-(다이벤조티오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTBPDBq-II), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBNBB), (아세틸아세토나토)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])를 2mDBTBPDBq-II(약칭) : PCBNBB(약칭) : [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.7 : 0.3 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 1 발광층(1113a)을 15nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTBPDBq-II(약칭) : PCBNBB(약칭) : [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.8 : 0.2 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 2 발광층(1113b)을 25nm의 막 두께로 형성함으로써, 적층 구조를 가지는 발광층(1113)을 형성했다.

[0235] 다음으로, 발광층(1113) 위에 2mDBTBPDBq-II(약칭)를 10nm 증착한 후, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 20nm 증착함으로써, 전자 수송층(1114)을 형성했다. 또한, 전자 수송층(1114) 위에, 불화 리튬을 1nm 증착함으로써, 전자 주입층(1115)을 형성했다.

[0236] 마지막으로, 전자 주입층(1115) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(1103)을 형성했다. 따라서, 발광 소자 1을 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.

[0237] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 1의 소자 구조를 표 1에 나타낸다.

표 1

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층	전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 1	ITSO (110nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (4:2 40nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTBPDBq-II (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm) Al (200nm)

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 15nm)

\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.8:0.2:0.05 25nm)

[0238]

[0239] 제작한 발광 소자 1은 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80℃에서 1시간 열처리).

[0240] <<발광 소자 1의 동작 특성>>

[0241] 제작한 발광 소자 1의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0242] 우선, 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 도 13에 나타낸다. 또한, 도 13에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 1의 전압-휘도 특성을 도 14에 나타낸다. 도 14에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성을 도 15에 나타낸다. 도 15에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 1의 전압-전류 특성을 도 16에 나타낸다. 도 16에서 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.

[0243] 도 14에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 1은 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 1의 주된 초기 특성값을 이하의 표 2에 나타낸다.

표 2

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 (x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	전원 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 1	2.9	0.045	1.1	(0.44,0.55)	1000	90	97	25

[0244]

[0245] 상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 1은 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광

효율을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 색 순도에 관해서는 순도가 좋은 황녹색 발광을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0246] 발광 소자 1에  $25\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류를 공급했을 때의 발광 스펙트럼을 도 17에 나타낸다. 도 17에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 1의 발광 스펙트럼은 550nm 부근에 피크를 가지고 있고, 인광성 유기 금속 이리듐 착체  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.

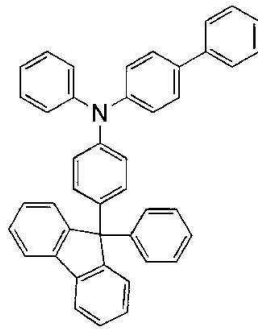
[0247] 발광 소자 1에 대한 신뢰성 시험의 결과를 도 18에 나타낸다. 도 18에서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 정규화 휘도(%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 비교를 위하여 발광층을 2mDBTBPDBq-II(약칭) : PCBNBB(약칭) :  $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ (약칭)=0.8 : 0.2 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 40nm의 막 두께로 형성하고, 그 외의 구조는 발광 소자 1과 마찬가지로 하여 비교 발광 소자를 제작하고, 마찬가지로 신뢰성 시험을 행하였다. 단, 신뢰성 시험은 초기 휘도를  $5000\text{cd}/\text{m}^2$ 로 설정하고, 전류 밀도가 일정한 조건에서 발광 소자 1 및 비교 발광 소자를 구동시켰다. 그 결과, 비교 발광 소자의 500시간 후의 휘도는 초기 휘도의 대략 85%를 유지하고 있던 것에 비해, 발광 소자 1의 500시간 후의 휘도는 초기 휘도의 대략 90%를 유지하고 있었다.

[0248] 따라서, 발광 소자 1은 높은 신뢰성을 가지는 장수명의 발광 소자인 것을 알았다.

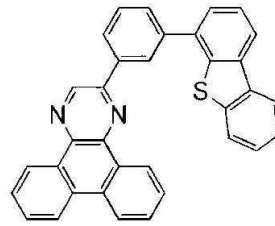
[0249] 단, 2mDBTBPDBq-II(약칭)와, PCBNBB(약칭)와, 2mDBTBPDBq-II(약칭) 및 PCBNBB(약칭)의 혼합막을 제작하고, 각각의 광루미네선스(PL)를 측정했다. 그 결과, 2mDBTBPDBq-II(약칭)의 증착막의 광루미네선스(PL) 피크 파장은 428nm이고, PCBNBB(약칭)의 증착막의 PL 피크 파장은 428nm인 것에 비해, 이들을 공증착한 혼합막의 PL 피크 파장은 501nm이고, 크게 장파장 시프트했다. 따라서, 2mDBTBPDBq-II(약칭)와 PCBNBB(약칭)는 여기 착체를 형성하는 조합인 것을 알 수 있었다.

[0250] (실시예 2)

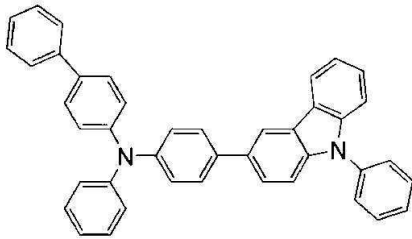
[0251] 본 실시예에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자 2에 대하여 설명한다. 단, 본 실시예에서의 발광 소자 2의 설명에는 실시예 1에서 발광 소자 1의 설명에 이용한 도 12를 이용하는 것으로 한다. 본 실시예에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



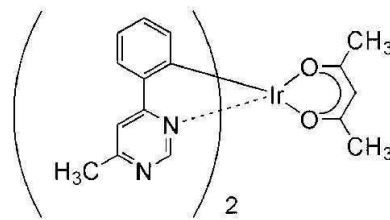
BPAFLP



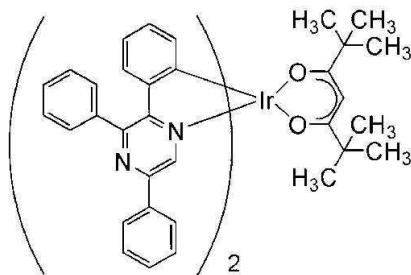
2mDBTPDBq-II



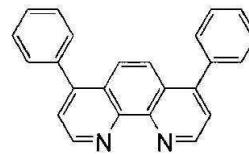
PCBA1BP



[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)]



[Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)]



BPhen

[0252]

[0253] <<발광 소자 2의 제작>>

[0254] 우선, 유리제 기판(1100) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.

[0255] 다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자 2를 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.

[0256] 그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방랭했다.

[0257] 다음으로, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, EL층(1002)을 구성하는 정공 주입층(1111), 정공 수송층(1112), 발광층(1113), 전자 수송층(1114), 전자 주입층(1115)이 순차로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.

[0258] 진공 장치 내를 10<sup>-4</sup>Pa로 감압했다. 그 후, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)과 산화 몰리브덴(VI)을, BPAFLP(약칭) : 산화 몰리브덴=1 : 0.5(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(1101) 위에 정공 주입층(1111)을 형성했다. 막 두께는 50nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

- [0259] 다음으로, BPAFLP(약칭)를 20nm 증착함으로써, 정공 수송층(1112)을 형성했다.
- [0260] 다음으로, 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성했다. 2-[3-(다이벤조티오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBA1BP), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)]))를, 2mDBTPDBq-II(약칭) : PCBA1BP(약칭) : [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.7 : 0.3 : 0.06(질량비)이 되도록 공증착하고, 제 1 발광층(1113a)을 20nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTPDBq-II(약칭), PCBA1BP(약칭), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)(디피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)]))를 2mDBTPDBq-II(약칭) : PCBA1BP(약칭) : [Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)](약칭)=0.8 : 0.2 : 0.03(질량비)이 되도록 공증착하고, 제 2 발광층(1113b)을 20nm의 막 두께로 형성함으로써 적층 구조를 가지는 발광층(1113)을 형성했다.
- [0261] 다음으로, 발광층(1113) 위에 2mDBTPDBq-II(약칭)를 15nm 증착한 후, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 15nm 증착함으로써, 전자 수송층(1114)을 형성했다. 또한, 전자 수송층(1114) 위에, 불화 리튬을 1nm 증착함으로써, 전자 주입층(1115)을 형성했다.
- [0262] 마지막으로, 전자 주입층(1115) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(1103)이 형성된다. 따라서 발광 소자 2를 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.
- [0263] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 2의 소자 구조를 표 3에 나타낸다.

표 3

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 2	ITO (110nm)	BPAFLP:MoOx (1:0.5 50nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTPDBq-II (15nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
				* 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(mppm) <sub>2</sub> (acac)] (0.7:0.3:0.06 20nm)					
				** 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(tppr) <sub>2</sub> (dpm)] (0.8:0.2:0.03 20nm)					

- [0264]
- [0265] 제작한 발광 소자 2는 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80℃에서 1시간 열처리).
- [0266] <<발광 소자 2의 동작 특성>>
- [0267] 제작한 발광 소자 2의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.
- [0268] 우선, 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 도 19에 나타낸다. 도 19에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 2의 전압-휘도 특성을 도 20에 나타낸다. 도 20에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성을 도 21에 나타낸다. 도 21에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 2의 전압-전류 특성을 도 22에 나타낸다. 도 22에서, 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.
- [0269] 도 21에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 2는 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 2의 주된 초기 특성값을 이하의 표 4에 나타낸다.

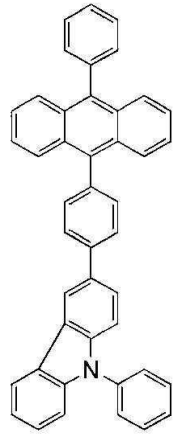
표 4

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 (x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 2	3.6	0.100	2.6	(0.55,0.45)	1100	44	38	21

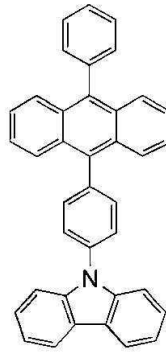
[0270]



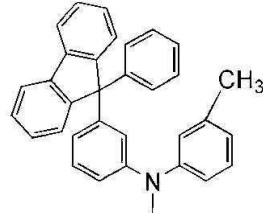
- [0271] 상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 2는 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0272] 발광 소자 2에  $25\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류를 공급했을 때의 발광 스펙트럼을 도 23에 나타낸다. 도 23에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 2의 발광 스펙트럼은 550nm, 620nm 부근에 각각 피크를 가지고 있고, 인광성 유기 금속 이리듐 착체  $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$ (약칭),  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ (약칭)의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.
- [0273] 단, 2mDBTPDBq-II(약칭)와, PCBA1BP(약칭)와, 2mDBTPDBq-II(약칭) 및 PCBA1BP(약칭)의 혼합막을 제작하고, 각각의 광루미네선스(PL)를 측정했다. 그 결과, 2mDBTPDBq-II(약칭)의 증착막의 광루미네선스(PL) 피크 파장은 426nm이고, PCBA1BP(약칭)의 증착막의 PL 피크 파장은 416nm인 것에 비해, 이들을 공증착한 혼합막의 PL 피크 파장은 519nm으로, 크게 장파장 시프트했다. 따라서, 2mDBTPDBq-II(약칭)와 PCBA1BP(약칭)는 여기 착체를 형성하는 조합인 것을 알 수 있었다.
- [0274] (실시예 3)
- [0275] 본 실시예에서는 도 24에 나타내는 발광 소자 3을 제작하고, 그 동작 특성이나 신뢰성에 대하여 측정했다. 단, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 3은 실시형태 3에 설명한, 전하 발생층을 끼우고 복수의 EL층을 가지는 구조의 발광 소자(이하, 텐덤형 발광 소자라고 함)이다. 또한, 본 실시예에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



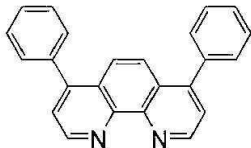
PCzPA



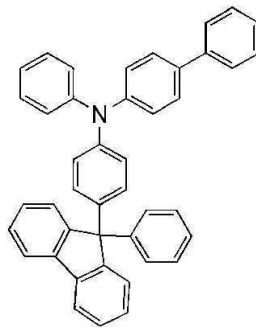
CzPA



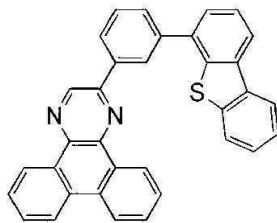
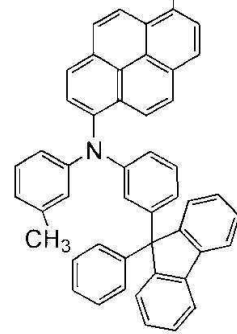
1,6mMemFLPAPrn



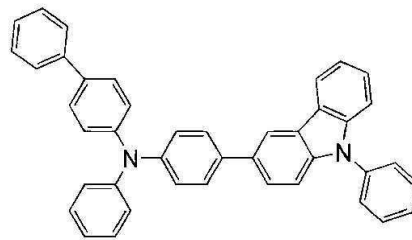
BPhen



BPAFLP

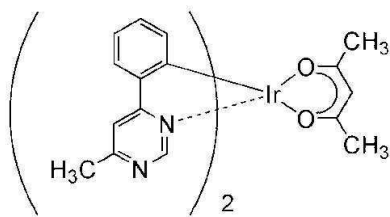


2mDBTPDBq-II

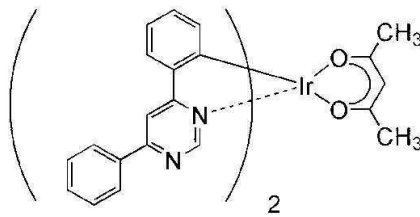


PCBA1BP

[0276]



[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)]



[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]

[0278]

[0279] <<발광 소자 3의 제작>>

[0280] 우선, 유리제 기판(3000) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(3001)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.

[0281] 다음으로, 기판(3000) 위에 발광 소자 3을 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서

1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.

- [0282] 그 후,  $10^{-4}$  Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170 °C에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(3000)을 30분 정도 방랭했다.
- [0283] 다음으로, 제 1 전극(3001)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(3000)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, 제 1 EL층(3002a)에 포함되는 제 1 정공 주입층(3011a), 제 1 정공 수송층(3012a), 발광층(A)(3013a), 제 1 전자 수송층(3014a), 제 1 전자 주입층(3015a)을 순차로 형성한 후, 전하 발생층(3004)을 형성하고, 다음에 제 2 EL층(3002b)에 포함되는 제 2 정공 주입층(3011b), 제 2 정공 수송층(3012b), 발광층(B)(3013b), 제 2 전자 수송층(3014b), 제 2 전자 주입층(3015b)을 형성하는 경우에 대하여 설명한다.
- [0284] 진공 장치 내를  $10^{-4}$  Pa로 감압한 후, 9-[4-(9-페닐카바졸-3-일)]페닐-10-페닐안트라센(약칭 : PCzPA)과 산화 몰리브덴(VI)을, PCzPA(약칭) : 산화 몰리브덴=1 : 0.5(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(3001) 위에 제 1 정공 주입층(3011a)을 형성했다. 막 두께는 90nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.
- [0285] 다음으로, PCzPA(약칭)를 30nm 증착함으로써, 제 1 정공 수송층(3012a)을 형성했다.
- [0286] 다음으로, 제 1 정공 수송층(3012a) 위에 발광층(A)(3013a)를 형성했다. 9-[4-(10-페닐-9-안트라세닐)페닐]-9H-카바졸(약칭 : CzPA), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스 [3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐] -피렌-1,6-다이아민(약칭 : 1,6MemFLPAPrn)을, CzPA(약칭) : 1,6MemFLPAPrn(약칭)=1 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하여, 발광층(A)(3013a)을 형성했다. 막 두께는 30nm로 했다.
- [0287] 다음으로, 발광층(A)(3013a) 위에 CzPA(약칭)를 5nm 증착한 후, 또한, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 15nm 증착함으로써, 제 1 전자 수송층(3014a)을 형성했다. 또한, 제 1 전자 수송층(3014a) 위에 산화 리튬(Li<sub>2</sub>O)을 0.1nm 증착함으로써, 제 1 전자 주입층(3015a)을 형성했다.
- [0288] 다음으로, 제 1 전자 주입층(3015a) 위에, 구리 프탈로시아닌(약칭 : CuPc)을 막 두께 2nm로 증착함으로써, 전하 발생층(3004)을 형성했다.
- [0289] 다음으로, 전하 발생층(3004) 위에, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)과 산화 몰리브덴(VI)을, BPAFLP(약칭) : 산화 몰리브덴=1 : 0.5(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 2 정공 주입층(3011b)을 형성했다. 막 두께는 60nm로 했다.
- [0290] 다음으로, BPAFLP(약칭)를 20nm 증착함으로써, 제 2 정공 수송층(3012b)을 형성했다.
- [0291] 다음으로, 제 2 정공 수송층(3012b) 위에 발광층(B)(3013b)를 형성했다. 2-[3-(다이벤조티오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTPDBq-II), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭 : PCBA1BP), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])를, 2mDBTPDBq-II(약칭) : PCBA1BP(약칭) : [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.6 : 0.4 : 0.06(질량비)이 되도록 공증착하고, 1번째 발광층(제 1 발광층)(3013(b1))을 10nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTPDBq-II(약칭), PCBA1BP(약칭), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])를, 2mDBTPDBq-II(약칭) : PCBA1BP(약칭) : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.8 : 0.2 : 0.06(질량비)이 되도록 공증착하고, 2번째 발광층(제 2 발광층)(3013(b2))을 30nm의 막 두께로 형성함으로써 적층 구조를 가지는 발광층(B)(3013b)를 형성했다.
- [0292] 다음으로, 발광층(B)(3013b) 위에 2mDBTPDBq-II(약칭)를 15nm 증착한 후, Bphen(약칭)을 15nm 증착함으로써, 제 2 전자 수송층(3014b)을 형성했다. 또한, 제 2 전자 수송층(3014b) 위에, 불화 리튬(LiF)을 1nm 증착함으로써, 제 2 전자 주입층(3015b)을 형성했다.
- [0293] 마지막으로, 제 2 전자 주입층(3015b) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(3003) 형성했다. 따라서, 발광 소자 3을 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.
- [0294] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 3의 소자 구조를 표 5에 나타낸다.

표 5

	제 1 전극	제 1 정공 주입층	제 1 정공 수송층	발광층(A)	제 1 전자 수송층	제 1 전자 주입층	전하 발생층	
발광 소자 3	ITO (110nm)	PCzPA:MoO <sub>x</sub> (1:0.5 90nm)	PCzPA (30nm)	CzPA :1.6mMemFLPAPrn (1:0.05 30nm)	CzPA (5nm)	Bphen (15nm)	Li <sub>2</sub> O (0.1nm)	CuPo (2nm)
	제 2 정공 주입층	제 2 정공 수송층	발광층(B)	제 2 전자 수송층	제 2 전자 주입층	제 2 전극		
	BPAFLP:MoO <sub>x</sub> (1.0.5 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mDBTPDBq-II (15nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)	

\* 2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.6:0.4:0.06 10nm)\2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.8:0.2:0.06 30nm)

[0295]

[0296] 제작한 발광 소자 3은 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80℃에서 1시간 열처리).

[0297] <<발광 소자 3의 동작 특성>>

[0298] 제작한 발광 소자 3의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0299] 우선, 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 도 25에 나타낸다. 도 25에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 도 26에 나타낸다. 도 26에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 도 27에 나타낸다. 도 27에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 3의 전압-전류 특성을 도 28에 나타낸다. 도 28에서, 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.

[0300] 도 27에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 3은 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 3의 주된 초기 특성값을 이하의 표 6에 나타낸다.

표 6

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도(x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 3	6	0.044	1.1	(0.44,0.38)	850	77	41	31

[0301]

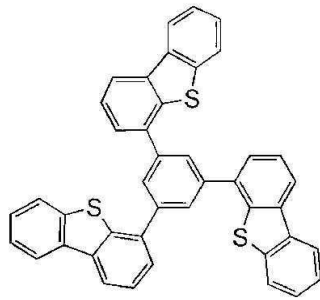
[0302] 상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 3은 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0303] 발광 소자 3에 25mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 흘려보냈을 때의 발광 스펙트럼을 도 29에 나타낸다. 도 29에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 3의 발광 스펙트럼은 467nm, 587nm에 각각 피크를 가지고 있고, 각 발광층에 포함되는 인광성 유기 금속 이리듐 착체의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.

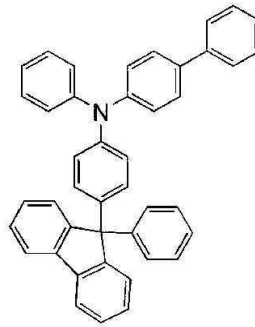
[0304] 단, 실시예 2에서 나타낸 바와 같이, 2mDBTPDBq-II(약칭)와 PCBA1BP(약칭)는 여기 착체를 형성하는 조합이다.

[0305] (실시예 4)

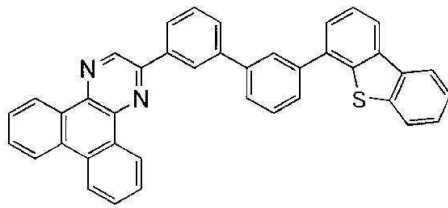
[0306] 본 실시예에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자 4에 대하여 도 12를 이용하여 설명한다. 본 실시예에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



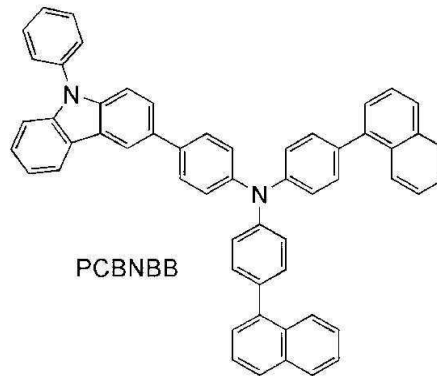
DBT3P-II



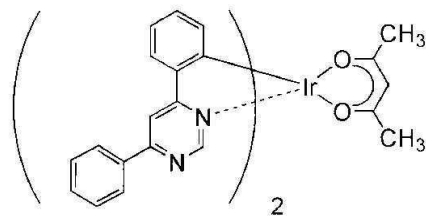
BPAFLP



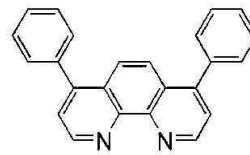
2mDBTBPDBq-II



PCBNBB



[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]



BPhen

[0307]

[0308] <<발광 소자 4의 제작>>

[0309] 우선, 유리제 기판(1100) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.

[0310] 다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자 4를 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.

[0311] 그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서, 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방랭했다.

[0312] 다음으로, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, EL층(1102)이 포함되는 정공 주입층(1111), 정공 수송층(1112), 발광층(1113), 전자 수송층(1114), 전자 주입층(1115)이 순차로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.

[0313] 진공 장치 내를 10<sup>-4</sup>Pa로 감압했다. 그 후, 1,3,5-트라이(다이벤조티오펜-4-일)-벤젠(약칭 : DBT3P-II)과 산화 몰리브덴(VI)을, DBT3P-II(약칭) : 산화 몰리브덴=4 : 2(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(1101) 위에 정공 주입층(1111)을 형성했다. 막 두께는 20nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발 원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

[0314] 다음으로, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)을 20nm 증착함으로써, 정공 수송층

(1112)을 형성했다.

[0315] 다음으로, 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성했다. 2-[3'-(다이벤조티오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDq-II), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])를, 2mDBTBPDq-II(약칭):PCBNBB(약칭):[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.7:0.3:0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 1 발광층(1113a)을 20nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTBPDq-II(약칭):PCBNBB(약칭):[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.8:0.2:0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 2 발광층(1113b)을 20nm의 막 두께로 형성함으로써 적층 구조를 가지는 발광층(1113)을 형성했다.

[0316] 다음으로, 발광층(1113) 위에 2mDBTBPDq-II(약칭)를 20nm 증착한 후, 바소페난트롤린(약칭: Bphen)을 20nm 증착함으로써, 전자 수송층(1114)을 형성했다. 또한, 전자 수송층(1114) 위에, 불화 리튬을 1nm 증착함으로써, 전자 주입층(1115)을 형성했다.

[0317] 마지막으로, 전자 주입층(1115) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(1103)을 형성했다. 따라서, 발광 소자 4를 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.

[0318] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 4의 소자 구조를 표 7에 나타낸다.

표 7

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 4	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTBPDq-II (20nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2mDBTBPDq-II:PCBNBB:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm)

\*\* 2mDBTBPDq-II:PCBNBB:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.8:0.2:0.05 20nm)

[0319]

[0320] 제작한 발광 소자 4는 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80°C에서 1시간 열처리).

[0321] <<발광 소자 4의 동작 특성>>

[0322] 제작한 발광 소자 4의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25°C에서 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0323] 우선, 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 도 30에 나타낸다. 도 30에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 도 31에 나타낸다. 도 31에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 도 32에 나타낸다. 도 32에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 4의 전압-전류 특성을 도 33에 나타낸다. 도 33에서, 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.

[0324] 도 32에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 4는 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 4의 주된 초기 특성값을 이하의 표 8에 나타낸다.

표 8

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도(x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 4	3	0.051	1.3	(0.57,0.43)	1000	79	81	31

[0325]

[0326] 상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 4는 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 색 순도에 관해서는 순도가 좋은 주황색 발광을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0327] 발광 소자 4에 25mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 흘려보냈을 때의 발광 스펙트럼을 도 34에 나타낸다. 도 34에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 4의 발광 스펙트럼은 586nm 부근에 피크를 가지고 있고, 인광성 유기 금속 이리듐 착체 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.

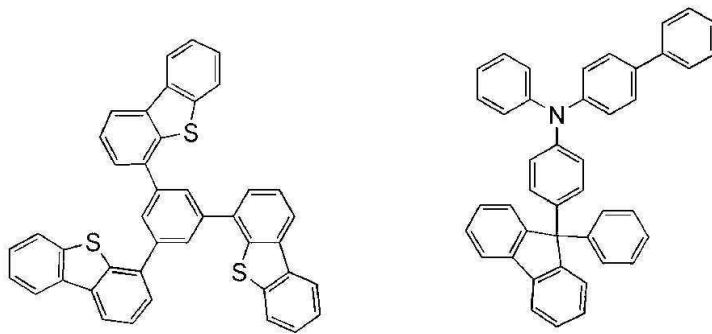
[0328] 발광 소자 4에 대한 신뢰성 시험의 결과를 도 35에 나타낸다. 도 35에서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 정규화 휘도(%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 단, 신뢰성 시험은 초기 휘도를 5000cd/m<sup>2</sup>로 설정하고, 전류 밀도가 일정한 조건에서 발광 소자 4를 구동시켰다. 그 결과, 발광 소자 4의 1610 시간 후의 휘도는 초기 휘도의 대략 94%를 유지하고 있었다.

[0329] 따라서, 발광 소자 4는 높은 신뢰성을 가지는 장수명의 발광 소자인 것을 알 수 있었다.

[0330] 단, 실시예 1에서 나타낸 바와 같이, 2mDBTBPDBq-II(약칭)와 PCBNBB(약칭)는 여기 착체를 형성하는 조합이다.

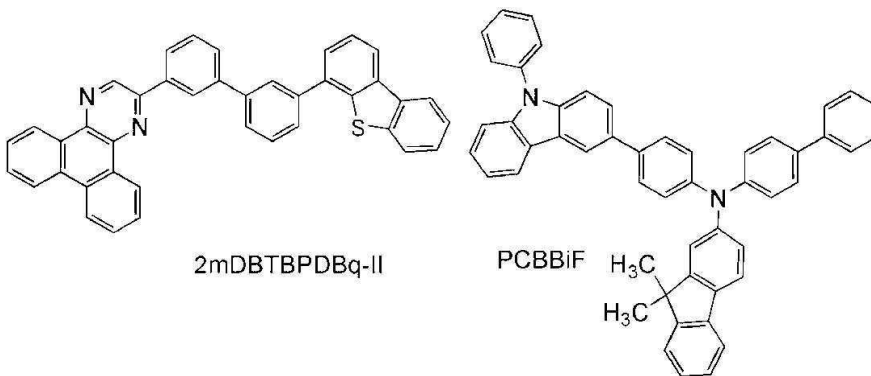
[0331] (실시예 5)

[0332] 본 실시예에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자 5에 대하여 도 12를 이용하여 설명한다. 본 실시예에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



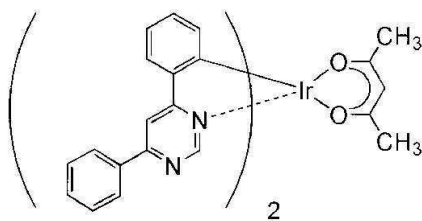
DBT3P-II

BPAFLP

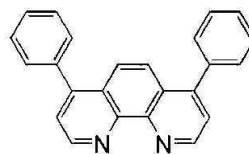


2mDBTBPDBq-II

PCBBiF



[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]



BPhen

[0333]

- [0334] 《발광 소자 5의 제작》
- [0335] 우선, 유리제 기판(1100) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.
- [0336] 다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자 5를 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.
- [0337] 그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서, 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방랭했다.
- [0338] 다음으로, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, EL층(1102)에 포함되는 정공 주입층(1111), 정공 수송층(1112), 발광층(1113), 전자 수송층(1114), 전자 주입층(1115)이 순차로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.
- [0339] 진공 장치 내를 10<sup>-4</sup>Pa로 감압했다. 그 후, 1,3,5-트라이(다이벤조티오펜-4-일)-벤젠(약칭 : DBT3P-II)과 산화 몰리브덴(VI)을, DBT3P-II(약칭) : 산화 몰리브덴=4 : 2(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(1101) 위에 정공 주입층(1111)을 형성했다. 막 두께는 20nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발 원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.
- [0340] 다음으로, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)을 20nm 증착함으로써, 정공 수송층(1112)을 형성했다.
- [0341] 다음으로, 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성했다. 2-[3'-(다이벤조티오펜-4-일) 바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭 : 2mDBTBPDBq-II), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭 : PCBBiF), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]), 2mDBTBPDBq-II(약칭) : PCBBiF(약칭) : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.7 : 0.3 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 1 발광층(1113a)을 20nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTBPDBq-II(약칭) : PCBBiF(약칭) : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.8 : 0.2 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 2 발광층(1113b)을 20nm의 막 두께로 형성함으로써 적층 구조를 가지는 발광층(1113)을 형성했다.
- [0342] 다음으로, 발광층(1113) 위에 2mDBTBPDBq-II(약칭)를 20nm 증착한 후, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 20nm 증착함으로써, 전자 수송층(1114)을 형성했다. 또한, 전자 수송층(1114) 위에, 불화 리튬을 1nm 증착함으로써, 전자 주입층(1115)을 형성했다.
- [0343] 마지막으로, 전자 주입층(1115) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(1103)을 형성했다. 따라서, 발광 소자 5를 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.
- [0344] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 5의 소자 구조를 표 9에 나타낸다.

표 9

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 5	ITSO (110nm)	DBT3P-II:MoO <sub>x</sub> (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm)

\*\* 2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.8:0.2:0.05 20nm)

- [0345]
- [0346] 제작한 발광 소자 5는 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80℃에서 1시간 열처리).
- [0347] 《발광 소자 5의 동작 특성》



[0348] 제작한 발광 소자 5의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0349] 우선, 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 도 36에 나타낸다. 도 36에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 도 37에 나타낸다. 도 37에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 5의 휘도-전류 효율 특성을 도 38에 나타낸다. 도 38에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 5의 전압-전류 특성을 도 39에 나타낸다. 도 39에서, 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.

[0350] 도 38에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 5는 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 5의 주된 초기 특성값을 이하의 표 10에 나타낸다.

표 10

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도(x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 5	2.8	0.047	1.2	(0.56,0.44)	1000	85	95	31

[0351]

[0352] 상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 5는 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 색 순도에 관해서는 순도가 좋은 주황색 발광을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0353] 발광 소자 5에 25mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 흘려보냈을 때의 발광 스펙트럼을 도 40에 나타낸다. 도 40에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 5의 발광 스펙트럼은 583nm 부근에 피크를 가지고 있고, 인광성 유기 금속 이리듐 착체 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.

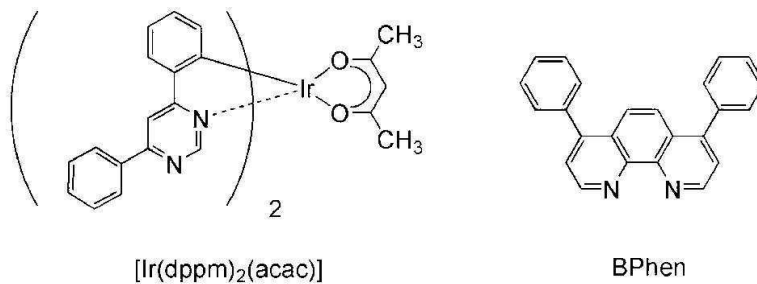
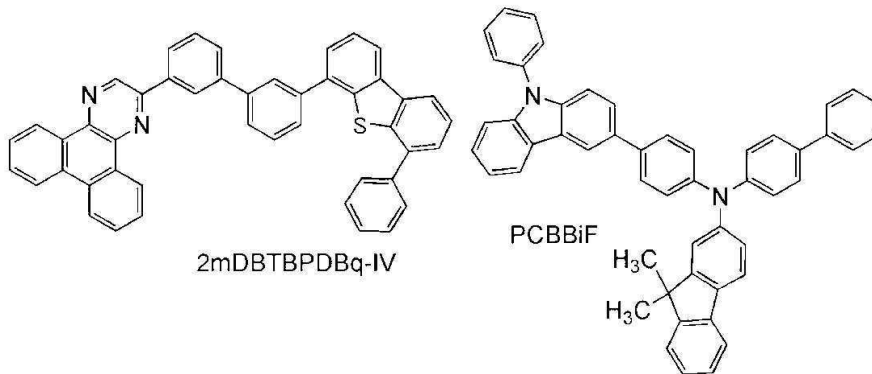
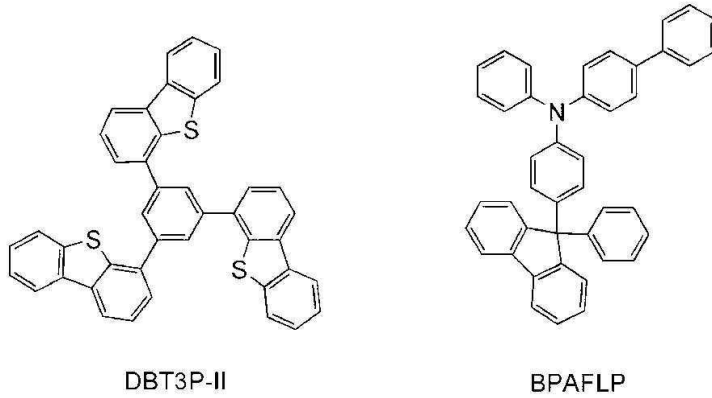
[0354] 발광 소자 5에 대한 신뢰성 시험의 결과를 도 41에 나타낸다. 도 41에서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 정규화 휘도(%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 단, 신뢰성 시험은 초기 휘도를 5000cd/m<sup>2</sup>로 설정하고, 전류 밀도가 일정한 조건에서 발광 소자 5를 구동시켰다. 그 결과, 발광 소자 5의 1980 시간 후의 휘도는 초기 휘도의 대략 92%를 유지하고 있었다.

[0355] 따라서, 발광 소자 5는 높은 신뢰성을 가지는 장수명의 발광 소자인 것을 알 수 있었다.

[0356] 단, 2mDBTBPDBq-II(약칭)와, PCBBiF(약칭)와, 2mDBTBPDBq-II(약칭) 및 PCBBiF(약칭)의 혼합막을 제작하고, 각각의 광루미네선스(PL)를 측정했다. 그 결과, 2mDBTBPDBq-II(약칭)의 증착막의 광루미네선스(PL) 피크 파장은 428nm이고, PCBBiF(약칭)의 증착막의 PL 피크 파장은 415nm 및 436nm인 것에 비해, 이들을 공증착한 혼합막의 PL 피크 파장은 512nm이고, 크게 장파장 시프트했다. 따라서, 2mDBTBPDBq-II(약칭)와 PCBBiF(약칭)는 여기 착체를 형성하는 조합인 것을 알 수 있었다.

[0357] (실시예 6)

[0358] 본 실시예에서는 본 발명의 일양태인 발광 소자 6에 대하여 도 12를 이용하여 설명한다. 본 실시예에서 이용하는 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.



[0359]

[0360] <<발광 소자 6의 제작>>

[0361] 우선, 유리제 기판(1100) 위에 산화 규소를 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의해 형성하고, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(1101)을 형성했다. 단, 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 했다.

[0362] 다음으로, 기판(1100) 위에 발광 소자 6을 형성하기 위한 사전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 행하였다.

[0363] 그 후, 10<sup>-4</sup>Pa 정도까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서, 170℃에서 30분간의 진공 소성을 행한 후, 기판(1100)을 30분 정도 방랭했다.

[0364] 다음으로, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방이 되도록, 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 홀더에 고정했다. 본 실시예에서는 진공 증착법에 의해, EL층(1102)을 구성하는 정공 주입층(1111), 정공 수송층(1112), 발광층(1113), 전자 수송층(1114), 전자 주입층(1115)이 순차로 형성되는 경우에 대하여 설명한다.

[0365] 진공 장치 내를 10<sup>-4</sup>Pa로 감압했다. 그 후, 1,3,5-트라이(다이벤조티오펜-4-일)-벤젠(약칭 : DBT3P-II)과 산화 몰리브덴(VI)을, DBT3P-II(약칭) : 산화 몰리브덴=4 : 2(질량비)가 되도록 공증착함으로써, 제 1 전극(1101) 위에 정공 주입층(1111)을 형성했다. 막 두께는 20nm로 했다. 단, 공증착이란, 다른 복수의 물질을 각각 다른 증발 원으로부터 동시에 증발시키는 증착법이다.

[0366] 다음으로, 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭 : BPAFLP)을 20nm 증착함으로써, 정공 수송층

(1112)을 형성했다.

[0367] 다음으로, 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성했다. 2-{3-[3-(6-페닐다이벤조티오펜-4-일)페닐}페닐}다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭 : 2mDBTBPDBq-IV), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭 : PCBBiF), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭 : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])를, 2mDBTBPDBq-IV(약칭 : PCBBiF(약칭) : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.7 : 0.3 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 1 발광층(1113a)을 20nm의 막 두께로 형성한 후, 2mDBTBPDBq-IV(약칭) : PCBBiF(약칭) : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)](약칭)=0.8 : 0.2 : 0.05(질량비)가 되도록 공증착하고, 제 2 발광층(1113b)을 20nm의 막 두께로 형성함으로써 적층 구조를 가지는 발광층(1113)을 형성했다.

[0368] 다음으로, 발광층(1113) 위에 2mDBTBPDBq-IV(약칭)를 20nm 증착한 후, 바소페난트롤린(약칭 : Bphen)을 20nm 증착함으로써, 전자 수송층(1114)을 형성했다. 또한, 전자 수송층(1114) 위에, 불화 리튬을 1nm 증착함으로써, 전자 주입층(1115)을 형성했다.

[0369] 마지막으로, 전자 주입층(1115) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착하고, 음극이 되는 제 2 전극(1103) 형성했다. 따라서, 발광 소자 6을 얻었다. 단, 상술한 증착 과정에서, 증착은 모두 저항 가열법을 이용했다.

[0370] 이상에 의해 얻어진 발광 소자 6의 소자 구조를 표 11에 나타낸다.

표 11

	제 1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제 2 전극
발광 소자 6	ITSO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	**	2mDBTBPDBq-IV (20nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2mDBTBPDBq-IV:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.7:0.3:0.05 20nm)

\*\* 2mDBTBPDBq-IV:PCBBiF:[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] (0.8:0.2:0.05 20nm)

[0371]

[0372] 제작한 발광 소자 6은 대기에 노출되지 않도록 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 밀봉했다(시일재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 80°C에서 1시간 열처리).

[0373] <<발광 소자 6의 동작 특성>>

[0374] 제작한 발광 소자 1의 동작 특성에 대하여 측정했다. 단, 측정은 실온(25°C로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0375] 우선, 발광 소자 6의 전류 밀도-휘도 특성을 도 42에 나타낸다. 도 42에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전류 밀도(mA/cm<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 6의 전압-휘도 특성을 도 43에 나타낸다. 도 43에서, 종축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>), 횡축은 전압(V)을 나타낸다. 발광 소자 6의 휘도-전류 효율 특성을 도 44에 나타낸다. 도 44에서, 종축은 전류 효율(cd/A), 횡축은 휘도(cd/m<sup>2</sup>)를 나타낸다. 발광 소자 6의 전압-전류 특성을 도 45에 나타낸다. 도 45에서, 종축은 전류(mA), 횡축은 전압(V)을 나타낸다.

[0376] 도 44에 의해, 본 발명의 일양태인 발광 소자 6은 고효율의 소자인 것을 알 수 있었다. 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 발광 소자 6의 주된 초기 특성값을 이하의 표 12에 나타낸다.

표 12

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도(x,y)	휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	전류 효율 (cd/A)	파워 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 6	3	0.04	0.99	(0.57,0.43)	1000	76	80	31

[0377]

[0378]

상기 결과로부터, 본 실시예에서 제작한 발광 소자 6은 높은 외부 양자 효율을 나타내고 있으므로, 높은 발광 효율을 나타내는 것을 알 수 있다. 또한, 색 순도에 관해서는 순도가 좋은 주황색 발광을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0379]

발광 소자 6에 25mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도로 전류를 공급했을 때의 발광 스펙트럼을, 도 46에 나타낸다. 도 46에 나타내는 바와 같이, 발광 소자 6의 발광 스펙트럼은 587nm 부근에 피크를 가지고 있고, 인광성 유기 금속 이리듐 착체 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]의 발광에 유래하고 있는 것이 시사된다.

[0380]

발광 소자 6에 대한 신뢰성 시험의 결과를 도 47에 나타낸다. 도 47에서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 정규화 휘도(%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다. 단, 신뢰성 시험은 초기 휘도를 5000cd/m<sup>2</sup>로 설정하고, 전류 밀도가 일정한 조건에서 발광 소자 6을 구동시켰다. 그 결과, 발광 소자 6의 833시간 후의 휘도는 초기 휘도의 대략 91%를 유지하고 있었다.

[0381]

따라서, 발광 소자 6은 높은 신뢰성을 가지는 장수명의 발광 소자인 것을 알 수 있었다.

**부호의 설명**

[0382]

- 101 : 양극
- 102 : 음극
- 103 : EL층
- 104 : 정공 주입층
- 105 : 정공 수송층
- 106 : 발광층
- 106a : 제 1 발광층
- 106b : 제 2 발광층
- 107 : 전자 수송층
- 108 : 전자 주입층
- 109 : 인광성 화합물
- 110 : 제 1 유기 화합물
- 111 : 제 2 유기 화합물
- 201 : 제 1 전극(양극)
- 202 : 제 2 전극(음극)
- 203 : EL층
- 204 : 정공 주입층
- 205 : 정공 수송층

- 206 : 발광층
- 206a : 제 1 발광층
- 206b : 제 2 발광층
- 207 : 전자 수송층
- 208 : 전자 주입층
- 301 : 제 1 전극
- 302(1) : 제 1 EL층
- 302(2) : 제 2 EL층
- 304 : 제 2 전극
- 305 : 전하 발생층(I)
- 305(1) : 제 1 전하 발생층(I)
- 305(2) : 제 2 전하 발생층(I)
- 401 : 반사 전극
- 402 : 반투과 · 반반사 전극
- 403a : 제 1 투명 도전층
- 403b : 제 2 투명 도전층
- 404B : 제 1 발광층(B)
- 404G : 제 2 발광층(G)
- 404R : 제 3 발광층(R)
- 405 : EL층
- 410R : 제 1 발광 소자(R)
- 410G : 제 2 발광 소자(G)
- 410B : 제 3 발광 소자(B)
- 501 : 소자 기관
- 502 : 화소부
- 503 : 구동 회로부(소스선 구동 회로)
- 504a : 구동 회로부(게이트선 구동 회로)
- 504b : 구동 회로부(게이트선 구동 회로)
- 505 : 시일재
- 506 : 밀봉 기관
- 507 : 리드 배선
- 508 : FPC(플렉서블 프린트 서킷)
- 509 : n채널형 TFT
- 510 : p채널형 TFT
- 511 : 스위칭용 TFT
- 512 : 전류 제어용 TFT

513 : 제 1 전극(양극)  
 514 : 절연물  
 515 : EL층  
 516 : 제 2 전극(음극)  
 517 : 발광 소자  
 518 : 공간  
 1100 : 기관  
 1101 : 제 1 전극  
 1102 : EL층  
 1103 : 제 2 전극  
 1111 : 정공 주입층  
 1112 : 정공 수송층  
 1113 : 발광층  
 1114 : 전자 수송층  
 1115 : 전자 주입층  
 3000 : 기관  
 3001 : 제 1 전극  
 3002a : 제 1 EL층  
 3002b : 제 2 EL층  
 3011a : 제 1 정공 주입층  
 3011b : 제 2 정공 주입층  
 3012a : 제 1 정공 수송층  
 3012b : 제 2 정공 수송층  
 3013a : 발광층(A)  
 3013b : 발광층(B)  
 3014a : 제 1 전자 수송층  
 3014b : 제 2 전자 수송층  
 3015a : 제 1 전자 주입층  
 3015b : 제 2 전자 주입층  
 3003 : 제 2 전극  
 3004 : 전하 발생층  
 7100 : 텔레비전 장치  
 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  
7312 : 마이크로폰  
7400 : 휴대 전화기  
7401 : 하우징  
7402 : 표시부  
7403 : 조작 버튼  
7404 : 외부 접속 포트  
7405 : 스피커  
7406 : 마이크  
8001 : 조명 장치  
8002 : 조명 장치  
8003 : 조명 장치  
8004 : 조명 장치  
9033 : 잠금쇠  
9034 : 표시 모드 전환 스위치  
9035 : 전원 스위치  
9036 : 전력 절약 모드 전환 스위치  
9038 : 조작 스위치

9630 : 하우징

9631 : 표시부

9631a : 표시부

9631b : 표시부

9632a : 터치 패널의 영역

9632b : 터치 패널의 영역

9633 : 태양 전지

9634 : 충전전 제어 회로

9635 : 배터리

9636 : DCDC 컨버터

9637 : 조작 키

9638 : 컨버터

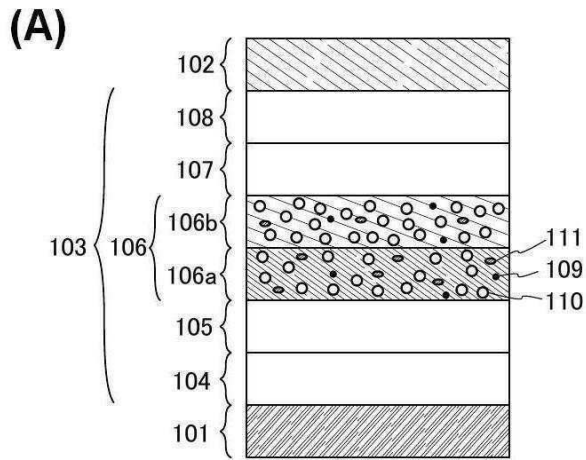
9639 : 버튼

본 출원은 2012년 3월 14일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호가 2012-056990인 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

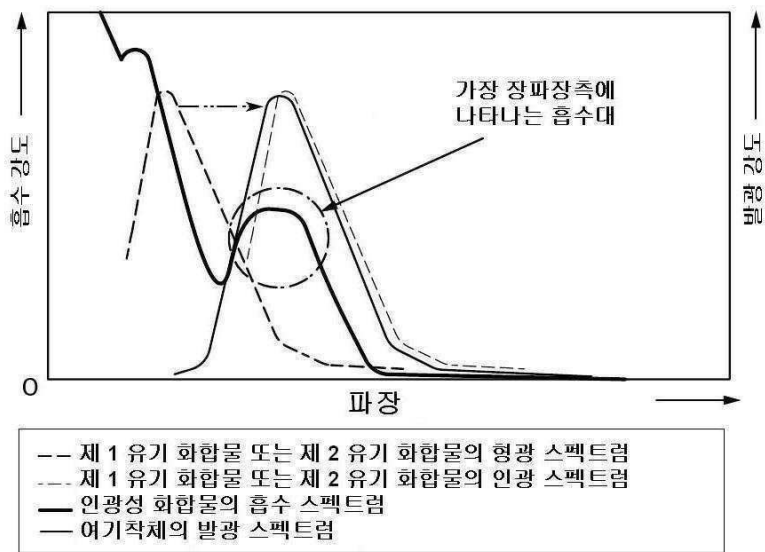


도면

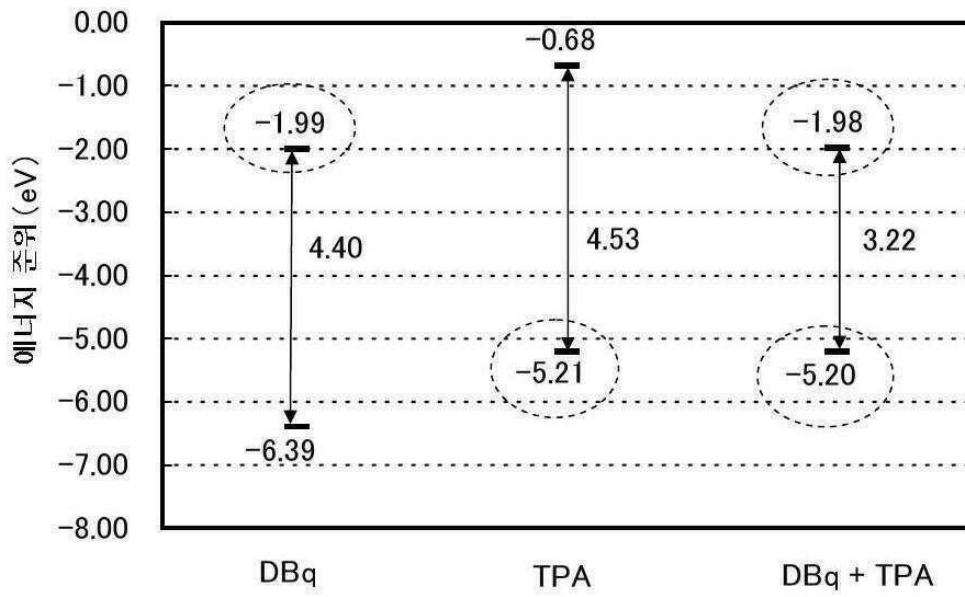
도면1



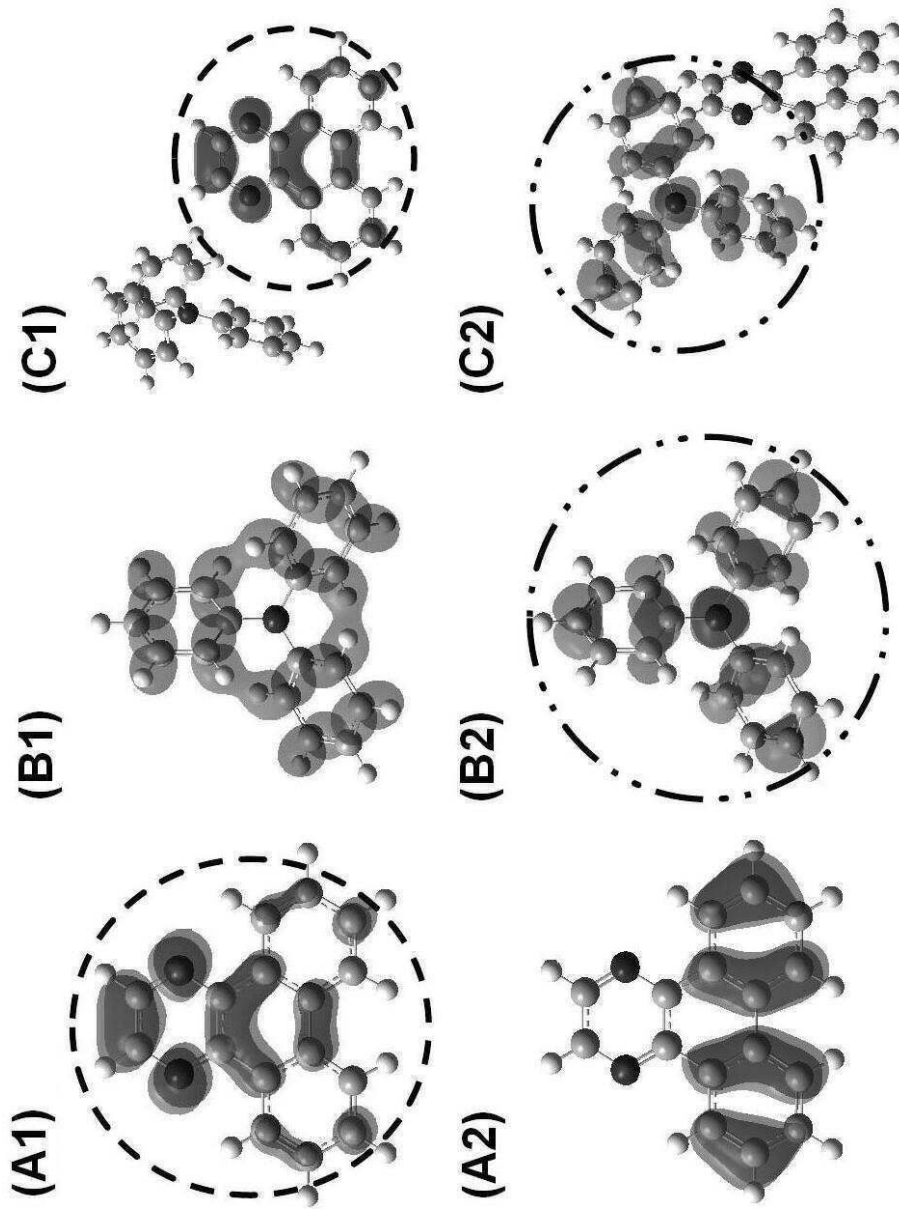
(B)



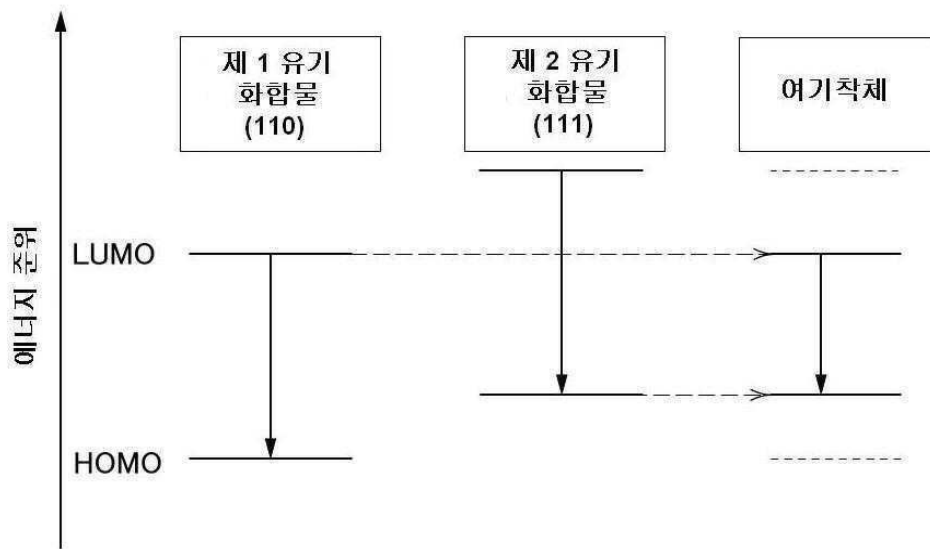
도면2



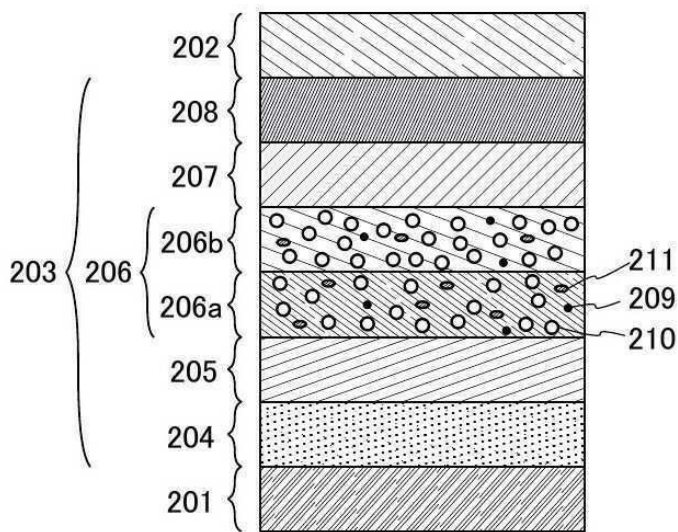
도면3



도면4

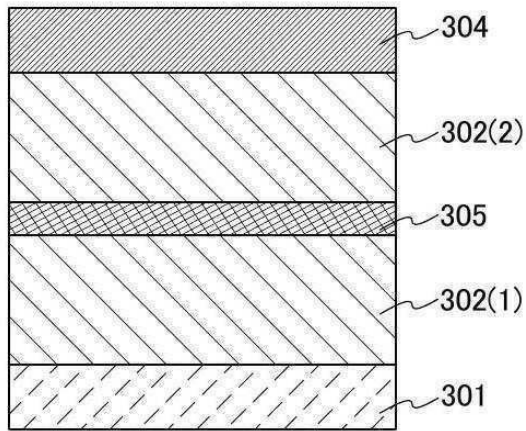


도면5

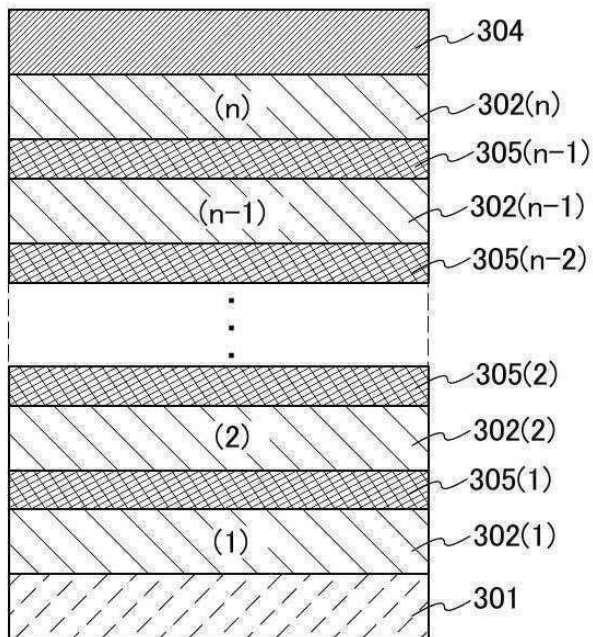


도면6

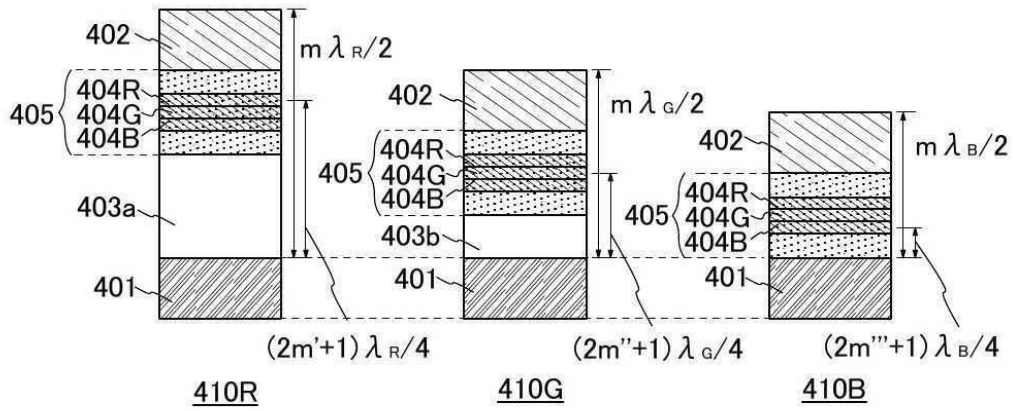
(A)



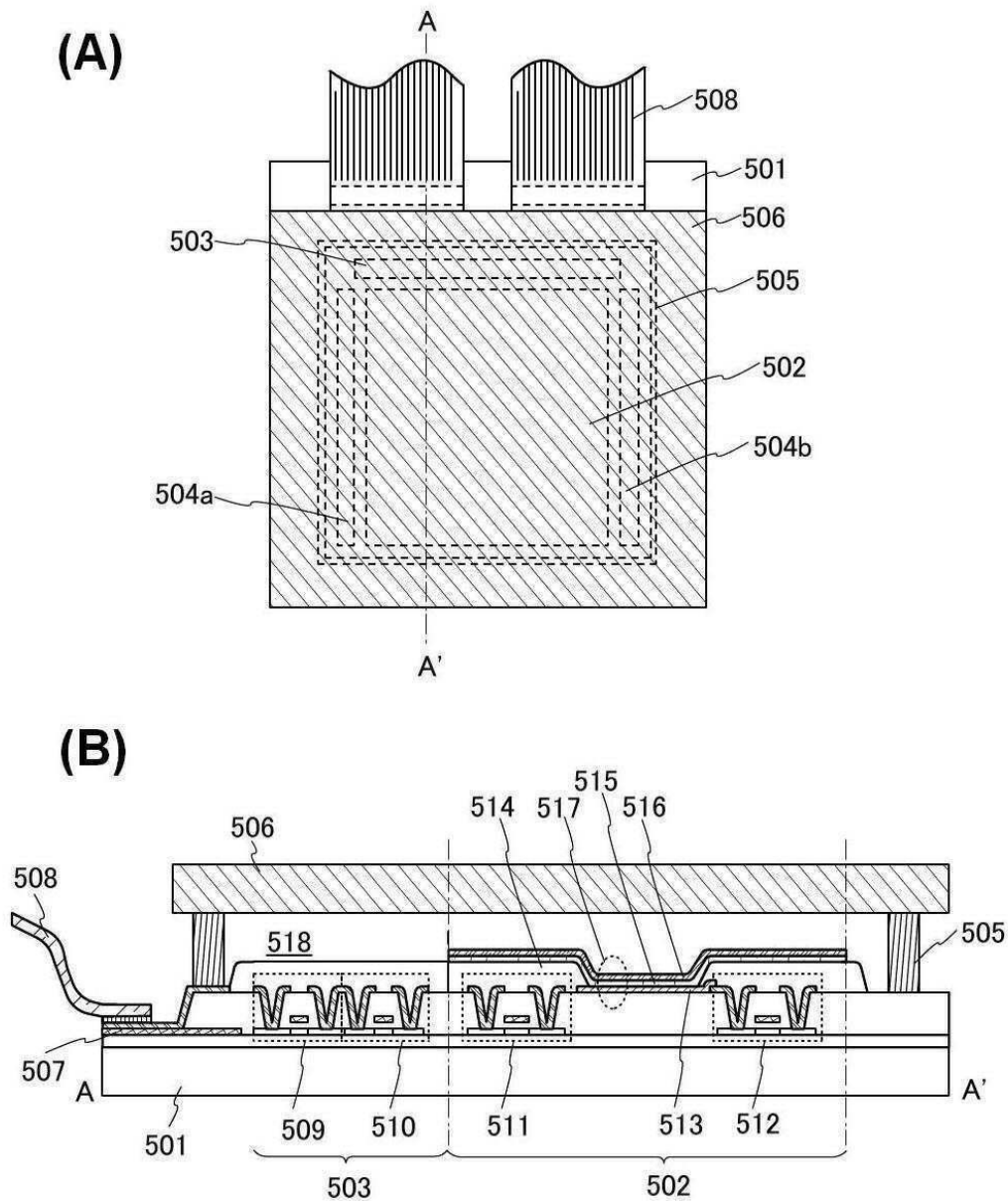
(B)



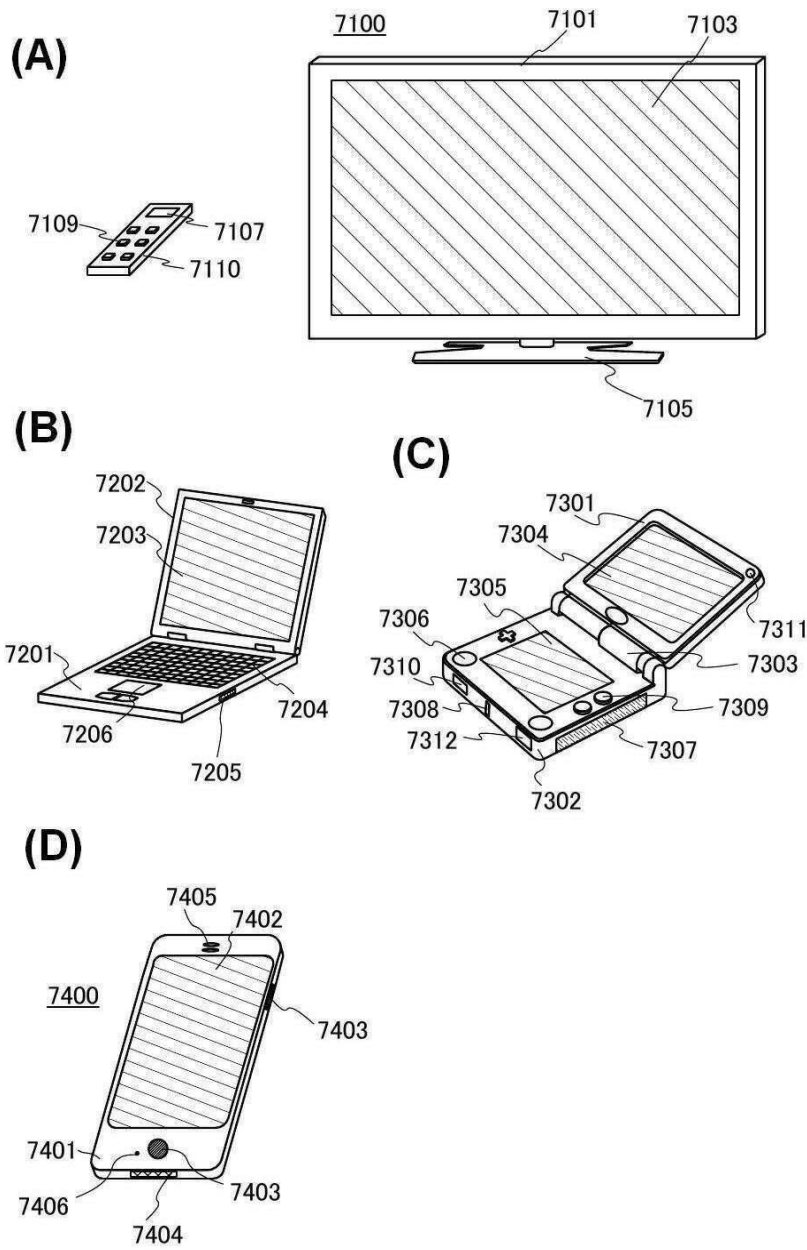
도면7



도면8

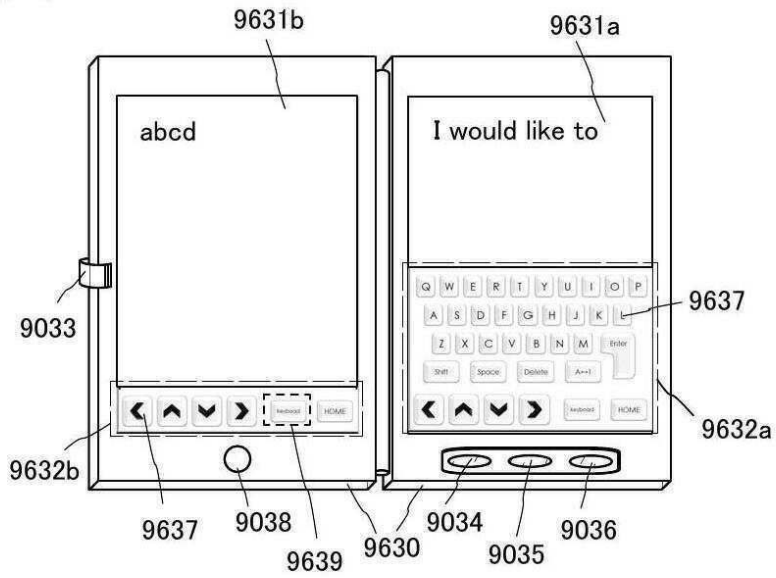


도면9

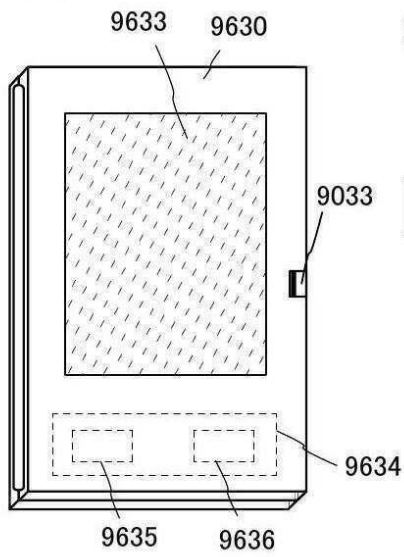


도면10

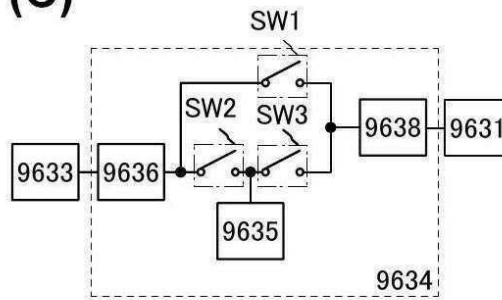
(A)



(B)

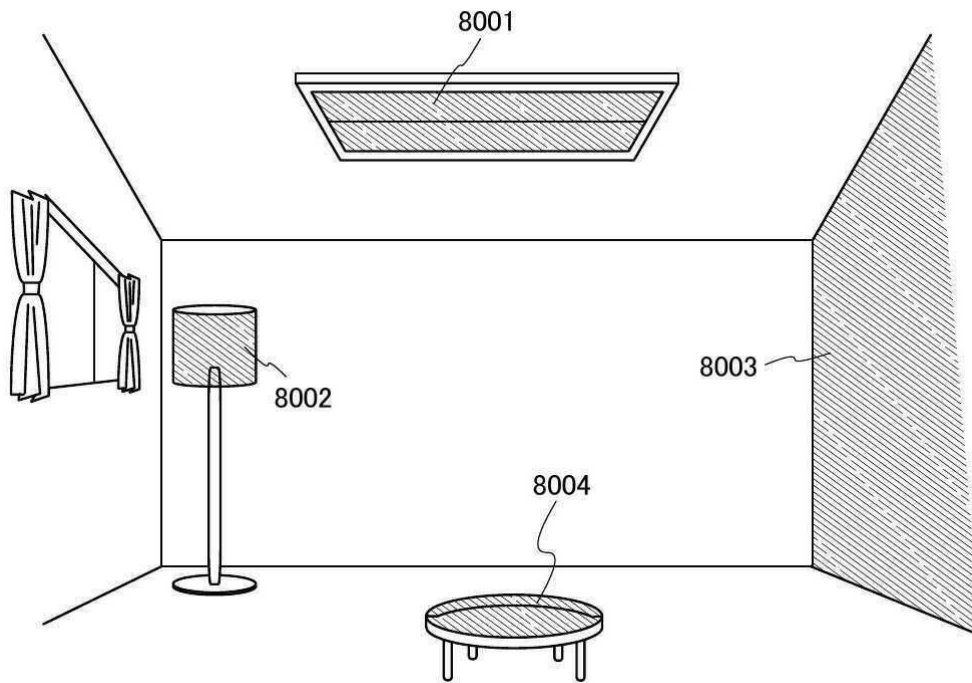


(C)

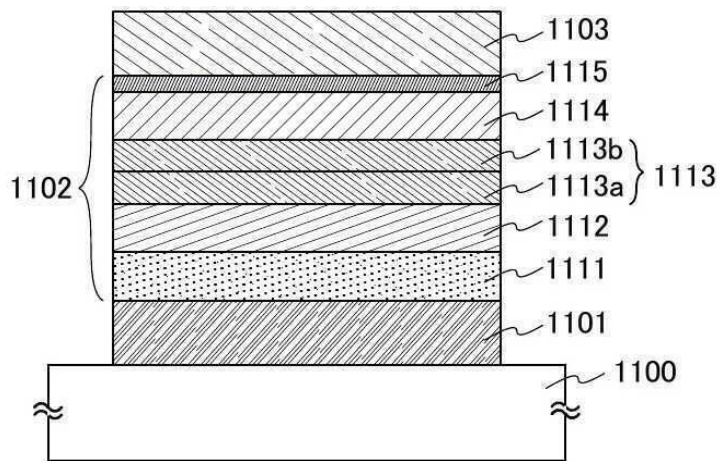




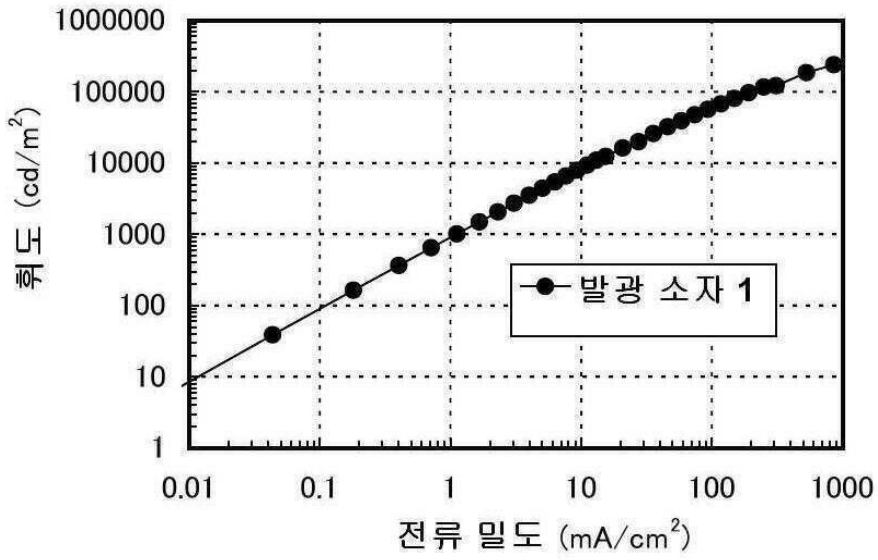
도면11



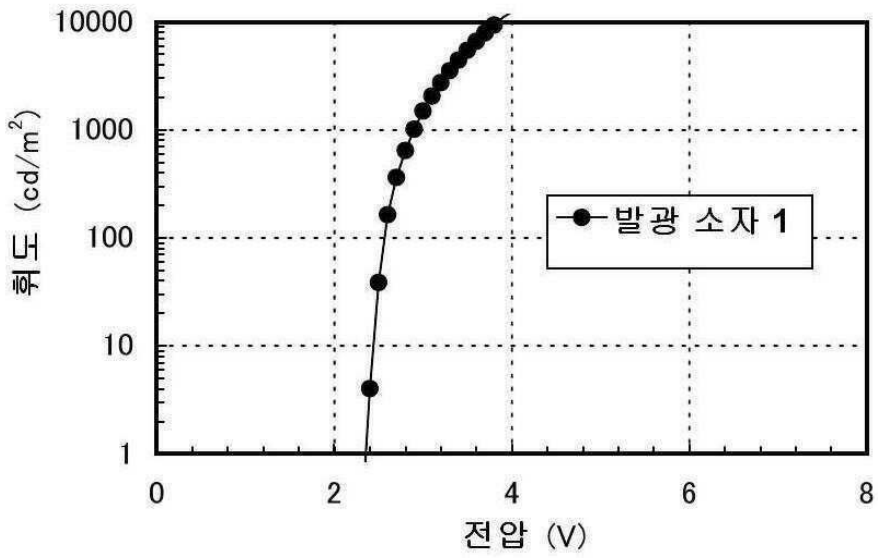
도면12



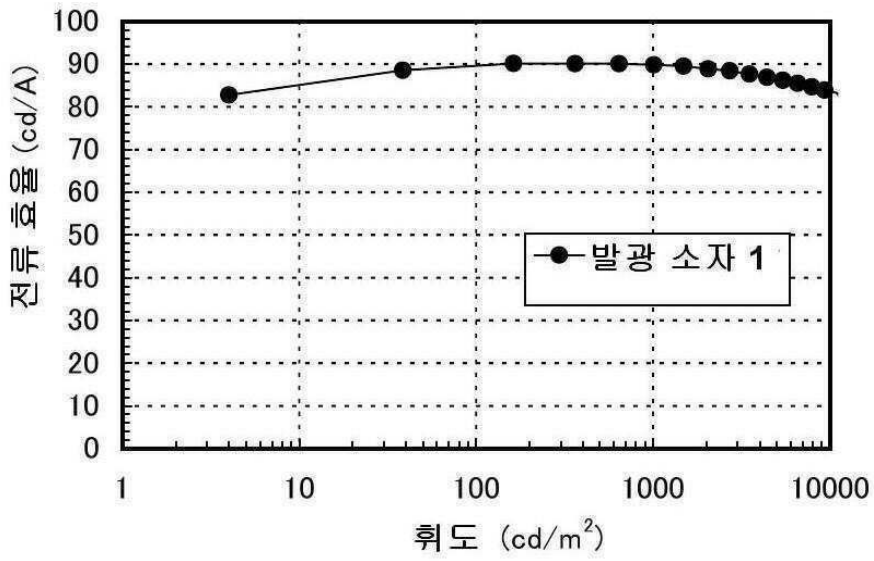
도면13



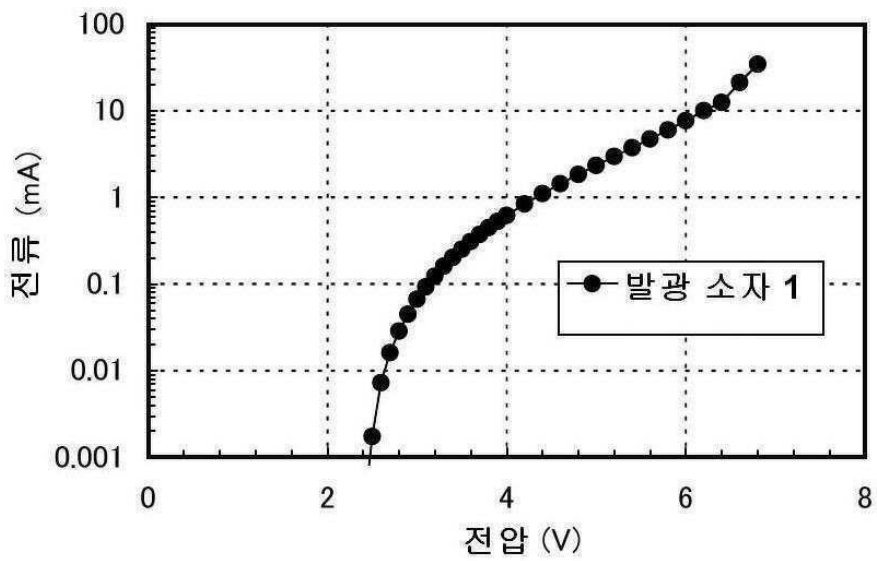
도면14



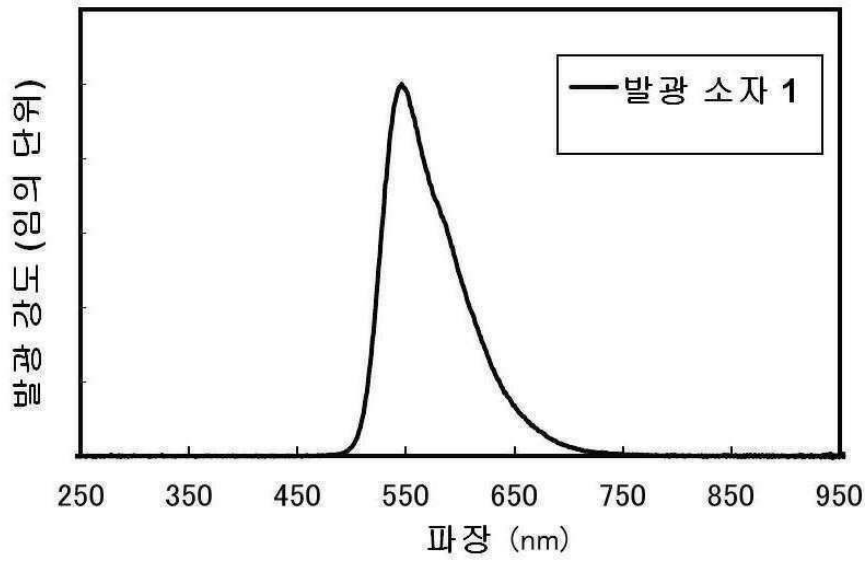
도면15



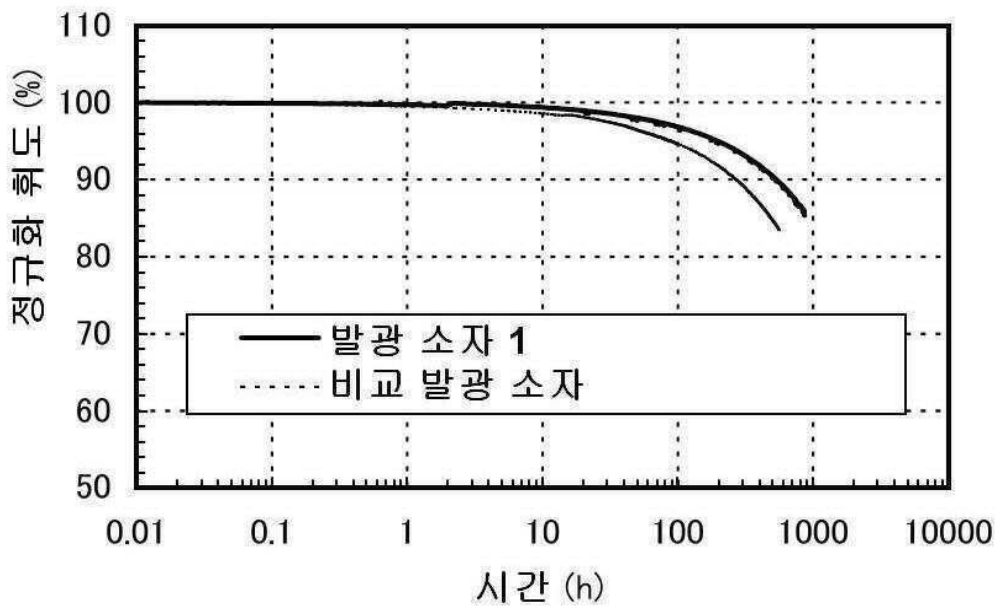
도면16



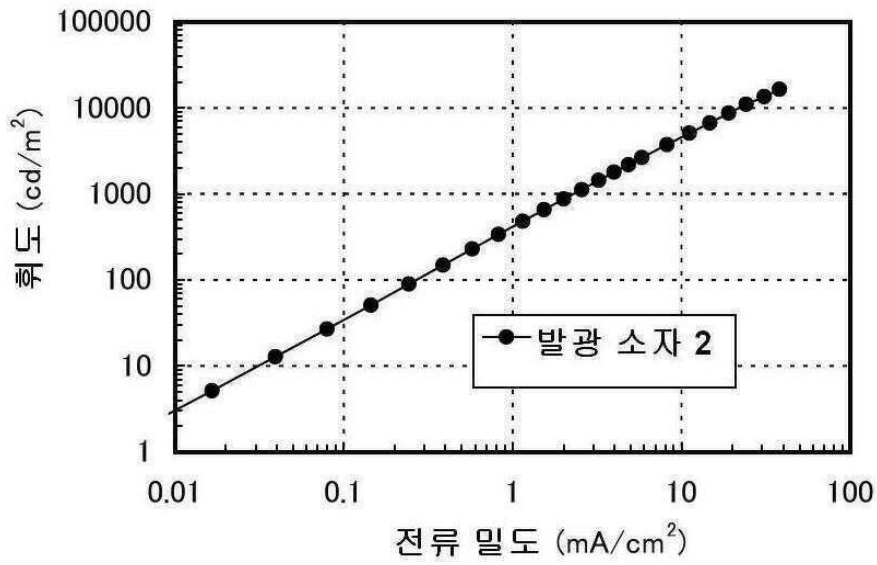
도면17



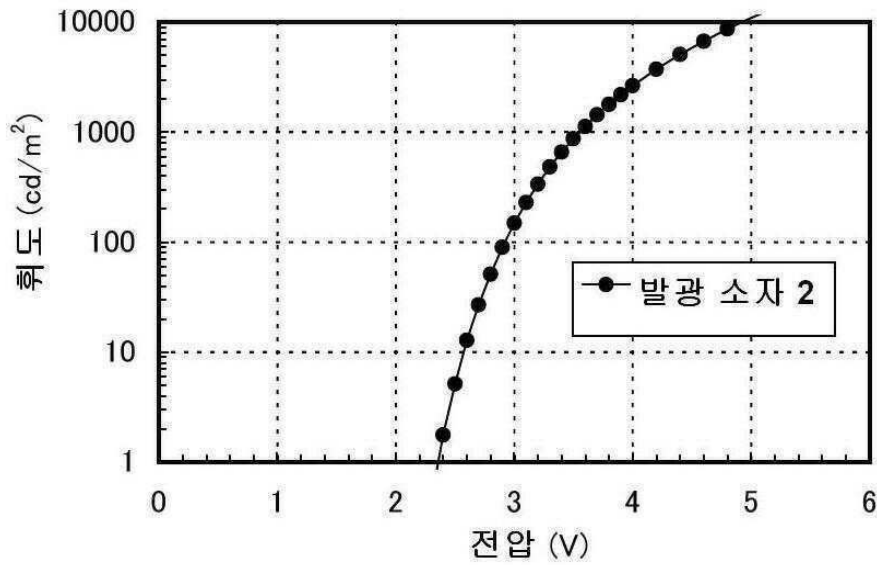
도면18



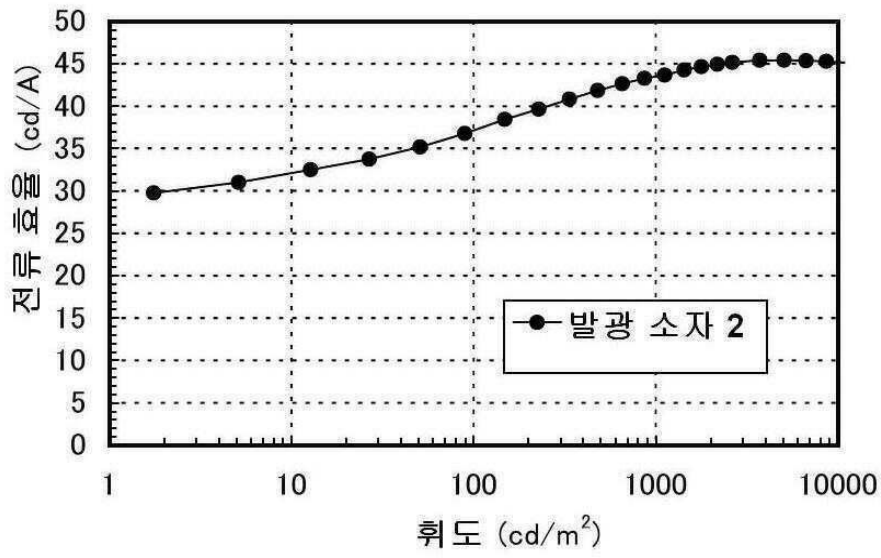
도면19



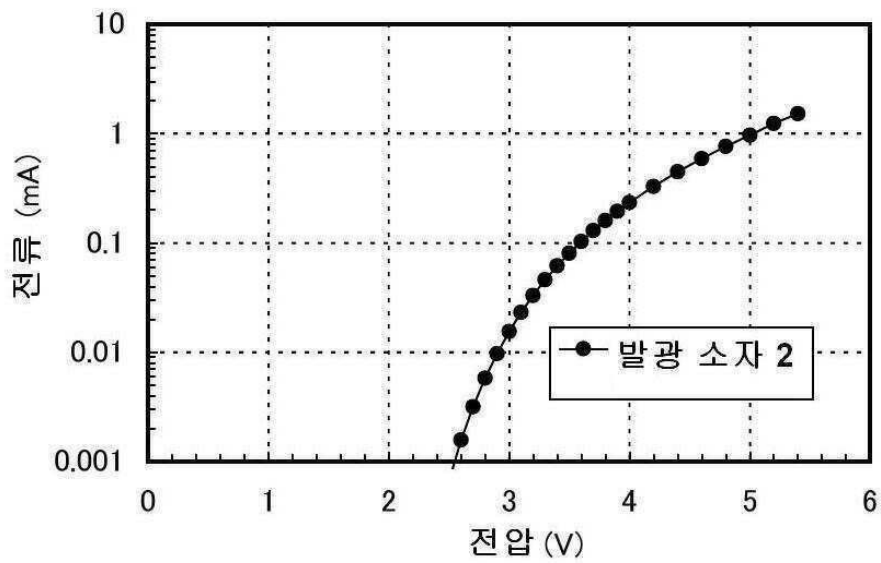
도면20



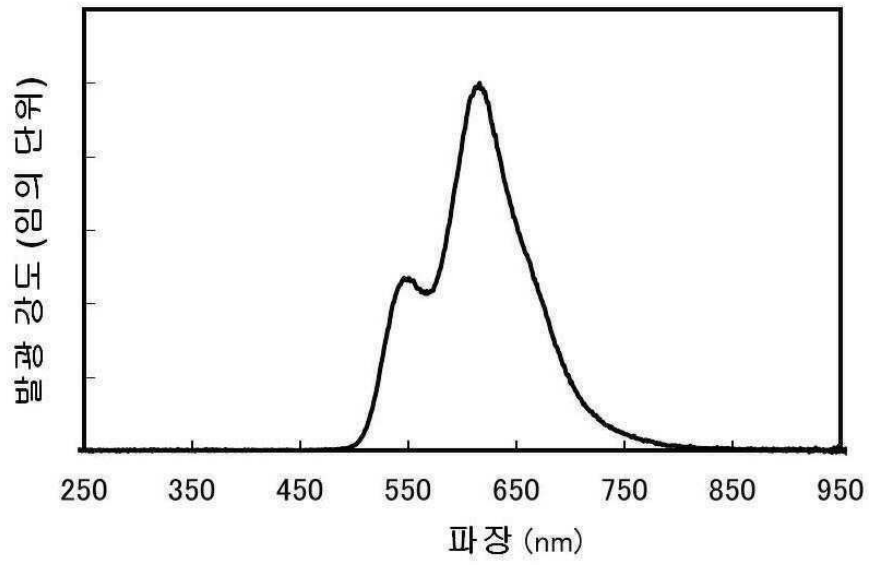
도면21



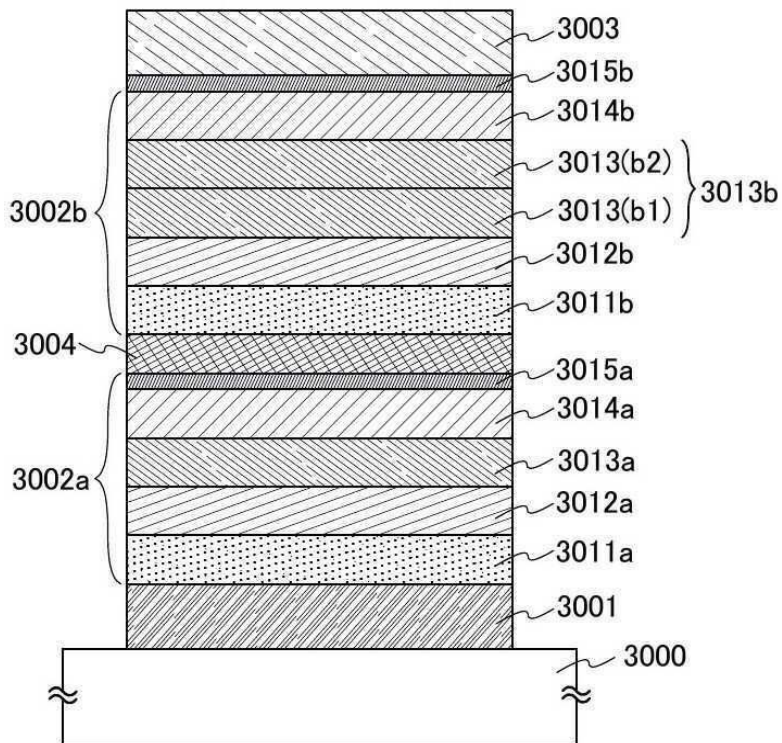
도면22



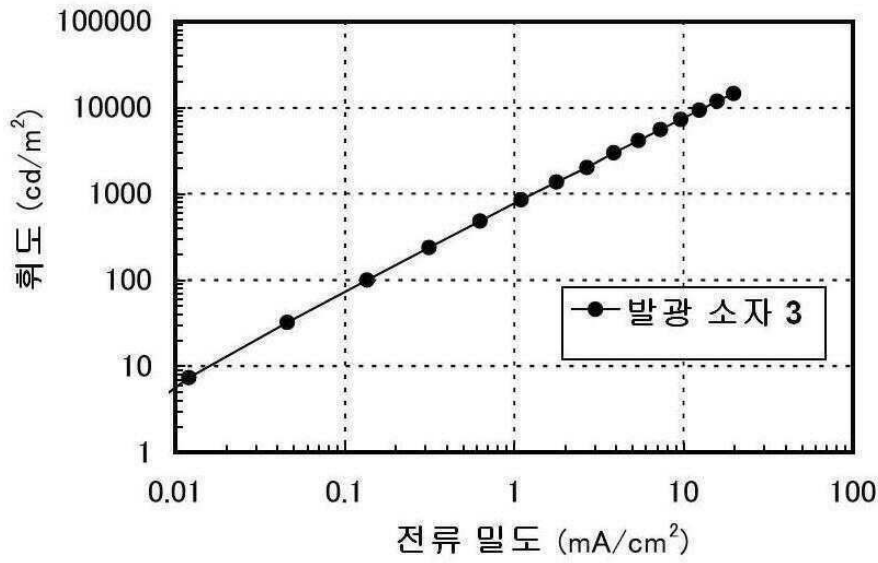
도면23



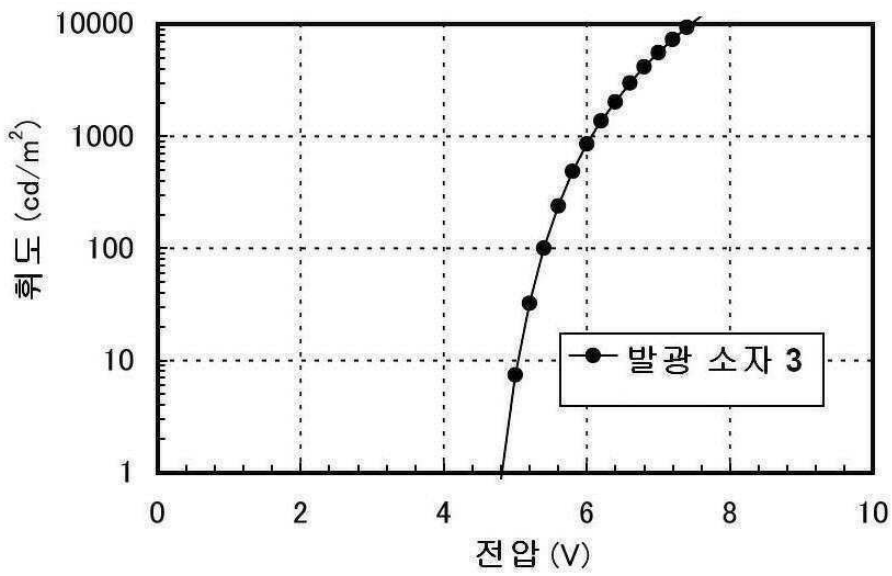
도면24



도면25

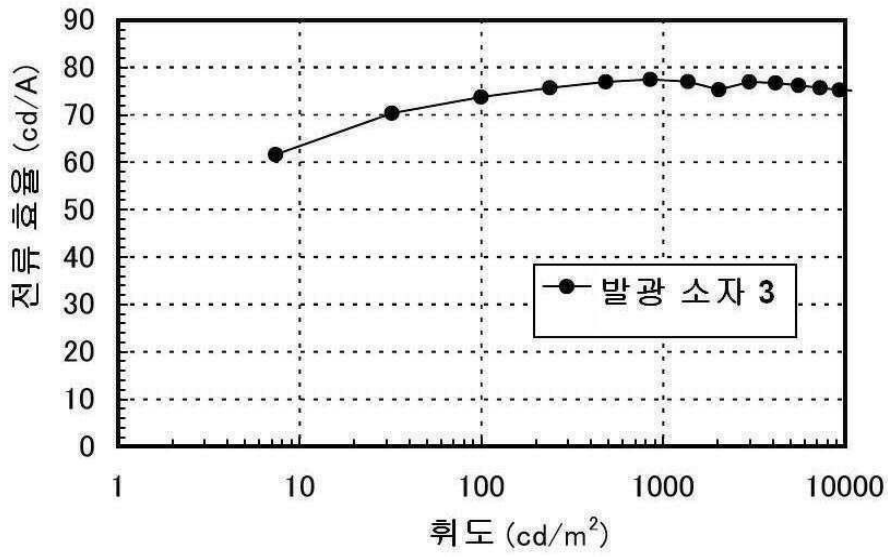


도면26

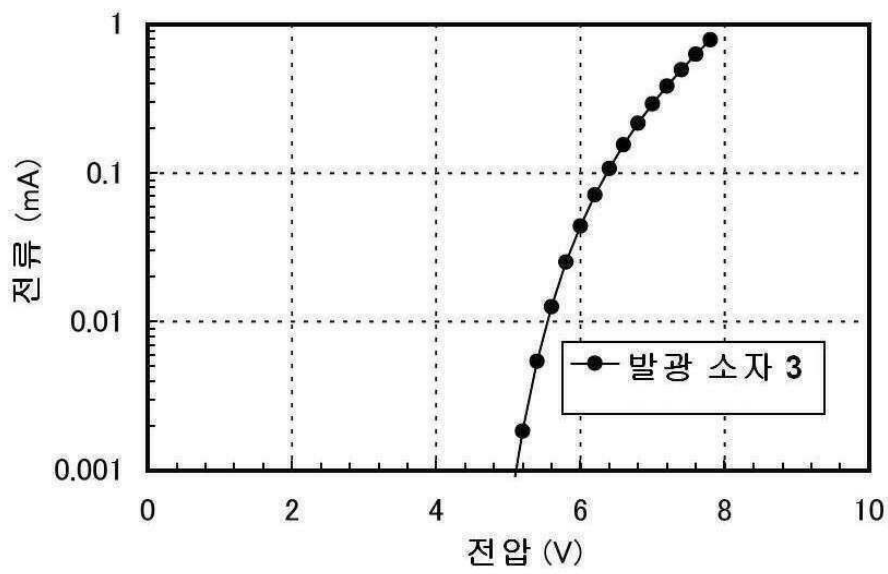




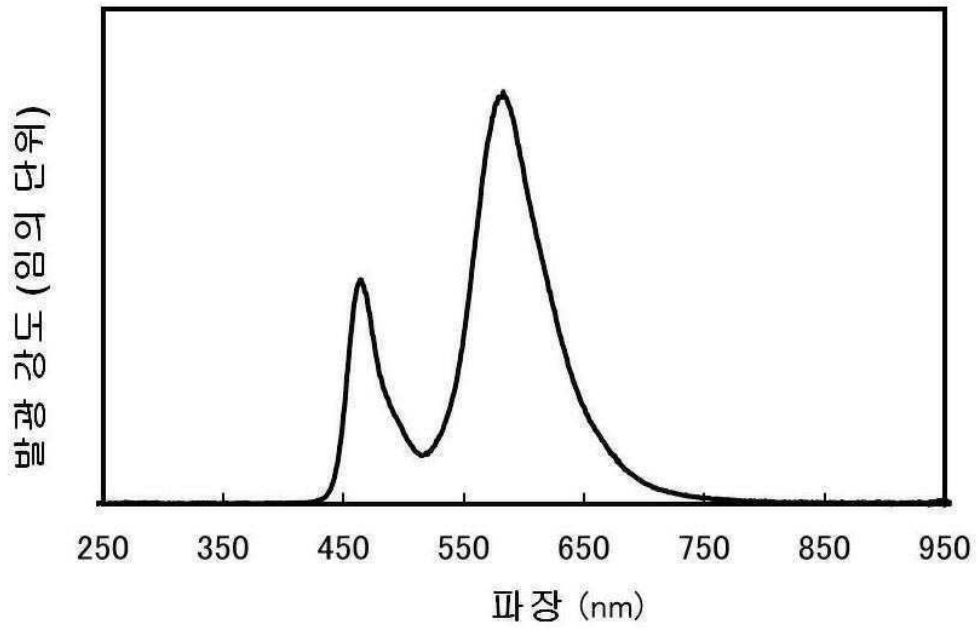
도면27



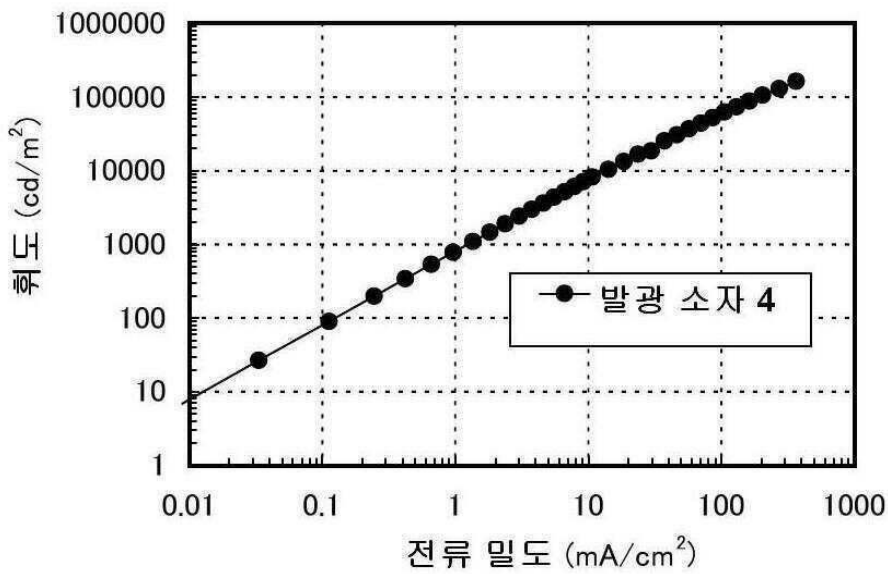
도면28



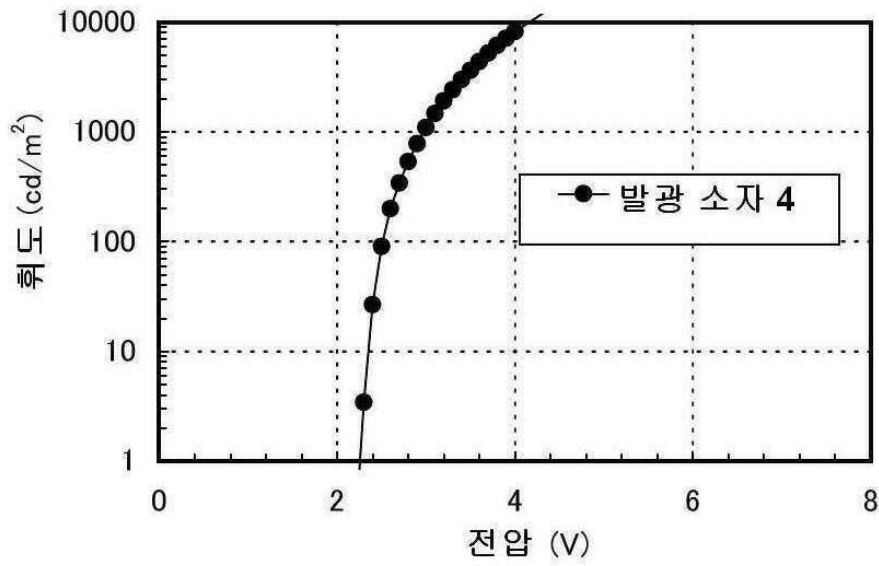
도면29



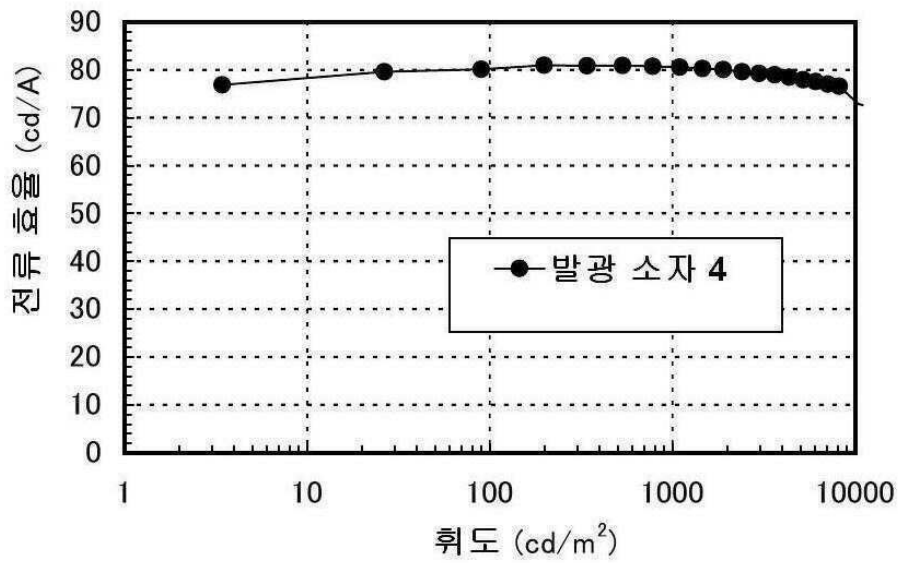
도면30



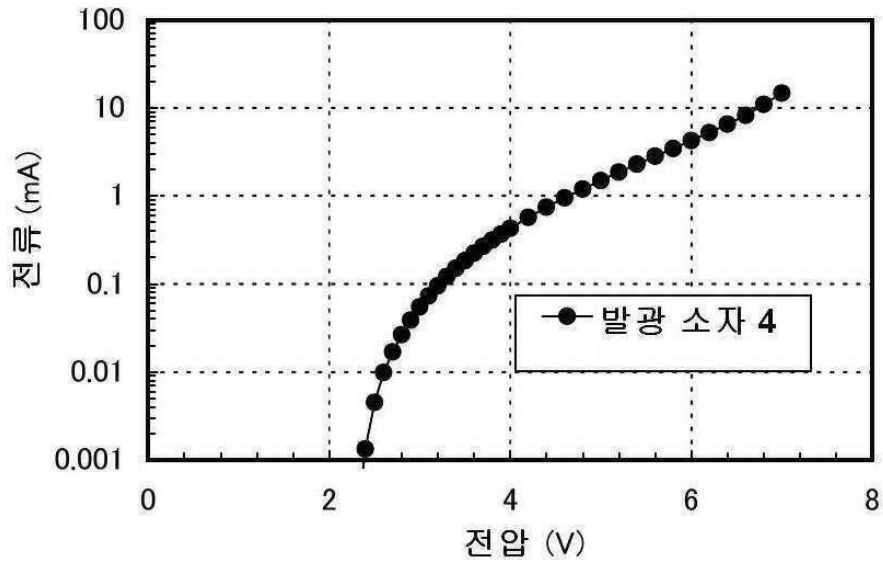
도면31



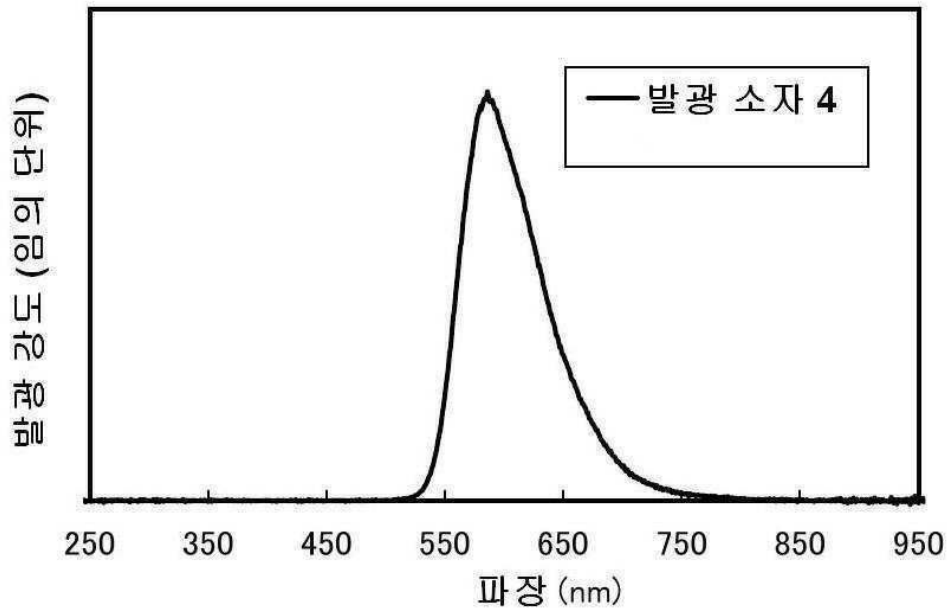
도면32



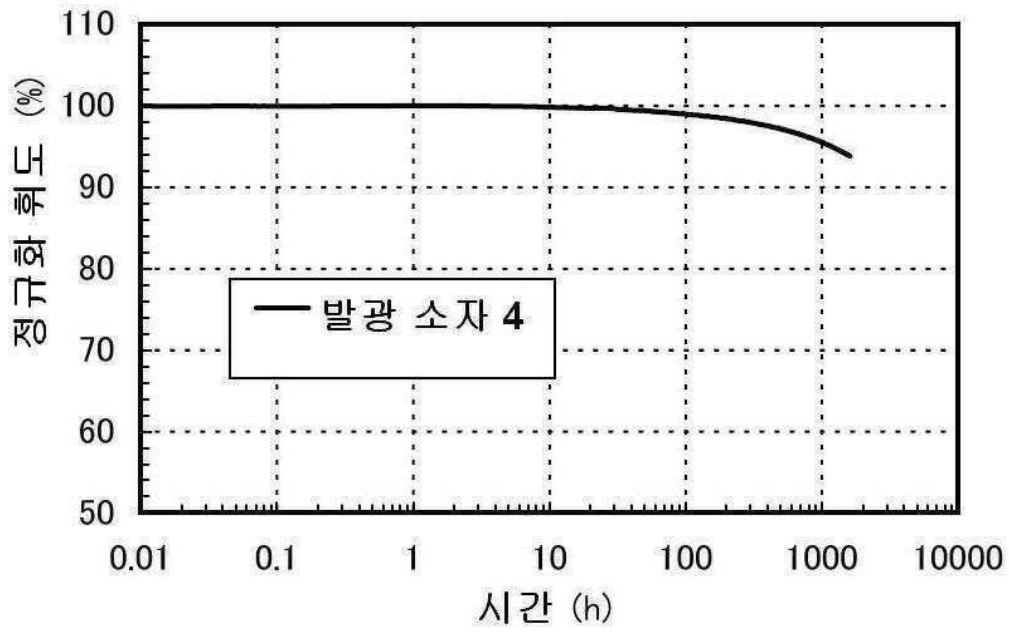
도면33



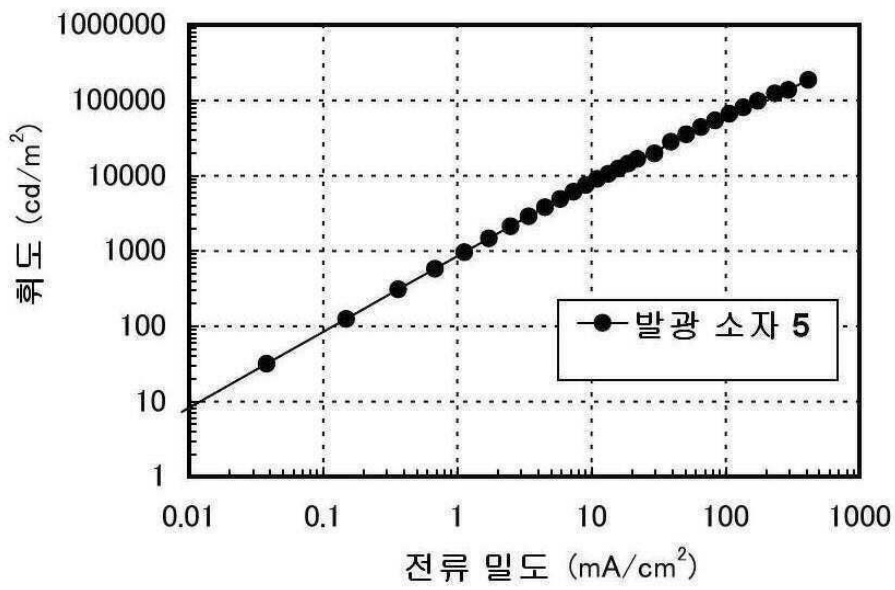
도면34



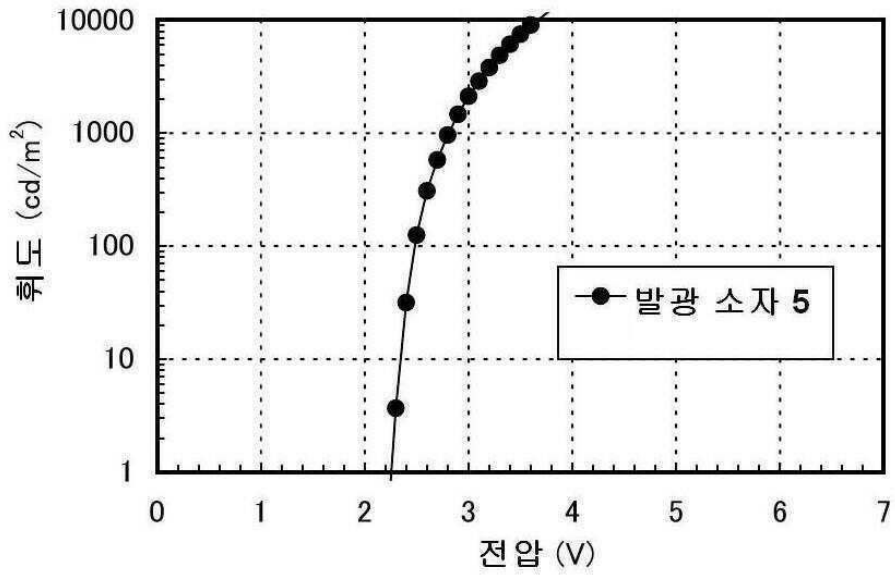
도면35



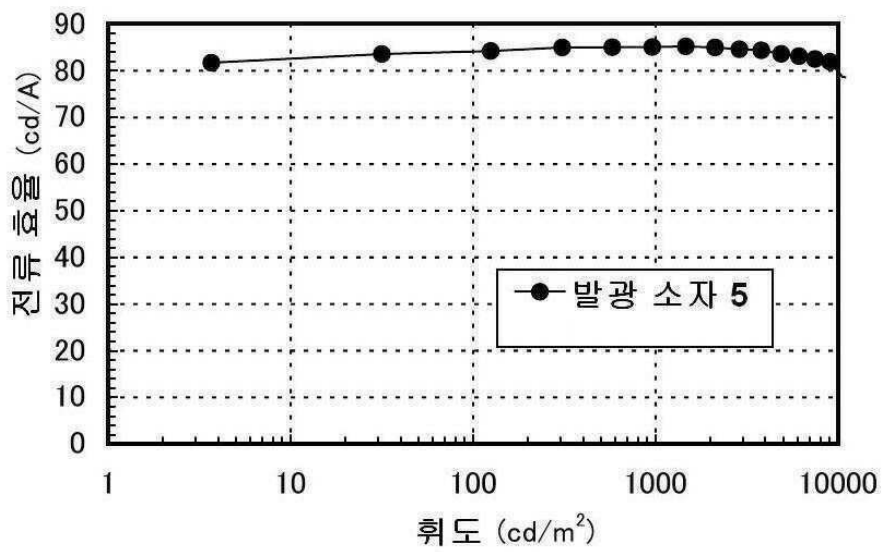
도면36



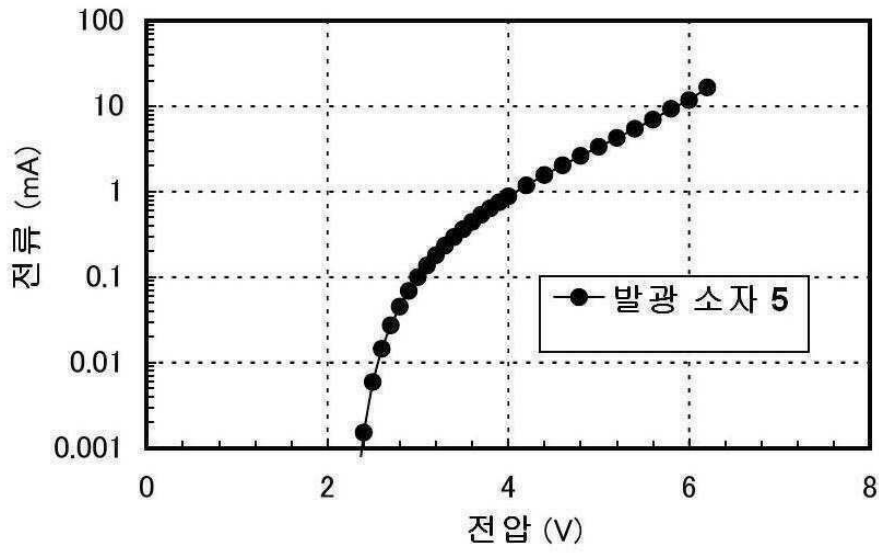
도면37



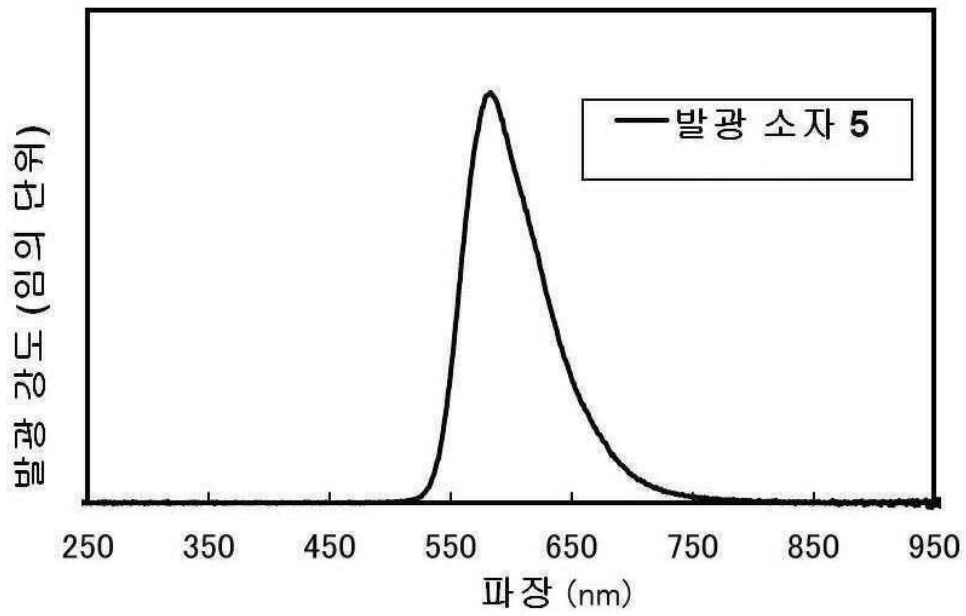
도면38



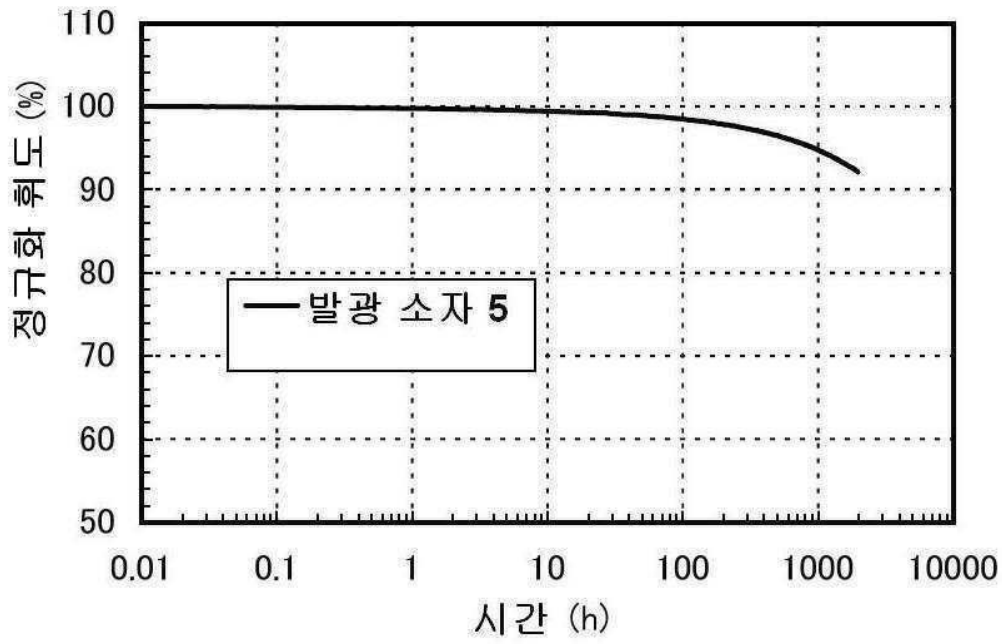
도면39



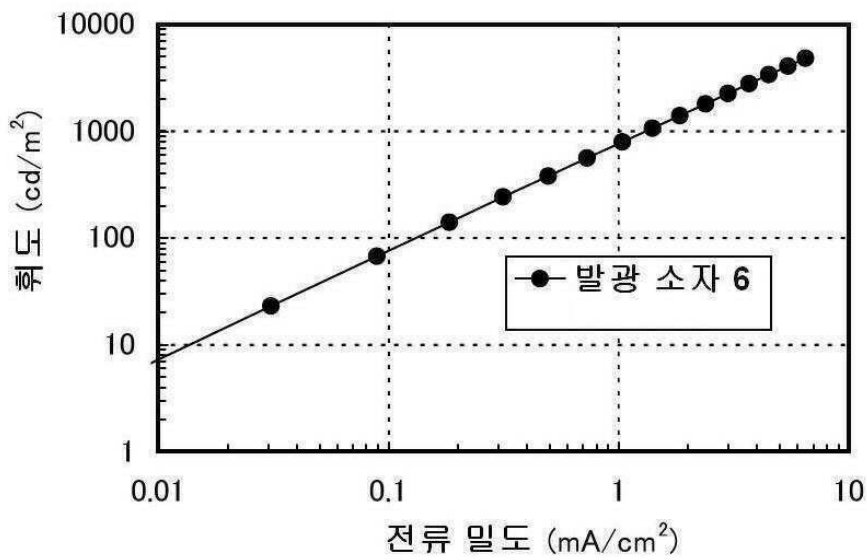
도면40



도면41

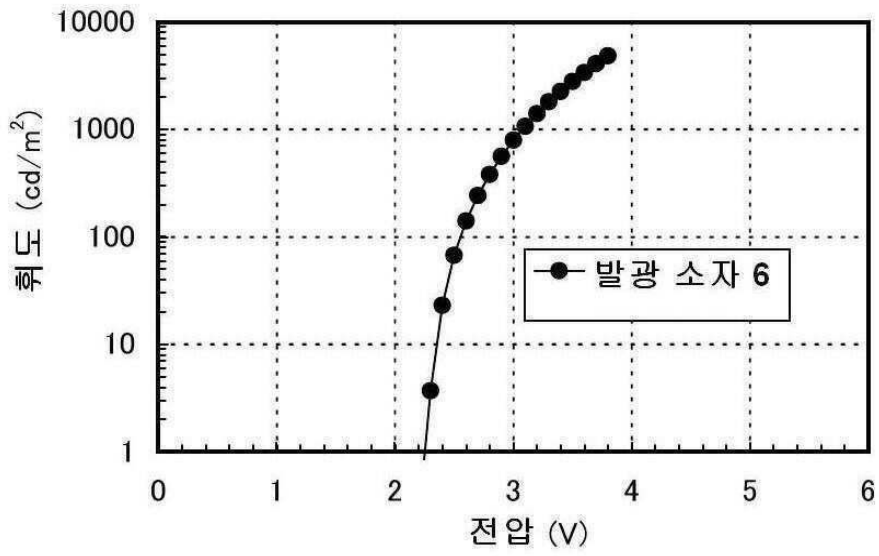


도면42

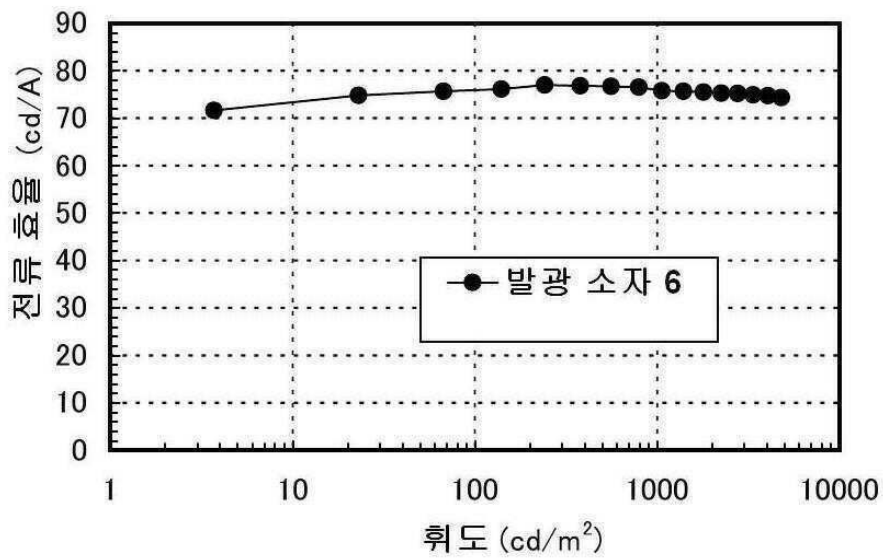




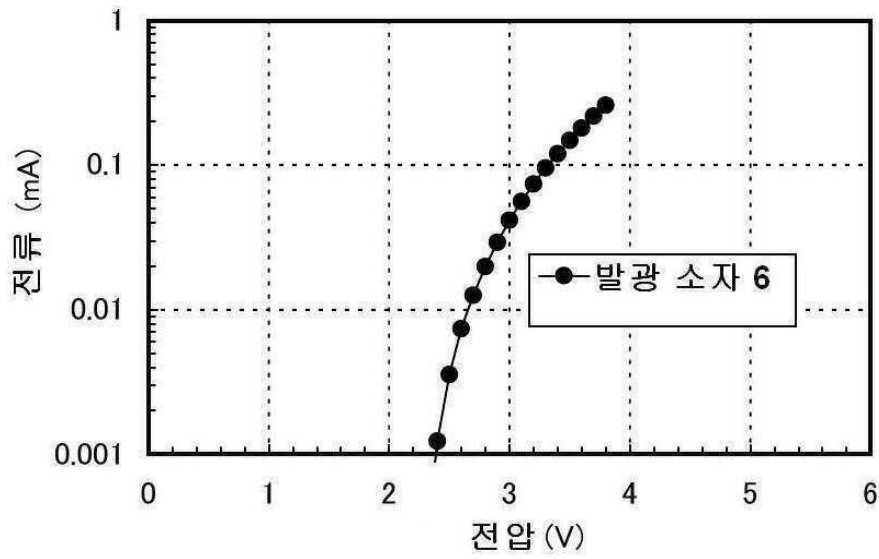
도면43



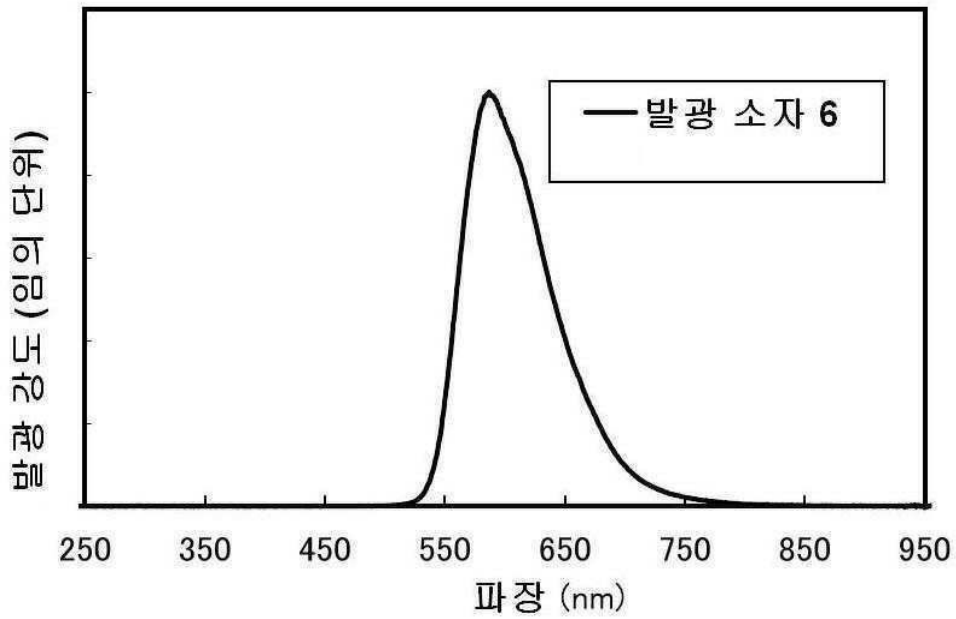
도면44



도면45



도면46



도면47

