



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0154098  
(43) 공개일자 2022년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/50 (2006.01) F21K 9/237 (2016.01)  
F21Y 115/15 (2016.01) H01L 51/00 (2006.01)  
H01L 51/52 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 51/5004 (2013.01)  
F21K 9/237 (2021.08)  
(21) 출원번호 10-2022-7029709  
(22) 출원일자(국제) 2021년03월12일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2022년08월26일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2021/052064  
(87) 국제공개번호 WO 2021/186306  
국제공개일자 2021년09월23일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2020-047969 2020년03월18일 일본(JP)

(71) 출원인  
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
가와카미, 사치코  
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가 이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
하시모토, 나오키  
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가 이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
세오, 사토시  
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가 이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
(74) 대리인  
특허법인 광장리앤코

전체 청구항 수 : 총 26 항

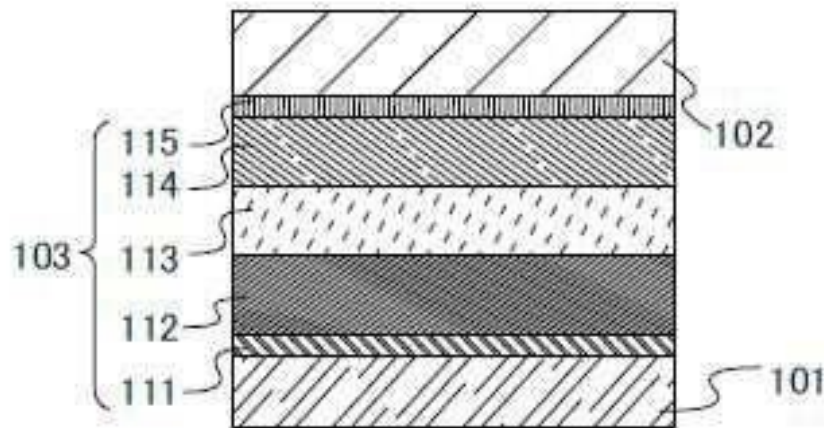
(54) 발명의 명칭 발광 디바이스, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

수명이 양호한 발광 디바이스를 제공한다. 또는 구동 전압이 낮은 발광 디바이스를 제공한다. 전자 수송층이 알칼리 금속의 유기 금속 착체와, 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 상기 유기 금속 착체와 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고, 상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)이 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.1eV 이상 작은 발광 디바이스를 제공한다.

대표도

(A)



(52) CPC특허분류

*H01L 51/0072* (2013.01)  
*H01L 51/0096* (2013.01)  
*H01L 51/5012* (2013.01)  
*H01L 51/5072* (2013.01)  
*H01L 51/5206* (2013.01)  
*H01L 51/5221* (2013.01)  
*F21Y 2115/15* (2021.08)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광 디바이스로서,

제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고,

상기 EL층은 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고,

상기 전자 수송층은 상기 발광층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.1eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.3eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.5eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 4

발광 디바이스로서,

제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고,

상기 EL층은 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고,

상기 전자 수송층은 발광층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 570nm 이상인, 발광 디바이스.

#### 청구항 5

발광 디바이스로서,

제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고,

상기 EL층은 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고,

상기 전자 수송층은 발광층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 570nm 이상 610nm 미만인, 발광 디바이스.

#### 청구항 6

발광 디바이스로서,

제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고,

상기 EL층은 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고,

상기 전자 수송층은 발광층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 610nm 이상인, 발광 디바이스.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 리튬의 유기 금속 착체인, 발광 디바이스.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 퀴놀린을 골격을 가진 배위자를 가지는, 발광 디바이스.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬 또는 그 유도체인, 발광 디바이스.

#### 청구항 10

발광 디바이스로서,

제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고,

상기 EL층은 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고,

상기 전자 수송층은 상기 발광층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하고,

상기 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고,

상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차는 2.9eV 이하이고,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물의 혼합막을 질량 분석법에 의하여 분석하였을 때 상기 유기 금속 착체의 분자량과, 상기 유기 화합물의 분자량과, 상기 유기 금속 착체에 포함되는 알칼리 토금속의 원자량을 합한 수치에서 2를 뺀 수치가  $m/z$ 로서 관측되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 리튬의 유기 금속 착체인, 발광 디바이스.

#### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 퀴놀린을 골격을 가진 배위자를 가지는, 발광 디바이스.

#### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬 또는 그 유도체인, 발광 디바이스.

#### 청구항 14

제 10 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는, 발광 디바이스.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.1eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.3eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)은 상기 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 상기 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.5eV 이상 작은, 발광 디바이스.

#### 청구항 18

제 10 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 570nm 이상인, 발광 디바이스.

#### 청구항 19

제 10 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의

피크 파장은 570nm 이상 610nm 미만인, 발광 디바이스.

#### 청구항 20

제 10 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 금속 착체와 상기 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장은 610nm 이상인, 발광 디바이스.

#### 청구항 21

제 1 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물인, 발광 디바이스.

#### 청구항 22

제 1 항 내지 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자 수송층은 상기 발광층에 접하는, 발광 디바이스.

#### 청구항 23

제 1 항 내지 제 22 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발광층은 호스트 재료와 발광 재료를 가지고,

상기 발광 재료는 청색 형광을 발하는, 발광 디바이스.

#### 청구항 24

전자 기기로서,

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 디바이스와, 센서, 조작 버튼, 스피커, 또는 마이크를 포함하는, 전자 기기.

#### 청구항 25

발광 장치로서,

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 디바이스와, 트랜지스터 또는 기판을 가지는, 발광 장치.

#### 청구항 26

조명 장치로서,

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 디바이스와, 하우징을 가지는, 조명 장치.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명의 일 형태는 발광 디바이스, 발광 소자, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는 상기 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에서 개시(開示)하는 발명의 일 형태의 기술분야는 물건, 방법, 또는 제조 방법에 관한 것이다. 또는 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 그러므로 더 구체적으로 본 명세서에서 개시하는 본 발명의 일 형태의 기술분야로서는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 촬상 장치, 이들의 구동 방법, 또는 이들의 제조 방법을 일례로서 들 수 있다.

### 배경 기술

[0002]

유기 화합물을 사용하고 일렉트로루미네선스(EL: Electroluminescence)를 이용하는 발광 디바이스(유기 EL

소자)의 실용화가 진행되고 있다. 이들 발광 디바이스의 기본적인 구성은 발광 재료를 포함하는 유기 화합물층(EL층)을 한 쌍의 전극 사이에 끼운 것이다. 이 소자에 전압을 인가하여 캐리어를 주입하고, 상기 캐리어의 재결합 에너지를 이용함으로써, 발광 재료로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 이와 같은 발광 디바이스는 자발광형이기 때문에, 디스플레이의 화소로서 사용하면 액정에 비하여 시인성이 높고 백라이트가 불필요하다는 등의 이점이 있어 플랫 패널 디스플레이용 디바이스로서 적합하다. 또한 이와 같은 발광 디바이스를 사용한 디스플레이는 얇고 가볍게 제작할 수 있다는 것도 큰 이점이다. 또한 응답 속도가 매우 빠르다는 것도 특징 중 하나이다.

[0004] 또한 이들 발광 디바이스는 발광층을 이차원으로 연속하여 형성할 수 있기 때문에 면발광을 얻을 수 있다. 이는 백열전구나 LED로 대표되는 점광원, 또는 형광등으로 대표되는 선광원으로는 얻기 어려운 특색이기 때문에, 조명 등에 응용할 수 있는 면광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0005] 이와 같이 발광 디바이스를 사용한 디스플레이나 조명 장치는 다양한 전자 기기에 적합하지만, 효율, 수명이 더 양호한 발광 디바이스를 위하여 연구 개발이 진행되고 있다.

[0006] 특허문헌 1에서는 정공 주입층과 접하는 정공 수송층과 발광층 사이에 정공 주입층의 HOMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위 사이의 HOMO 준위를 가지는 정공 수송 재료를 제공하는 구성이 개시되어 있다.

[0007] 발광 디바이스의 특성은 현저하게 향상되어 왔지만, 효율이나 내구성을 비롯하여 다양한 특성에 대한 고도의 요구에 대응하기에는 아직 불충분하다고 할 수 밖에 없다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2016-174161호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 그러므로 본 발명의 일 형태는 신규 발광 디바이스를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또는 수명이 양호한 발광 디바이스를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또는 구동 전압이 낮은 발광 디바이스를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 신뢰성이 높은 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치를 각각 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 본 발명의 일 형태는 상술한 과제 중 어느 하나를 해결하면 되는 것으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 형태는 제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고, EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고, 전자 수송층은 발광층과 제 2 전극 사이에 위치하고, 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 유기 금속 착체와 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)이 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.1eV 이상 작은 발광 디바이스이다.

[0013] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고, EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고, 전자 수송층은 발광층과 제 2 전극 사이에 위치하고, 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 유기 금속 착체와 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상인 발광 디바이스이다.

[0014] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이

에 위치하고, EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고, 전자 수송층은 발광층과 제 2 전극 사이에 위치하고, 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 유기 금속 착체와 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상 610nm 미만인 발광 디바이스이다.

[0015] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고, EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고, 전자 수송층은 발광층과 제 2 전극 사이에 위치하고, 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 유기 금속 착체와 유기 화합물은 들뜬 복합체를 형성하는 조합이고, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 610nm 이상인 발광 디바이스이다.

[0016] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 리튬의 유기 금속 착체인 발광 디바이스이다.

[0017] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 퀴놀린을 골격을 가진 배위자를 가지는 발광 디바이스이다.

[0018] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬 또는 그 유도체인 발광 디바이스이다.

[0019] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 전극과, 제 2 전극과, EL층을 가지고, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고, EL층은 발광층과 전자 수송층을 가지고, 전자 수송층은 발광층과 제 2 전극 사이에 위치하고, 전자 수송층은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 가지고, 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 유기 화합물의 LUMO 준위의 차가 2.9eV 이하이고, 유기 금속 착체와 유기 화합물의 혼합막을 질량 분석법에 의하여 분석하였을 때 유기 금속 착체의 분자량과, 유기 화합물의 분자량과, 유기 금속 착체에 포함되는 알칼리 토금속의 원자량을 합한 수치에서 2를 뺀 수치가 m/z로서 관측되는 발광 디바이스이다.

[0020] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 리튬의 유기 금속 착체인 발광 디바이스이다.

[0021] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬인 발광 디바이스이다.

[0022] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 들뜬 복합체를 형성하는 발광 디바이스이다.

[0023] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값(eV)이 유기 금속 착체의 HOMO 준위와 유기 화합물의 LUMO 준위의 차(eV)보다 0.1eV 이상 작은 발광 디바이스이다.

[0024] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상인 발광 디바이스이다.

[0025] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상 610nm 미만인 발광 디바이스이다.

[0026] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 금속 착체와 유기 화합물이 질량비로 1:1일 때 형성되는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 610nm 이상인 발광 디바이스이다.

[0027] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 유기 화합물이 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물인 발광 디바이스이다.

[0028] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 구성에 있어서, 전자 수송층이 발광층에 접하는 발광 디바이스이다.

[0029] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 발광층이 호스트 재료와 발광 재료를 가지고, 발광 재료가 청색 형광을 발하는 발광 디바이스이다.

[0030] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 발광 디바이스와, 센서, 조작 버튼, 스피커, 또는 마이크로폰을 가지는 전자 기기이다.

- [0031] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 발광 디바이스와, 트랜지스터 또는 기판을 가지는 발광 장치이다.
- [0032] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상기 발광 디바이스와 하우징을 가지는 조명 장치이다.
- [0033] 또한 본 명세서에서의 발광 장치란, 발광 디바이스를 사용한 화상 표시 디바이스를 포함한다. 또한 발광 디바이스에 커넥터, 예를 들어 이방 도전성 필름 또는 TCP(Tape Carrier Package)가 장착된 모듈, TCP 끝에 인쇄 배선판이 제공된 모듈, 또는 발광 디바이스에 COG(Chip On Glass) 방식으로 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈도 발광 장치에 포함되는 경우가 있다. 또한 조명 기구 등은 발광 장치를 가지는 경우가 있다.

### 발명의 효과

- [0034] 본 발명의 일 형태는 신규 발광 디바이스를 제공할 수 있다. 또는 수명이 양호한 발광 디바이스를 제공할 수 있다. 또는 발광 효율이 양호한 발광 디바이스를 제공할 수 있다.
- [0035] 또는 본 발명의 다른 일 형태에 의하여, 신뢰성이 높은 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치를 각각 제공할 수 있다. 또는 본 발명의 다른 일 형태에 의하여, 소비 전력이 작은 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치를 각각 제공할 수 있다.
- [0036] 또한 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하는 것은 아니다. 또한 본 발명의 일 형태는 이들 효과 모두를 반드시 가질 필요는 없다. 또한 이들 외의 효과는 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 저절로 명백해질 것이고, 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 이들 외의 효과를 추출할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1의 (A), (B), 및 (C)는 발광 디바이스를 나타낸 도면이다.
- 도 2의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 3의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 5의 (A) 및 (B)는 조명 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 6의 (A), (B1), (B2), 및 (C)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 7의 (A), (B), 및 (C)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 조명 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 조명 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 10은 차량 탑재 표시 장치 및 조명 장치를 나타낸 도면이다.
- 도 11의 (A), (B), 및 (C)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 12의 (A), (B)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 13은 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 14는 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 15는 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 16은 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 전류-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 17은 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 18은 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 도면이다.
- 도 19는 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 정규화 휘도-시간 변화 특성을 나타낸 도면이다.

- 도 20은 OCET010막, Liq막, 및 OCET010과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 21은 NBPhen막, Liq막, 및 NBPhen과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 22는  $\alpha$ N- $\beta$ NPhen막, Liq막, 및  $\alpha$ N- $\beta$ NPhen과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 23은 NBPhen과 Liq의 혼합막을 ToF-SIMS에 의하여 분석한 결과를 나타낸 것이다.
- 도 24는 발광 디바이스 3의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 25는 발광 디바이스 3의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 26은 발광 디바이스 3의 휘도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 27은 발광 디바이스 3의 전류-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 28은 발광 디바이스 3의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 29는 발광 디바이스 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 도면이다.
- 도 30은 발광 디바이스 3의 정규화 휘도-시간 변화 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 31은 PyAIPQ막, Liq막, 및 PyAIPQ와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 32는 PyAIPQ와 Liq의 혼합막을 ToF-SIMS에 의하여 분석한 결과를 나타낸 것이다.
- 도 33은 OCET010의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.
- 도 34는 OCET010의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.
- 도 35는 NBPhen의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.
- 도 36은 NBPhen의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.
- 도 37은 Liq의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.
- 도 38의 (A), (B)는 Liq의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.
- 도 39는 PyAIPQ의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.
- 도 40은 PyAIPQ의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.
- 도 41은 발광 디바이스 4의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 42는 발광 디바이스 4의 휘도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 43은 발광 디바이스 4의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 44는 발광 디바이스 4의 전류-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 45는 발광 디바이스 4의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 46은 발광 디바이스 4의 발광 스펙트럼을 나타낸 도면이다.
- 도 47은 발광 디바이스 4의 정규화 휘도-시간 변화 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 48은 mPn-mDMePyPTzn막, Liq막, 및 mPn-mDMePyPTzn과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 49는 mPn-mDMePyPTzn의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.
- 도 50은 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 51은 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 휘도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 52는 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.

도 53은 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 전류-전압 특성을 나타낸 도면이다.

도 54는 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.

도 55는 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 발광 스펙트럼을 나타낸 도면이다.

도 56은 발광 디바이스 5, 발광 디바이스 6, 및 발광 디바이스 7의 정규화 휘도-시간 변화 특성을 나타낸 도면이다.

도 57은  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth막, Li-4mq막, 및  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 58은 mPn-mDMePyPTzn막, Li-4mq막, 및 mPn-mDMePyPTzn과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 59는 PyAlPQ막, Li-4mq막, 및 PyAlPQ와 Li-4mq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 60은  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.

도 61은  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.

도 62는 Li-4mq의 산화-환원파를 나타낸 그래프이다.

도 63은 Li-4mq의 환원-산화파를 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하에서 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 사용하여 자세히 설명한다. 다만 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 자세한 사항을 다양하게 변경할 수 있는 것은 통상의 기술자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.

[0039] (실시형태 1)

[0040] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스를 나타낸 도면이다. 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 양극(101), 음극(102), EL층(103)을 가지고, 상기 EL층은 적어도 발광층(113)과 전자 수송층(114)을 가진다.

[0041] 도 1의 (A)에서의 EL층(103)에는 발광층(113), 전자 수송층(114) 외에 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 및 전자 주입층(115)이 도시되어 있지만, EL층(103)의 구성은 이에 한정되지 않는다. 도 1의 (B)와 같이, 정공 수송층(112)이 제 1 정공 수송층(112-1) 및 제 2 정공 수송층(112-2)을 가져도 좋고, 전자 수송층(114)이 제 1 전자 수송층(114-1) 및 제 2 전자 수송층(114-2)을 가져도 좋다.

[0042] 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스에서 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 가진다. 또한 그 혼합비는 3:7 내지 7:3(질량비)인 것이 바람직하다.

[0043] 상기 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 들뜬 복합체를 형성하는 조합인 것이 바람직하다. 이 경우, 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 질량비로 1:1 일 때의 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼에서의 피크 파장( $\lambda_{p_{ex}}$ )을 에너지로 환산한 값( $E_{ex}$ )은 상기 전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Liq의 HOMO 준위의 차( $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ )보다 0.1eV 이상 작은 것이 바람직하다. 또한 0.3eV 이상 작은 것이 더 바람직하고, 0.5eV 이상 작은 것이 더욱 바람직하다.

[0044] 피크 파장은, 에너지의 식( $E=h\nu=hc/\lambda$ , 다만 E: 에너지[J],  $h$ =플랑크 상수( $6.626\times 10^{-34}$ [J·s]),  $\nu$ : 진동수,  $c$ : 광속도( $2.998\times 10^8$ [m/s]),  $\lambda$ : 파장[m]) 및 기본 전하( $1.602\times 10^{-19}$ [J])로부터  $E[eV]=1240/\lambda[nm]$ 를 산출하고, 이 식을 사용함으로써 에너지로 환산할 수 있다.

[0045] 이와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스에서는, 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 들뜬 복합체를 형성하며, 들뜬 복합체의 형성 외의 상호 작용이 더 일어나고 있는

것이 시사된다. 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스에서는 이 상호 작용이 소자 특성에 영향을 미치고, 그 결과, 수명이 긴 발광 디바이스로 하는 것이 가능해진 것으로 생각된다.

[0046] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 전자 수송층, 또는 전자 수송층에 포함되는 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 상기 전자 수송층과 동등한 혼합비로 성막한 막을 비행 시간형 이차 이온 질량 분석법(TOF-SIMS: Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry)이나 레이저 이탈 이온화법(LDI-TOF: Laser Desorption/Ionization-Time of Flight)을 사용한 질량 분석법 등에 의하여 측정하였을 때, 특징적인 결과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 즉, 전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 분자량을  $M_E$ , 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 분자량을  $M_{ACom}$ , 알칼리 금속의 분자량을  $M_A$ 라고 나타낸 경우, 상기 질량 분석의 결과로서 질량 전하비  $m/z = M_E + M_{ACom} + M_A - 2$ 에서 양이온이 검출된다.

[0047] 일반적으로 상기와 같은 질량 분석법으로 양이온(positive) 측정을 하는 경우, 막에 포함되는 분자 또는 이들 분자로부터 이탈된 치환기, 치환기가 이탈된 분자 및 이들의 회합체에서 유래하는 이온이 검출된다. 그러므로 분자나 상기 분자가 가지는 치환기, 상기 치환기가 이탈된 분자 등의 분자량의 합  $M$ (본 발명의 일 형태의 발광 디바이스에서는  $M = M_E + M_{ACom} + M_A$ 에 상당함) 또는  $M+1$ 이  $m/z$ 로서 검출되고,  $M-2$ 에 상당하는 이온은 일반적으로 거의 검출되지 않는다.

[0048] 즉, 양이온(positive) 측정을 하는 경우에  $M-2$ 라는 이온이 검출되는 것은 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스의 분석 결과로서 특징적인 결과이다. 또한 이와 같은 발광 디바이스에서도, 전자 수송층에 포함되는 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 들뜬 복합체를 형성하는 조합인 것이 바람직하다. 또한 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 ToF-SIMS로 측정하면, 질량 전하비  $m/z = M_{ACom} + M_A$ 가 검출되는 경우가 있다. 이 경우, 상술한 회합체는 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 이온화한 경우에 생성되는  $M_{ACom} + M_A$  이온과 유기 화합물의 회합체인 것으로 생각된다.

[0049] 또한 상기  $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ (전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 HOMO 준위의 차)가 2.90eV 이하인 발광 디바이스는 전자 수송층에 포함되는 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 들뜬 복합체를 형성하기 쉽기 때문에 바람직한 형태이다.

[0050] 또한 전자 수송층에 포함되는 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체로 이루어지는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼에서의 피크 파장( $\lambda_{PEX}$ )이 570nm 이상인 발광 디바이스는, 장기 열화의 기울기가 작고 장시간 구동에서의 열화가 더 작은 발광 디바이스이다.

[0051] 또한 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼에서의 피크 파장( $\lambda_{PEX}$ )이 570nm 이상 610nm 미만인 발광 디바이스는, 장기 열화의 기울기가 작을 뿐만 아니라 구동 초기에서의 휘도 상승도 일어나기 때문에 초기 열화가 상쇄되며 수명이 더 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다.

[0052] 또한 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼에서의 피크 파장( $\lambda_{PEX}$ )이 610nm 이상인 발광 디바이스는 장기 열화의 기울기가 작을 뿐만 아니라 발광 효율도 높은 발광 디바이스로 할 수 있다.

[0053] 전자 수송성을 가지는 유기 화합물로서는, 정공 수송성보다 전자 수송성이 우세한 유기 화합물을 사용할 수 있다. 또한 전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 전자 이동도는 전계 강도[V/cm]의 제곱근이 600인 경우에  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이하인 것이 바람직하다. 전자 수송층에서의 전자의 수송성을 저하시킴으로써 발광층에 대한 전자의 주입량을 제어할 수 있어, 발광층이 전자 과다 상태가 되는 것을 방지할 수 있다.

[0054] 또한 상기 전자 수송성을 가지는 유기 화합물은 전자 수송성을 가지며 그 HOMO 준위가 -6.0eV 이상인 것이 바람직하다.

[0055] 상기 전자 수송성을 가지는 유기 화합물로서 사용할 수 있는 유기 화합물로서는, 구체적으로는 2,9-다이(2-나프틸)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBPhen), 2-페닐-3-[10-(3-피리딜)-9-안트릴]페닐퀴녹살린(약칭: PyA1PQ) 등이 바람직하고, PyA1PQ가 특히 바람직하다. 또한 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이트)(4-페닐페놀레이트)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이트)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnPBO), 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이트]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체나  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 골격을 가

지는 유기 화합물이 바람직하다.  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 골격을 가지는 유기 화합물로서는 예를 들어, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나, 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 다이아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나, 2-[3'-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mFBPTzn), 2-[(1,1'-바이페닐)-4-일]-4-페닐-6-[9,9'-스파이로바이(9H-플루오렌)-2-일]-1,3,5-트리아진(약칭: BP-SFTzn), 2-{3-[3-(벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mBnfBPTzn), 2-{3-[3-(벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-6-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mBnfBPTzn-02) 등의 트리아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나, 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이 있다. 또한 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)바이페닐-4'-일}안트라센(약칭: FLPPA) 등의 안트라센 유도체 등을 들 수 있다. 이들 중에서, 함께 사용할 예정인 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 들뜬 복합체를 형성하거나, 또는 이들의 LUMO 준위와 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 HOMO 준위의 차가 2.90eV 이하인 재료를 선택하여 사용하면 좋다. 상술한 것 중에서도 다이아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물, 트리아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물, 피리딘 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물은 알칼리 금속의 유기 금속 착체와 들뜬 복합체를 형성하였을 때의 에너지가 안정화되기 쉽기 때문에(들뜬 복합체의 발광 파장을 장파장화시키기 쉽기 때문에), 구동 수명의 관점에서 바람직하다. 특히 다이아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나 트리아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물은 LUMO 준위가 깊기 때문에 들뜬 복합체의 에너지 안정화에 적합하다.

[0056] 또한 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 리튬의 유기 금속 착체인 것이 바람직하다. 또는 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 퀴놀린을 골격을 가진 배위자를 가지는 것이 바람직하다. 또한 더 바람직하게는, 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬 또는 그 유도체인 것이 바람직하다.

[0057] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스에서 발광층(113)은 발광 재료를 가지는 층이다. 또한 발광층(113)은 발광 재료를 분산시키기 위한 호스트 재료를 더 가져도 좋다.

[0058] 발광 재료는 형광 발광 물질이어도, 인광 발광 물질이어도, 열 활성화 지연 형광(TADF)을 나타내는 물질이어도, 기타 발광 재료이어도 좋다. 또한 단층이어도 좋고, 복수의 층으로 이루어져도 좋다. 또한 본 발명의 일 형태는 발광층(113)이 형광 발광을 나타내는 층, 특히, 청색 형광 발광을 나타내는 층인 경우에 더 적합하다. 한편, 본 발명의 일 형태는 발광 디바이스의 발광색에 상관없이 사용할 수도 있고, 상이한 색의 발광 디바이스(발광 소자)에 걸쳐 사용할 수도 있다.

[0059] 발광층(113)에서, 형광 발광 물질로서 사용할 수 있는 재료로서는 예를 들어 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), N,N'-다이페닐-N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐스틸벤-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPPA), N,9-다이페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라-tert-부틸페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), N,N'-(2-tert-부틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭: DPABPA), N,9-다이페닐-N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPPA),

N,N,N',N',N'',N''',N''''-옥타페닐다이벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린30, N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린545T, N,N'-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCM2), N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-다이페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-다이아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-tert-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCJTM), N,N'-다이페닐-N,N'-(1,6-피렌-다이일)비스[(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란)-8-아민](약칭: 1,6BnfAPrN-03), 3,10-비스[N-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10PCA2Nbf(IV)-02), 3,10-비스[N-(다이벤조퓨란-3-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10FrA2Nbf(IV)-02) 등이 있다. 특히 1,6FLPAPrN, 1,6mMemFLPAPrN, 1,6BnfAPrN-03과 같은 피렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고, 발광 효율이나 신뢰성이 우수하므로 바람직하다.

[0060]

발광층(113)에서, 발광 중심 재료로서 인광 발광 물질을 사용하는 경우, 사용할 수 있는 재료로서는 예를 들어 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: [Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>]), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz)<sub>3</sub>]), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>])과 같은 4H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>]), 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>])과 같은 1H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, fac-트리스[(1-2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>]), 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이트]이리듐(III)(약칭: [Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>])과 같은 이미다졸 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: [Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)]), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIracac)와 같은 전자 흡인기를 가지는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기 금속 이리듐 착체가 있다. 이들은 청색 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 440nm 내지 520nm에 발광 피크를 가지는 화합물이다.

[0061]

또한 발광층(113)에 사용할 수 있는 재료로서, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)<sub>3</sub>]), 트리스(4-t-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>]), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스[6-(2-노보닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: [Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: [Ir(mppmm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])과 같은 피리미딘

골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$ ), (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$ )과 같은 피라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(2-페닐피리디네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$ ), 비스(2-페닐피리디네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:  $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ ), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:  $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$ ), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$ ), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$ ), 비스(2-페닐퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:  $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$ )와 같은 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭:  $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$ )과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 주로 녹색 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 500nm 내지 600nm에 발광 피크를 가진다. 또한 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 매우 우수하기 때문에 특히 바람직하다.

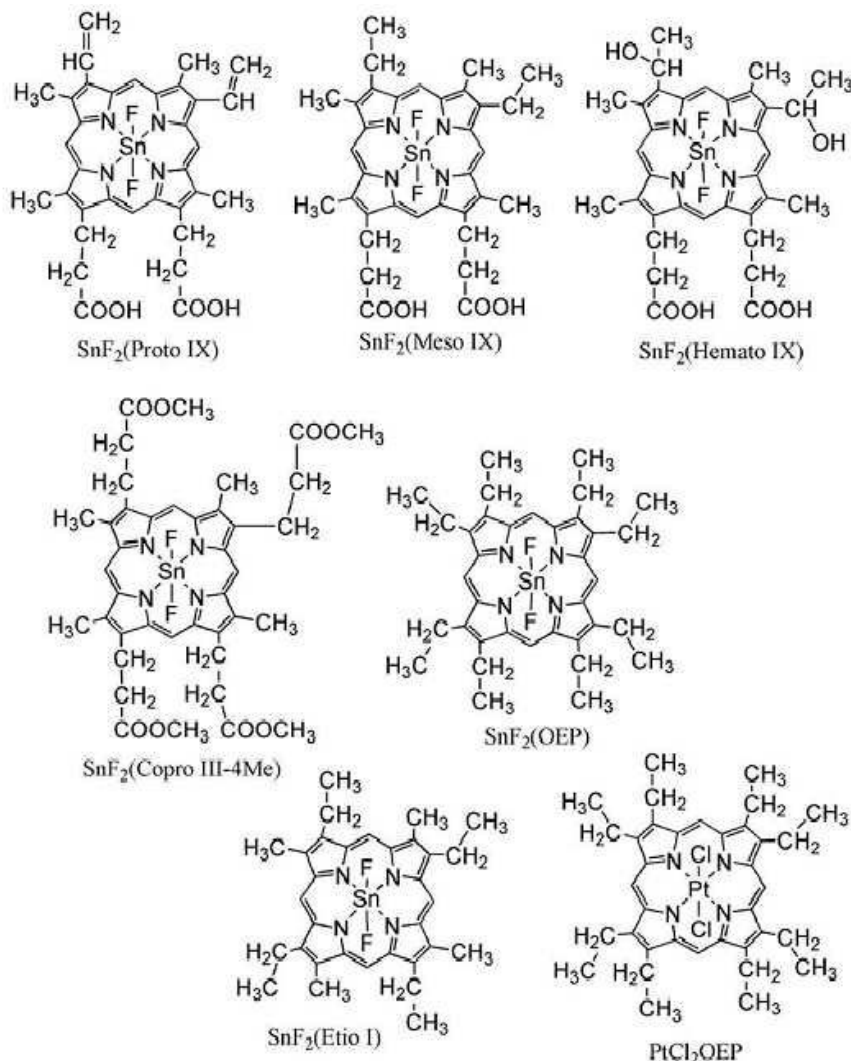
[0062] 또한 발광층(113)에 사용할 수 있는 재료로서, (다이아이소뷰티릴메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$ ), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$ ), 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{dlnpm})_2(\text{dpm})]$ )과 같은 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$ ), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)(다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ ), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이트]이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$ )과 같은 피라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)(약칭:  $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$ ), 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:  $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$ )와 같은 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP)과 같은 백금 착체나, 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭:  $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$ ), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭:  $[\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})]$ )과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 적색 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 600nm 내지 700nm에 발광 피크를 가진다. 또한 피라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 좋은 적색 발광이 얻어진다.

[0063] 또한 상술한 인광성 화합물 외에, 공지의 인광성 발광 재료를 선택하여 사용하여도 좋다.

[0064] TADF 재료로서는 폴러렌 및 그 유도체, 아크리딘 및 그 유도체, 에오신 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd) 등을 포함하는 금속 함유 포르피린을 들 수 있다. 상기 금속 함유 포르피린으로서의 예를 들어 이하의 구조식으로 나타내어지는 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$ ), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$ ), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$ ), 코프로포르피린테트라메틸에스터-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$ ), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{OEP})$ ), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체( $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$ ), 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체( $\text{PtCl}_2\text{OEP}$ ) 등도 있다.

[0065]

[화학식 1]



[0066]

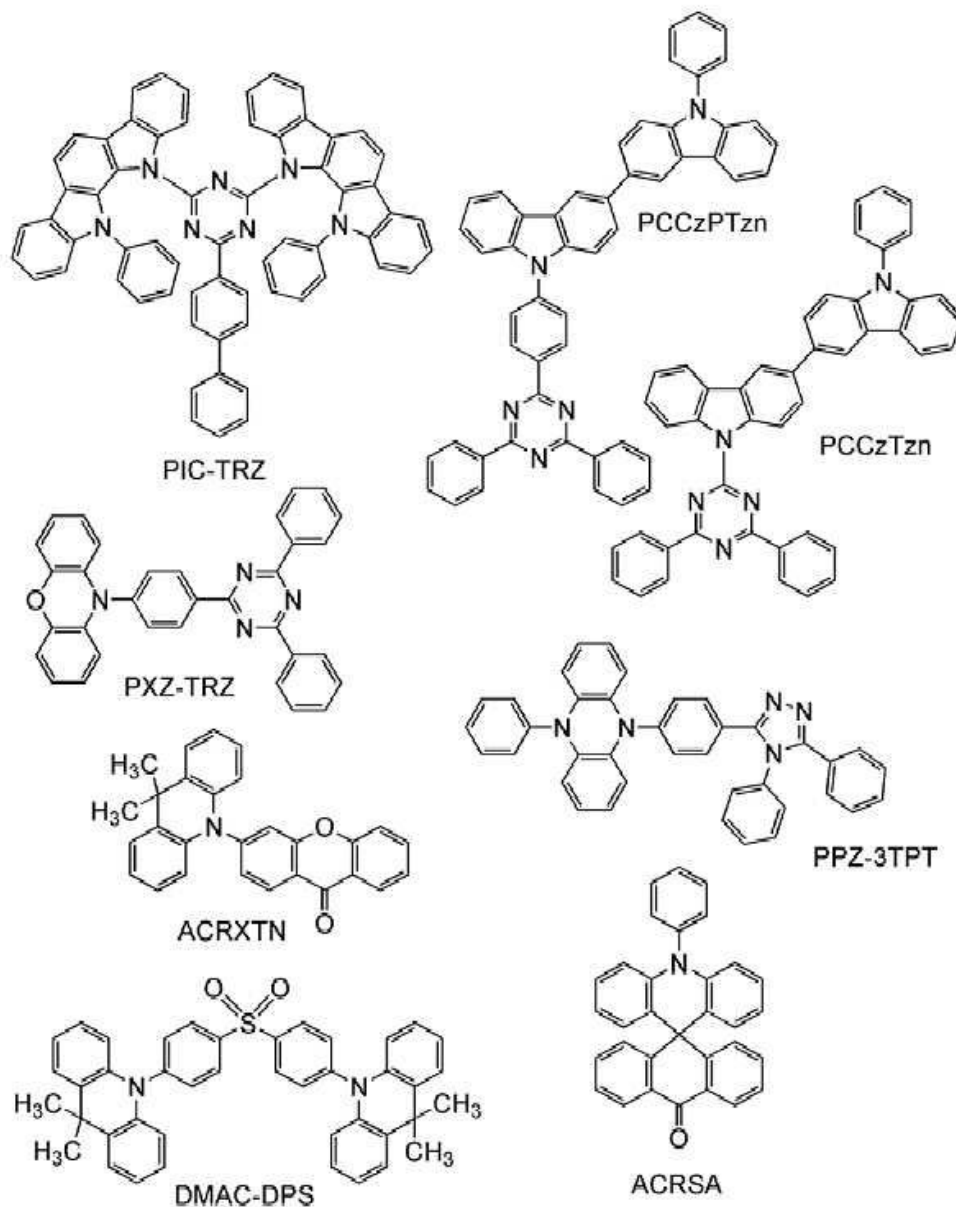
[0067]

또한 이하의 구조식으로 나타내어지는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ)이나, 9-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-9'-페닐-9H,9'H-3,3'-바이카바졸(약칭: PCCzTzn), 9-[4-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]-9'-페닐-9H,9'H-3,3'-바이카바졸(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트리아진(약칭: PPZ-3TPT), 3-(9,9-다이메틸-9H-아크리딘-10-일)-9H-크산텐-9-온(약칭: ACRXTN), 비스[4-(9,9-다이메틸-9,10-다이하이드로아크리딘)페닐]설펜(약칭: DMAC-DPS), 10-페닐-10H,10'H-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(약칭: ACRSA) 등의  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리와  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 중 한쪽 또는 양쪽을 가지는 헤테로 고리 화합물도 사용할 수 있다. 상기 헤테로 고리 화합물은  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지기 때문에, 전자 수송성 및 정공 수송성이 모두 높아 바람직하다. 이들 중에서도,  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 골격 중, 피리딘 골격, 다이아진 골격(피리미딘 골격, 피라진 골격, 피리다진 골격), 및 트리아진 골격은 안정적이고 신뢰성이 양호하므로 바람직하다. 특히 벤조퓨로피리미딘 골격, 벤조티에노피리미딘 골격, 벤조퓨로피라진 골격, 벤조티에노피라진 골격은 역선택성이 높고 신뢰성이 양호하므로 바람직하다. 또한  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리를 가지는 골격 중에서도, 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격은 안정적이고 신뢰성이 양호하므로, 상기 골격 중 적어도 하나를 가지는 것이 바람직하다. 또한 퓨란 골격으로서는 다이벤조퓨란 골격이 바람직하고, 싸이오펜 골격으로서는 다이벤조싸이오펜 골격이 바람직하다. 또한 피롤 골격으로서는 인돌 골격, 카바졸 골격, 인돌로 카바졸 골격, 바이카바졸 골격, 3-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸 골격이 특히 바람직하다. 또한  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리와  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리가 직접 결합된 물질은  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리의

전자 공여성과  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리의 전자 수용성이 모두 강해지고, S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작아지기 때문에, 열 활성화 지연 형광을 효율적으로 얻을 수 있어 특히 바람직하다. 또한  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 대신에, 사이아노기와 같은 전자 흡인기가 결합된 방향족 고리를 사용하여도 좋다. 또한  $\pi$  전자 과잉형 골격으로서 방향족 아민 골격, 페나진 골격 등을 사용할 수 있다. 또한  $\pi$  전자 부족형 골격으로서 크산텐 골격, 싸이오크산텐다이옥사이드 골격, 옥사다이아졸 골격, 트리아아졸 골격, 이미다졸 골격, 안트라퀴논 골격, 페닐보레인이나 보란트렌 등의 붕소 함유 골격, 벤조나이트릴 또는 사이아노벤젠 등의 나이트릴기 또는 사이아노기를 가지는 방향족 고리나 헤테로 방향족 고리, 벤조페논 등의 카보닐 골격, 포스핀옥사이드 골격, 설펜 골격 등을 사용할 수 있다. 이와 같이,  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 및  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 중 적어도 한쪽 대신에  $\pi$  전자 부족형 골격 및  $\pi$  전자 과잉형 골격을 사용할 수 있다.

[0068]

[화학적식 2]



[0069]

[0070]

또한 TADF 재료는 S1 준위와 T1 준위의 차이가 작고, 역 공간 교차에 의하여 에너지를 삼중항 여기 에너지로부터 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 가지는 재료이다. 그러므로 삼중항 여기 에너지를 미량의 열 에너지에 의하여 단일항 여기 에너지로 업컨버트(역 공간 교차)할 수 있어, 단일항 여기 상태를 효율적으로 생성할 수 있다. 또한 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있다.

[0071]

또한 2종류의 물질로 여기 상태를 형성하는 들뜬 복합체(엑사이플렉스, 엑시플렉스, 또는 Exciplex라고도 함)는, S1 준위와 T1 준위의 차이가 매우 작고, 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 변환할 수 있는

TADF 재료로서의 기능을 가진다.

- [0072] 또한 T1 준위의 지표로서는 저온(예를 들어 77K 내지 10K)에서 관측되는 인광 스펙트럼을 사용하면 좋다. TADF 재료는, 그 형광 스펙트럼의 단파장 측의 꼬리(tail)에서 접선을 긋고, 그 외삽선의 파장의 에너지를 S1 준위로 하고, 인광 스펙트럼의 단파장 측의 꼬리에서 접선을 긋고, 그 외삽선의 파장의 에너지를 T1 준위로 한 경우에 그 S1과 T1의 차이가 0.3eV 이하인 것이 바람직하고, 0.2eV 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0073] 또한 TADF 재료를 발광 중심 재료로서 사용하는 경우, 호스트 재료의 S1 준위는 TADF 재료의 S1 준위보다 높은 것이 바람직하다. 또한 호스트 재료의 T1 준위는 TADF 재료의 T1 준위보다 높은 것이 바람직하다.
- [0074] 발광층(113)의 호스트 재료로서는 전자 수송성을 가지는 재료나 정공 수송성을 가지는 재료, 상기 TADF 재료 등 다양한 캐리어 수송 재료를 사용할 수 있다.
- [0075] 호스트 재료로서 사용할 수 있는 정공 수송성을 가지는 재료로서는 아민 골격이나  $\pi$  전자 과잉형 헥테로 방향족 고리 골격을 가지는 유기 화합물이 바람직하다. 예를 들어 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4'-비스[N-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBI1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 9,9'-다이메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-비스(9,9'-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)아민(약칭: PCBFF) 등의 방향족 아민 골격을 가지는 화합물이나, 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP) 등의 카바졸 골격을 가지는 화합물이나, 4,4',4'-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 가지는 화합물이나, 4,4',4'-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBI-II) 등의 퓨란 골격을 가지는 화합물이 있다. 상술한 것 중에서도 방향족 아민 골격을 가지는 화합물이나 카바졸 골격을 가지는 화합물은 신뢰성이 양호하고 정공 수송성이 높아 구동 전압 저감에도 기여하기 때문에 바람직하다. 또한 상기 제 2 물질의 예로서 든 정공 수송성을 가지는 유기 화합물도 사용할 수 있다. 카바졸 골격을 가지는 화합물 중에서도 3,3'-바이(9H-카바졸) 골격을 가지는 화합물은 신뢰성, 수송성, 구동 전압 저감에 크게 기여하기 때문에 특히 바람직하다.
- [0076] 호스트 재료로서 사용할 수 있는 전자 수송성을 가지는 재료로서는 예를 들어 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBQ), 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체나  $\pi$  전자 부족형 헥테로 방향족 고리 골격을 가지는 유기 화합물이 바람직하다.  $\pi$  전자 부족형 헥테로 방향족 고리 골격을 가지는 유기 화합물로서는 예를 들어 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 가지는 헥테로 고리 화합물이나, 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 8-(1,1'-바이페닐-4-일)-4-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8BP-4mDBtBPBfpm), 11-[(3'-다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]페난트로[9',10':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 11mDBtBPnfpr), 9-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9mDBtBPnfpr), 9-페닐-9'-(4-페닐-2-퀴나졸린일)-3,3'-바이-9H-카바졸(약칭: PCCzQz) 등의 다이아진 골격을 가지는 헥테로 고리 화합물이나, 3,5-비스[3-

(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나, 2-[3'-(트라이페닐렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mTpBPTzn), 11-(4-[1,1'-바이페닐]-4-일-6-페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-11,12-다이하이드로-12-페닐-인돌로[2,3-a]카바졸(약칭: BP-Icz(II)Tzn) 등이 있다. 상술한 것 중에서도 트리아진 골격을 가지는 헤테로 간 화합물이나, 다이아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물이나, 피리딘 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물은 신뢰성이 양호하므로 바람직하다. 특히 트리아진 골격 또는 다이아진(피리미딘이나 피라진) 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물은 전자 수송성이 높아, 구동 전압 저감에도 기여한다.

[0077] 호스트 재료로서 사용할 수 있는 TADF 재료로서는 상술한 TADF 재료를 마찬가지로 사용할 수 있다. TADF 재료를 호스트 재료로서 사용하면, TADF 재료에서 생성된 삼중항 여기 에너지가 역 향간 교차에 의하여 단일항 여기 에너지로 변환되고 발광 중심 물질로 에너지 이동함으로써, 발광 디바이스의 발광 효율을 높일 수 있다. 이때 TADF 재료가 에너지 도너로서 기능하고, 발광 중심 물질이 에너지 엑셉터로서 기능한다.

[0078] 이는 상기 발광 중심 물질이 형광 발광 물질인 경우에 매우 유효하다. 또한 이때 높은 발광 효율을 얻기 위해서는, TADF 재료의 S1 준위가 형광 발광 물질의 S1 준위보다 높은 것이 바람직하다. 또한 TADF 재료의 T1 준위가 형광 발광 물질의 S1 준위보다 높은 것이 바람직하다. 따라서 TADF 재료의 T1 준위는 형광 발광 물질의 T1 준위보다 높은 것이 바람직하다.

[0079] 또한 형광 발광 물질의 가장 낮은 에너지 측의 흡수대의 파장과 중첩되는 발광을 나타내는 TADF 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 이로써 TADF 재료로부터 형광 발광 물질로 여기 에너지가 원활하게 이동하여, 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0080] 또한 역 향간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지로부터 단일항 여기 에너지가 효율적으로 생성되기 위해서는, TADF 재료에서 캐리어 재결합이 일어나는 것이 바람직하다. 또한 TADF 재료에서 생성된 삼중항 여기 에너지가 형광 발광 물질의 삼중항 여기 에너지로 이동하지 않는 것이 바람직하다. 그러기 위하여, 형광 발광 물질은 형광 발광 물질에 포함되는 발광단(발광의 원인이 되는 골격)의 주위에 보호기를 가지는 것이 바람직하다. 상기 보호기로서는  $\pi$  결합을 가지지 않는 치환기가 바람직하고, 포화 탄화수소가 바람직하다. 구체적으로는 탄소수 3 이상 10 이하의 알킬기, 탄소수 3 이상 10 이하의 치환 또는 비치환된 사이클로알킬기, 탄소수 3 이상 10 이하의 트라이알킬실릴기를 들 수 있고, 복수의 보호기가 형광 발광 물질로 치환되어 있는 것이 더 바람직하다.  $\pi$  결합을 가지지 않는 치환기는 캐리어를 수송하는 기능이 부족하기 때문에, 캐리어 수송이나 캐리어 재결합에 영향을 거의 미치지 않고 TADF 재료와 형광 발광 물질의 발광단의 거리를 멀어지게 할 수 있다. 여기서 발광단이란 형광 발광 물질에서 발광의 원인이 되는 원자단(골격)을 말한다. 발광단은  $\pi$  결합을 가지는 골격인 것이 바람직하고, 방향족 고리를 포함하는 것이 바람직하고, 축합 방향족 고리 또는 축합 헤테로 방향족 고리를 가지는 것이 바람직하다. 축합 방향족 고리 또는 축합 헤테로 방향족 고리로서는 페난트렌 골격, 스틸벤 골격, 아크리돈 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격 등을 들 수 있다. 특히 나프탈렌 골격, 안트라센 골격, 플루오렌 골격, 크리센 골격, 트라이페닐렌 골격, 테트라센 골격, 피렌 골격, 페릴렌 골격, 쿠마린 골격, 퀴나크리돈 골격, 나프토비스벤조퓨란 골격을 가지는 형광 발광 물질은 형광 양자 수율이 높기 때문에 바람직하다.

[0081] 형광 발광 물질을 발광 중심 물질로서 사용하는 경우, 호스트 재료로서는 안트라센 골격을 가지는 재료가 적합하다. 안트라센 골격을 가지는 물질을 형광 발광 물질의 호스트 재료로서 사용하면, 발광 효율 및 내구성 모두가 양호한 발광층을 실현할 수 있다. 호스트 재료로서 사용할 수 있는 안트라센 골격을 가지는 물질로서는 다이페닐안트라센 골격, 특히 9,10-다이페닐안트라센 골격을 가지는 물질이 화학적으로 안정적이기 때문에 바람직하다. 또한 호스트 재료가 카바졸 골격을 가지는 경우, 정공의 주입성·수송성이 높아지기 때문에 바람직하고, 카바졸에 벤젠 고리가 더 축합된 벤조카바졸 골격을 가지는 경우에는 카바졸보다 HOMO가 0.1eV 정도 낮아져 정공이 들어가기 쉬워지기 때문에 더 바람직하다. 특히 호스트 재료가 다이벤조카바졸 골격을 가지는 경우, 카바졸보다 HOMO가 0.1eV 정도 낮아져 정공이 들어가기 쉬워질 뿐만 아니라, 정공 수송성도 우수하고 내열성도 높아 지므로 바람직하다. 따라서 호스트 재료로서 더 바람직한 것은, 9,10-다이페닐안트라센 골격 및 카바졸 골격(또는 벤조카바졸 골격이나 다이벤조카바졸 골격)을 동시에 가지는 물질이다. 또한 상기 정공 주입성·수송성의 관점에서, 카바졸 골격 대신에 벤조플루오렌 골격이나 다이벤조플루오렌 골격을 사용하여도 좋다. 이러한 물질의 예로서는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)바이페닐-4'-일}안트라센(약칭: FLPPA), 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth) 등을 들 수 있다. 특히 CzPA, cgDBCzPA,

2mBnfPPA, PCzPA는 매우 양호한 특성을 나타내기 때문에 바람직하다.

- [0082] 또한 호스트 재료는 복수 종류의 물질이 혼합된 재료이어도 좋고, 혼합된 호스트 재료를 사용하는 경우에는 전자 수송성을 가지는 재료와 정공 수송성을 가지는 재료를 혼합하는 것이 바람직하다. 전자 수송성을 가지는 재료와 정공 수송성을 가지는 재료를 혼합함으로써, 발광층(113)의 수송성을 쉽게 조절할 수 있어 재결합 영역을 쉽게 제어할 수도 있다. 정공 수송성을 가지는 재료와 전자 수송성을 가지는 재료의 함유량의 질량비는 정공 수송성을 가지는 재료:전자 수송성을 가지는 재료=1:19 내지 19:1로 하면 좋다.
- [0083] 또한 상기 혼합된 재료의 일부로서는 인광 발광 물질을 사용할 수 있다. 인광 발광 물질은, 발광 중심 재료로서 형광 발광 물질을 사용하는 경우에 형광 발광 물질에 여기 에너지를 공여하는 에너지 도너로서 사용할 수 있다.
- [0084] 또한 이 혼합된 재료들로 들뜬 복합체를 형성하여도 좋다. 상기 들뜬 복합체로서는 발광 재료의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 파장과 겹치는 발광을 나타내는 들뜬 복합체를 형성하는 조합을 선택함으로써, 에너지 이동이 원활하게 수행되어 발광을 효율적으로 얻을 수 있기 때문에 바람직하다. 또한 상기 구성을 사용함으로써, 구동 전압도 저하되기 때문에 바람직하다.
- [0085] 또한 발광층에서 들뜬 복합체를 형성하는 재료의 적어도 한쪽은 인광 발광 물질이어도 좋다. 이 경우 역 항간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 효율적으로 변환할 수 있다.
- [0086] 들뜬 복합체를 효율적으로 형성하는 재료의 조합으로서 정공 수송성을 가지는 재료의 HOMO 준위가 전자 수송성을 가지는 재료의 HOMO 준위 이상인 것이 바람직하다. 또한 정공 수송성을 가지는 재료의 LUMO 준위가 전자 수송성을 가지는 재료의 LUMO 준위 이상인 것이 바람직하다. 또한 재료의 LUMO 준위 및 HOMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정에 의하여 측정되는 재료의 전기 화학 특성(환원 전위 및 산화 전위)에서 도출할 수 있다. 또한 HOMO 준위는 박막의 이온화 퍼텐셜 측정(IP 측정)으로부터 얻을 수도 있다. IP 측정으로부터 얻은 HOMO 준위와 광학적인 밴드 갭(박막의 흡수 스펙트럼의 장파장 측의 흡수단으로부터 산출되는 에너지(eV))을 사용하여 LUMO 준위를 산출할 수도 있다. 구체적으로, LUMO 준위는 밴드 갭으로부터 산출되는 에너지(eV)를 HOMO 준위에 합함으로써 산출될 수 있다.
- [0087] 또한 들뜬 복합체의 형성은, 혼합한 각 재료의 스펙트럼(예를 들어 정공 수송성을 가지는 재료의 발광 스펙트럼, 전자 수송성을 가지는 재료의 발광 스펙트럼, 유기 금속 착체의 스펙트럼 등)과, 이들 재료를 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 비교하여, 혼합막의 발광 스펙트럼이 각 재료의 발광 스펙트럼보다 장파장 측으로 시프트하는(또는 장파장 측에 새로운 피크를 가지는) 현상을 관측함으로써 확인할 수 있다. 또는 혼합한 각 재료의 과도 포토루미네선스(PL)와, 이들 재료를 혼합한 혼합막의 과도 PL을 비교하여, 혼합막의 과도 PL 수명이 각 재료의 과도 PL 수명보다 장수명 성분을 가지거나 지연 성분의 비율이 커지는 등의 과도 응답의 차이를 관측함으로써 확인할 수 있다. 또한 상술한 과도 PL을 과도 일렉트로루미네선스(EL)로 바꿔 읽어도 된다. 즉 혼합한 각 재료의 과도 EL과 이들 재료의 혼합막의 과도 EL을 비교하여 과도 응답의 차이를 관측하는 것에 의해서도 들뜬 복합체의 형성을 확인할 수 있다.
- [0088] 이어서, EL층(103)에 사용할 수 있는 기타 층에 대하여 설명한다.
- [0089] 정공 주입층(111)은 EL층(103)에 정공을 주입하기 쉽게 하기 위한 층이고, 정공 주입성이 높은 재료로 구성된다. 정공 주입층(111)은 엑셉터성 물질 단독으로 구성되어도 좋지만, 엑셉터성 물질과 정공 수송성을 가지는 유기 화합물이 포함된 복합 재료로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0090] 엑셉터성 물질은 정공 수송층이나 정공 주입층에 포함되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물에 대하여 전자 수용성을 나타내는 물질이다.
- [0091] 엑셉터성 물질로서는 무기 화합물 및 유기 화합물 중 어느 쪽이나 사용할 수 있지만, 전자 흡인기(특히 플루오로기와 같은 할로젠이나 사이아노기)를 가지는 유기 화합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 엑셉터성 물질로서는 이와 같은 물질 중에서 정공 수송층이나 정공 주입층에 포함되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물에 대하여 전자 수용성을 나타내는 물질을 적절히 선택하면 좋다.
- [0092] 이와 같은 엑셉터성 물질로서는, 예를 들어 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐, 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN), 1,3,4,5,7,8-헥사플루오로테트라사이아노-나프토퀴노다이메테인(약칭: F6-TCNQ), 2-(7-다이사이아노메틸렌-1,3,4,5,6,8,9,10-옥타플루오로-7H-피렌-2-일리덴)말로노나이트릴 등이 있다. 특히 HAT-CN과 같이 복수의 헤테

로 원자를 가지는 축합 방향족 고리에 전자 흡인기가 결합된 화합물은 열적으로 안정적이므로 바람직하다. 또한 전자 흡인기(특히 플루오로기와 같은 할로젠기나 사이아노기)를 가지는 [3]라디알렌 유도체는 전자 수용성이 매우 높으므로 바람직하고, 구체적으로는  $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-사이클로프로페인트라이일리덴트리스[4-사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로벤젠아세토나이트릴],  $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-사이클로프로페인트라이일리덴트리스[2,6-다이클로로-3,5-다이플루오로-4-(트라이플루오로메틸)벤젠아세토나이트릴],  $\alpha, \alpha', \alpha''$ -1,2,3-사이클로프로페인트라이일리덴트리스[2,3,4,5,6-펜타플루오로벤젠아세토나이트릴] 등의 유기 화합물을 들 수 있다. 상기 역셉터성 물질이 무기 화합물인 경우, 전이 금속 산화물을 사용할 수도 있다. 특히 원소 주기율표에서의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물이 바람직하고, 상기 원소 주기율표에서의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물로서는 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 산화 레늄 등이 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 이들 중에서도 산화 몰리브데넘은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉬우므로 바람직하다.

[0093] 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물은 HOMO 준위가 -5.7eV 이상 -5.4eV 이하로 비교적 깊은 것이 바람직하다. 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물의 HOMO 준위가 비교적 깊으면, 정공의 유발이 적절히 억제되는 한편, 유발된 정공의 정공 수송층(112)으로의 주입이 용이해진다.

[0094] 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물로서는 카바졸 골격, 다이벤조퓨란 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 안트라센 골격 중 어느 것을 가지는 것이 더 바람직하다. 특히, 다이벤조퓨란 고리 또는 다이벤조싸이오펜 고리를 포함한 치환기를 가지는 방향족 아민, 나프탈렌 고리를 가지는 방향족 모노아민이 바람직하고, 또는 9-플루오렌일기가 아릴렌기를 통하여 아민의 질소에 결합되는 방향족 모노아민이어도 좋다. 또한 이들 물질이 N,N-비스(4-바이페닐)아미노기를 가지는 물질이면 수명이 긴 발광 디바이스를 제작할 수 있어 바람직하다. 상술한 바와 같은 물질로서 구체적으로는 N-(4-바이페닐)-6,N-다이페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BnfABP), N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf), 4,4'-비스(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: BnfBB1BP), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-6-아민(약칭: BBABnf(6)), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf(8)), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토[2,3-d]퓨란-4-아민(약칭: BBABnf(II)(4)), N,N-비스[4-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-4-아미노-p-터페닐(약칭: DBfBB1TP), N-[4-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-N-페닐-4-바이페닐아민(약칭: ThBA1BP), 4-(2-나프틸)-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBA $\beta$ NB), 4-[4-(2-나프틸)페닐]-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBA $\beta$ NBi), 4,4'-다이페닐-4''-(6;1'-바이나프틸-2-일)트라이페닐아민(약칭: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB), 4,4'-다이페닐-4''-(7;1'-바이나프틸-2-일)트라이페닐아민(약칭: BBA $\alpha$ N $\beta$ NB-03), 4,4'-다이페닐-4''-(7-페닐)나프틸-2-일트라이페닐아민(약칭: BBAP $\beta$ NB-03), 4,4'-다이페닐-4''-(6;2'-바이나프틸-2-일)트라이페닐아민(약칭: BBA( $\beta$ N2)B), 4,4'-다이페닐-4''-(7;2'-바이나프틸-2-일)트라이페닐아민(약칭: BBA( $\beta$ N2)B-03), 4,4'-다이페닐-4''-(4;2'-바이나프틸-1-일)트라이페닐아민(약칭: BBA $\beta$ N $\alpha$ NB), 4,4'-다이페닐-4''-(5;2'-바이나프틸-1-일)트라이페닐아민(약칭: BBA $\beta$ N $\alpha$ NB-02), 4-(4-바이페닐틸)-4''-(2-나프틸)-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: TPBiA $\beta$ NB), 4-(3-바이페닐틸)-4''-[4-(2-나프틸)페닐]-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: mTPBiA $\beta$ NBi), 4-(4-바이페닐틸)-4''-[4-(2-나프틸)페닐]-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: TPBiA $\beta$ NBi), 4-페닐-4''-(1-나프틸)트라이페닐아민(약칭:  $\alpha$ NBA1BP), 4,4'-비스(1-나프틸)트라이페닐아민(약칭:  $\alpha$ NBB1BP), 4,4'-다이페닐-4''-[4''-(카바졸-9-일)바이페닐-4-일]트라이페닐아민(약칭: YGTBi1BP), 4''-[4-(3-페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]트리스(1,1'-바이페닐-4-일)아민(약칭: YGTBi1BP-02), 4-다이페닐-4''-(2-나프틸)-4''-(9-(4-바이페닐틸)카바졸)}트라이페닐아민(약칭: YGTBi $\beta$ NB), N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-N-[4-(1-나프틸)페닐]-9,9'-스파이로바이(9H-플루오렌)-2-아민(약칭: PCBNBSF), N,N-비스(4-바이페닐틸)-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-2-아민(약칭: BBASF), N,N-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-4-아민(약칭: BBASF(4)), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9,9'-스파이로바이(9H-플루오렌)-4-아민(약칭: oFBiSF), N-(4-바이페닐)-N-(다이벤조퓨란-4-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: FrBiF), N-[4-(1-나프틸)페닐]-N-[3-(6-페닐다이벤조퓨란-4-일)페닐]-1-나프틸아민(약칭: mPDBfBNBN), 4-페닐-4''-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3''-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4''-[4-(9-페닐플루오렌-9-일)페닐]트라이페닐아민(약칭: BPAFLBi), 4-페닐-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASf), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF) 등을 들 수 있다.

- [0095] 또한 정공 수송성을 가지는 유기 화합물은 전계 강도[V/cm]의 제곱근이 600인 경우, 그 정공 이동도가  $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이하인 것이 바람직하다.
- [0096] 복합 재료에서의 정공 수송성을 가지는 유기 화합물과 엑셉터성 재료의 조성은 1:0.01 내지 1:0.15(질량비)인 것이 바람직하다. 또한 1:0.01 내지 1:0.1(질량비)인 것이 더 바람직하다.
- [0097] 또한 이때 전자 수송층(114)은 전계 강도[V/cm]의 제곱근이 600인 경우, 그 전자 이동도가  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이하인 것이 바람직하다.
- [0098] 또한 이때, 전자 수송층(114)은 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 8-하이드록시퀴놀리네이트 구조를 포함하는 것이 더 바람직하다. 이들 중에서도 1가의 금속 이온의 착체가 바람직하고, 구체적으로는 예를 들어 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬(약칭: Liq), 8-하이드록시퀴놀리네이트-소듐(약칭: Naq) 등을 포함하는 것이 바람직하다. 특히 리튬의 착체가 바람직하고, Liq가 더 바람직하다. 또한 8-하이드록시퀴놀리네이트 구조를 포함하는 경우, 그 메틸 치환체(예를 들어 2-메틸 치환체나 5-메틸 치환체) 등을 사용할 수도 있다.
- [0099] 또한 전자 수송층(114)에서의 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 그 두께 방향에서의 농도 차이(농도가 0인 경우도 포함함)가 존재하는 것이 바람직하다. 이에 의하여, 수명이 더 양호하고 신뢰성이 더 높은 발광 디바이스로 할 수 있다.
- [0100] 또한 전자 수송층(114)에 사용되는 전자 수송성을 가지는 유기 화합물은 그 HOMO 준위가 -6.0eV 이상인 것이 바람직하다.
- [0101] 이와 같은 구성을 가지는 발광 디바이스에서는, 전류 밀도가 일정한 조건하에서의 구동 시험에 의하여 얻어진 휘도의 열화 곡선에서 극댓값을 가지는 형상을 나타내는 경우, 즉, 시간 경과에 따라 휘도가 상승하는 부분을 가지는 형상이 되는 경우가 있다. 이와 같은 열화 거동을 나타내는 발광 디바이스는 소위 초기 열화라고 불리는 구동 초기의 급격한 열화를 상기 휘도 상승에 의하여 상쇄할 수 있어, 초기 열화가 작으며 구동 수명이 매우 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다. 이와 같은 발광 디바이스를 Recombination-Site Tailoring Injection 소자(ReSTI 소자)라고 부르기로 한다.
- [0102] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 정공 주입층은 HOMO 준위가 깊은 정공 수송성을 가지는 유기 화합물을 포함하기 때문에 유발된 정공은 정공 수송층 및 발광층에 용이하게 주입된다. 그러므로 구동의 초기 단계에서는 매우 소량의 정공이 발광층을 통과하여 전자 수송층에 도달하는 상태를 만들기 쉽다.
- [0103] 여기서 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 금속 착체를 포함한 전자 수송층을 가지는 발광 디바이스에서는, 상기 발광 디바이스를 연속 점등시키면 전자 수송층의 전자 주입성·수송성이 향상되는 현상이 관측된다. 한편, 상술한 바와 같이 정공 주입층은 정공의 유발이 적절히 억제되기 때문에 많은 정공을 전자 수송층까지 공급할 수 없다. 결과적으로 전자 수송층에 도달할 수 있는 정공은 시간 경과에 따라 감소되므로, 발광층 내에서 정공과 전자의 재결합이 일어날 확률이 높아진다. 즉 연속 점등 중에 발광층 내에서 재결합이 더 일어나기 쉬워지도록 캐리어 밸런스가 시프트한다. 이 시프트에 의하여, 열화 곡선에서 시간 경과에 따라 휘도가 상승하는 부분을 가지는, 초기 열화가 억제된 발광 디바이스를 얻을 수 있다.
- [0104] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 수명이 매우 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다. 특히 LT95 정도의 열화가 매우 작은 영역에서의 수명을 대폭 향상시킬 수 있다. 또한 전자 수송성을 가지는 유기 화합물로서 전자를 수송하는 기능을 가지는 제 1 골격과, 정공을 수용하는 기능을 가지는 제 2 골격과, 단일 고리이며  $\pi$  전자 부족형인 헤테로 방향족 고리인 제 3 골격을 가지는 화합물을 사용한 발광 디바이스는 장기 열화도 매우 작은 발광 디바이스이고, 수명이 더 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다.
- [0105] 또한 초기 열화를 억제할 수 있으면, 유기 EL 디바이스의 큰 약점 중 하나로서 여전히 논의되는 잔상(burn-in) 문제와, 그 저감을 위하여 출하 전에 수행되는 에이징 공정에 드는 품을 크게 줄일 수 있다.
- [0106] 정공 수송층(112)은 단층이어도 좋지만(도 1의 (A)), 제 1 정공 수송층(112-1) 및 제 2 정공 수송층(112-2)을 가지는 것이 바람직하다(도 1의 (B)). 또한 복수의 정공 수송층을 더 가져도 좋다.
- [0107] 정공 수송층(112)은 정공 수송성을 가지는 유기 화합물을 사용하여 형성할 수 있다. 상기 정공 수송층(112)에 사용하는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물에는, 상술한 호스트 재료로서 사용할 수 있는 정공 수송성을 가지

는 유기 화합물이나, 복합 재료로서 사용할 수 있는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물을 사용할 수 있다.

- [0108] 정공 수송층(112)을 복수의 층으로서 형성하는 경우, 인접한 정공 수송층을 구성하는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물의 HOMO 준위는 발광층(113) 측에 더 가까운 정공 수송층에 사용되는 유기 화합물에서 더 깊고, 그 차이가 0.2V 이내인 것이 바람직하다.
- [0109] 또한 정공 주입층(111)이 복합 재료로 형성되는 경우, 정공 주입층(111)과 접하는 정공 수송층(112)에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물의 HOMO 준위는 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물보다 깊고, 그 차이가 0.2eV 이내인 것이 바람직하다.
- [0110] HOMO 준위가 상술한 관계에 있으므로, 각 층에 정공이 원활하게 주입되어 구동 전압의 상승이나 발광층에서의 정공의 과소 상태를 방지할 수 있다.
- [0111] 또한 정공 수송층(112)에 사용되는 정공 수송성을 가지는 유기 화합물은 정공을 수송하는 기능을 가지는 골격을 가지는 것이 바람직하다. 이들 정공을 수송하는 기능을 가지는 골격으로서는 유기 화합물의 HOMO 준위가 지나치게 높아지지 않는 카바졸 골격, 다이벤조퓨란 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 안트라센 골격이 바람직하고, 특히 다이벤조퓨란 골격이 바람직하다. 또한 정공 주입층(111) 및 복수의 정공 수송층(112) 중에서 인접한 층들의 골격이 공통되면, 정공이 원활하게 주입되므로 바람직하다. 또한 같은 이유로 정공 주입층(111) 및 복수의 정공 수송층(112) 중에서 인접한 층들에, 같은 정공 수송성을 가지는 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0112] 복수의 정공 수송층을 적층하는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)은 제 2 정공 수송층(112-2)보다 양극(101) 측에 위치하는 것으로 한다. 또한 제 2 정공 수송층(112-2)은 전자 블로킹층의 기능을 동시에 가지는 경우도 있다.
- [0113] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 수명이 매우 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다.
- [0114] 이어서 상술한 발광 디바이스의 기타 구조나 재료의 예에 대하여 설명한다. 상술한 바와 같이 본 실시형태에서의 발광 디바이스는 양극(101)과 음극(102)으로 이루어진 한 쌍의 전극 사이에 복수의 층으로 이루어지는 EL층(103)을 가지고, 상기 EL층(103)은 양극(101) 측으로부터 발광층(113) 및 전자 수송층(114)을 적어도 포함한다. EL층(103)에 포함되는 층에는, 이 외에 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 주입층, 캐리어 블록층, 여기자 블록층, 전하 발생층 등 다양한 층 구조를 적용할 수 있다.
- [0115] 양극(101)은 일함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 예를 들어, 산화 인듐-산화 주석(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 포함한 산화 인듐(IWZO) 등이 있다. 이들 도전성 금속 산화물막은 일반적으로 스퍼터링법에 의하여 성막되지만, 졸-겔법 등을 응용하여 제작하여도 좋다. 제작 방법의 예로서는, 산화 인듐에 대하여 1wt% 내지 20wt%의 산화 아연이 첨가된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 인듐-산화 아연을 형성하는 방법 등이 있다. 또한 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐이 0.5wt% 내지 5wt%, 산화 아연이 0.1wt% 내지 1wt% 포함된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 텅스텐 및 산화 아연이 포함된 산화 인듐(IWZO)을 형성할 수도 있다. 이 외에, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어 질화 타이타늄) 등을 들 수 있다. 그래핀도 사용할 수 있다. 또한 여기서는 일함수가 크고 양극을 형성하는 재료로서 대표적인 물질을 열거하였지만, 본 발명의 일 형태에서는 정공 주입층(111)에 정공 수송성을 가지는 유기 화합물과 상기 유기 화합물에 대하여 전자 수용성을 나타내는 물질을 포함한 복합 재료를 사용하기 때문에 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있다.
- [0116] 정공 주입층(111), 정공 수송층(112)(제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2)), 발광층(113), 및 전자 수송층(114)에 관해서는 이미 자세히 설명하였기 때문에 반복되는 기재 생략한다.
- [0117] 전자 수송층(114)과 음극(102) 사이에 전자 주입층(115)으로서 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF<sub>2</sub>) 등의 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속, 혹은 이들의 화합물을 포함한 층을 제공하여도 좋다. 전자 주입층(115)은 전자 수송성을 가지는 물질로 이루어진 층 내에 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속, 혹은 이들의 화합물을 포함시킨 것이나, 전자화물을 사용하여도 좋다. 전자화물로서는, 예를 들어 칼슘과 알루미늄의 혼합 산화물에 전자를 고농도로 첨가한 물질 등이 있다.
- [0118] 또한 전자 주입층(115) 대신에 전자 수송층(114)과 음극(102) 사이에 전하 발생층을 제공하여도 좋다. 전하 발

생층은 전위를 인가함으로써 상기 층의 음극 측과 접하는 층에 정공을, 양극 측과 접하는 층에 전자를 주입할 수 있는 층을 말한다. 전하 발생층에는 적어도 P형층이 포함된다. P형층은 상술한 정공 주입층(111)을 구성할 수 있는 재료로서 열거한 복합 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 또한 P형층은 복합 재료를 구성하는 재료로서 상술한 억셉터 재료를 포함한 막과 정공 수송성을 가지는 유기 화합물을 포함한 막을 적층하여 구성하여도 좋다. P형층에 전위를 인가함으로써 전자 수송층에 전자가, 음극인 음극(102)에 정공이 주입되어 발광 디바이스가 동작한다.

[0119] 또한 전하 발생층에는 P형층 외에 전자 릴레이층 및 전자 주입 버퍼층 중 어느 한쪽 또는 양쪽이 제공되어 있는 것이 바람직하다.

[0120] 전자 릴레이층은 적어도 전자 수송성을 가지는 물질을 포함하고, 전자 주입 버퍼층과 P형층의 상호 작용을 방지하여 전자를 원활하게 전달하는 기능을 가진다. 전자 릴레이층에 포함되는 전자 수송성을 가지는 물질의 LUMO 준위는 P형층에서의 전자 수용성 물질의 LUMO 준위와, 전자 수송층(114)에서의 전하 발생층과 접하는 층에 포함되는 물질의 LUMO 준위 사이인 것이 바람직하다. 전자 릴레이층에 사용되는 전자 수송성을 가지는 물질에서의 LUMO 준위의 구체적인 에너지 준위는  $-5.0\text{eV}$  이상, 바람직하게는  $-5.0\text{eV}$  이상  $-3.0\text{eV}$  이하로 하는 것이 좋다. 또한 전자 릴레이층에 사용되는 전자 수송성을 가지는 물질로서는 프탈로사이아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 가지는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.

[0121] 전자 주입 버퍼층에는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산 리튬이나 탄산 세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함)) 등 전자 주입성이 높은 물질을 사용할 수 있다.

[0122] 또한 전자 주입 버퍼층이 전자 수송성을 가지는 물질과 전자 공여성 물질을 포함하여 형성되는 경우에는, 전자 공여성 물질로서 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산 리튬이나 탄산 세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함)) 외에, 테트라싸이아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다. 또한 전자 수송성을 가지는 물질로서는, 상술한 전자 수송층(114)을 구성하는 재료와 같은 재료를 사용하여 형성할 수 있다.

[0123] 음극(102)을 형성하는 물질로서는, 일함수가 작은(구체적으로는  $3.8\text{eV}$  이하) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 이와 같은 음극 재료의 구체적인 예로서는, 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 원소 주기율표에서의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 및 이들을 포함하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 및 이들을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. 다만, 음극(102)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 제공함으로써, 일함수의 크기에 상관없이 Al, Ag, ITO, 실리콘, 또는 산화 실리콘을 포함한 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전성 재료를 음극(102)으로서 사용할 수 있다. 이들 도전성 재료는 진공 증착법이나 스퍼터링법 등의 건식법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등을 사용하여 성막할 수 있다. 또한 졸-겔법을 사용하여 습식법으로 형성하여도 좋고, 금속 재료의 페이스트를 사용하여 습식법으로 형성하여도 좋다.

[0124] 또한 EL층(103)의 형성 방법으로서 건식법, 습식법을 불문하고 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어 진공 증착법, 그라비아 인쇄법, 오프셋 인쇄법, 스크린 인쇄법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법 등을 사용하여도 좋다.

[0125] 또한 상술한 각 전극 또는 각 층을 상이한 성막 방법을 사용하여 형성하여도 좋다.

[0126] 또한 양극(101)과 음극(102) 사이에 제공되는 층의 구성은 상술한 것에 한정되지 않는다. 다만 발광 영역과 전극이나 캐리어 주입층에 사용되는 금속이 근접하여 일어나는 소광이 억제되도록, 양극(101) 및 음극(102)으로부터 떨어진 곳에 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역을 제공한 구성이 바람직하다.

[0127] 또한 발광층(113)과 접하는 정공 수송층이나 전자 수송층, 특히 발광층(113)에서의 재결합 영역에 가까운 캐리어 수송층은 발광층에서 생성된 여기자로부터의 에너지 이동을 억제하기 위하여, 발광층을 구성하는 발광 재료 또는 발광층에 포함되는 발광 재료가 가지는 밴드 갭보다 큰 밴드 갭을 가지는 물질로 구성하는 것이 바람직하다.

[0128] 다음으로 복수의 발광 유닛을 적층시킨 구성의 발광 디바이스(적층형 소자, 탠덤형 소자라고도 함)의 형태에 대하여 도 1의 (C)를 참조하여 설명한다. 이 발광 디바이스는 양극과 음극 사이에 복수의 발광 유닛을 가지는 발

광 디바이스이다. 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A) 또는 (B)에 나타난 EL층(103)과 거의 같은 구성을 가진다. 즉, 도 1의 (C)에 나타난 발광 디바이스는 복수의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스이고, 도 1의 (A) 및 (B)에 나타난 발광 디바이스는 하나의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스라고 할 수 있다.

- [0129] 도 1의 (C)에서, 양극(501)과 음극(502) 사이에는 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)이 적층되어 있고, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512) 사이에는 전하 발생층(513)이 제공되어 있다. 양극(501)과 음극(502)은 각각 도 1의 (A)에서의 양극(101)과 음극(102)에 상당하고, 도 1의 (A)의 설명에서 언급한 것과 같은 것을 적용할 수 있다. 또한 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)은 같은 구성이어도 좋고, 상이한 구성이어도 좋다.
- [0130] 전하 발생층(513)은 양극(501)과 음극(502)에 전압이 인가되었을 때 한쪽 발광 유닛에 전자를 주입하고 다른 쪽 발광 유닛에 정공을 주입하는 기능을 가진다. 즉, 도 1의 (C)에서 양극의 전위가 음극의 전위보다 높아지도록 전압을 인가한 경우, 전하 발생층(513)은 제 1 발광 유닛(511)에 전자를 주입하고 제 2 발광 유닛(512)에 정공을 주입하는 것이면 좋다.
- [0131] 전하 발생층(513)은 도 1의 (B)에 나타난 전하 발생층과 같은 구성으로 형성하는 것이 바람직하다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 캐리어 주입성, 캐리어 수송성이 우수하기 때문에 저전압 구동, 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한 발광 유닛의 양극 측의 면이 전하 발생층(513)과 접하는 경우에는, 전하 발생층(513)이 발광 유닛의 정공 주입층의 역할도 할 수 있기 때문에, 발광 유닛에는 정공 주입층을 제공하지 않아도 된다.
- [0132] 또한 전하 발생층(513)에 전자 주입 버퍼층을 제공하는 경우, 상기 전자 주입 버퍼층이 양극 측의 발광 유닛에서의 전자 주입층의 역할을 하기 때문에, 양극 측의 발광 유닛에는 전자 주입층을 반드시 형성할 필요는 없다.
- [0133] 도 1의 (C)를 사용하여 2개의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스에 대하여 설명하였지만, 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 디바이스에 대해서도 마찬가지로 적용할 수 있다. 본 실시형태에 따른 발광 디바이스와 같이, 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 전하 발생층(513)으로 칸막이하여 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 고휘도 발광을 가능하게 하고 수명이 더 긴 소자를 실현할 수 있다. 또한 저전압 구동이 가능하고 소비 전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.
- [0134] 또한 각 발광 유닛의 발광색을 다르게 함으로써, 발광 디바이스 전체로 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어 2개의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스에서, 제 1 발광 유닛으로 적색과 녹색의 발광색을, 제 2 발광 유닛으로 청색의 발광색을 얻음으로써, 발광 디바이스 전체로 백색 발광하는 발광 디바이스를 얻을 수도 있다. 또한 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 디바이스의 구성으로서는 예를 들어 제 1 발광 유닛이 제 1 청색 발광층을 가지고, 제 2 발광 유닛이 황색 또는 황록색의 발광층과 적색 발광층을 가지고, 제 3 발광 유닛이 제 2 청색 발광층을 가지는 탠덤형 디바이스로 할 수 있다. 상기 탠덤형 디바이스는 상술한 발광 디바이스와 마찬가지로 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0135] 또한 상술한 EL층(103)이나 제 1 발광 유닛(511), 제 2 발광 유닛(512) 및 전하 발생층 등의 각 층이나 전극은 예를 들어 증착법(진공 증착법을 포함함), 액적 토출법(잉크젯법이라고도 함), 도포법, 그라비어 인쇄법 등의 방법을 사용하여 형성할 수 있다. 또한 이들은 저분자 재료, 중분자 재료(올리고머, 텐드리머를 포함함), 또는 고분자 재료를 포함하여도 좋다.
- [0136] (실시형태 2)
- [0137] 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용한 발광 장치에 대하여 설명한다.
- [0138] 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용하여 제작한 발광 장치에 대하여 도 2를 사용하여 설명한다. 또한 도 2의 (A)는 발광 장치를 나타낸 상면도이고, 도 2의 (B)는 도 2의 (A)의 A-B 및 C-D를 따라 절단한 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 디바이스의 발광을 제어하는 것으로서, 점선으로 나타낸 구동 회로부(소스선 구동 회로)(601), 화소부(602), 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 또한 604는 밀봉 기판을, 605는 실재를 나타내고, 실재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)이다.
- [0139] 또한 리드 배선(608)은 소스선 구동 회로(601) 및 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송(傳送)하기 위한 배선이고, 외부 입력 단자가 되는 FPC(flexible printed circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 받는다. 또한 여기서는 FPC만 도시하였지만, 이 FPC에 인쇄 배선판(PWB)이 장착되어도 좋다. 본 명세서에서는 발광 장치 본체뿐만 아니라, 이에 FPC 또는 PWB가 장착된 것도 발광 장치의 범주에 포함하는 것으로 한다.

- [0140] 다음으로 단면 구조에 대하여 도 2의 (B)를 사용하여 설명한다. 소자 기관(610) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있지만, 여기서는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601)와, 화소부(602) 내의 하나의 화소를 나타내었다.
- [0141] 소자 기관(610)은 유리, 석영, 유기 수지, 금속, 합금, 반도체 등으로 이루어지는 기관 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 이루어지는 플라스틱 기판을 사용하여 제작하면 좋다.
- [0142] 화소나 구동 회로에 사용되는 트랜지스터의 구조는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어 역 스택거형 트랜지스터로 하여도 좋고, 스택거형 트랜지스터로 하여도 좋다. 또한 톱 게이트형 트랜지스터로 하여도 좋고, 보텀 게이트형 트랜지스터로 하여도 좋다. 트랜지스터에 사용되는 반도체 재료는 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 실리콘, 저마늄, 탄소화 실리콘, 질화 갈륨 등을 사용할 수 있다. 또는 In-Ga-Zn계 금속 산화물 등 인듐, 갈륨, 및 아연 중 적어도 하나를 포함한 산화물 반도체를 사용하여도 좋다.
- [0143] 트랜지스터에 사용하는 반도체 재료의 결정성에 대해서도 특별히 한정되지 않고, 비정질 반도체, 결정성을 가지는 반도체(미결정 반도체, 다결정 반도체, 단결정 반도체, 또는 일부에 결정 영역을 가지는 반도체) 중 어느 것을 사용하여도 좋다. 결정성을 가지는 반도체를 사용하면, 트랜지스터 특성의 열화를 억제할 수 있으므로 바람직하다.
- [0144] 여기서 상기 화소나 구동 회로에 제공되는 트랜지스터 외에, 후술하는 터치 센서 등에 사용되는 트랜지스터 등의 반도체 장치에는 산화물 반도체를 적용하는 것이 바람직하다. 특히 실리콘보다 밴드 갭이 넓은 산화물 반도체를 적용하는 것이 바람직하다. 실리콘보다 밴드 갭이 넓은 산화물 반도체를 사용함으로써, 트랜지스터의 오프 상태에서의 전류를 저감할 수 있다.
- [0145] 상기 산화물 반도체는 적어도 인듐(In) 또는 아연(Zn)을 포함하는 것이 바람직하다. 또한 In-M-Zn계 산화물(M은 Al, Ti, Ga, Ge, Y, Zr, Sn, La, Ce, 또는 Hf 등의 금속)로 표기되는 산화물을 포함하는 산화물 반도체인 것이 더 바람직하다.
- [0146] 여기서 본 발명의 일 형태에 사용할 수 있는 산화물 반도체에 대하여 이하에서 설명한다.
- [0147] 산화물 반도체는 단결정 산화물 반도체와 이 외의 비단결정 산화물 반도체로 나누어진다. 비단결정 산화물 반도체로서는, 예를 들어 CAAC-OS(c-axis aligned crystalline oxide semiconductor), 다결정 산화물 반도체, nc-OS(nano crystalline oxide semiconductor), a-like OS(amorphous-like oxide semiconductor), 및 비정질 산화물 반도체 등이 있다.
- [0148] CAAC-OS는 c축 배향성을 가지고, a-b면 방향에서 복수의 나노 결정이 연결되고 변형을 가지는 결정 구조를 가진다. 또한 변형이란 복수의 나노 결정이 연결되는 영역에서, 격자 배열이 정렬된 영역과 격자 배열이 정렬된 다른 영역 사이에서 격자 배열의 방향이 변화되는 부분을 가리킨다.
- [0149] 나노 결정은 기본적으로 육각형이지만 정육각형에 한정되지 않고, 비정육각형인 경우가 있다. 또한 오각형 및 칠각형 등의 격자 배열이 변형에 포함되는 경우가 있다. 또한 CAAC-OS에서 변형 근방에서도 명확한 결정립계(그레인 바운더리라고도 함)를 확인하는 것은 어렵다. 즉, 격자 배열의 변형에 의하여 결정립계의 형성이 억제되어 있다는 것을 알 수 있다. 이는, CAAC-OS가 a-b면 방향에서 산소 원자의 배열이 조밀하지 않거나, 금속 원소가 치환됨으로써 원자 사이의 결합 거리가 변화되는 것 등에 의하여 변형을 허용할 수 있기 때문이다.
- [0150] 또한 CAAC-OS는 인듐 및 산소를 가지는 층(이하, In층)과, 원소 M, 아연, 및 산소를 가지는 층(이하, (M, Zn)층)이 적층된 층상의 결정 구조(층상 구조라고도 함)를 가지는 경향이 있다. 또한 인듐과 원소 M은 서로 치환할 수 있고, (M, Zn)층의 원소 M이 인듐과 치환된 경우, (In, M, Zn)층이라고 나타낼 수도 있다. 또한 In층의 인듐이 원소 M과 치환된 경우, (In, M)층이라고 나타낼 수도 있다.
- [0151] CAAC-OS는 결정성이 높은 산화물 반도체이다. 한편, CAAC-OS에서는 명확한 결정립계를 확인하기 어렵기 때문에, 결정립계에 기인하는 전자 이동도의 저하가 일어나기 어렵다고 할 수 있다. 또한 산화물 반도체의 결정성은 불순물의 혼입이나 결함의 생성 등에 의하여 저하되는 경우가 있기 때문에, CAAC-OS는 불순물이나 결함(산소 결손( $V_O$ : oxygen vacancy라고도 함) 등)이 적은 산화물 반도체라고도 할 수 있다. 따라서 CAAC-OS를 가지는 산화물 반도체는 물리적 성질이 안정된다. 그러므로 CAAC-OS를 가지는 산화물 반도체는 열에 강하고 신뢰성이 높다.

- [0152] nc-OS는 미소한 영역(예를 들어 1nm 이상 10nm 이하의 영역, 특히 1nm 이상 3nm 이하의 영역)에서 원자 배열에 주기성을 가진다. 또한 nc-OS는 상이한 나노 결정 사이에서 결정 방위에 규칙성이 보이지 않는다. 그러므로 막 전체에서 배향성이 보이지 않는다. 따라서 nc-OS는 분석 방법에 따라서는 a-like OS나 비정질 산화물 반도체와 구별할 수 없는 경우가 있다.
- [0153] 또한 인듐과, 갈륨과, 아연을 가지는 산화물 반도체의 일종인 인듐-갈륨-아연 산화물(이하, IGZO)은 상술한 나노 결정으로 함으로써 안정적인 구조를 가지는 경우가 있다. 특히 IGZO는 대기 중에서 결정 성장하기 어려운 경향이 있기 때문에, 큰 결정(여기서는 수mm의 결정 또는 수cm의 결정)보다 작은 결정(예를 들어 상술한 나노 결정)으로 하는 것이 구조적으로 더 안정되는 경우가 있다.
- [0154] a-like OS는 nc-OS와 비정질 산화물 반도체의 중간의 구조를 가지는 산화물 반도체이다. a-like OS는 공동(void) 또는 저밀도 영역을 가진다. 즉, a-like OS는 nc-OS 및 CAAC-OS와 비교하여 결정성이 낮다.
- [0155] 산화물 반도체는 다양한 구조를 가지고, 각각이 상이한 특성을 가진다. 본 발명의 일 형태의 산화물 반도체는 비정질 산화물 반도체, 다결정 산화물 반도체, a-like OS, nc-OS, CAAC-OS 중 2종류 이상을 가져도 좋다.
- [0156] 또한 상술한 산화물 반도체 외에는 CAC(Cloud-Aligned Composite)-OS를 사용하여도 좋다.
- [0157] CAC-OS는 재료의 일부에서는 도전성 기능을 가지고 재료의 다른 일부에서는 절연성 기능을 가지며, 재료의 전체로서는 반도체로서의 기능을 가진다. 또한 CAC-OS를 트랜지스터의 활성층에 사용하는 경우, 도전성 기능은 캐리어가 되는 전자(또는 정공)를 흘리는 기능이고, 절연성 기능은 캐리어가 되는 전자를 흘리지 않는 기능이다. 도전성 기능과 절연성 기능의 상보적인 작용에 의하여 CAC-OS는 스위칭 기능(온/오프시키는 기능)을 가질 수 있다. CAC-OS에서 각 기능을 분리시킴으로써 양쪽의 기능을 최대한으로 높일 수 있다.
- [0158] 또한 CAC-OS는 도전성 영역 및 절연성 영역을 가진다. 도전성 영역은 상술한 도전성 기능을 가지고, 절연성 영역은 상술한 절연성 기능을 가진다. 또한 재료 내에서 도전성 영역과 절연성 영역은 나노 입자 레벨로 분리되어 있는 경우가 있다. 또한 도전성 영역과 절연성 영역은 각각 재료 내에 편재(偏在)하는 경우가 있다. 또한 도전성 영역은 주변이 흐릿해져 클라우드상(cloud-like)으로 연결되어 관찰되는 경우가 있다.
- [0159] 또한 CAC-OS에서 도전성 영역과 절연성 영역은 각각 0.5nm 이상 10nm 이하, 바람직하게는 0.5nm 이상 3nm 이하의 크기로 재료 내에 분산되어 있는 경우가 있다.
- [0160] 또한 CAC-OS는 상이한 밴드 갭을 가지는 성분으로 구성된다. 예를 들어 CAC-OS는 절연성 영역에 기인하는 와이드 갭(wide gap)을 가지는 성분과 도전성 영역에 기인하는 내로 갭(narrow gap)을 가지는 성분으로 구성된다. 이 구성의 경우, 캐리어를 흘릴 때 내로 갭을 가지는 성분에서 주로 캐리어가 흐른다. 또한 내로 갭을 가지는 성분이 와이드 갭을 가지는 성분에 상보적으로 작용하고, 내로 갭을 가지는 성분과 연동하여 와이드 갭을 가지는 성분에도 캐리어가 흐른다. 따라서 상기 CAC-OS를 트랜지스터의 채널 형성 영역에 사용하는 경우, 트랜지스터의 온 상태에서 높은 전류 구동력, 즉 큰 온 전류 및 높은 전계 효과 이동도를 얻을 수 있다.
- [0161] 즉 CAC-OS는 매트릭스 복합재(matrix composite) 또는 금속 매트릭스 복합재(metal matrix composite)라고 부를 수도 있다.
- [0162] 반도체층에 상술한 산화물 반도체 재료를 사용함으로써, 전기 특성의 변동이 억제되고 신뢰성이 높은 트랜지스터를 실현할 수 있다.
- [0163] 또한 상술한 반도체층을 가지는 트랜지스터는 오프 전류가 낮기 때문에, 트랜지스터를 통하여 용량 소자에 축적된 전하가 장기간에 걸쳐 유지될 수 있다. 이와 같은 트랜지스터를 화소에 적용함으로써, 각 표시 영역에 표시된 화상의 계조를 유지하면서 구동 회로를 정지할 수도 있다. 이 결과, 소비 전력이 매우 저감된 전자 기기를 실현할 수 있다.
- [0164] 트랜지스터의 특성 안정화 등을 위하여 하지막을 제공하는 것이 바람직하다. 하지막으로서는 산화 실리콘막, 질화 실리콘막, 산화질화 실리콘막, 질화산화 실리콘막 등의 무기 절연막을 사용하고, 단층으로 또는 적층하여 제작할 수 있다. 하지막은 스퍼터링법, CVD(Chemical Vapor Deposition)법(플라스마 CVD법, 열 CVD법, MOCVD(Metal Organic CVD)법 등), ALD(Atomic Layer Deposition)법, 도포법, 인쇄법 등을 사용하여 형성할 수 있다. 또한 하지막은 불필요하면 제공하지 않아도 된다.
- [0165] 또한 FET(623)는 구동 회로부(601)에 형성되는 트랜지스터 중 하나를 나타낸 것이다. 또한 구동 회로는 다양한 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로로 형성되면 좋다. 또한 본 실시형태에서는 기관 위에 구동 회로를 형성

한 드라이버 일체형에 대하여 설명하지만, 반드시 그럴 필요는 없고 구동 회로를 기판 위가 아니라 외부에 형성할 수도 있다.

- [0166] 또한 화소부(602)는 스위칭용 FET(611)와, 전류 제어용 FET(612)와, 전류 제어용 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 양극(613)을 포함하는 복수의 화소로 형성되어 있지만, 이에 한정되지 않고 3개 이상의 FET와, 용량 소자를 조합한 화소부로 하여도 좋다.
- [0167] 또한 양극(613)의 단부를 덮어 절연물(614)이 형성되어 있다. 여기서는 포지티브형 감광성 아크릴을 사용함으로써 형성할 수 있다.
- [0168] 또한 나중에 형성하는 EL층 등의 피복성을 양호하게 하기 위하여, 절연물(614)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 가지는 곡면이 형성되도록 한다. 예를 들어 절연물(614)의 재료로서 포지티브형 감광성 아크릴을 사용한 경우에는, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경(0.2 $\mu$ m 내지 3 $\mu$ m)을 가지는 곡면을 가지도록 하는 것이 바람직하다. 또한 절연물(614)로서는 네거티브형 감광성 수지 및 포지티브형 감광성 수지 중 어느 쪽이든 사용할 수 있다.
- [0169] 양극(613) 위에는 EL층(616) 및 음극(617)이 각각 형성되어 있다. 여기서 양극(613)에 사용하는 재료에는 일함수가 큰 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어 ITO막, 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물막, 2wt% 내지 20wt%의 산화 아연을 포함한 산화 인듐막, 질화 타이타늄막, 크로뮴막, 텅스텐막, Zn막, Pt막 등의 단층막 외에, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막의 적층, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화 타이타늄막의 3층 구조 등을 사용할 수 있다. 또한 적층 구조로 하면, 배선으로서의 저항도 낮고, 양호한 옴 접촉(ohmic contact)이 얻어지며, 양극으로서 기능시킬 수 있다.
- [0170] 또한 EL층(616)은 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등의 다양한 방법으로 형성된다. EL층(616)은 실시형태 1에서 설명한 것과 같은 구성을 포함한다. 또한 EL층(616)을 구성하는 다른 재료로서는, 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머를 포함함)을 사용하여도 좋다.
- [0171] 또한 EL층(616) 위에 형성되고 음극(617)에 사용하는 재료로서는, 일함수가 작은 재료(Al, Mg, Li, Ca, 또는 이들의 합금이나 화합물(MgAg, MgIn, AlLi 등) 등)를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 EL층(616)에서 생긴 광이 음극(617)을 투과하는 경우에는, 음극(617)으로서 막 두께가 얇은 금속 박막과, 투명 도전막(ITO, 2wt% 내지 20wt%의 산화 아연을 포함한 산화 인듐, 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물, 산화 아연(ZnO) 등)의 적층을 사용하는 것이 좋다.
- [0172] 또한 양극(613), EL층(616), 음극(617)으로 발광 디바이스(618)가 형성되어 있다. 이 발광 디바이스는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스이다. 또한 화소부는 복수의 발광 디바이스로 형성되어 있고, 본 실시형태의 발광 장치에서는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스와, 이 외의 구성을 가지는 발광 디바이스의 양쪽을 포함하여도 좋다.
- [0173] 또한 실재(605)로 밀봉 기판(604)과 소자 기판(610)을 접합함으로써, 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 디바이스(618)가 제공된 구조가 된다. 또한 공간(607)에는 충전재가 충전되어 있고, 불활성 가스(질소나 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에, 실제로 충전되는 경우도 있다. 밀봉 기판에 오목부를 형성하고 거기에 건조재를 제공함으로써, 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.
- [0174] 또한 실재(605)에는 에폭시계 수지나 유리 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 재료는 수분이나 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한 밀봉 기판(604)에 사용하는 재료로서는 유리 기판이나 석영 기판 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 이루어지는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.
- [0175] 도 2의 (B)에는 나타내지 않았지만, 음극 위에 보호막을 제공하여도 좋다. 보호막은 유기 수지막이나 무기 절연막으로 형성하면 좋다. 또한 실재(605)의 노출된 부분을 덮도록 보호막이 형성되어도 좋다. 또한 보호막은 한 쌍의 기판의 표면 및 측면, 밀봉층, 절연층 등의 노출된 측면을 덮어 제공할 수 있다.
- [0176] 보호막에는 물 등의 불순물을 투과시키기 어려운 재료를 사용할 수 있다. 따라서 물 등의 불순물이 외부로부터 내부로 확산되는 것을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0177] 보호막을 구성하는 재료로서는 산화물, 질화물, 플루오린화물, 황화물, 삼원 화합물, 금속, 또는 폴리머 등을 사용할 수 있고, 예를 들어 산화 알루미늄, 산화 하프늄, 하프늄 실리케이트, 산화 란타넘, 산화 실리콘, 타이타늄산 스트론튬, 산화 탄탈럼, 산화 타이타늄, 산화 아연, 산화 나이오븀, 산화 지르코늄, 산화 주석, 산화 이

트륨, 산화 세륨, 산화 스칸듐, 산화 어븀, 산화 바나듐, 또는 산화 인듐 등을 포함한 재료나, 질화 알루미늄, 질화 하프늄, 질화 실리콘, 질화 탄탈럼, 질화 타이타늄, 질화 나이오븀, 질화 몰리브데넘, 질화 지르코늄, 또는 질화 갈륨 등을 포함한 재료, 타이타늄 및 알루미늄을 포함하는 질화물, 타이타늄 및 알루미늄을 포함하는 산화물, 알루미늄 및 아연을 포함하는 산화물, 망가니즈 및 아연을 포함하는 황화물, 세륨 및 스트론튬을 포함하는 황화물, 어븀 및 알루미늄을 포함하는 산화물, 이트륨 및 지르코늄을 포함하는 산화물 등을 포함한 재료를 사용할 수 있다.

- [0178] 보호막은 단차 피복성(step coverage)이 양호한 성막 방법을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 이와 같은 방법 중 하나에 원자층 퇴적(ALD: Atomic Layer Deposition)법이 있다. ALD법을 사용하여 형성할 수 있는 재료를 보호막에 사용하는 것이 바람직하다. ALD법을 사용함으로써, 크랙이나 핀홀 등의 결함이 저감되거나 두께가 균일한, 치밀한 보호막을 형성할 수 있다. 또한 보호막의 형성 시에 가공 부재에 가해지는 손상을 저감할 수 있다.
- [0179] 예를 들어 ALD법을 사용함으로써, 복잡한 요철 형상을 가지는 표면이나, 터치 패널의 상면, 측면, 및 뒷면에도 균일하고 결함이 적은 보호막을 형성할 수 있다.
- [0180] 상술한 바와 같이 하여, 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용하여 제작된 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0181] 본 실시형태에서의 발광 장치에는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용하기 때문에, 특성이 양호한 발광 장치를 얻을 수 있다. 구체적으로는, 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 수명이 긴 발광 디바이스이기 때문에, 신뢰성이 양호한 발광 장치로 할 수 있다. 또한 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용한 발광 장치는 발광 효율이 양호하기 때문에, 소비 전력이 작은 발광 장치로 할 수 있다.
- [0182] 도 3의 (A) 및 (B)에는, 백색 발광을 나타내는 발광 디바이스를 형성하고 착색층(컬러 필터) 등을 제공함으로써 풀 컬러화시킨 발광 장치의 예를 나타내었다. 도 3의 (A)에는 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007, 1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 디바이스의 양극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 디바이스의 음극(1029), 밀봉 기관(1031), 실재(1032) 등을 도시하였다.
- [0183] 또한 도 3의 (A)에서는 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))이 투명한 기재(1033)에 제공되어 있다. 또한 블랙 매트릭스(1035)를 더 제공하여도 좋다. 착색층 및 블랙 매트릭스가 제공된 투명한 기재(1033)는, 위치를 맞추어 기관(1001)에 고정한다. 또한 착색층 및 블랙 매트릭스(1035)는 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 또한 도 3의 (A)에서는 광이 착색층을 투과하지 않고 외부로 나가는 발광층과, 광이 각 색의 착색층을 투과하여 외부로 나가는 발광층이 있고, 착색층을 투과하지 않는 광은 백색이 되고, 착색층을 투과하는 광은 적색, 녹색, 청색이 되기 때문에 4색의 화소로 영상을 표현할 수 있다.
- [0184] 도 3의 (B)에는 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))을 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 형성하는 예를 나타내었다. 이와 같이, 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.
- [0185] 또한 상술한 발광 장치는, FET가 형성된 기관(1001) 측으로 광이 추출되는 구조(보텀 이미션형)의 발광 장치이지만, 밀봉 기관(1031) 측으로 광이 추출되는 구조(탑 이미션형)의 발광 장치이어도 좋다. 탑 이미션형 발광 장치의 단면도를 도 4에 나타내었다. 이 경우, 기관(1001)으로서는 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. FET와 발광 디바이스의 양극을 접속하는 접속 전극을 제작하는 단계까지는 보텀 이미션형 발광 장치와 같은 식으로 형성한다. 그 후, 전극(1022)을 덮어 제 3 층간 절연막(1037)을 형성한다. 이 절연막은 평탄화의 역할을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막과 같은 재료 외에도, 다른 공지의 재료를 사용하여 형성할 수 있다.
- [0186] 여기서 발광 디바이스의 양극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)은 양극이지만, 음극으로서 형성하여도 좋다. 또한 도 4와 같은 탑 이미션형 발광 장치의 경우, 양극을 반사 전극으로 하는 것이 바람직하다. EL층(1028)의 구성은 실시형태 1에서 설명한 EL층(103)과 유사한 구성으로 하고, 백색 발광을 얻을 수 있는 소자 구조로 한다.
- [0187] 도 4와 같은 탑 이미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))을 제공한 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소와 화소 사이에 위치하도록 블랙 매트릭스(1035)를 제공하여도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))이나 블랙 매트릭스는 오버코트층(1036)으로 덮여 있어도 좋다. 또한 밀봉 기관(1031)에는 투광성을 가지는 기관을 사용한다. 또한 여기서는 적색, 녹색, 청색, 백색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 제시하였지

만, 이에 특별히 한정되지 않고, 적색, 황색, 녹색, 청색의 4색이나, 적색, 녹색, 청색의 3색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.

- [0188] 톱 이미션형 발광 장치에서는 마이크로캐비티 구조를 바람직하게 적용할 수 있다. 마이크로캐비티 구조를 가지는 발광 디바이스는 양극을 반사 전극으로 하고, 음극을 반투과·반반사 전극으로 함으로써 얻을 수 있다. 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에는 적어도 EL층을 가지고, 적어도 발광 영역이 되는 발광층을 가진다.
- [0189] 또한 반사 전극은 가시광의 반사율이 40% 내지 100%, 바람직하게는 70% 내지 100%이고, 또한 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막이다. 또한 반투과·반반사 전극은 가시광의 반사율이 20% 내지 80%, 바람직하게는 40% 내지 70%이고, 또한 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$  이하인 막이다.
- [0190] EL층에 포함되는 발광층으로부터 사출되는 발광은 반사 전극과 반투과·반반사 전극에 의하여 반사되어 공진된다.
- [0191] 상기 발광 디바이스에서는, 투명 도전막이나 상술한 복합 재료, 캐리어 수송 재료 등의 두께를 바꿈으로써 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이의 광학적 거리를 변경할 수 있다. 이로써, 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에서, 공진하는 파장의 광을 강하게 하고, 공진하지 않는 파장의 광을 감쇠시킬 수 있다.
- [0192] 또한 반사 전극에 의하여 반사되어 되돌아온 광(제 1 반사광)은 발광층으로부터 반투과·반반사 전극에 직접 입사하는 광(제 1 입사광)과의 큰 간섭을 일으키기 때문에, 반사 전극과 발광층의 광학적 거리를  $(2n-1)\lambda/4$ (다만  $n$ 은 1 이상의 자연수이고,  $\lambda$ 는 증폭하고자 하는 발광의 파장임)로 조절하는 것이 바람직하다. 상기 광학적 거리를 조절함으로써, 제 1 반사광과 제 1 입사광의 위상을 맞추어 발광층으로부터의 발광을 더 증폭시킬 수 있다.
- [0193] 또한 상기 구성에서, EL층은 복수의 발광층을 가지는 구조이어도 좋고, 하나의 발광층을 가지는 구조이어도 좋고, 예를 들어 상술한 탠덤형 발광 디바이스의 구성과 조합하여, 하나의 발광 디바이스에 전하 발생층을 끼우는 복수의 EL층을 제공하고, 각 EL층이 하나 또는 복수의 발광층으로 형성되는 구성으로 하여도 좋다.
- [0194] 마이크로캐비티 구조를 가짐으로써 정면 방향에서의 특정 파장의 발광 강도를 높일 수 있기 때문에, 저소비 전력화를 도모할 수 있다. 또한 적색, 황색, 녹색, 청색의 4색의 부화소로 영상을 표시하는 발광 장치의 경우, 황색 발광에 의하여 휘도를 높이고, 모든 부화소에서 각 색의 파장에 맞춘 마이크로캐비티 구조를 적용할 수 있기 때문에, 특성이 양호한 발광 장치로 할 수 있다.
- [0195] 본 실시형태에서의 발광 장치에는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용하기 때문에, 특성이 양호한 발광 장치를 얻을 수 있다. 구체적으로는, 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 수명이 긴 발광 디바이스이기 때문에, 신뢰성이 양호한 발광 장치로 할 수 있다. 또한 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용한 발광 장치는 발광 효율이 양호하기 때문에, 소비 전력이 작은 발광 장치로 할 수 있다.
- [0196] (실시형태 3)
- [0197] 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 조명 장치로서 사용하는 예에 대하여 도 5의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다. 도 5의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 5의 (A)는 도 5의 (B)의 e-f를 따른 단면도이다.
- [0198] 본 실시형태의 조명 장치에서는, 지지체인 투광성을 가지는 기관(400) 위에 양극(401)이 형성되어 있다. 양극(401)은 실시형태 1의 양극(101)에 상당한다. 양극(401) 측으로부터 발광을 추출하는 경우, 양극(401)을 투광성을 가지는 재료로 형성한다.
- [0199] 음극(404)에 전압을 공급하기 위한 패드(412)가 기관(400) 위에 형성된다.
- [0200] 양극(401) 위에는 EL층(403)이 형성되어 있다. EL층(403)은, 실시형태 1의 EL층(103)의 구성, 또는 발광 유닛(511, 512) 및 전하 발생층(513)을 조합시킨 구성 등에 상당한다. 또한 이들 구성에 대해서는 앞의 기재를 참조하기 바란다.
- [0201] EL층(403)을 덮어 음극(404)을 형성한다. 음극(404)은 실시형태 1의 음극(102)에 상당한다. 발광을 양극(401) 측으로부터 추출하는 경우, 음극(404)은 반사율이 높은 재료로 형성된다. 음극(404)은 패드(412)와 접촉됨으로써 전압이 공급된다.
- [0202] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 양극(401), EL층(403), 및 음극(404)을 가지는 발광 디바

이스를 가진다. 상기 발광 디바이스는 발광 효율이 높은 발광 디바이스이기 때문에, 본 실시형태의 조명 장치를 소비 전력이 낮은 조명 장치로 할 수 있다.

[0203] 상기 구성을 가지는 발광 디바이스가 형성된 기관(400)과 밀봉 기관(407)을 실재(405, 406)를 사용하여 고착하고 밀봉함으로써, 조명 장치가 완성된다. 실재(405) 및 실재(406) 중 어느 한쪽만을 사용하여도 좋다. 또한 내측의 실재(406)(도 5의 (B)에서는 도시하지 않았음)에는 건조제를 섞을 수도 있고, 이로써 수분을 흡착시킬 수 있기 때문에 신뢰성이 향상된다.

[0204] 또한 패드(412)와 양극(401)의 일부를 실재(405, 406) 밖으로 연장시켜 제공함으로써 외부 입력 단자로 할 수 있다. 또한 그 위에 컨버터 등을 탑재한 IC칩(420) 등을 제공하여도 좋다.

[0205] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 EL 소자에 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스가 사용되기 때문에 신뢰성이 양호한 발광 장치로 할 수 있다. 또한 소비 전력이 낮은 발광 장치로 할 수 있다.

[0206] (실시형태 4)

[0207] 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 그 일부에 포함하는 전자 기기의 예에 대하여 설명한다. 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 수명이 양호하고 신뢰성이 양호한 발광 디바이스이다. 따라서 본 실시형태에 기재되는 전자 기기를 신뢰성이 양호한 발광부를 가지는 전자 기기로 할 수 있다.

[0208] 상기 발광 디바이스를 적용한 전자 기기로서는, 예를 들어 텔레비전 장치(텔레비전 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 디지털 액자, 휴대 전화기(휴대 전화, 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 파친코기 등의 대형 게임기 등이 있다. 이들 전자 기기의 구체적인 예를 이하에서 설명한다.

[0209] 도 6의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 나타낸 것이다. 텔레비전 장치는 하우징(7101)에 표시부(7103)가 제공되어 있다. 또한 여기서는 스탠드(7105)에 의하여 하우징(7101)을 지지한 구성을 나타내었다. 표시부(7103)에 영상을 표시할 수 있고, 표시부(7103)는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 매트릭스로 배열하여 구성되어 있다.

[0210] 텔레비전 장치는 하우징(7101)이 가지는 조작 스위치나 별체의 리모트 컨트롤러(7110)로 조작할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)의 조작 키(7109)에 의하여, 채널이나 음량을 조작할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 상기 리모트 컨트롤러(7110)에 제공하는 구성으로 하여도 좋다.

[0211] 또한 텔레비전 장치는 수신기나 모뎀 등을 가지는 구성으로 한다. 수신기에 의하여 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있고, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선 통신 네트워크에 접속함으로써, 단방향(송신자로부터 수신자로) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 간, 또는 수신자들끼리 등)의 정보 통신을 할 수도 있다.

[0212] 도 6의 (B1)에 나타낸 컴퓨터는 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 또한 이 컴퓨터는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 매트릭스로 배열하여 표시부(7203)에 사용함으로써 제작된다. 도 6의 (B1)의 컴퓨터는 도 6의 (B2)와 같은 형태이어도 좋다. 도 6의 (B2)의 컴퓨터에는 키보드(7204) 및 포인팅 디바이스(7206) 대신에 제 2 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제 2 표시부(7210)는 터치 패널식이므로, 제 2 표시부(7210)에 표시된 입력용 표시를 손가락이나 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 할 수 있다. 또한 제 2 표시부(7210)는 입력용 표시뿐만 아니라 기타 화상을 표시할 수도 있다. 또한 표시부(7203)도 터치 패널이어도 좋다. 2개의 화면이 힌지로 연결되어 있으면, 수납하거나 운반할 때에 화면을 손상시키거나 파손시키는 등의 문제 발생도 방지할 수 있다.

[0213] 도 6의 (C)는 휴대 단말기의 일례를 나타낸 것이다. 휴대 전화기는 하우징(7401)에 제공된 표시부(7402) 외에 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크로폰(7406) 등을 가진다. 또한 휴대 전화기(7400)는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 매트릭스로 배열하여 제작한 표시부(7402)를 가진다.

[0214] 도 6의 (C)에 나타낸 휴대 단말기는, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 정보를 입력할 수 있는 구성으로 할 수도 있다. 이 경우, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 전화를 걸거나 메일을 작성하는 등의 조작을 할 수 있다.

[0215] 표시부(7402)의 화면에는 주로 3가지 모드가 있다. 첫 번째 모드는 화상의 표시를 주로 하는 표시 모드이고, 두 번째 모드는 문자 등의 정보의 입력을 주로 하는 입력 모드이다. 세 번째 모드는 표시 모드와 입력 모드의

2가지 모드가 혼합된 표시+입력 모드이다.

- [0216] 예를 들어 전화를 걸거나 메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)의 모드를 문자의 입력을 주로 하는 문자 입력 모드로 하여, 화면에 표시된 문자를 입력하면 좋다. 이 경우, 표시부(7402)의 화면의 대부분에 키보드 또는 번호 버튼이 표시되는 것이 바람직하다.
- [0217] 또한 자이로스코프, 가속도 센서 등 기울기를 검출하는 센서를 가지는 검출 장치를 휴대 단말기 내부에 제공함으로써, 휴대 단말기의 방향(세로인지 가로인지)을 판단하여 표시부(7402)의 화면 표시가 자동적으로 전환되도록 할 수 있다.
- [0218] 또한 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)을 조작함으로써 전환된다. 또한 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 전환되도록 할 수도 있다. 예를 들어 표시부에 표시되는 화상 신호가 동영상의 데이터이면 표시 모드로, 텍스트 데이터이면 입력 모드로 전환된다.
- [0219] 또한 입력 모드에서 표시부(7402)의 광 센서로 검출되는 신호를 검지하고, 표시부(7402)의 터치 조작에 의한 입력이 일정 기간 없는 경우에는, 화면의 모드를 입력 모드로부터 표시 모드로 전환하도록 제어하여도 좋다.
- [0220] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능할 수도 있다. 예를 들어 표시부(7402)를 손바닥이나 손가락으로 터치하여 장문, 지문 등을 촬상함으로써, 본인 인증을 할 수 있다. 또한 표시부에 근적외광을 발하는 백라이트 또는 근적외광을 발하는 센싱용 광원을 사용하면, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다.
- [0221] 또한 본 실시형태에 기재되는 구성은, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 기재된 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0222] 상술한 바와 같이 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 가지는 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓고, 이 발광 장치는 다양한 분야의 전자 기기에 적용될 수 있다. 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용함으로써, 신뢰성이 높은 전자 기기를 얻을 수 있다.
- [0223] 도 7의 (A)는 로봇 청소기의 일례를 나타낸 모식도이다.
- [0224] 로봇 청소기(5100)는 상면에 배치된 디스플레이(5101), 측면에 배치된 복수의 카메라(5102), 브러시(5103), 조작 버튼(5104)을 가진다. 또한 도시되지 않았지만, 로봇 청소기(5100)의 하면에는 바퀴, 흡입구 등이 제공되어 있다. 로봇 청소기(5100)는 그 외에 적외선 센서, 초음파 센서, 가속도 센서, 피에조 센서, 광 센서, 자이로 센서 등의 각종 센서를 가진다. 또한 로봇 청소기(5100)는 무선 통신 수단을 가진다.
- [0225] 로봇 청소기(5100)는 자력으로 움직이고, 쓰레기(5120)를 검지하고, 하면에 제공된 흡입구로부터 쓰레기를 흡인할 수 있다.
- [0226] 또한 로봇 청소기(5100)는 카메라(5102)가 촬영한 화상을 해석하여 벽, 가구, 또는 단차 등의 장애물의 유무를 판단할 수 있다. 또한 화상을 해석함으로써 배선 등 브러시(5103)에 얹히기 쉬운 물체를 검지한 경우에는, 브러시(5103)의 회전을 멈출 수 있다.
- [0227] 디스플레이(5101)에는 배터리 잔량이나 흡인한 쓰레기의 양 등을 표시할 수 있다. 로봇 청소기(5100)가 주행한 경로를 디스플레이(5101)에 표시하여도 좋다. 또한 디스플레이(5101)를 터치 패널로 하고, 조작 버튼(5104)을 디스플레이(5101)에 제공하여도 좋다.
- [0228] 로봇 청소기(5100)는 스마트폰 등의 휴대 전자 기기(5140)와 통신할 수 있다. 카메라(5102)가 촬영한 화상을 휴대 전자 기기(5140)에 표시할 수 있다. 그러므로 로봇 청소기(5100)의 소유자는 밖에 있어도 방의 상황을 알 수 있다. 또한 디스플레이(5101)의 표시를 스마트폰 등의 휴대 전자 기기로 확인할 수도 있다.
- [0229] 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 디스플레이(5101)에 사용할 수 있다.
- [0230] 도 7의 (B)에 나타낸 로봇(2100)은 연산 장치(2110), 조도 센서(2101), 마이크로폰(2102), 상부 카메라(2103), 스피커(2104), 디스플레이(2105), 하부 카메라(2106), 장애물 센서(2107), 및 이동 기구(2108)를 가진다.
- [0231] 마이크로폰(2102)은 사용자의 목소리 및 환경음 등을 검지하는 기능을 가진다. 또한 스피커(2104)는 음성을 출력하는 기능을 가진다. 로봇(2100)은 마이크로폰(2102) 및 스피커(2104)를 사용하여 사용자와 의사소통을 할 수 있다.
- [0232] 디스플레이(2105)는 각종 정보를 표시하는 기능을 가진다. 로봇(2100)은 사용자가 원하는 정보를 디스플레이(2105)에 표시할 수 있다. 디스플레이(2105)에는 터치 패널을 탑재하여도 좋다. 또한 디스플레이(2105)는 탈

착 가능한 정보 단말기이어도 좋고, 로봇(2100)의 정위치에 설치되면 충전 및 데이터의 수수를 할 수 있다.

- [0233] 상부 카메라(2103) 및 하부 카메라(2106)는 로봇(2100)의 주위를 촬상하는 기능을 가진다. 또한 장애물 센서(2107)는, 이동 기구(2108)를 사용하여 로봇(2100)이 앞으로 가는 진행 방향에서의 장애물의 유무를 감지할 수 있다. 로봇(2100)은 상부 카메라(2103), 하부 카메라(2106), 및 장애물 센서(2107)를 사용하여 주위의 환경을 인식함으로써 안전하게 이동할 수 있다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 디스플레이(2105)에 사용할 수 있다.
- [0234] 도 7의 (C)는 고글형 디스플레이의 일례를 나타낸 도면이다. 고글형 디스플레이는 예를 들어 하우스(5000), 표시부(5001), 스피커(5003), LED 램프(5004), 접속 단자(5006), 센서(5007)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각 속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 포함하는 것), 마이크로폰(5008), 표시부(5002), 지지부(5012), 이어폰(5013) 등을 가진다.
- [0235] 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 표시부(5001) 및 제 2 표시부(5002)에 사용할 수 있다.
- [0236] 도 8은 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 조명 장치인 전기 스탠드에 사용한 예를 나타낸 것이다. 도 8에 나타낸 전기 스탠드는 하우스(2001)과 광원(2002)을 가지고, 광원(2002)에는 실시형태 2에 기재된 조명 장치를 사용하여도 좋다.
- [0237] 도 9는 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 실내의 조명 장치(3001)로서 사용한 예를 나타낸 것이다. 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 신뢰성이 높은 발광 디바이스이기 때문에, 신뢰성이 높은 조명 장치로 할 수 있다. 또한 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 대면적화가 가능하므로, 대면적의 조명 장치로서 사용할 수 있다. 또한 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 얇기 때문에, 박형화된 조명 장치로서 사용할 수 있다.
- [0238] 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 자동차의 앞유리나 대시 보드(dashboard)에도 탑재될 수 있다. 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 자동차의 앞유리나 대시 보드에 사용하는 일 형태를 도 10에 나타내었다. 표시 영역(5200) 내지 표시 영역(5203)은 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스를 사용하여 제공된 것이다.
- [0239] 표시 영역(5200)과 표시 영역(5201)은 자동차의 앞유리에 제공되고, 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스가 탑재된 표시 장치이다. 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스는 양극과 음극을 투광성을 가지는 전극으로 제작함으로써, 반대편이 비쳐 보이는 소위 시스루 상태의 표시 장치로 할 수 있다. 시스루 상태의 표시이면, 자동차의 앞유리에 설치하여도 시야를 가리지 않고 설치할 수 있다. 또한 구동을 위한 트랜지스터 등을 제공하는 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터나, 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투광성을 가지는 트랜지스터를 사용하면 좋다.
- [0240] 표시 영역(5202)은 필러 부분에 제공되고, 실시형태 1에 기재된 발광 디바이스가 탑재된 표시 장치이다. 표시 영역(5202)은 차체에 제공된 촬상 수단으로부터의 영상을 표시함으로써, 필러로 가려진 시야를 보완할 수 있다. 또한 마찬가지로 대시 보드 부분에 제공된 표시 영역(5203)은 차체로 가려진 시야를, 자동차의 외측에 제공된 촬상 수단으로부터의 영상을 표시함으로써 사각을 보완하여 안전성을 높일 수 있다. 보이지 않는 부분을 보완하도록 영상을 표시함으로써, 더 자연스럽고 위화감 없이 안전을 확인할 수 있다.
- [0241] 표시 영역(5203)은 내비게이션 정보, 속도계나 회전계, 주행 거리, 연료계, 기어 상태, 에어컨디셔너의 설정 등을 표시함으로써 다양한 정보를 제공할 수 있다. 표시 항목이나 레이아웃은 사용자의 취향에 맞추어 적절히 변경할 수 있다. 또한 이들 정보는 표시 영역(5200) 내지 표시 영역(5202)에도 표시할 수 있다. 또한 표시 영역(5200) 내지 표시 영역(5203)을 조명 장치로서 사용할 수도 있다.
- [0242] 또한 도 11의 (A) 내지 (C)에 접을 수 있는 휴대 정보 단말기(9310)를 나타내었다. 도 11의 (A)는 펼친 상태의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 도 11의 (B)는 펼친 상태 및 접은 상태 중 한쪽으로부터 다른 쪽으로 변화하는 도중의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 도 11의 (C)는 접은 상태의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말기(9310)는 접은 상태에서는 가반성(可搬性)이 우수하고, 펼친 상태에서는 이음매가 없는 넓은 표시 영역을 가지므로 표시의 일람성이 높다.
- [0243] 표시 패널(9311)은 힌지(9313)로 연결된 3개의 하우스(9315)에 의하여 지지되어 있다. 또한 표시 패널(9311)은 터치 센서(입력 장치)가 탑재된 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다. 또한 표시 패널(9311)은 힌지(9313)를 이용하여 2개의 하우스(9315) 사이를 굴곡시킴으로써, 휴대 정보 단말기(9310)를 펼친 상태에서부터 접은 상태로 가역적으로 변형시킬 수 있다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 표시 패널(9311)에 사용할 수 있다.

[0244] 또한 도 12의 (A), (B)에 접을 수 있는 휴대 정보 단말기(5150)를 나타내었다. 접을 수 있는 휴대 정보 단말기(5150)는 하우징(5151), 표시 영역(5152), 및 굴곡부(5153)를 가진다. 도 12의 (A)는 펼친 상태의 휴대 정보 단말기(5150)를 나타낸 것이다. 도 12의 (B)는 접은 상태의 휴대 정보 단말기를 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말기(5150)는 큰 표시 영역(5152)을 가짐에도 불구하고, 접으면 작고 가반성이 우수하다.

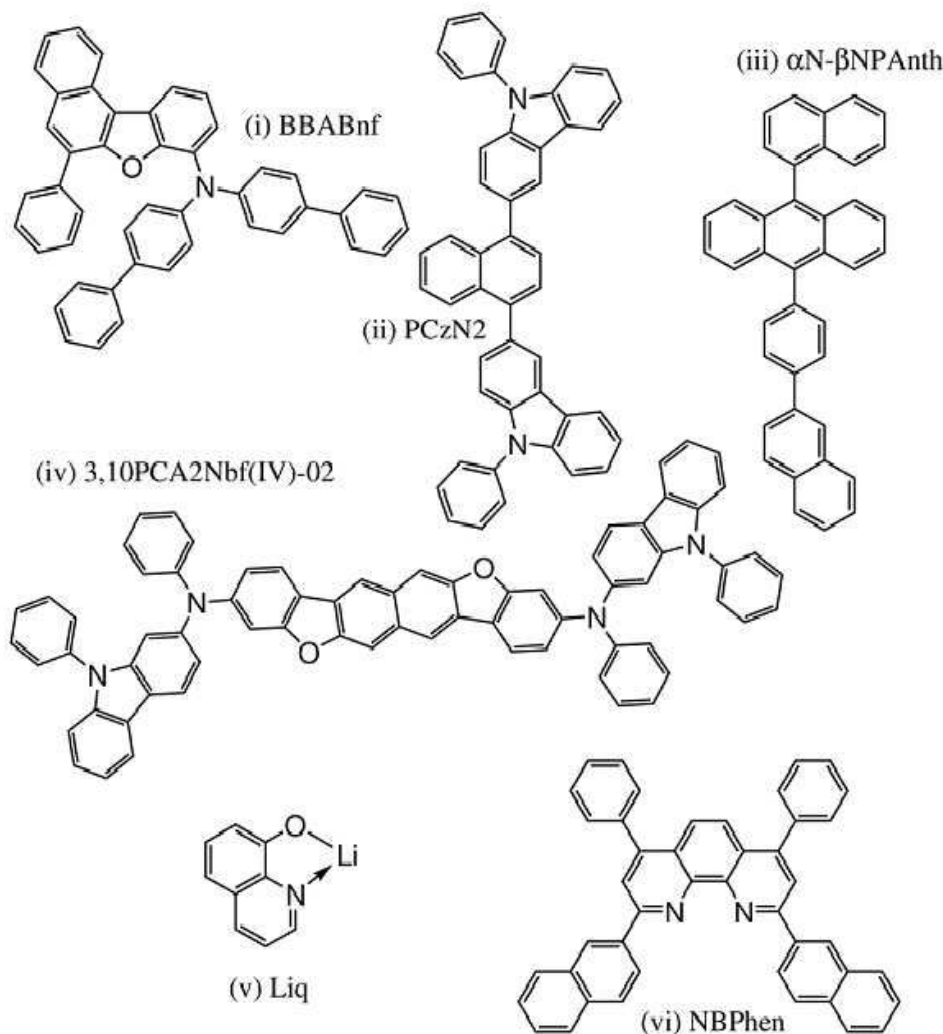
[0245] 표시 영역(5152)은 굴곡부(5153)에 의하여 반으로 접을 수 있다. 굴곡부(5153)는 신축 가능한 부재와 복수의 지지 부재로 구성되어 있고, 접을 때는 신축 가능한 부재가 신장하고, 굴곡부(5153)는 2mm 이상, 바람직하게는 3mm 이상의 곡률 반경을 가지도록 접힌다.

[0246] 또한 표시 영역(5152)은 터치 센서(입력 장치)가 탑재된 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 표시 영역(5152)에 사용할 수 있다.

[0247] (실시에 1)

[0248] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 2와, 비교용 발광 디바이스인 비교 발광 디바이스 1의 제작 방법에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 재료의 구조식을 이하에 나타내었다.

[0249] [화학식 3]



[0250]

[0251] <<발광 디바이스 1의 제작 방법>>

[0252] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 성막하여 양극(101)을 형성하였다. 또한 그 막 두께는 70nm로 하고, 전극 면적은  $4\text{mm}^2 (2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.

[0253] 다음으로 기판 위에 발광 디바이스를 형성하기 위한 전처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동

안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0254] 그 후, 약  $10^{-4}$  Pa까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0255] 다음으로 양극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록 양극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 양극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf)과 전자 억셉터 재료(0CHD-001)를 질량비 1:0.1(=BBABnf:0CHD-001)로 두께 10nm가 되도록 공증착하여 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0256] 다음으로 정공 주입층(111) 위에 제 1 정공 수송층(112-1)으로서 BBABnf를 두께 20nm가 되도록 증착한 후, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCzN2)을 두께 10nm가 되도록 증착하여 정공 수송층(112)을 형성하였다. 또한 제 2 정공 수송층(112-2)은 전자 블로킹층으로서도 기능한다.

[0257] 이어서, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭: αN-βNPAnth)과, (iv)로 나타내어지는 3,10-비스[N-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)을 질량비 1:0.015(=αN-βNPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)로 두께 25nm가 되도록 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0258] 그 후, 발광층(113) 위에 OCET010과 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬(약칭: Liq)을 질량비 1:2(=OCET010:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착한 후, 질량비 2:1(=OCET010:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착하여 전자 수송층(114)을 형성하였다. 또한 OCET010은 전자 수송성을 가지는 유기 화합물이다.

[0259] 전자 수송층(114)을 형성한 후에, Liq를 막 두께 1nm가 되도록 증착하여 전자 주입층(115)을 형성한 후, 음극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm가 되도록 증착하여 본 실시예의 발광 디바이스 1을 제작하였다.

[0260] <<발광 디바이스 2의 제작 방법>>

[0261] 발광 디바이스 2는 발광 디바이스 1에서의 OCET010을 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 2,9-다이(2-나프틸)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBPhen)으로 바꾼 것 외에는 발광 디바이스 1과 마찬가지로 제작하였다.

[0262] <<비교 발광 디바이스 1의 제작 방법>>

[0263] 비교 발광 디바이스 1은 발광 디바이스 1에서의 OCET010을 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 αN-βNPAnth로 바꾼 것 외에는 발광 디바이스 1과 마찬가지로 제작하였다.

[0264] 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 소자 구조를 이하의 표에 정리하였다.

[0265] [표 1]

|                 | 정공<br>주입층                      | 정공<br>수송층 |       | 발광층                                            | 전자<br>수송층      |             | 전자<br>주입층 |
|-----------------|--------------------------------|-----------|-------|------------------------------------------------|----------------|-------------|-----------|
|                 |                                | 1         | 2     |                                                | 1              | 2           |           |
|                 | 10nm                           | 20nm      | 10nm  | 25nm                                           | 12.5nm         | 12.5nm      | 1nm       |
| 발광<br>디바이스 1    | BBABnf<br>:0CHD-001<br>(1:0.1) | BBABnf    | PCzN2 | αN-βNPAnth<br>:3,10PCA2Nbf(IV)-02<br>(1:0.015) | OCET010:Liq    |             | Liq       |
| 발광<br>디바이스 2    |                                |           |       |                                                | (1:2)          | (2:1)       |           |
| 비교 발광<br>디바이스 1 |                                |           |       |                                                | NBPhen:Liq     | (1:2) (2:1) |           |
|                 |                                |           |       |                                                | αN-βNPAnth:Liq | (1:2) (2:1) |           |

[0266]

[0267] 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 이들 발광 디바이스를 유리 기판으로 밀봉하는 작업(실재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서 1시간 동안의 열처리)을 수행한 후, 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0268] 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전류 밀도 특성을 도 13에, 전류 효율-휘

도 특성을 도 14에, 휘도-전압 특성을 도 15에, 전류-전압 특성을 도 16에, 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 17에, 발광 스펙트럼을 도 18에 나타내었다. 또한 발광 디바이스 1, 발광 디바이스 2, 및 비교 발광 디바이스 1의  $1000\text{cd/m}^2$  부근에서의 주요한 특성을 표 2에 나타내었다.

[표 2]

|              | 전압 (V) | 전류 (mA) | 전류 밀도 ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) | 색도 x | 색도 y | 전류 효율 ( $\text{cd}/\text{A}$ ) | 외부 양자 효율 (%) |
|--------------|--------|---------|-----------------------------------|------|------|--------------------------------|--------------|
| 발광 디바이스 1    | 4.2    | 0.37    | 9.3                               | 0.14 | 0.10 | 9.1                            | 10.3         |
| 발광 디바이스 2    | 4.2    | 0.41    | 10.4                              | 0.14 | 0.10 | 10.3                           | 11.9         |
| 비교 발광 디바이스 1 | 4.2    | 0.36    | 8.9                               | 0.14 | 0.10 | 10.8                           | 12.5         |

도 13 내지 도 18 및 표 2로부터, 3개의 발광 디바이스 모두가 초기 특성이 양호한 청색 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

또한 전류 밀도  $50\text{mA}/\text{cm}^2$ 에서의 구동 시간에 대한 휘도의 변화를 나타낸 그래프를 도 19에 나타내었다. 도 19에서 알 수 있듯이, 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 1 및 발광 디바이스 2는 비교 발광 디바이스 1과 비교하여 수명이 양호한 발광 디바이스이다. 특히 발광 디바이스 1은 구동 초기에 휘도가 상승하므로 수명이 더 길어진다. 또한 발광 디바이스 2는 장기 열화의 기울기가 작으므로 장기간 구동에 강하다.

여기서 각 디바이스에서의 전자 수송층에 사용한 재료의 포토루미네선스 특성을 조사한 결과를 나타낸다. 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조의 FS920) 또는 형광 광도계(JASCO Corporation 제조의 FP-8600)를 사용하였다. 도 20에, 발광 디바이스 1에 사용한 OCET010막, Liq막, 및 OCET010과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 21에, 발광 디바이스 2에 사용한 NBPhen막, Liq막, 및 NBPhen과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 22에, 비교 발광 디바이스 1에 사용한  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnt}$ 막, Liq막, 및  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnt}$ 와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내었다.

도 20으로부터, OCET010과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼은 OCET010막, Liq막의 발광 스펙트럼과 비교하여 장파장 측으로 크게 시프트하므로 OCET010과 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다. 마찬가지로 도 21로부터, NBPhen과 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다. 한편, 도 22에서는  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAnt}$ 와 Liq의 혼합막의 스펙트럼이 장파장 측에서 약간 넓어져 있지만 Liq의 스펙트럼과 거의 같기 때문에 들뜬 복합체는 형성되지 않은 것으로 생각된다.

또한 들뜬 복합체는 2개의 물질의 분자 궤도가 상호 작용함으로써 하나의 들뜬 복합체를 형성하지만, 상기 들뜬 복합체는 2개의 물질의 준위 중 얇은 쪽인 HOMO 준위와 깊은 쪽인 LUMO 준위의 차에 상당하는 파장에 피크를 가지는 발광을 나타낸다.

HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 바탕으로 산출할 수 있다.

측정 장치로서는 전기 화학 애널라이저(BAS Inc. 제조, 형식 번호: ALS 모델 600A 또는 600C)를 사용하였다. CV 측정에서의 용액은, 용매로서 탈수 다이메틸폼아마이드(DMF)(Sigma-Aldrich Inc. 제조, 99.8%, 카탈로그 번호; 22705-6)를 사용하여, 지지 전해질인 과염소산 테트라-n-뷰틸암모늄( $\text{n-Bu}_4\text{NClO}_4$ )(Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 제조, 카탈로그 번호; T0836)을  $100\text{mmol/L}$ 의 농도가 되도록 용해시키고, 측정 대상을  $2\text{mmol/L}$ 의 농도가 되도록 용해시켜 조제하였다. 또한 작용 전극으로서 백금 전극(BAS Inc. 제조, PTE 백금 전극)을, 보조 전극으로서 백금 전극(BAS Inc. 제조, VC-3용 Pt 카운터 전극( $5\text{cm}$ ))을, 참조 전극으로서  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극(BAS Inc. 제조, RE7 비수 용매계 참조 전극)을 각각 사용하였다. 또한 측정은 실온( $20^\circ\text{C}$  내지  $25^\circ\text{C}$ )에서 수행하였다. 또한 CV 측정 시의 스캔 속도는  $0.1\text{V}/\text{sec}$ 로 통일하고, 참조 전극에 대한 산화 전위  $E_a[\text{V}]$  및 환원 전위  $E_c[\text{V}]$ 를 측정하였다.  $E_a$ 는 산화-환원파의 중간 전위로 하고,  $E_c$ 는 환원-산화파의 중간 전위로 하였다. 여기서 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 퍼텐셜 에너지는  $-4.94[\text{eV}]$ 인 것으로 파악되기 때문에,  $\text{HOMO}$  준위  $[\text{eV}]=-4.94-E_a$ ,  $\text{LUMO}$  준위  $[\text{eV}]=-4.94-E_c$ 라는 식으로부터  $\text{HOMO}$  준위 및  $\text{LUMO}$  준위를 각각 산출할 수 있다( $E_a$  및  $E_c$ 는 각각 일전자 산화 및 일전자 환원의 전위이기 때문에 전위의 값을 그대로 전자 볼트로 환산하여 계산할 수 있음).

도 33에 OCET010의 산화-환원파를 나타내었다. OCET010의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는  $0.936\text{V}$ 에

관측되고, 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 0.822V에 관측되었다. 그러므로  $E_a$ 가 0.88V임을 산출할 수 있고, OCET010의 HOMO 준위가 -5.82eV임을 산출할 수 있었다.

[0279] 마찬가지로 도 34에 OCET010의 환원-산화파를 나타내었다. OCET010의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 -2.113V에 관측되고, 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 -2.029V에 관측되었다. 그러므로  $E_c$ 가 -2.07V임을 산출할 수 있고, OCET010의 LUMO 준위가 -2.87eV임을 산출할 수 있었다.

[0280] 도 35에 NBPhen의 산화-환원파를 나타내었다. NBPhen의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 약 1.3V 부근에 넓은 솔더 피크로서 관측되었다. 한편, 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 관측되지 않았기 때문에  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차는 0.1V 정도인 것으로 가정하였다(전자 이동이 충분히 빠른 이상적인 확산계에서는  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차가 60mV보다 약간 작은 것이 알려져 있기 때문임). 즉, 여기서는 NBPhen의 산화-환원파에서의  $E_{pc}$ 를 1.2V로 하였다. 따라서 NBPhen의  $E_a$ 가 1.25V임을 산출할 수 있고,  $E_{pa}$ 의 넓은 피크와 상기 가정으로부터 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로서 계산하여야 하기 때문에 NBPhen의 HOMO 준위는 약 -6.2eV로 산출된다.

[0281] 마찬가지로 도 36에 NBPhen의 환원-산화파를 나타내었다. NBPhen의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 -2.166V에 관측되고, 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 -2.062V에 관측되었다. 그러므로  $E_c$ 가 -2.12V임을 산출할 수 있고, NBPhen의 LUMO 준위가 -2.83eV임을 산출할 수 있었다.

[0282] 도 37에 Liq의 산화-환원파를 나타내었다. 여기서 Liq의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 0.77eV 부근에 솔더 피크로서 관측되었다. 한편, 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 관측되지 않았기 때문에  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차는 0.1V 정도인 것으로 가정하였다(전자 이동이 충분히 빠른 이상적인 확산계에서는  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차가 60mV보다 약간 작은 것이 알려져 있기 때문임). 즉, 여기서는 Liq의 산화-환원파에서의  $E_{pc}$ 를 0.67V로 하였다. 따라서 Liq의  $E_a$ 가 0.72eV임을 산출할 수 있고, 상기 가정으로부터 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로서 계산하여야 하기 때문에 Liq의 HOMO 준위는 약 -5.7eV로 산출된다.

[0283] 마찬가지로 도 38에 Liq의 환원-산화파를 나타내었다. 또한 도 38의 (B)는 도 38의 (A)에서의 -1.7V 내지 -2.8V의 범위를 확대하여 나타낸 그래프이다. 여기서 Liq의 환원 산화파에서의 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 -2.29V 부근에 솔더 피크로서 관측되었다. 한편, 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 관측되지 않았기 때문에  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차는 0.1V 정도인 것으로 가정하였다(전자 이동이 충분히 빠른 이상적인 확산계에서는  $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 차가 60mV보다 약간 작은 것이 알려져 있기 때문임). 즉, 여기서는 Liq의 환원 산화파에서의  $E_{pc}$ 를 -2.19V로 가정하였다. 따라서 Liq의  $E_c$ 가 -2.24eV임을 산출할 수 있고, 상기 가정으로부터 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로서 계산하여야 하기 때문에 Liq의 LUMO 준위는 -2.7eV로 산출된다.

[0284] 표 3에, 상기와 같이 산출한, 발광 디바이스 1 및 발광 디바이스 2의 전자 수송층에 사용된 전자 수송성을 가지는 유기 화합물인 OCET010 및 NBPhen의 HOMO 준위와 LUMO 준위, 상기 2개의 재료의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Liq의 HOMO 준위의 차( $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ ), Liq와의 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장( $\lambda_{PEX}$ ), 상기 피크 파장을 에너지로 환산한 값( $E_{EX}$ ),  $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ 에서  $E_{EX}$ 를 뺀 값( $\Delta E_{HL}-E_{EX}$ )을 나타내었다. 상기와 같이, Liq의 HOMO 준위의 유효 숫자가 소수점 첫째 자리까지이기 때문에  $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ ,  $\Delta E_{HL}-E_{EX}$  모두에서 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 하였다.

[0285] [표 3]

|         | HOMO<br>(eV) | LUMO<br>(eV) | $\Delta E_{LUMO-HOMO}$<br>(eV) | $\lambda_{PEX}$<br>(nm) | $E_{EX}$<br>(eV) | $\Delta E_{HL}-E_{EX}$<br>(eV) |
|---------|--------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|
| OCET010 | -5.82        | -2.87        | 2.8                            | 560                     | 2.21             | 0.6                            |
| NBPhen  | -6.2         | -2.83        | 2.9                            | 621                     | 2.00             | 0.9                            |

\*Liq의 HOMO=-5.7eV, LUMO=-2.7eV

[0286]

[0287] 도 20, 도 21에서 알 수 있듯이, 발광 디바이스 1 및 발광 디바이스 2의 전자 수송층에서 OCET010 및 NBPhen과, 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것으로 생각된다(또한 혼합막의 흡수 스펙트럼에는 혼합됨으로써 발생한 새로운 흡수 피크가 관측되지 않았기 때문에 들뜬 복합체라고 특정할 수 있음). 상술한 바와 같이, 통상적으로는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 OCET010의 LUMO 준위의 차, 또는 Liq의 HOMO 준위와 NBPhen의 LUMO 준위의 차에 가까운 값이 되지만 표 3과 같이 본 출원의 발광 디바이스에서  $\Delta E_{HL}-E_{EX}$ 는 각각 0.6eV, 0.9eV로 큰 값을 나타내었다. 본 발명의

일 형태의 발광 디바이스는 이와 같이  $\Delta E_{HL}-E_{ex}$ 가 0.5eV 이상이 되는 발광 디바이스이고, 상기 발광 디바이스의 전자 수송층에서 형성된 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 OCET010 또는 NBPhen의 LUMO 준위의 차보다 0.5eV 이상 작은 값인 것을 알 수 있었다.

[0288] 또한 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상인 발광 디바이스 2는 570nm 이하인 발광 디바이스 1과 비교하여 장기 열화의 기울기가 더 작았다. 또한 발광 디바이스 2는 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 610nm 이상이고 발광 효율이 더 양호한 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

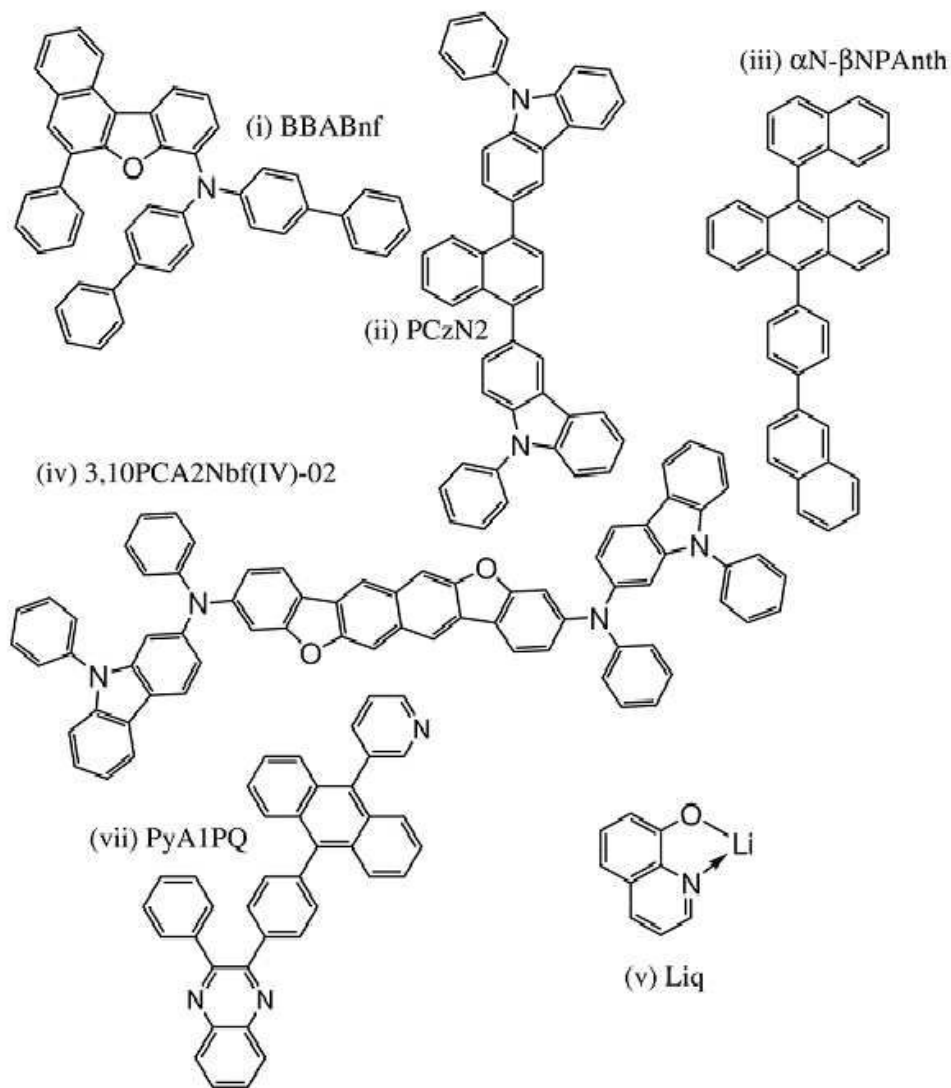
[0289] 이어서 발광 디바이스 2에서 전자 수송층(114)에 사용한 NBPhen과 Liq를 혼합한 막을 ToF-SIMS(Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry)로 분석한 결과의 일부를 도 23에 나타내었다. 도 23은 ToF-SIMS 분석에서의 양이온(positive ion)의  $m/z$ 가 730 내지 760의 범위에 있는 결과를 나타낸 것이다. 도면을 보면  $m/z=740$ 에서 이온이 검출되었지만 이 이온은 NBPhen의 분자량+Liq의 분자량+Li의 원자량-2의 이온에 상당한다. 이는 본 발명의 발광 디바이스에서의 전자 수송층의 구성을 가지는 재료를 측정한 경우에 얻어지는 특징적인 결과이다.

[0290] 전자 수송성을 가지는 유기 화합물과 알칼리 금속의 유기 화합물을 포함하는 전자 수송층을 가지는 발광 디바이스에서, 전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 분자량이  $M_E$ 이고, 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 분자량이  $M_{ACom}$ 이고, 알칼리 금속의 분자량이  $M_A$ 인 경우, 질량 분석법에서 상기 전자 수송층 또는 전자 수송층과 동등한 막을 측정하였을 때 질량 전하비  $m/z=M_E+M_{ACom}+M_A-2$ 에서 양이온이 검출되며 상기  $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ (전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 HOMO 준위의 차)가 2.9eV 이하인 발광 디바이스는 상술한 발광 디바이스 1 및 발광 디바이스 2와 같이 수명이 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다. 또한 비교 발광 디바이스 1의 전자 수송층에는  $\alpha N-\beta NPAnth$ 와 Liq의 혼합막을 사용하였지만,  $\alpha N-\beta NPAnth$ 와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막은 들뜬 복합체를 형성하지 않은 것뿐만 아니라  $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ 도 3.0eV이다.

[0291] (실시예 2)

[0292] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 3의 제작 방법에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 재료의 구조식을 이하에 나타내었다.

[0293] [화학식 4]



[0294]

[0295] <<발광 디바이스 3의 제작 방법>>

[0296] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 성막하여 양극 (101)을 형성하였다. 또한 그 막 두께는 70nm로 하고, 전극 면적은  $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )로 하였다.

[0297] 다음으로 기판 위에 발광 디바이스를 형성하기 위한 전처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0298] 그 후, 약  $10^{-4}$ Pa까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0299] 다음으로 양극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록 양극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 양극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf)과 전자 억제제 재료(OCHD-001)를 질량비 1:0.1(=BBABnf:OCHD-001)로 두께 10nm가 되도록 공증착하여 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0300] 다음으로 정공 주입층(111) 위에 제 1 정공 수송층(112-1)으로서 BBABnf를 두께 20nm가 되도록 증착한 후, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCzN2)을 두께 10nm가 되도록 증착하여 정공 수송층(112)을 형성하였다. 또한 제 2 정공 수송층(112-2)은 전자 블로킹층으로서도 기능한다.

[0301] 이어서, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭: αN-βNPAnth

h)과, (iv)로 나타내어지는 3,10-비스[N-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)을 질량비 1:0.015(=  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)로 두께 25nm가 되도록 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0302] 그 후, 발광층(113) 위에 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 2-페닐-3-[10-(3-피리딜)-9-안트릴]페닐퀴녹살린(약칭: PyA1PQ)과, 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬(약칭: Liq)을 질량비 1:2(=PyA1PQ:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착한 후, 질량비 2:1(=PyA1PQ:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0303] 전자 수송층(114)을 형성한 후에, Liq를 막 두께 1nm가 되도록 증착하여 전자 주입층(115)을 형성한 후, 음극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm가 되도록 증착하여 본 실시예의 발광 디바이스 3을 제작하였다.

[0304] 발광 디바이스 3의 소자 구조를 이하의 표에 정리하였다.

[0305] [표 4]

|              | 정공<br>주입층                      | 정공<br>수송층 |       | 발광층                                                            | 전자<br>수송층  |        | 전자<br>주입층 |
|--------------|--------------------------------|-----------|-------|----------------------------------------------------------------|------------|--------|-----------|
|              |                                | 1         | 2     |                                                                | 1          | 2      |           |
|              | 10nm                           | 20nm      | 10nm  | 25nm                                                           | 12.5nm     | 12.5nm | 1nm       |
| 발광<br>디바이스 3 | BBABnf<br>:OCHD-001<br>(1:0.1) | BBABnf    | PCzN2 | $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth<br>:3,10PCA2Nbf(IV)-02<br>(1:0.015) | PyA1PQ:Liq |        | Liq       |
|              |                                |           |       |                                                                | (1:2)      | (2:1)  |           |

[0306]

[0307] 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 이 발광 디바이스를 유리 기판으로 밀봉하는 작업(실재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서 1시간 동안의 열처리)을 수행한 후, 발광 디바이스 3의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0308] 발광 디바이스 3의 휘도-전류 밀도 특성을 도 24에, 전류 효율-휘도 특성을 도 25에, 휘도-전압 특성을 도 26에, 전류-전압 특성을 도 27에, 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 28에, 발광 스펙트럼을 도 29에 나타내었다. 또한 발광 디바이스 3의 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 주요한 특성을 표 5에 나타내었다.

[0309] [표 5]

|           | 전압<br>(V) | 전류<br>(mA) | 전류 밀도<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 색도 x | 색도 y | 전류 효율<br>(cd/A) | 외부 양자<br>효율(%) |
|-----------|-----------|------------|--------------------------------|------|------|-----------------|----------------|
| 발광 디바이스 3 | 4.6       | 0.38       | 9.5                            | 0.14 | 0.11 | 9.5             | 10.6           |

[0310]

[0311] 도 24 내지 도 29 및 표 5로부터, 발광 디바이스 3은 초기 특성이 양호한 청색 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

[0312] 또한 전류 밀도 50mA/cm<sup>2</sup>에서의 구동 시간에 대한 휘도의 변화를 나타낸 그래프를 도 30에 나타내었다. 도 30에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 3은 구동 초기에 휘도가 상승하므로 초기 열화가 억제되고, 이에 더하여 장기 열화의 기울기가 작으므로 수명이 매우 길어진다.

[0313] 여기서 발광 디바이스 3의 전자 수송층에 사용한 재료의 포토루미네선스 특성을 조사한 결과를 나타낸다. 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조의 FS920)를 사용하였다. 도 31은 발광 디바이스 3에 사용한 PyA1PQ막, Liq막, 및 PyA1PQ와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

[0314] 도 31로부터, PyA1PQ와 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼은 PyA1PQ막, Liq막의 발광 스펙트럼과 비교하여 장파장 측으로 크게 시프트하기 때문에 PyA1PQ와 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다.

[0315] 또한 들뜬 복합체는 2개의 물질의 분자 궤도가 상호 작용함으로써 하나의 들뜬 복합체를 형성하지만, 상기 들뜬 복합체는 2개의 물질의 준위 중 낮은 쪽인 HOMO 준위와 깊은 쪽인 LUMO 준위의 차에 상당하는 파장에 피크를 가지는 발광을 나타낸다.

[0316] 표 6에, 각 발광 디바이스 3의 전자 수송층에 사용된 전자 수송성을 가지는 유기 화합물인 PyA1PQ의 HOMO 준위

와 LUMO 준위, PyA1PQ의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Liq의 HOMO 준위의 차( $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ), Liq와 의 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장( $\lambda_{\text{PEX}}$ ), 상기 피크 파장을 에너지로 환산한 값( $E_{\text{EX}}$ ),  $\Delta E_{\text{HOMO-LUMO}}$ 에서  $E_{\text{EX}}$ 를 뺀 값( $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ )을 나타내었다. HOMO 준위 및 LUMO 준위의 측정 방법 및 계산 방법에 대해서는 실시예 1에 기재하였기 때문에 설명을 생략한다. 실시예 1의 기재를 참고하기 바란다. Liq의 HOMO 준위의 유효 숫자가 소수점 첫째 자리까지이기 때문에  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ,  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$  모두에서 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 한 점도 실시예 1과 마찬가지로이다.

[0317] 또한 도 39에 PyA1PQ의 산화-환원파를 나타내었다. PyA1PQ의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위( $E_{\text{pa}}$ )는 1.045V에 관측되고, 환원 피크 전위( $E_{\text{pc}}$ )는 0.885V에 관측되었다. 그러므로  $E_a$ 가 0.97V임을 산출할 수 있고, PyA1PQ의 HOMO 준위가 -5.91eV임을 산출할 수 있었다.

[0318] 마찬가지로 도 40에 PyA1PQ의 환원-산화파를 나타내었다. PyA1PQ의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위( $E_{\text{pc}}$ )는 -1.984V에 관측되고, 산화 피크 전위( $E_{\text{pa}}$ )는 -1.904V에 관측되었다. 그러므로  $E_c$ 가 -1.94V임을 산출할 수 있고, PyA1PQ의 LUMO 준위가 -3.00eV임을 산출할 수 있었다.

[0319] [표 6]

|        | HOMO<br>(eV) | LUMO<br>(eV) | $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$<br>(eV) | $\lambda_{\text{PEX}}$<br>(nm) | $E_{\text{EX}}$<br>(eV) | $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$<br>(eV) |
|--------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| PyA1PQ | -5.91        | -3.00        | 2.7                                   | 588                            | 2.11                    | 0.6                                          |

\*Liq의 HOMO=-5.7eV, LUMO=-2.7eV

[0320]

[0321] 도 31에서 알 수 있듯이, 발광 디바이스 3의 전자 수송층에서 PyA1PQ와 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것으로 생각된다(또한 혼합막의 흡수 스펙트럼에는 혼합됨으로써 발생한 새로운 흡수 피크가 관측되지 않았기 때문에 들뜬 복합체라고 특정할 수 있음). 상술한 바와 같이, 통상적으로는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 PyA1PQ의 LUMO 준위의 차에 가까운 값이 되지만 표 6과 같이 발광 디바이스 3에서  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 는 0.6eV로 큰 값을 나타내었다. 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 이와 같이  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 가 0.5eV 이상이 되는 발광 디바이스이고, 상기 발광 디바이스의 전자 수송층에서 형성된 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 PyA1PQ의 LUMO 준위의 차보다 0.5eV 이상 작은 값을 알 수 있었다.

[0322] 또한 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상인 발광 디바이스 3은 장기 열화의 기율기가 작았다. 또한 발광 디바이스 3은 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장이 570nm 이상 610nm 미만이고, 구동 초기의 휘도 상승과 작은 장기 열화의 기율기를 겸비한, 수명이 매우 양호한 발광 디바이스이다.

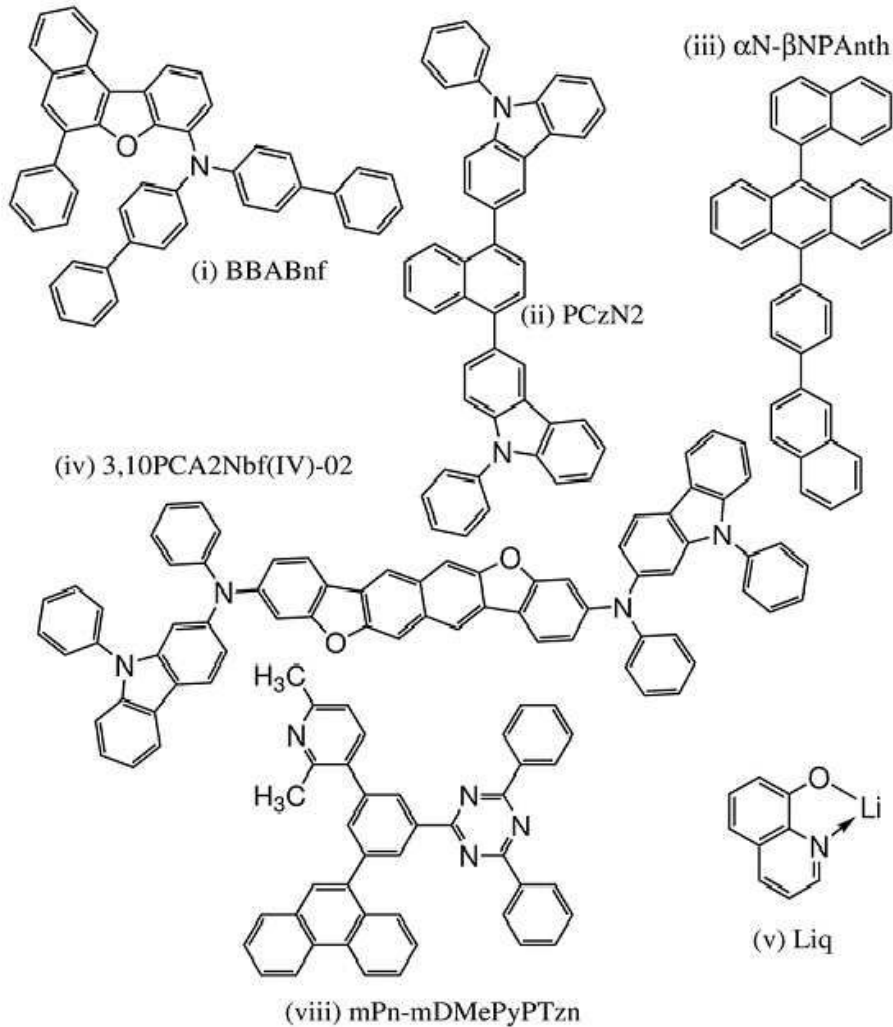
[0323] 이어서 발광 디바이스 3에서 전자 수송층(114)에 사용한 PyA1PQ와 Liq를 혼합한 막을 ToF-SIMS로 분석한 결과의 일부를 도 32에 나타내었다. 도 32는 ToF-SIMS 분석에서의 양이온(positive ion)의 m/z가 685 내지 710의 범위에 있는 결과를 나타낸 것이다. 도면을 보면 m/z=691에서 이온이 검출되었지만 이 이온은 PyA1PQ(분자량)+Liq(분자량)+Li(원자량)-2의 이온에 상당한다. 이는 본 발명의 발광 디바이스에서의 전자 수송층의 구성을 가지는 재료를 측정할 경우에 얻어지는 특징적인 결과이다.

[0324] 전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 분자량이  $M_E$ 이고, 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 분자량이  $M_{\text{ACom}}$ 이고, 알칼리 금속의 분자량이  $M_A$ 인 경우, 질량 분석법에서 상기 전자 수송층 또는 전자 수송층과 동등한 막을 측정하였을 때 질량 전하비  $m/z=M_E+M_{\text{ACom}}+M_A-2$ 에서 양이온이 검출되며 상기  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ (전자 수송성을 가지는 유기 화합물의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체의 HOMO 준위의 차)가 2.9eV 이하인 발광 디바이스는 상술한 발광 디바이스 3과 같이 수명이 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다.

[0325] (실시예 3)

[0326] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 4의 제작 방법에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 재료의 구조식을 이하에 나타내었다.

[0327] [화학식 5]



[0328]

[0329] <<발광 디바이스 4의 제작 방법>>

[0330] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 성막하여 양극(101)을 형성하였다. 또한 그 막 두께는 70nm로 하고, 전극 면적은  $4\text{mm}^2$  ( $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ )로 하였다.

[0331] 다음으로 기판 위에 발광 디바이스를 형성하기 위한 전처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0332] 그 후, 약  $10^{-4}$ Pa까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0333] 다음으로 양극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록 양극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 양극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf)과 전자 억셉터 재료(OCHD-001)를 질량비 1:0.1(=BBABnf:OCHD-001)로 두께 10nm가 되도록 공증착하여 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0334] 다음으로 정공 주입층(111) 위에 제 1 정공 수송층(112-1)으로서 BBABnf를 두께 20nm가 되도록 증착한 후, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCzN2)을 두께 10nm가 되도록 증착하여 정공 수송층(112)을 형성하였다. 또한 제 2 정공 수송층(112-2)은 전자 블로킹층으로서도 기능한다.

[0335] 이어서, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth)과, (iv)로 나타내어지는 3,10-비스[N-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)을 질량비 1:0.015(= $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)로 두께 25nm가 되도록

공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0336] 그 후, 발광층(113) 위에 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 2-[3-(2,6-다이메틸-3-피리딘일)-5-(9-페난트렌일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mPn-mDMePyPTzn)과 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬(약칭: Liq)을 질량비 1:2(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착한 후, 질량비 2:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)로 두께 12.5nm가 되도록 공증착하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0337] 전자 수송층(114)을 형성한 후에, Liq를 막 두께 1nm가 되도록 증착하여 전자 주입층(115)을 형성한 후, 음극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm가 되도록 증착하여 본 실시예의 발광 디바이스 4를 제작하였다.

[0338] 발광 디바이스 4의 소자 구조를 표에 정리하였다.

[0339] [표 7]

|              | 정공<br>주입층                      | 정공<br>수송층 |       | 발광층                                           | 전자<br>수송층              |        | 전자<br>주입층 |
|--------------|--------------------------------|-----------|-------|-----------------------------------------------|------------------------|--------|-----------|
|              |                                | 1         | 2     |                                               | 1                      | 2      |           |
|              | 10nm                           | 20nm      | 10nm  | 25nm                                          | 12.5nm                 | 12.5nm | 1nm       |
| 발광<br>디바이스 4 | BBABnf<br>:OCHD-001<br>(1:0.1) | BBABnf    | PCzN2 | aN-βNPAnth<br>:3,10PCANbf(IV)-02<br>(1:0.015) | mPn-mDMePyPTzn<br>:Liq |        | Liq       |
|              |                                |           |       |                                               | (1:2)                  | (2:1)  |           |

[0340]

[0341] 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 이 발광 디바이스를 유리 기판으로 밀봉하는 작업(실재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서 1시간 동안의 열처리)을 수행한 후, 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0342] 발광 디바이스 4의 휘도-전류 밀도 특성을 도 41에, 휘도-전압 특성을 도 42에, 전류 효율-휘도 특성을 도 43에, 전류-전압 특성을 도 44에, 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 45에, 발광 스펙트럼을 도 46에 나타내었다. 또한 발광 디바이스 3의 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 주요한 특성을 표 8에 나타내었다.

[0343] [표 8]

|           | 전압<br>(V) | 전류<br>(mA) | 전류 밀도<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 색도 x | 색도 y | 전류 효율<br>(cd/A) | 외부 양자<br>효율(%) |
|-----------|-----------|------------|--------------------------------|------|------|-----------------|----------------|
| 발광 디바이스 4 | 3.6       | 0.31       | 7.8                            | 0.14 | 0.10 | 12.1            | 13.5           |

[0344]

[0345] 도 41 내지 도 46 및 표 8로부터, 발광 디바이스 4는 초기 특성이 양호한 청색 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

[0346] 또한 전류 밀도 50mA/cm<sup>2</sup>에서의 구동 시간에 대한 휘도의 변화를 나타낸 그래프를 도 47에 나타내었다. 도 47에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 4는 수명이 긴 발광 디바이스이다.

[0347] 여기서 발광 디바이스 4의 전자 수송층에 사용한 재료의 포토루미네선스 특성을 조사한 결과를 나타낸다. 도 48은 발광 디바이스 4에 사용한 mPn-mDMePyPTzn막, Liq막, 및 mPn-mDMePyPTzn과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 또한 mPn-mDMePyPTzn막의 측정에는 형광 광도계(JASCO Corporation 제조의 FP-8600)를 사용하고, 그 외의 막의 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조의 FS920)를 사용하였다.

[0348] 도 48로부터, mPn-mDMePyPTzn과 Liq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼은 mPn-mDMePyPTzn막, Liq막의 발광 스펙트럼과 비교하여 장파장 측으로 시프트하기 때문에 mPn-mDMePyPTzn과 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다.

[0349] 또한 들뜬 복합체는 2개의 물질의 분자 궤도가 상호 작용함으로써 하나의 들뜬 복합체를 형성하지만, 상기 들뜬 복합체는 2개의 물질의 준위 중 낮은 쪽인 HOMO 준위와 깊은 쪽인 LUMO 준위의 차에 상당하는 파장에 피크를 가지는 발광을 나타낸다.

[0350] 표 9에, 발광 디바이스 4의 전자 수송층에 사용된 전자 수송성을 가지는 유기 화합물인 mPn-mDMePyPTzn의 HOMO

준위와 LUMO 준위, mPn-mDMePyPTzn의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Liq의 HOMO 준위의 차( $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ), Liq와의 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장( $\lambda_{\text{PEX}}$ ), 상기 피크 파장을 에너지로 환산한 값( $E_{\text{EX}}$ ),  $\Delta E_{\text{HOMO-LUMO}}$ 에서  $E_{\text{EX}}$ 를 뺀 값( $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ )을 나타내었다. HOMO 준위 및 LUMO 준위의 측정 방법 및 계산 방법에 대해서는 실시예 1에 기재하였기 때문에 설명을 생략한다. 실시예 1의 기재를 참고하기 바란다. Liq의 HOMO 준위의 유효 숫자가 소수점 첫째 자리까지이기 때문에  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ,  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$  모두에서 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 한 점도 실시예 1과 마찬가지로이다.

[0351] 도 49에 mPn-mDMePyPTzn의 환원-산화파를 나타내었다. mPn-mDMePyPTzn의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위( $E_{\text{PC}}$ )는 -2.001V에 관측되고, 산화 피크 전위( $E_{\text{PA}}$ )는 -1.917V에 관측되었다. 그러므로  $E_{\text{C}}$ 가 -1.96V임을 산출할 수 있고, mPn-mDMePyPTzn의 LUMO 준위가 -2.98eV임을 산출할 수 있었다.

[0352] [표 9]

|                | HOMO<br>(eV) | LUMO<br>(eV) | $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$<br>(eV) | $\lambda_{\text{PEX}}$<br>(nm) | $E_{\text{EX}}$<br>(eV) | $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$<br>(eV) |
|----------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| mPn-mDMePyPTzn | -            | -2.98        | 2.7                                   | 520                            | 2.38                    | 0.3                                          |

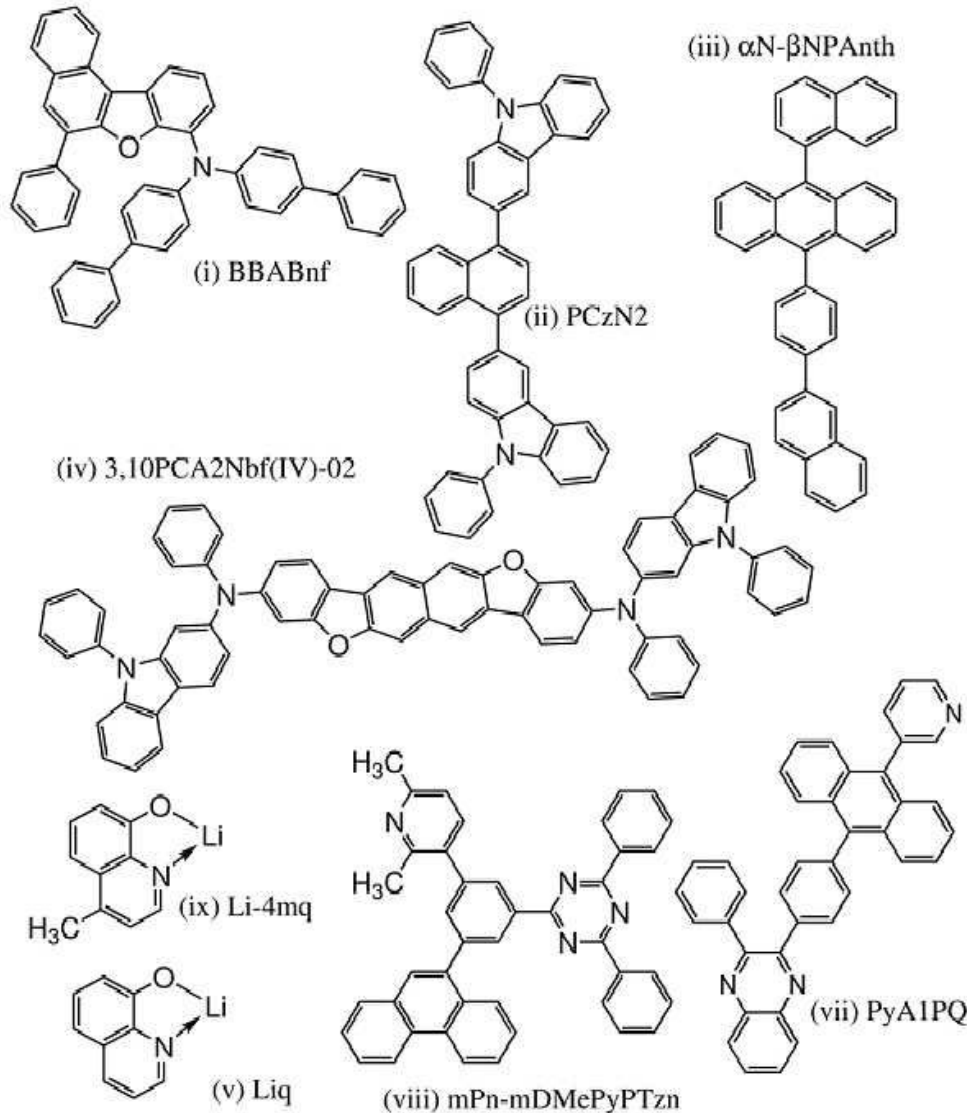
[0353] \*Liq의 HOMO=-5.7eV, LUMO=-2.7eV

[0354] 도 49에서 알 수 있듯이, 발광 디바이스 4의 전자 수송층에서 mPn-mDMePyPTzn과 Liq가 들뜬 복합체를 형성하는 것으로 생각된다(또한 혼합막의 흡수 스펙트럼에는 혼합됨으로써 발생한 새로운 흡수 피크가 관측되지 않았기 때문에 들뜬 복합체라고 특정할 수 있음). 상술한 바와 같이, 통상적으로는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 mPn-mDMePyPTzn의 LUMO 준위의 차에 가까운 값이 되지 만 표 9와 같이 발광 디바이스 4에서  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 는 0.3eV로 큰 값을 나타내었다. 본 실시예의 발광 디바이스는 이와 같이  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 가 0.3eV 이상이 되는 발광 디바이스이고, 상기 발광 디바이스의 전자 수송층에서 형성된 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Liq의 HOMO 준위와 mPn-mDMePyPTzn의 LUMO 준위의 차보다 0.3eV 이상 작은 값인 것을 알 수 있었다.

[0355] (실시예 4)

[0356] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 제작 방법에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 유기 화합물의 구조식을 이하에 나타내었다.

[0357] [화학식 6]



[0358]

[0359] <<발광 디바이스 5의 제작 방법>>

[0360] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 성막하여 양극(101)을 형성하였다. 또한 그 막 두께는 70nm로 하고, 전극 면적은  $4\text{mm}^2(2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.

[0361] 다음으로 기판 위에 발광 디바이스를 형성하기 위한 전처리로서 기판 표면을 물로 세정하고  $200^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0362] 그 후, 약  $10^{-4}\text{Pa}$ 까지 내부가 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서  $170^\circ\text{C}$ 에서 30분 동안 진공 소성을 수행한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0363] 다음으로 양극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록 양극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 양극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf)과 전자 억셉터 재료(OCHD-001)를 질량비 1:0.1(=BBABnf:OCHD-001)로 두께 10nm가 되도록 공증착하여 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0364] 다음으로 정공 주입층(111) 위에 제 1 정공 수송층(112-1)으로서 BBABnf를 두께 20nm가 되도록 증착한 후, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCzN2)을 두께 10nm가 되도록 증착하여 정공 수송층(112)을 형성하였다. 또한 제 2 정공 수송층(112-2)은 전자 블로킹층으로서도 기능한다.

[0365] 이어서, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭:  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth

h)과, (iv)로 나타내어지는 3,10-비스[N-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)-N-페닐아미노]나프토[2,3-b;6,7-b']비스벤조퓨란(약칭: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)을 질량비 1:0.015(=  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:3,10PCA2Nbf(IV)-02)로 두께 25nm가 되도록 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0366] 그 후, 발광층(113) 위에  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth와 상기 구조식(ix)으로 나타내어지는 4-메틸-8-퀴놀리놀레이토-리튬(약칭: Li-4mq)을 질량비 1:1(=  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth:Li-4mq)로 두께 25nm가 되도록 공증착하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0367] 전자 수송층(114)을 형성한 후에, 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 8-하이드록시퀴놀리네이트-리튬(약칭: Liq)을 막 두께 1nm가 되도록 증착하여 전자 주입층(115)을 형성한 후, 음극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm가 되도록 증착하여 본 실시예의 발광 디바이스 5를 제작하였다.

[0368] <<발광 디바이스 6의 제작 방법>>

[0369] 발광 디바이스 6은 발광 디바이스 5에서의  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth를 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 2-[3-(2,6-다이메틸-3-피리딘일)-5-(9-페난트렌일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트라이아진(약칭: mPn-mDMePyPTzn)으로 바꾼 것 외에는 발광 디바이스 5와 마찬가지로 제작하였다.

[0370] <<발광 디바이스 7의 제작 방법>>

[0371] 발광 디바이스 7은 발광 디바이스 5에서의  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth를 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 2-페닐-3-[10-(3-피리딘일)-9-안트릴]페닐퀴녹살린(약칭: PyAIPQ)으로 바꾼 것 외에는 발광 디바이스 5와 마찬가지로 제작하였다.

[0372] 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 소자 구조를 표에 정리하였다.

[0373] [표 10]

|              | 정공<br>주입층                      | 정공<br>수송층 |       | 발광층                                                           | 전자<br>수송층                             | 전자<br>주입층 |
|--------------|--------------------------------|-----------|-------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
|              |                                | 1         | 2     |                                                               |                                       |           |
|              | 10nm                           | 20nm      | 10nm  | 25nm                                                          | 25nm                                  | 1nm       |
| 발광<br>디바이스 5 | BBABnf<br>:OCHD-001<br>(1:0.1) | BBABnf    | PCzN2 | $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth<br>:3,10PCANbf(IV)-02<br>(1:0.015) | $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth<br>:Li-4mq | Liq       |
| 발광<br>디바이스 6 |                                |           |       |                                                               | mPn-mDMePyPTzn<br>:Li-4mq             |           |
| 발광<br>디바이스 7 |                                |           |       |                                                               | PyAIPQ:Li-4mq                         |           |

[0374]

[0375] 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 이들 발광 디바이스를 유리 기판으로 밀봉하는 작업(실재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서 1시간 동안의 열처리)을 수행한 후, 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0376] 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 휘도-전류 밀도 특성을 도 50에, 휘도-전압 특성을 도 51에, 전류 효율-휘도 특성을 도 52에, 전류-전압 특성을 도 53에, 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 54에, 발광 스펙트럼을 도 55에 나타내었다. 또한 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 주요한 특성을 표 11에 나타내었다.

[0377] [표 11]

|           | 전압<br>(V) | 전류<br>(mA) | 전류 밀도<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 색도 x | 색도 y | 전류 효율<br>(cd/A) | 외부 양자<br>효율(%) |
|-----------|-----------|------------|--------------------------------|------|------|-----------------|----------------|
| 발광 디바이스 5 | 4.3       | 0.32       | 8.1                            | 0.14 | 0.10 | 11.9            | 13.0           |
| 발광 디바이스 6 | 4.1       | 0.32       | 8.0                            | 0.14 | 0.11 | 12.7            | 13.4           |
| 발광 디바이스 7 | 4.5       | 0.41       | 10.3                           | 0.14 | 0.10 | 9.5             | 10.6           |

[0378]

- [0379] 도 50 내지 도 55 및 표 11로부터, 3개의 발광 디바이스 모두가 초기 특성이 양호한 청색 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.
- [0380] 또한 전류 밀도  $50\text{mA}/\text{cm}^2$ 에서의 구동 시간에 대한 휘도의 변화를 나타낸 그래프를 도 56에 나타내었다. 도 56에서 알 수 있듯이, 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스인 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7은 수명이 양호한 발광 디바이스이다.
- [0381] 여기서 각 디바이스에서의 전자 수송층에 사용한 재료의 포토루미네선스 특성을 조사한 결과를 나타낸다. 측정 은 실시예 1과 마찬가지로 수행하였다. 도 57에, 발광 디바이스 5에 사용한  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 막, Li-4mq막, 및  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 와 Li-4mq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 58에, 발광 디바이스 6에서 사용한 mPn-mDMePyPTzn막, Li-4mq막, 및 mPn-mDMePyPTzn과 Li-4mq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 59에, 발광 디바이스 7에 사용한 PyA1PQ막, Li-4mq막, 및 PyA1PQ와 Li-4mq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼을 나타내었다.
- [0382] 도 57로부터,  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 와 Li-4mq를 1:1(질량비)로 혼합한 혼합막의 발광 스펙트럼은  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 막, Li-4mq막의 발광 스펙트럼과 비교하여 장파장 측으로 크게 시프트하기 때문에  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 와 Li-4mq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다. 마찬가지로 도 58로부터, mPn-mDMePyPTzn과 Li-4mq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사되고, 도 59로부터, PyA1PQ와 Li-4mq가 들뜬 복합체를 형성하는 것이 시사된다.
- [0383] 또한 들뜬 복합체는 2개의 물질의 분자 궤도가 상호 작용함으로써 하나의 들뜬 복합체를 형성하지만, 상기 들뜬 복합체는 2개의 물질의 준위 중 얇은 쪽인 HOMO 준위와 깊은 쪽인 LUMO 준위의 차에 상당하는 파장에 피크를 가지는 발광을 나타낸다. HOMO 준위 및 LUMO 준위의 측정 방법 및 계산 방법에 대해서는 실시예 1에 기재하였기 때문에 설명을 생략한다. 실시예 1의 기재를 참고하기 바란다. Liq의 HOMO 준위의 유효 숫자가 소수점 첫째 자리까지이기 때문에  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ,  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{ex}}$  모두에서 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 한 점도 실시예 1과 마찬가지로이다.
- [0384] 도 60에  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 산화-환원파를 나타내었다.  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위(Epa)는 0.978V에 관측되고, 환원 피크 전위(Epc)는 0.840V에 관측되었다. 그러므로 Ea가 0.91V임을 산출할 수 있고,  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 HOMO 준위가 -5.85eV임을 산출할 수 있었다.
- [0385] 마찬가지로 도 61에  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 환원-산화파를 나타내었다.  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위(Epc)는 -2.248V에 관측되고, 산화 피크 전위(Epa)는 -2.161V에 관측되었다. 그러므로 Ec가 -2.20V임을 산출할 수 있고,  $\alpha\text{N}-\beta\text{NPAntH}$ 의 LUMO 준위가 -2.74eV임을 산출할 수 있었다.
- [0386] 도 49에 mPn-mDMePyPTzn의 환원-산화파를 나타내었다. mPn-mDMePyPTzn의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위(Epc)는 -2.001V에 관측되고, 산화 피크 전위(Epa)는 -1.917V에 관측되었다. 그러므로 Ec가 -1.96V임을 산출할 수 있고, mPn-mDMePyPTzn의 LUMO 준위가 -2.98eV임을 산출할 수 있었다.
- [0387] 또한 도 39에 PyA1PQ의 산화-환원파를 나타내었다. PyA1PQ의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위(Epa)는 1.045V에 관측되고, 환원 피크 전위(Epc)는 0.885V에 관측되었다. 그러므로 Ea가 0.97V임을 산출할 수 있고, PyA1PQ의 HOMO 준위가 -5.91eV임을 산출할 수 있었다.
- [0388] 마찬가지로 도 40에 PyA1PQ의 환원-산화파를 나타내었다. PyA1PQ의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위(Epc)는 -1.984V에 관측되고, 산화 피크 전위(Epa)는 -1.904V에 관측되었다. 그러므로 Ec가 -1.94V임을 산출할 수 있고, PyA1PQ의 LUMO 준위가 -3.00eV임을 산출할 수 있었다.
- [0389] 또한 도 62에 Li-4mq의 산화-환원파를 나타내었다. 여기서 Li-4mq의 산화-환원파에서의 산화 피크 전위(Epa)는 0.70eV 부근에 솔더 피크로서 관측되었다. 한편, 환원 피크 전위(Epc)는 관측되지 않았기 때문에 Epa와 Epc의 차는 0.1V 정도인 것으로 가정하였다(전자 이동이 충분히 빠른 이상적인 확산계에서는 Epa와 Epc의 차이가 60mV보다 약간 작은 것이 알려져 있기 때문임). 즉, 여기서는 Li-4mq의 산화-환원파에서의 Epc를 0.60V로 하였다. 따라서 Li-4mq의 Ea가 0.65eV임을 산출할 수 있고, 상기 가정으로부터 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 하여 계산하여야 하기 때문에 Li-4mq의 HOMO 준위는 약 -5.6eV로 산출된다.
- [0390] 마찬가지로 도 63에 Li-4mq의 환원-산화파를 나타내었다. Li-4mq의 환원-산화파에서의 환원 피크 전위(Epc)는 -2.437V에 관측되고, 산화 피크 전위(Epa)는 -2.325V에 관측되었다. 그러므로 Ec가 -2.38V임을 산출할 수 있고, Li-4mq의 LUMO 준위가 -2.56eV임을 산출할 수 있었다.

[0391] 표 12에, 상기와 같이 산출한, 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 전자 수송층에 사용된 전자 수송성을 가지는 유기 화합물인  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth, mPn-mDMePyPTzn, 및 PyA1PQ의 HOMO 준위와 LUMO 준위, 상기 3개의 재료의 LUMO 준위와 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Li-4mq의 HOMO 준위의 차( $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ), Liq와의 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장( $\lambda_{\text{PEX}}$ ), 상기 피크 파장을 에너지로 환산한 값( $E_{\text{EX}}$ ),  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ 에서  $E_{\text{EX}}$ 를 뺀 값( $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ )을 나타내었다. 상기와 같이, Liq의 HOMO 준위의 유효 숫자가 소수점 첫째 자리까지이기 때문에  $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$ ,  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$  모두에서 소수점 첫째 자리까지를 유효 숫자로 하였다.

[0392] [표 12]

|                            | HOMO<br>(eV) | LUMO<br>(eV) | $\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$<br>(eV) | $\lambda_{\text{PEX}}$<br>(nm) | $E_{\text{EX}}$<br>(eV) | $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$<br>(eV) |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth | -5.85        | -2.74        | 2.9                                   | 533                            | 2.33                    | 0.5                                          |
| mPn-mDMePyPTzn             | -            | -2.98        | 2.6                                   | 559                            | 2.22                    | 0.4                                          |
| PyA1PQ                     | -5.91        | -3.00        | 2.6                                   | 559                            | 2.22                    | 0.4                                          |

[0393] \*\*Li-4mq의 HOMO=-5.6eV, LUMO=-2.56eV

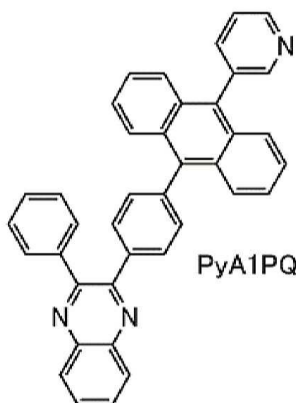
[0394] 도 57 내지 도 59에서 알 수 있듯이, 발광 디바이스 5 내지 발광 디바이스 7의 전자 수송층에서  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth, mPn-mDMePyPTzn, 및 PyA1PQ와, 알칼리 금속의 유기 금속 착체인 Li-4mq가 들뜬 복합체를 형성하는 것으로 생각된다(또한 혼합막의 흡수 스펙트럼에는 혼합됨으로써 발생한 새로운 흡수 피크가 관측되지 않았기 때문에 들뜬 복합체라고 특정할 수 있음). 상술한 바와 같이, 통상적으로는 상기 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Li-4mq의 HOMO 준위와  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth, mPn-mDMePyPTzn, 및 PyA1PQ 각각의 LUMO 준위의 차에 가까운 값이 되지만 표 12와 같이 본 출원의 발광 디바이스에서  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 는 0.4eV 내지 0.5eV로 큰 값을 나타내었다. 본 발명의 일 형태의 발광 디바이스는 이와 같이  $\Delta E_{\text{HL}}-E_{\text{EX}}$ 가 0.3eV 또는 0.5eV 이상이 되는 발광 디바이스이고, 상기 발광 디바이스의 전자 수송층에서 형성된 들뜬 복합체의 발광 스펙트럼의 피크 파장을 에너지로 환산한 값은 Li-4mq의 HOMO 준위와  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth, mPn-mDMePyPTzn, 및 PyA1PQ의 LUMO 준위의 차보다 0.3eV 또는 0.5eV 이상 작은 값을 알 수 있었다.

[0395] (참조예 1)

[0396] <<합성예 1>>

[0397] 본 참고예에서는, 실시예 2에서 사용한 2-페닐-3-[10-(3-피리딜)-9-안트릴]페닐퀴녹살린(약칭: PyA1PQ)의 합성 방법에 대하여 설명한다. PyA1PQ의 구조를 이하에 나타내었다.

[0398] [화합식 7]

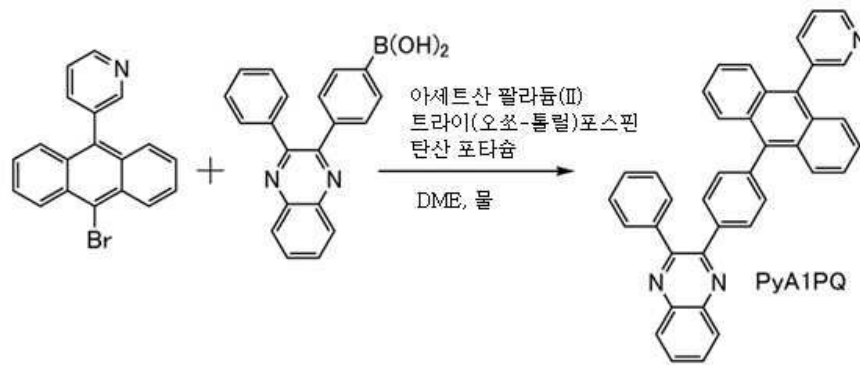


[0399]

[0400] 50mL의 3구 플라스크에 3-(10-브로모-9-안트릴)피리딘 0.74g(2.2mmol), 트라이(오쏘-톨릴)포스핀 0.26g(0.85mmol), 4-(3-페닐퀴녹살린-2-일)페닐보론산 0.73g(2.3mmol), 탄산 포타슘 수용액 1.3g(9.0mmol), 에틸렌글라이콜다이메틸에터(DME) 40mL, 물 4.4mL를 넣었다. 이 혼합물을 감압하에서 교반함으로써 탈기하고, 플라스크 내를 질소 치환하였다.

[0401] 이 플라스크 내의 혼합물에 아세트산 팔라듐(II) 65mg(0.29mmol)을 첨가하고, 질소 기류하에서 80℃에서 11시간 동안 교반하였다. 교반 후, 플라스크 내의 혼합물에 물을 첨가하고, 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 얻어진 추출 용액을 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 이것을 자연 여과하고, 여과액을 농축하여 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 2번(클로로폼과 톨루엔:아세트산 에틸=5:1) 정제하고, 톨루엔/헥세인을 사용하여 재결정함으로써, 목적 물질인 황색 고체를 수량 0.43g, 수율 36%로 얻었다. 합성 스킴을 하기 식으로 나타내었다.

[0402] [화학식 8]



[0403]

[0404] 얻어진 황색 고체 0.44g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제는 압력이 10Pa이고 아르곤 유량이 5.0mL/min인 조건하에서, 260℃에서 18시간 동안 가열함으로써 수행하였다. 승화 정제 후, 목적 물질인 황색 고체를 0.35g, 회수율 79%로 얻었다.

[0405] 또한 상기 반응으로 얻어진 황색 고체의 핵자기 공명 분광법(<sup>1</sup>H-NMR)에 의한 분석 결과를 이하에 나타낸다. 이 결과로부터, 본 실시예에서는 상술한 구조식으로 나타내어지는 PyA1PQ가 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0406] <sup>1</sup>H NMR(CDC13, 300MHz): δ = 7.37-7.50(m, 9H), 7.56-7.78(m, 9H), 7.82-7.86(m, 3H), 8.24-8.30(m, 2H), 8.75(dd, J=1.8Hz, 0.9Hz, 1H), 8.84(dd, J=4.8Hz, 1.8Hz, 1H).

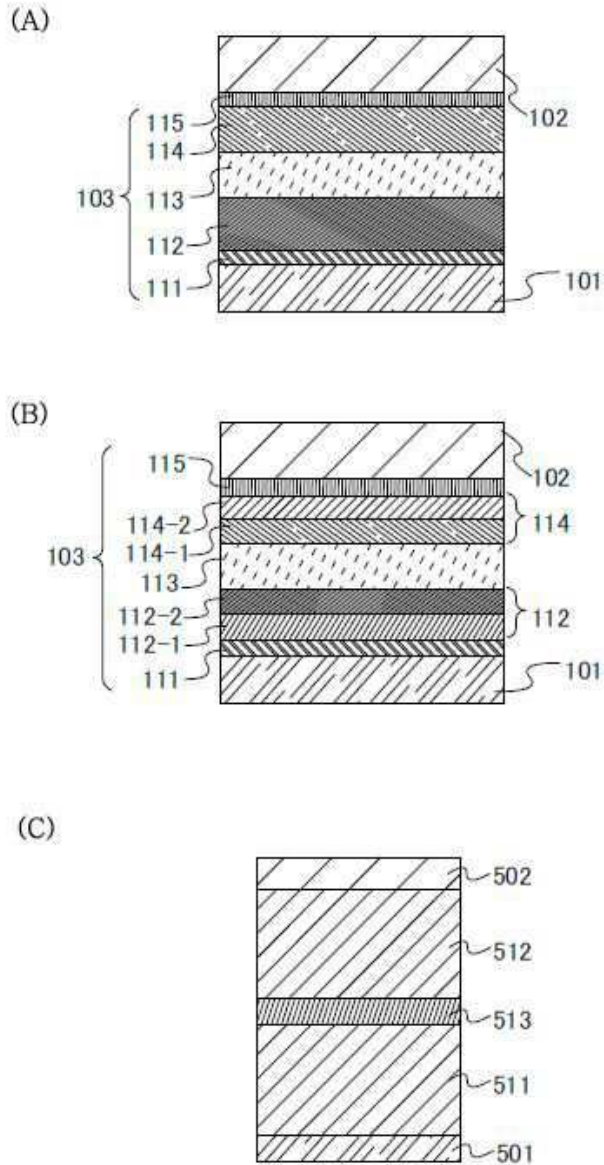
### 부호의 설명

[0407] 101: 양극, 102: 음극, 103: EL층, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 112-1: 제 1 정공 수송층, 112-2: 제 2 정공 수송층, 113: 발광층, 114: 전자 수송층, 114-1: 제 1 전자 수송층, 114-2: 제 2 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 400: 기관, 401: 양극, 403: EL층, 404: 음극, 405: 실재, 406: 실재, 407: 밀봉 기관, 412: 패드, 420: IC칩, 501: 양극, 502: 음극, 511: 제 1 발광 유닛, 512: 제 2 발광 유닛, 513: 전하 발생층, 601: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 604: 밀봉 기관, 605: 실재, 607: 공간, 608: 배선, 609: FPC(flexible printed circuit), 610: 소자 기관, 611: 스위칭용 FET, 612: 전류 제어용 FET, 613: 양극, 614: 절연물, 616: EL층, 617: 음극, 618: 발광 디바이스, 1001: 기관, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 제 1 층간 절연막, 1021: 제 2 층간 절연막, 1022: 전극, 1024W: 양극, 1024R: 양극, 1024G: 양극, 1024B: 양극, 1025: 격벽, 1028: EL층, 1029: 음극, 1031: 밀봉 기관, 1032: 실재, 1033: 투명한 기재, 1034R: 적색 착색층, 1034G: 녹색 착색층, 1034B: 청색 착색층, 1035: 블랙 매트릭스, 1036: 오버코트층, 1037: 제 3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 2001: 하우징, 2002: 광원, 2100: 로봇, 2110: 연산 장치, 2101: 조도 센서, 2102: 마이크로폰, 2103: 상부 카메라, 2104: 스피커, 2105: 디스플레이, 2106: 하부 카메라, 2107: 장애물 센서, 2108: 이동 기구, 3001: 조명 장치, 5000: 하우징, 5001: 표시부, 5002: 표시부, 5003: 스피커, 5004: LED 램프, 5006: 접속 단자, 5007: 센서, 5008: 마이크로폰, 5012: 지지부, 5013: 이어폰, 5100: 로봇 청소기, 5101: 디스플레이, 5102: 카메라, 5103: 브러시, 5104: 조작 버튼, 5150: 휴대 정보 단말기, 5151: 하우징, 5152: 표시 영역, 5153: 굴곡부, 5120: 쓰레기, 5200: 표시 영역, 5201: 표시 영역, 5202: 표시 영역, 5203: 표시 영역, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모트 컨트롤러, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅

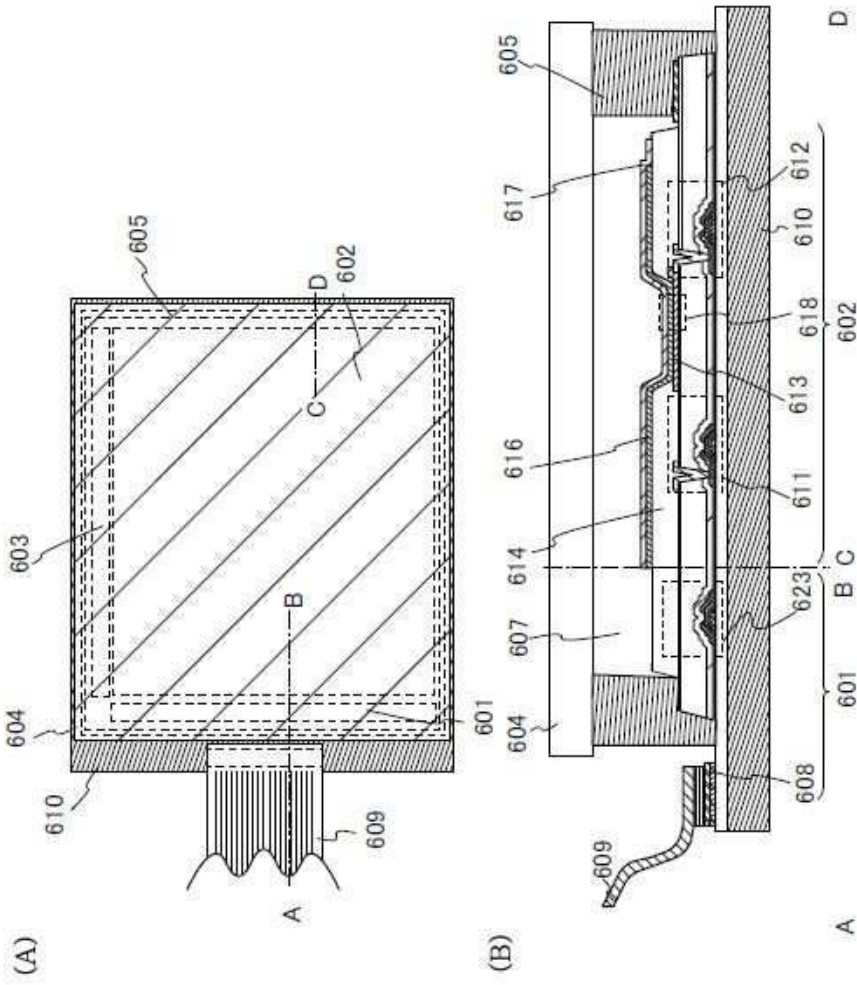
디바이스, 7210: 제 2 표시부, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 7400: 휴대 전화기, 9310: 휴대 정보 단말기, 9311: 표시 패널, 9313: 힌지, 9315: 하우징

## 도면

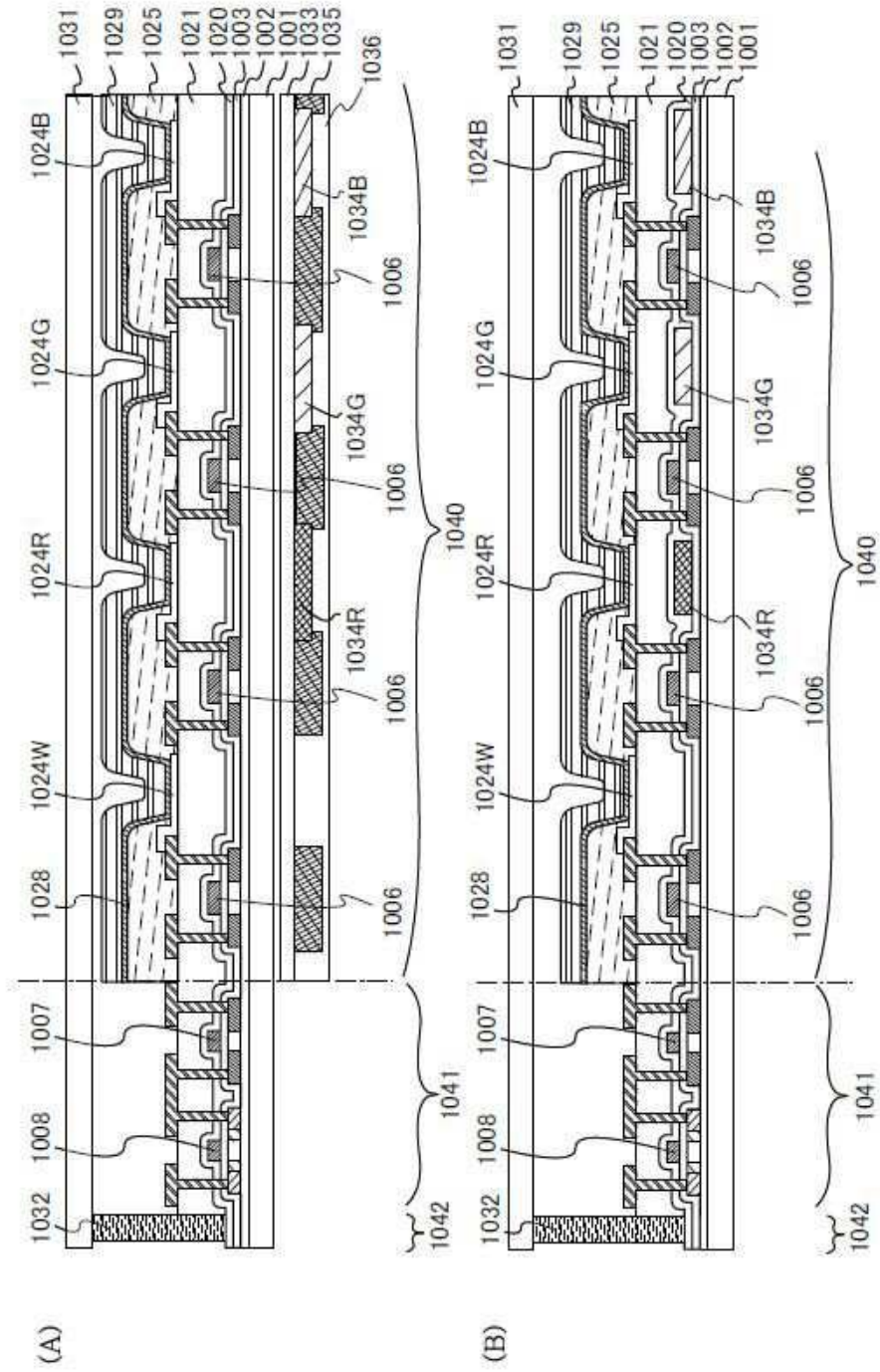
### 도면1



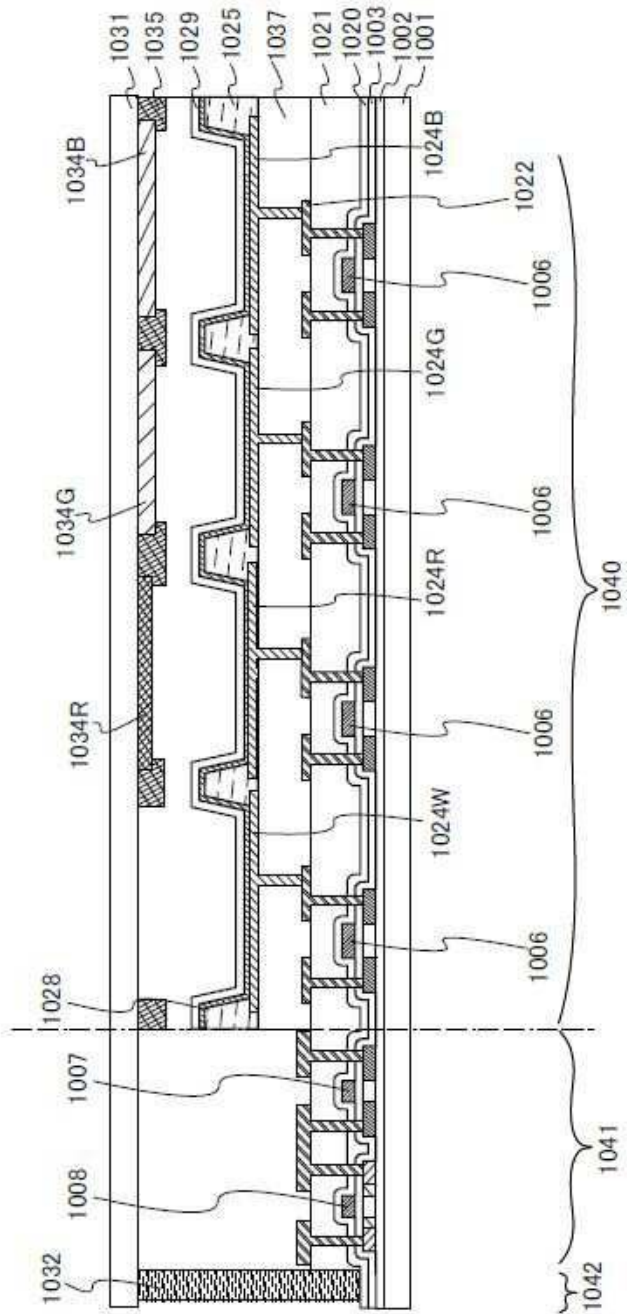
도면2



도면3

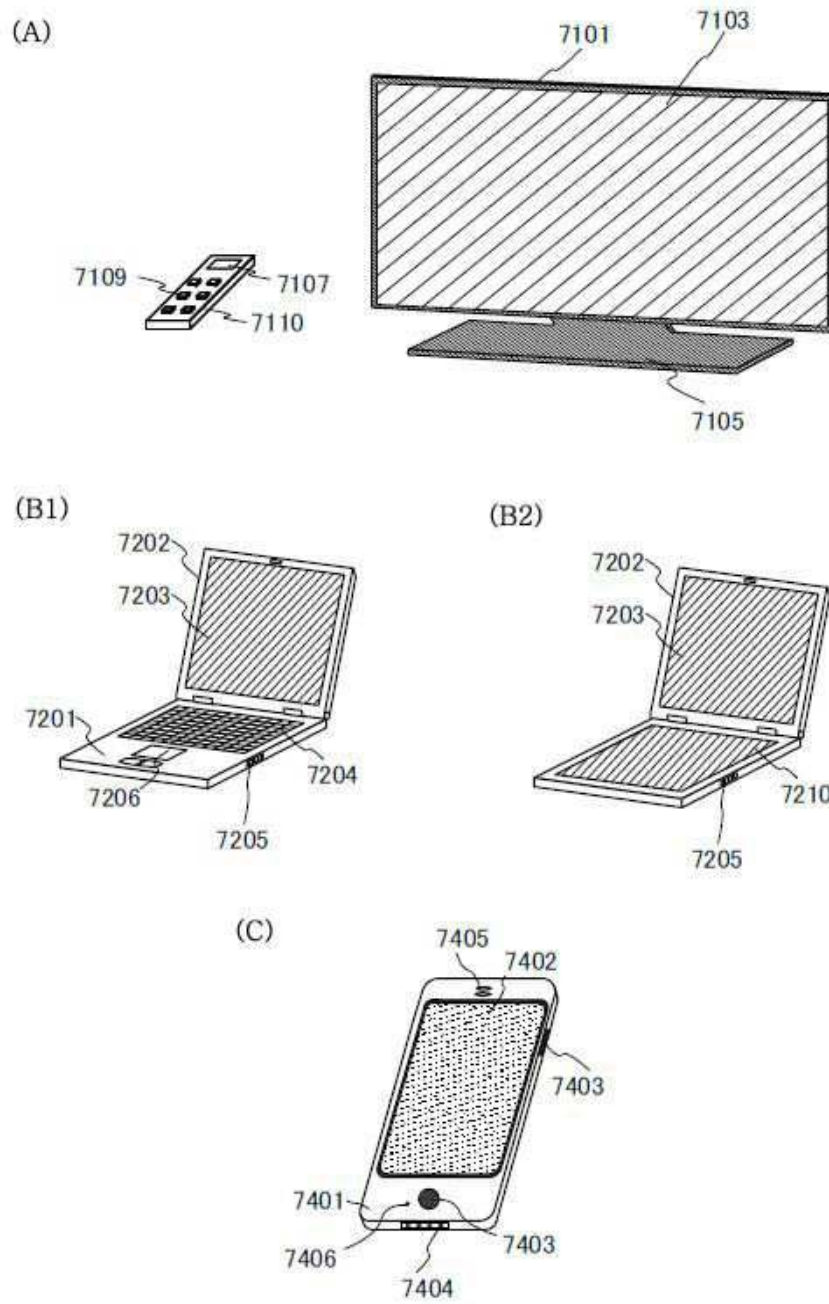


도면4

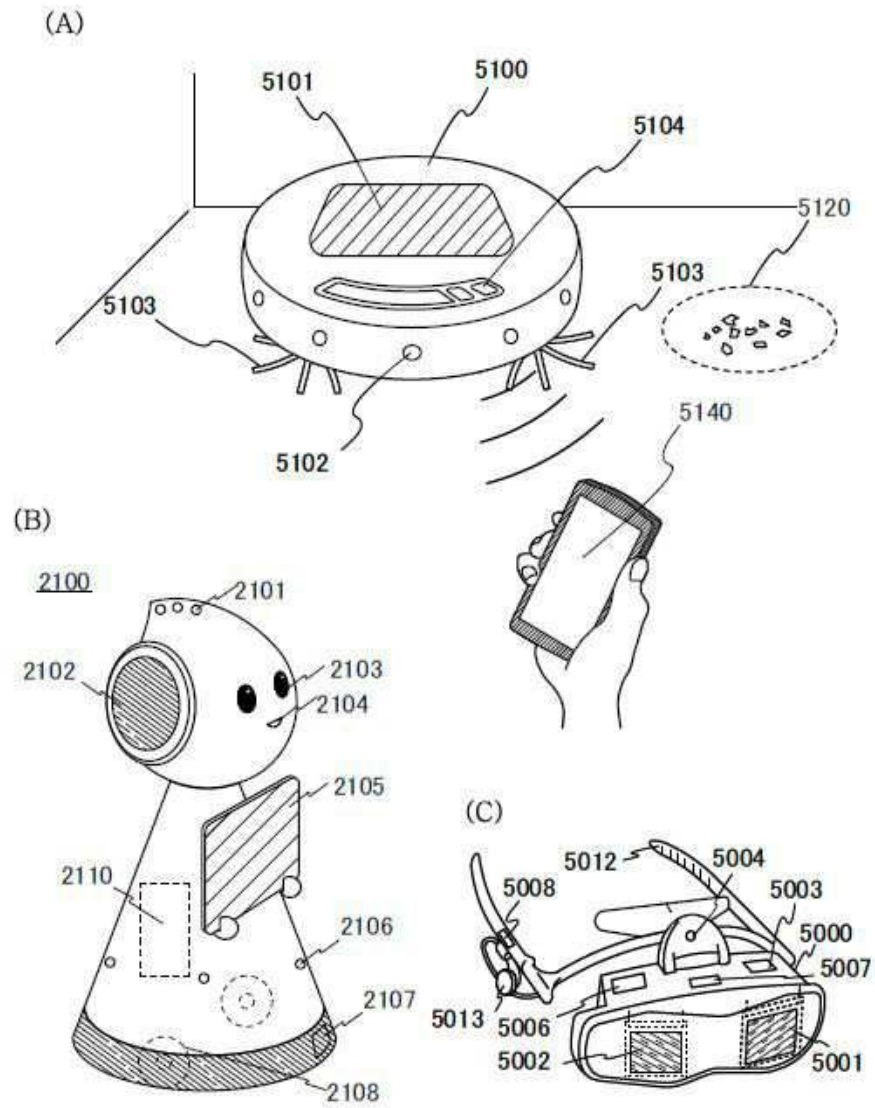




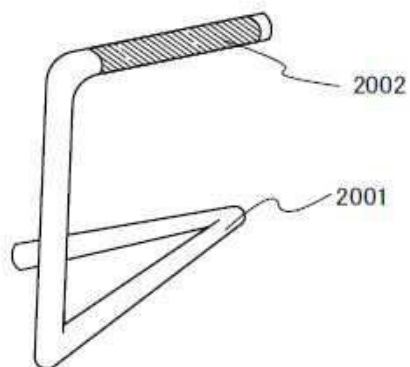
도면6



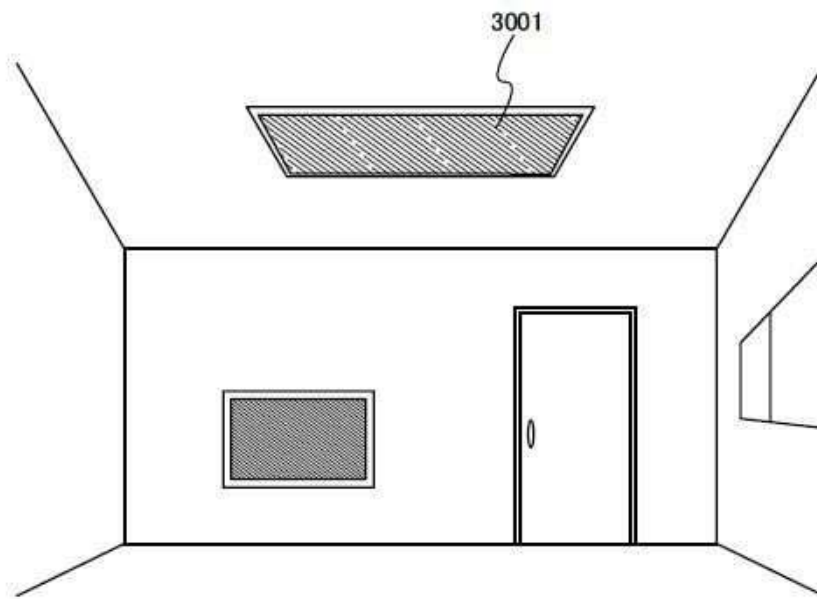
도면7



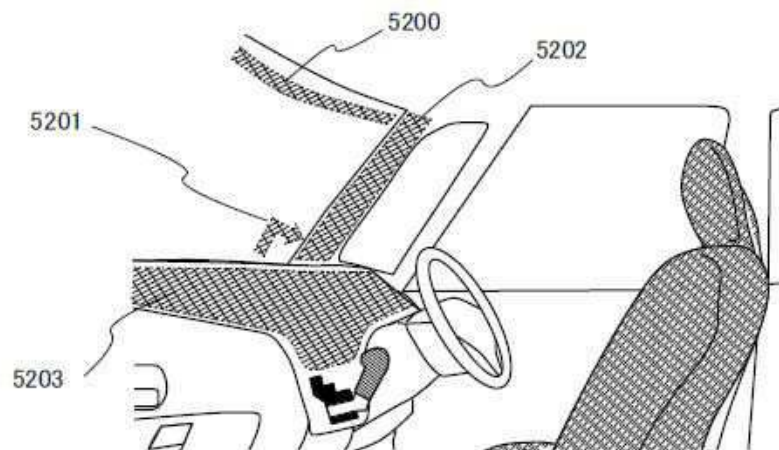
도면8



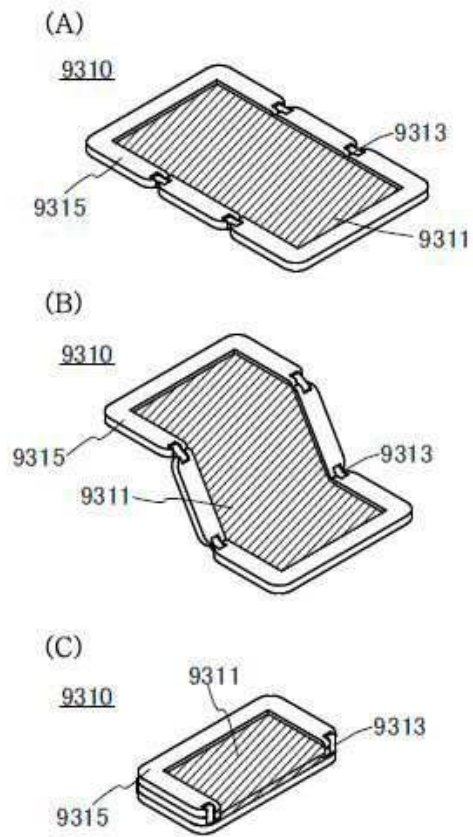
도면9



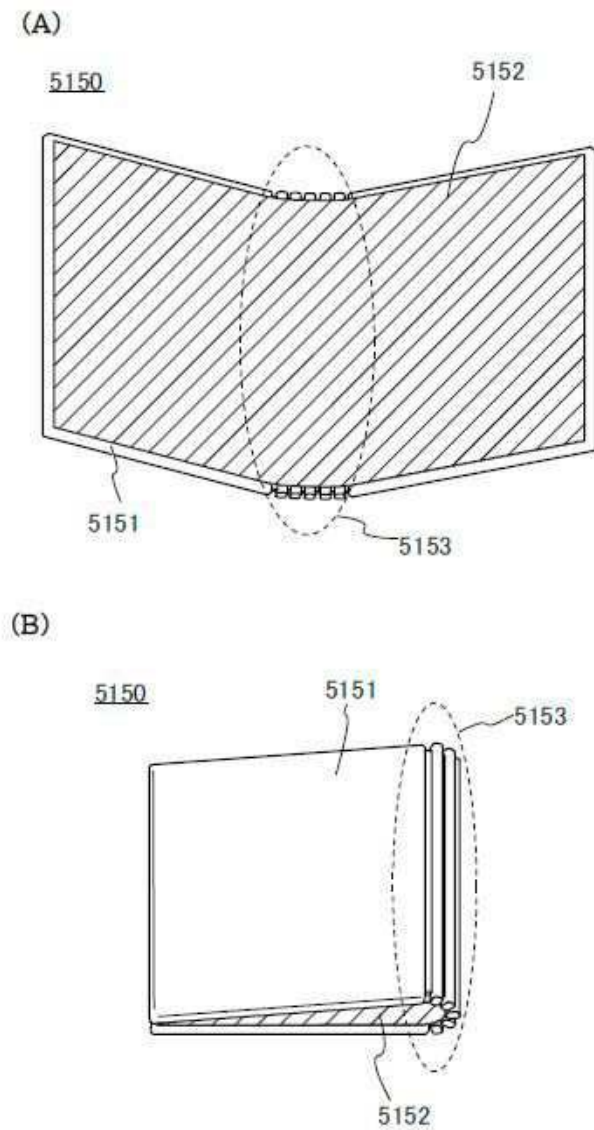
도면10



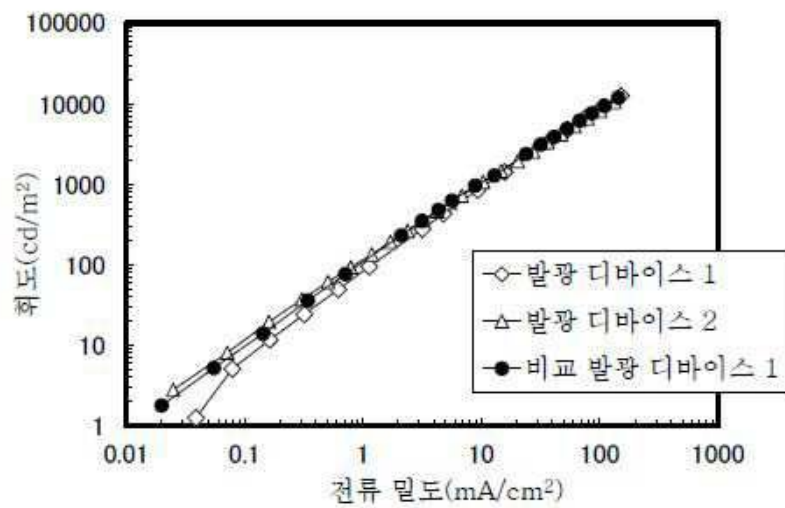
도면11



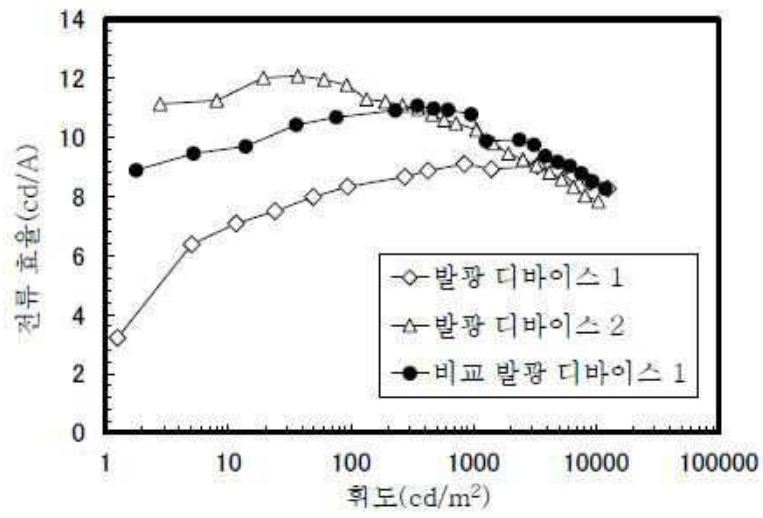
도면12



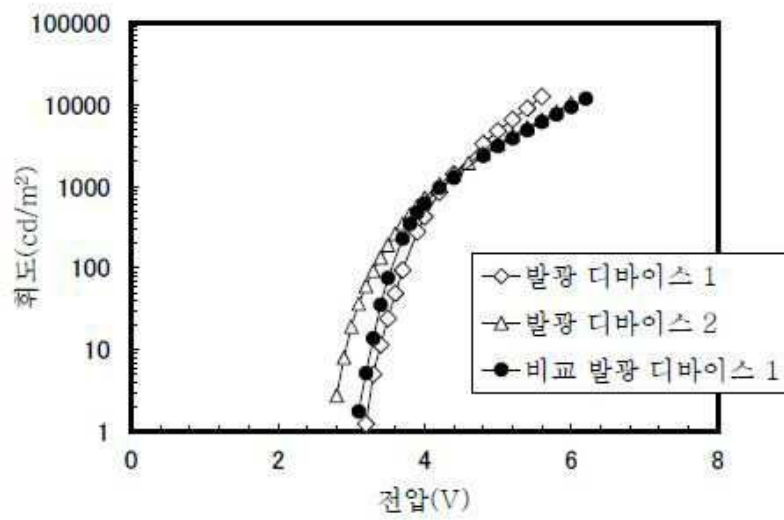
도면13



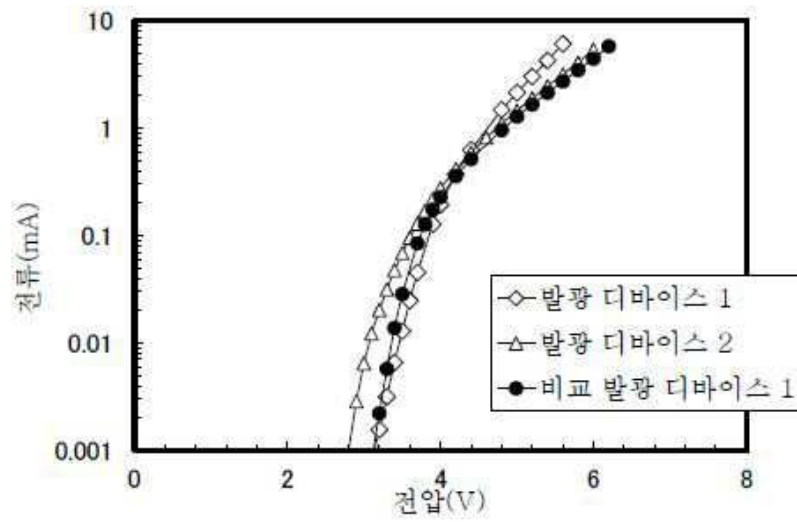
도면14



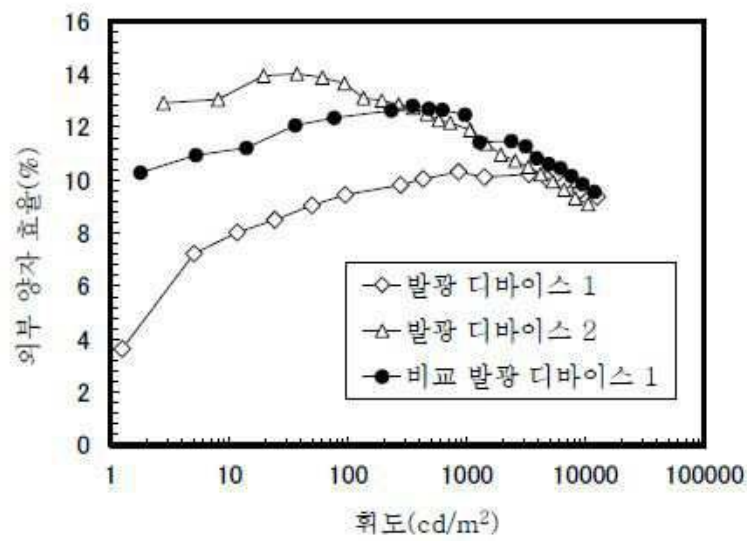
도면15



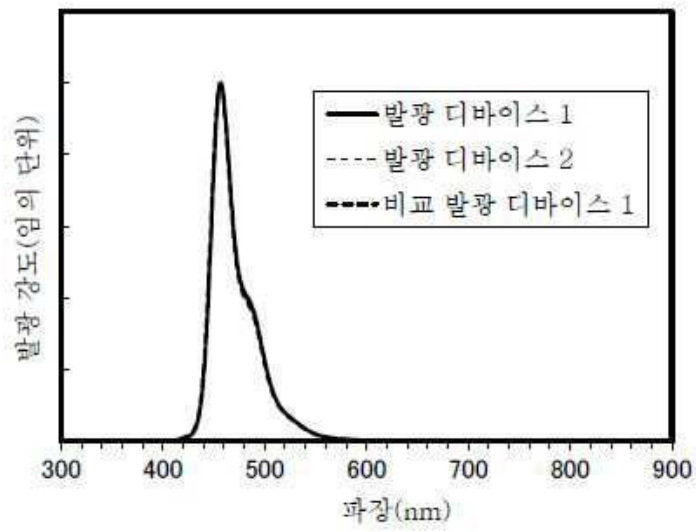
도면16



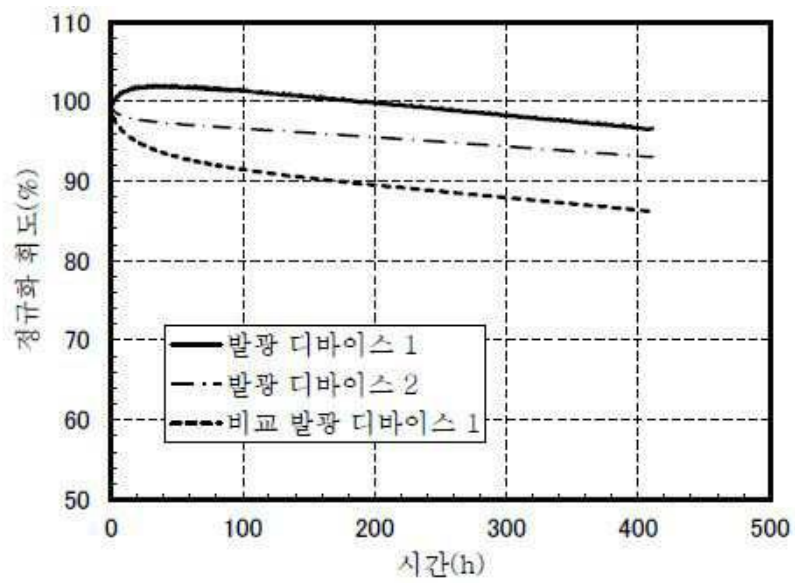
도면17



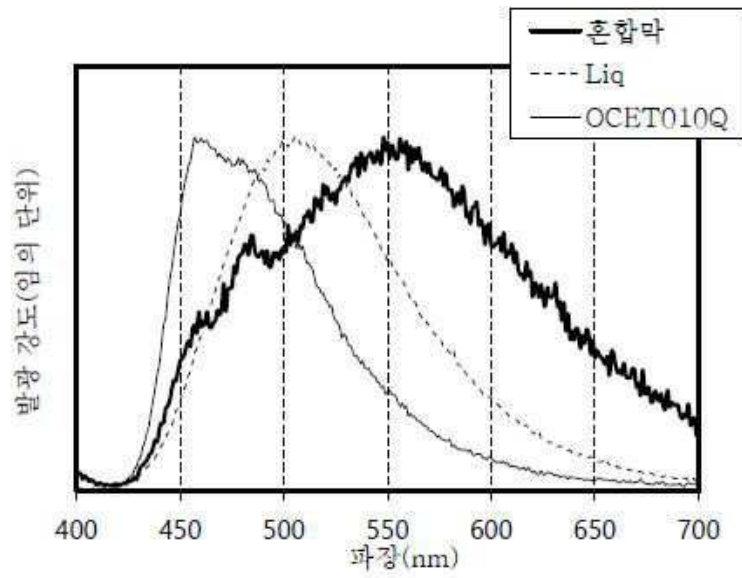
도면18



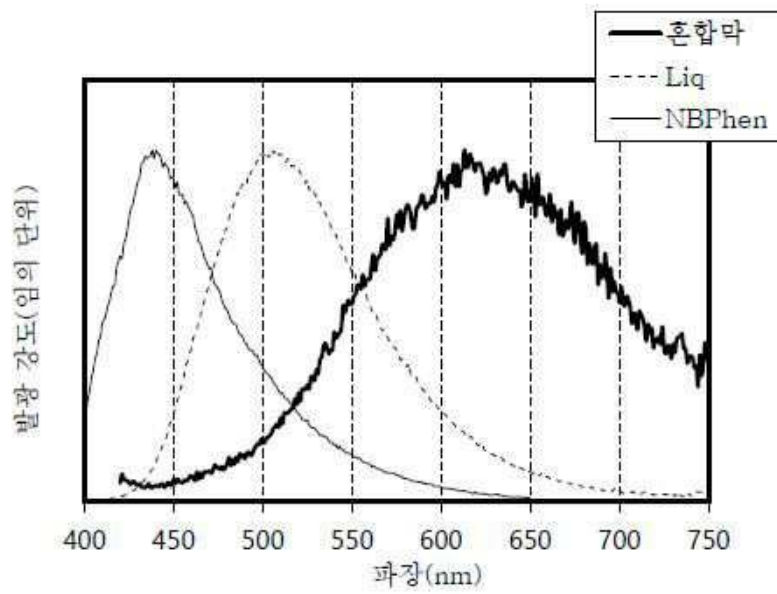
도면19



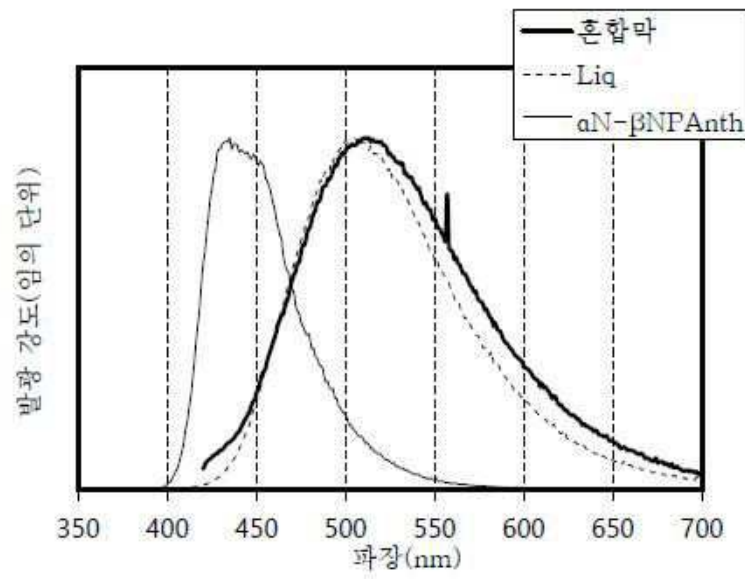
도면20



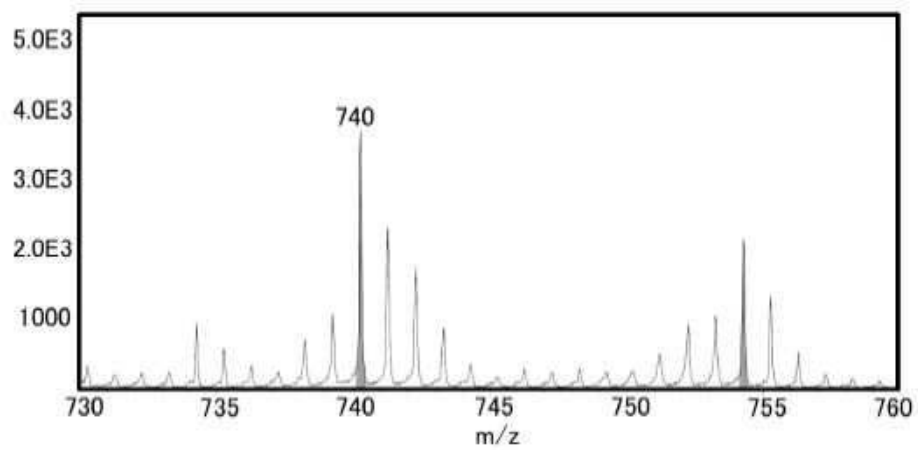
도면21



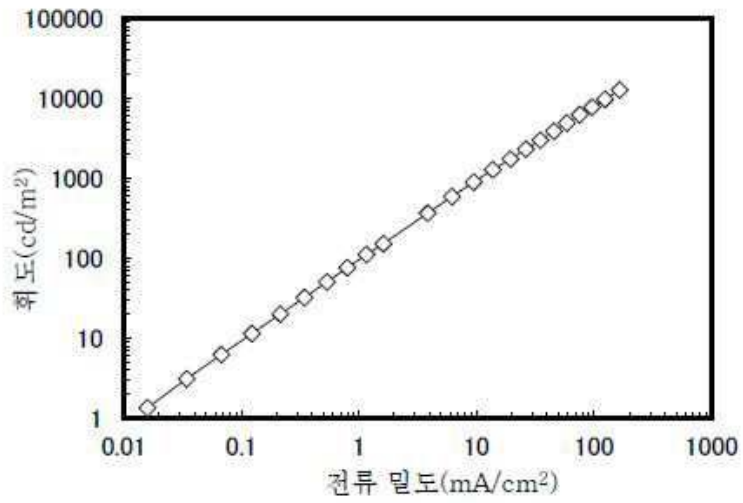
도면22



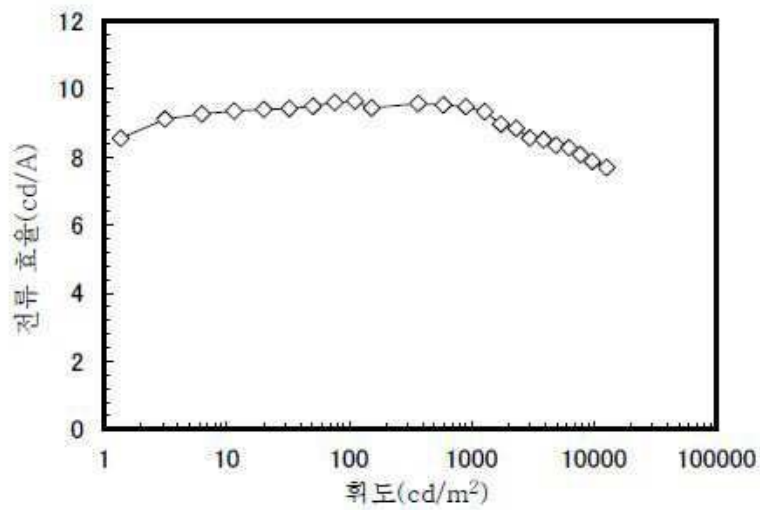
도면23



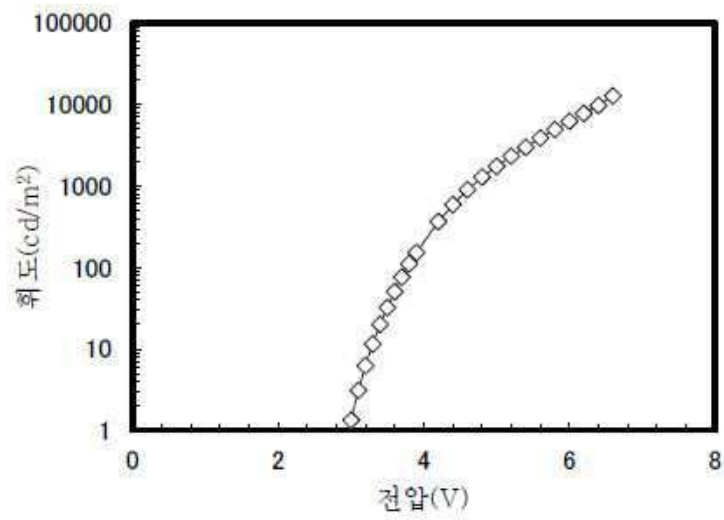
도면24



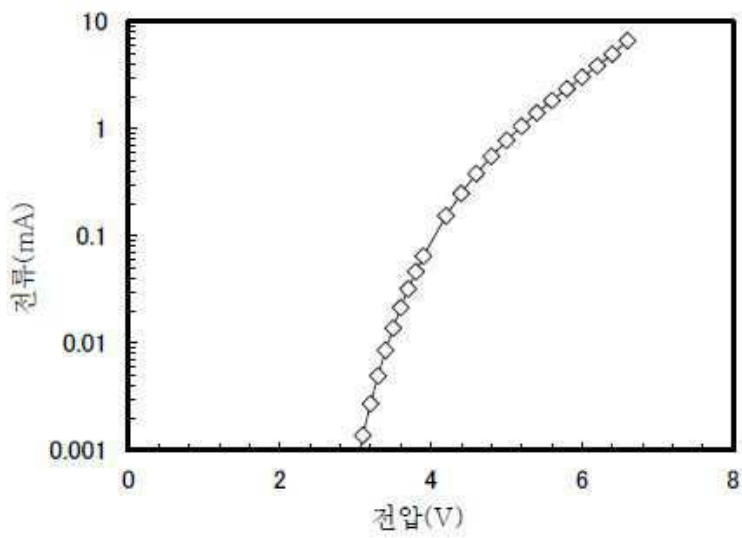
도면25



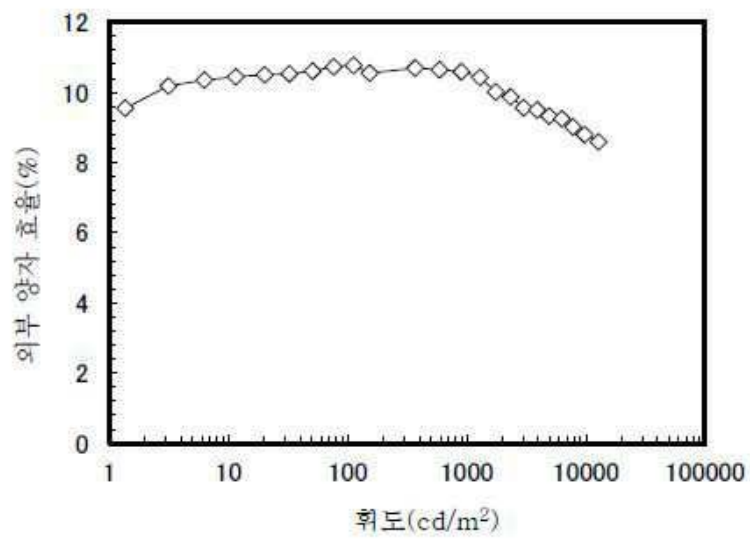
도면26



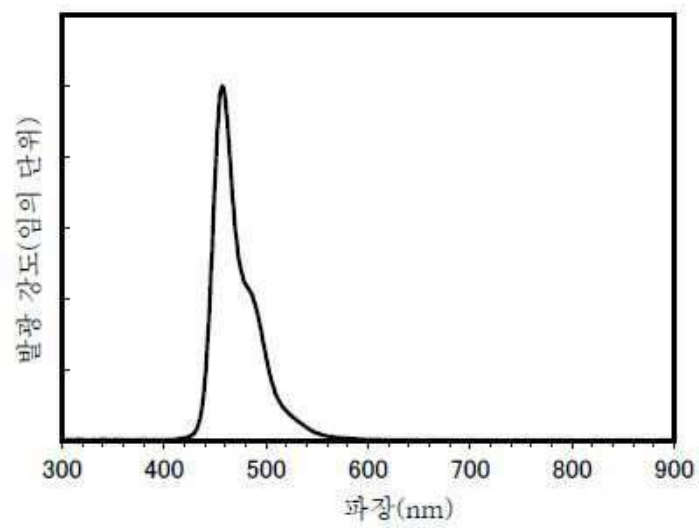
도면27



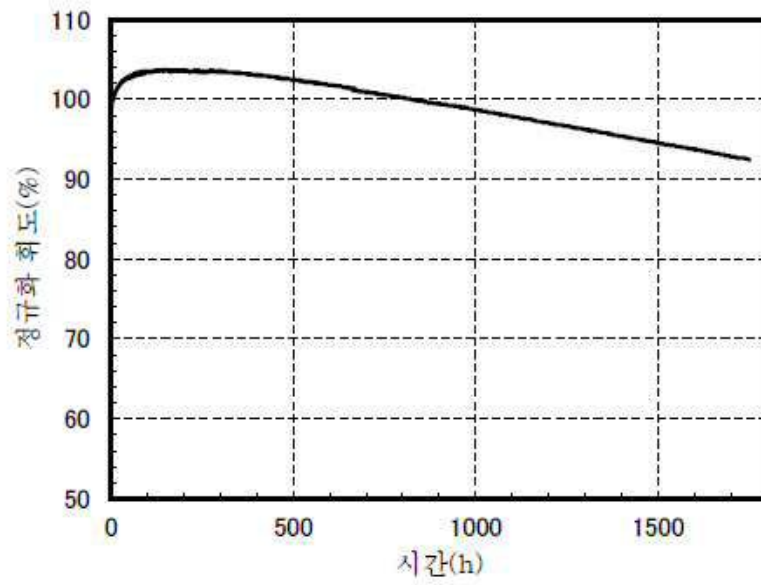
도면28



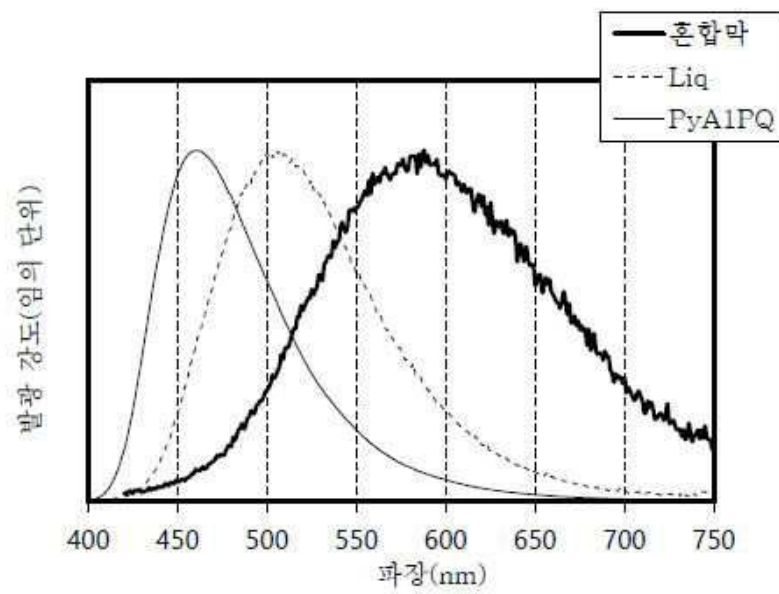
도면29



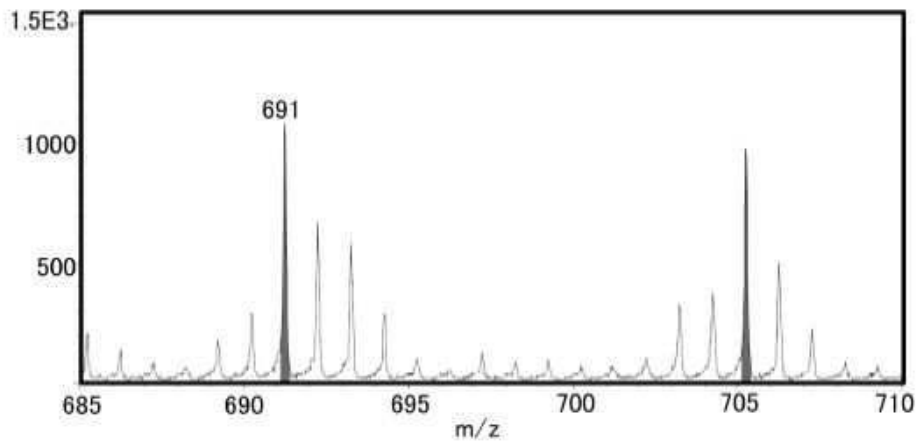
도면30



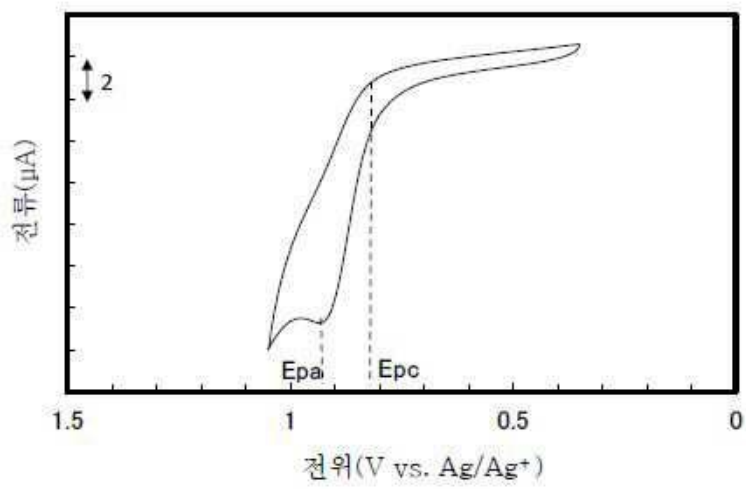
도면31



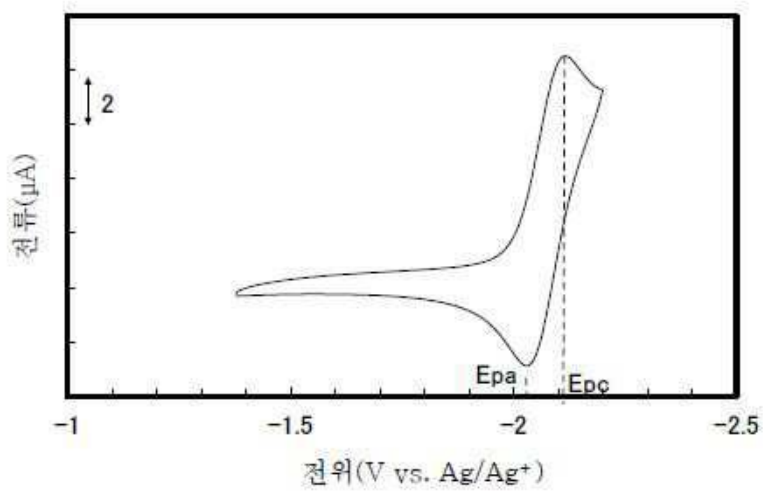
도면32



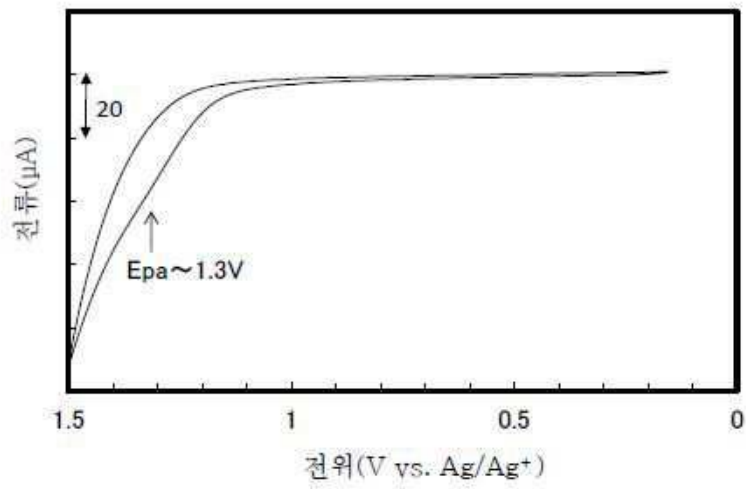
도면33



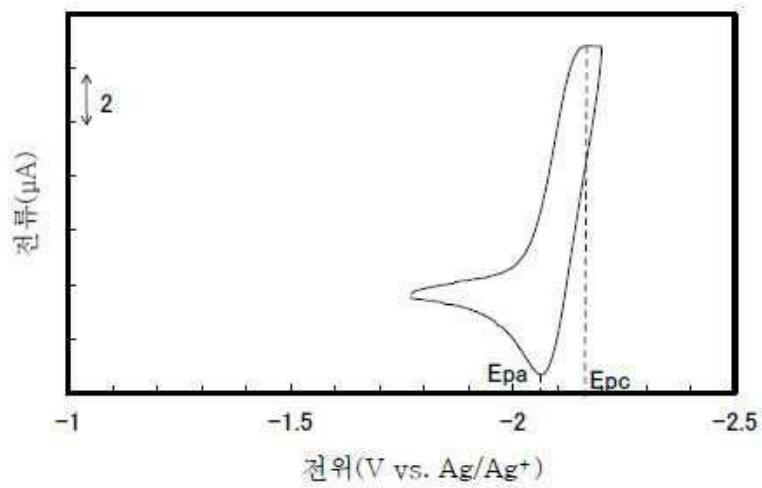
도면34



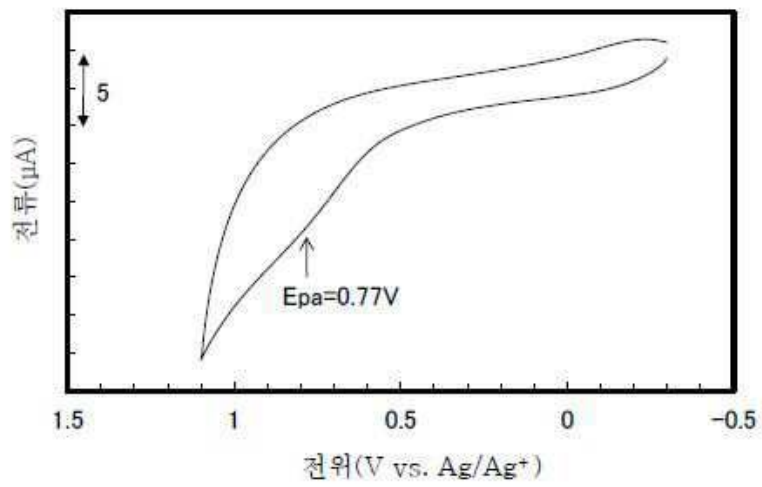
도면35



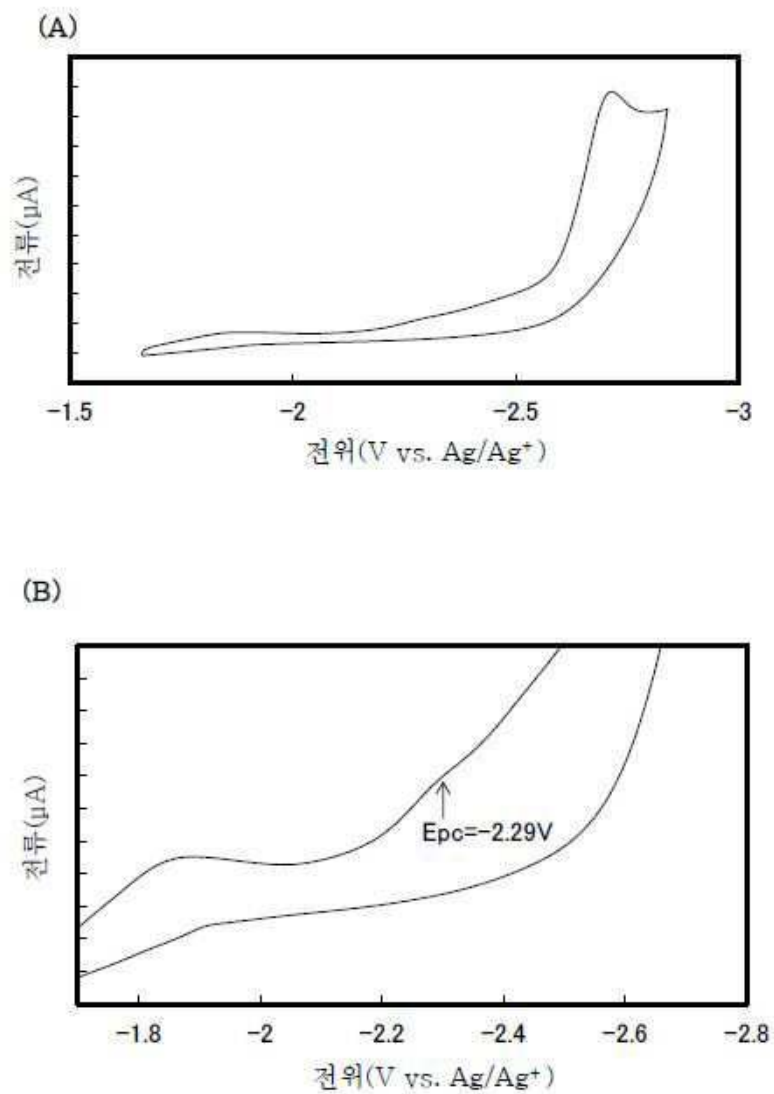
도면36



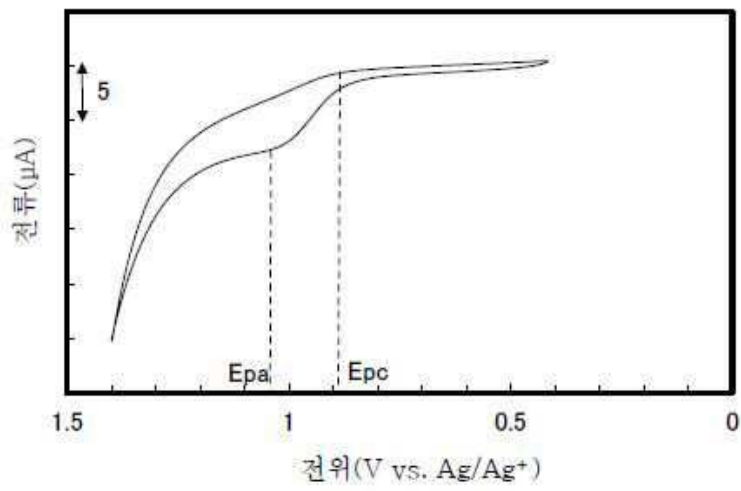
도면37



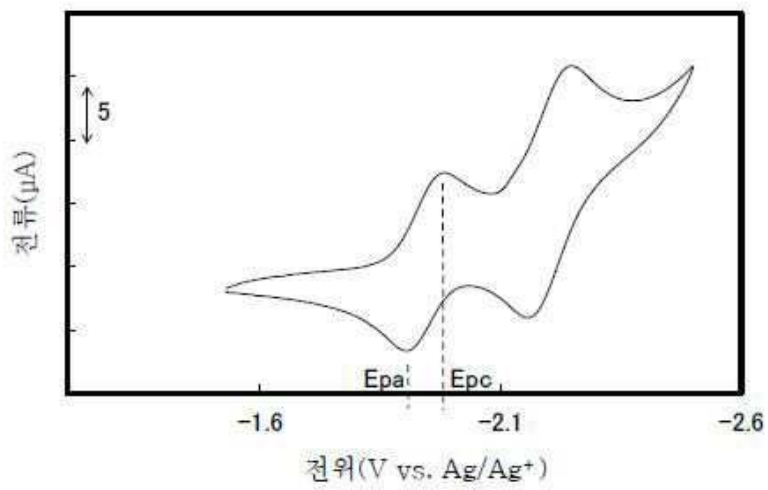
도면38



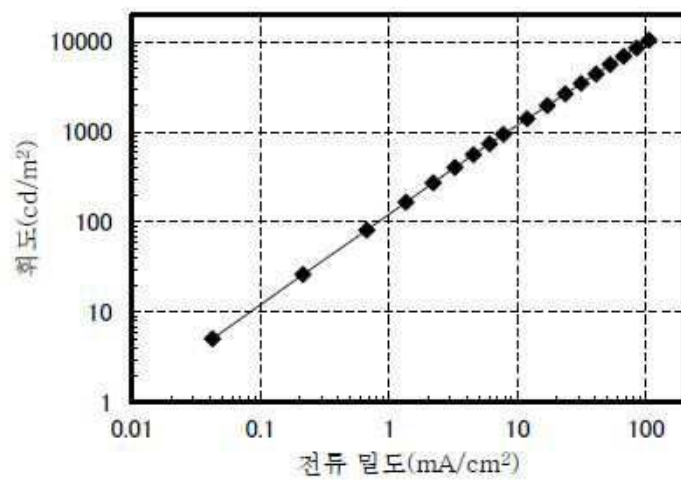
도면39



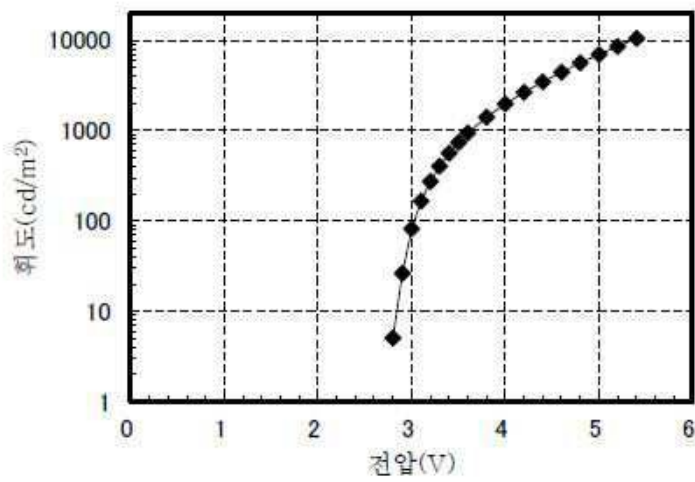
도면40



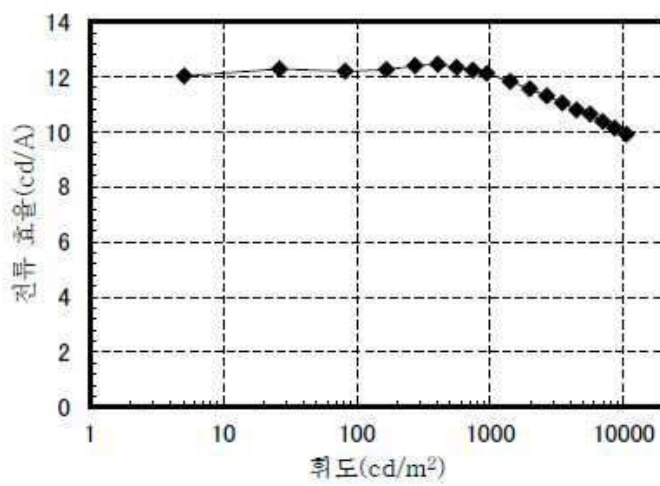
도면41



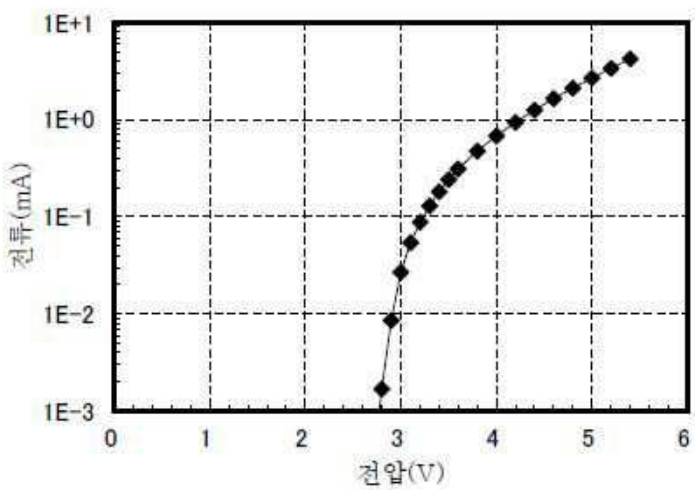
도면42



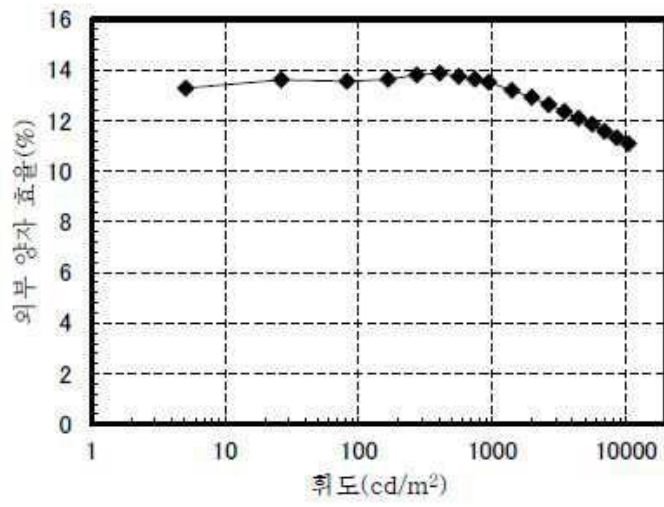
도면43



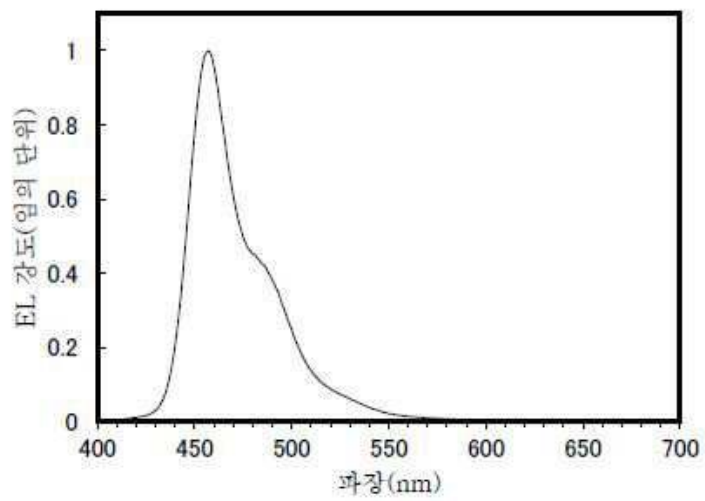
도면44



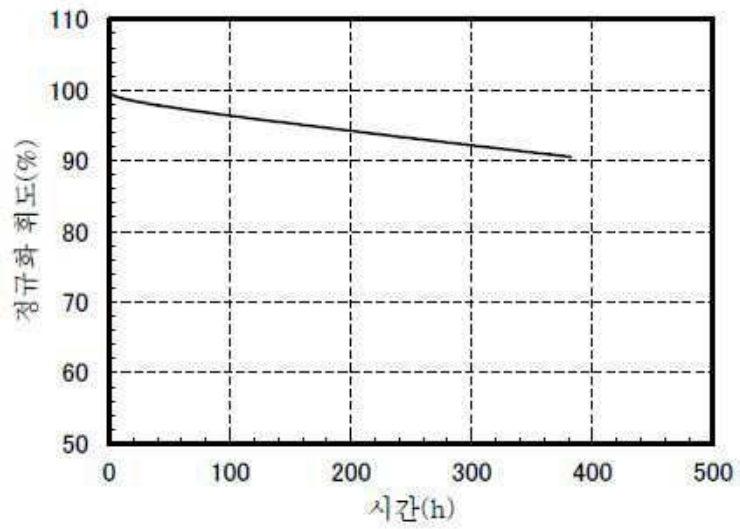
도면45



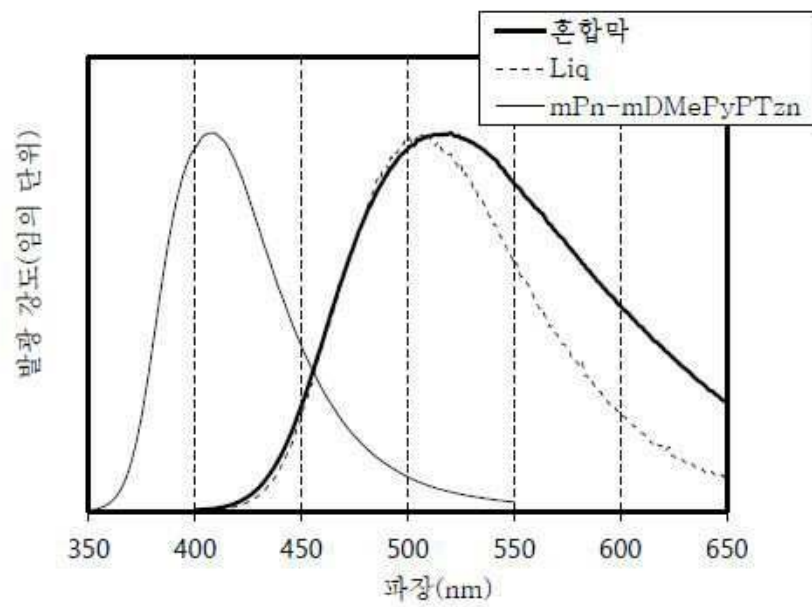
도면46



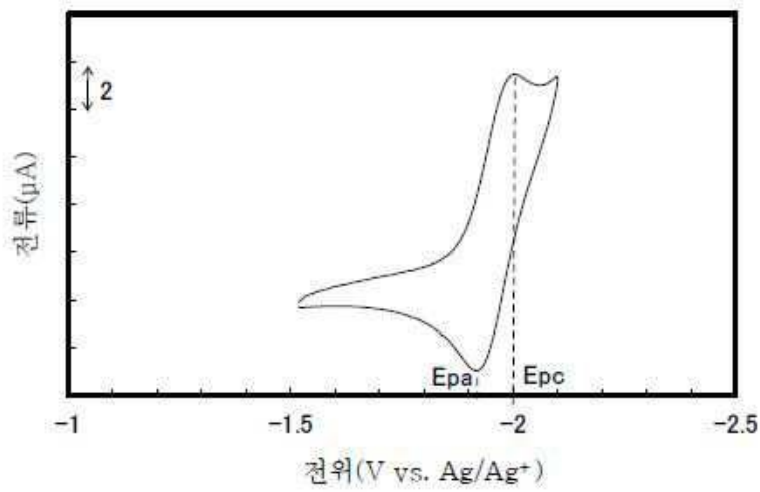
도면47



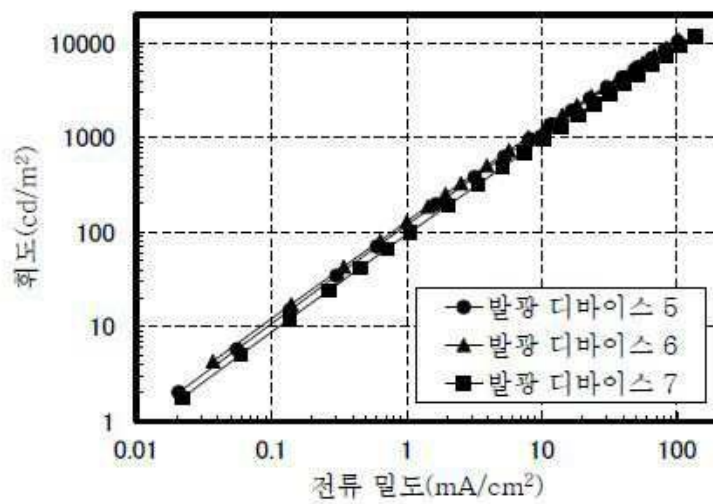
도면48



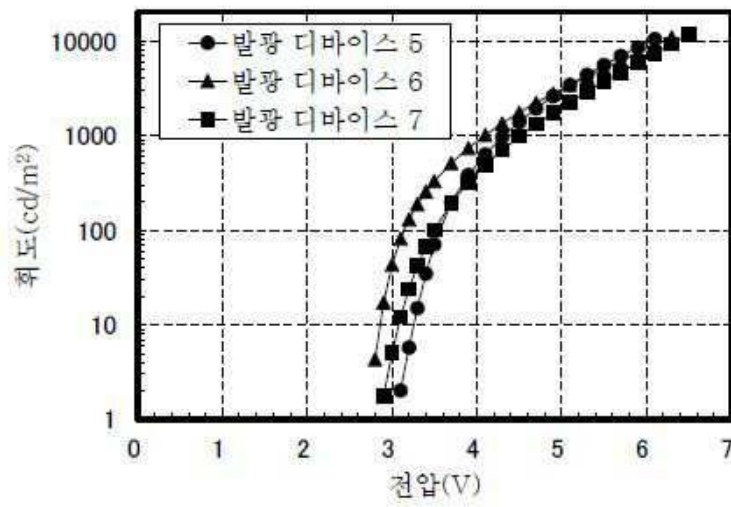
도면49



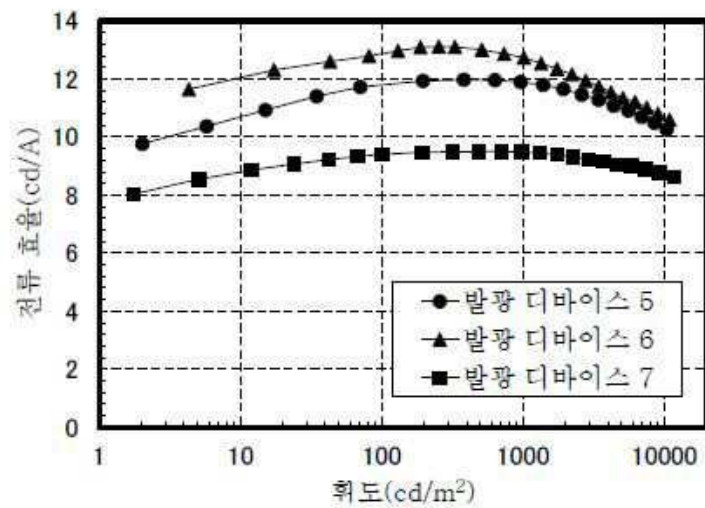
도면50



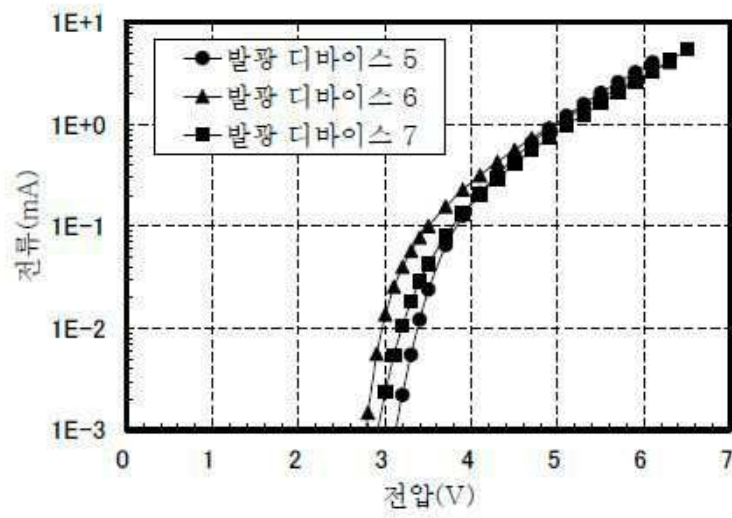
도면51



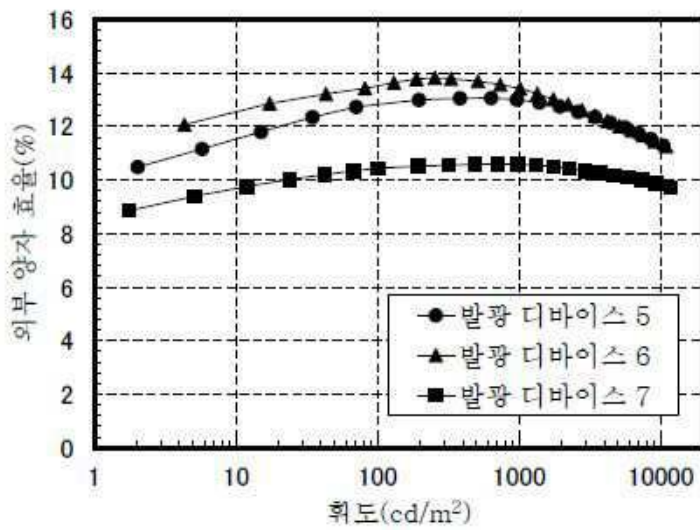
도면52



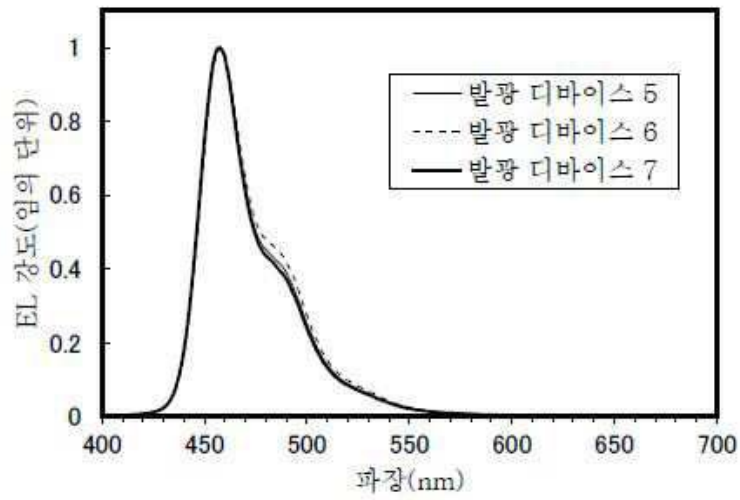
도면53



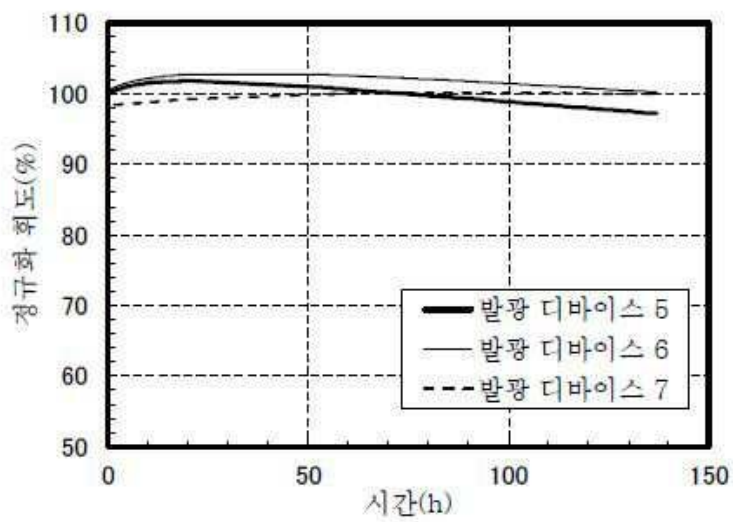
도면54



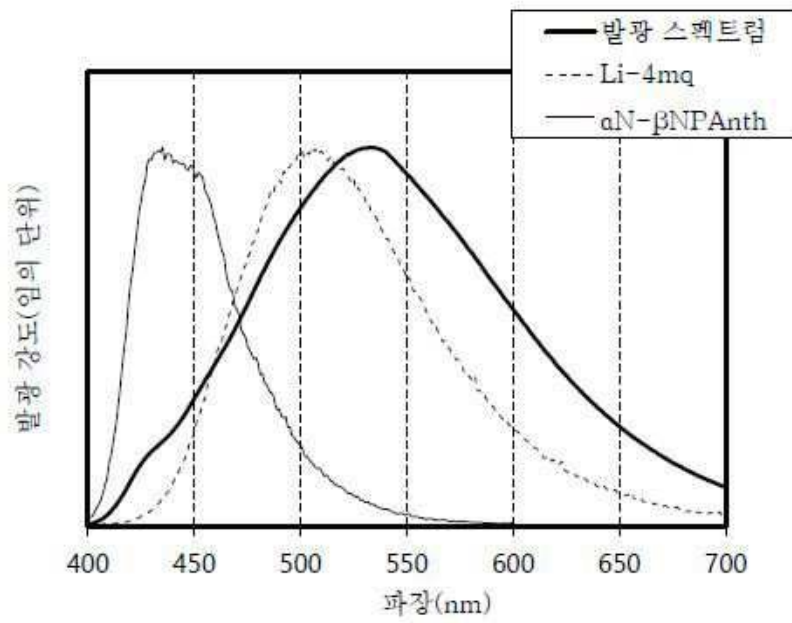
도면55



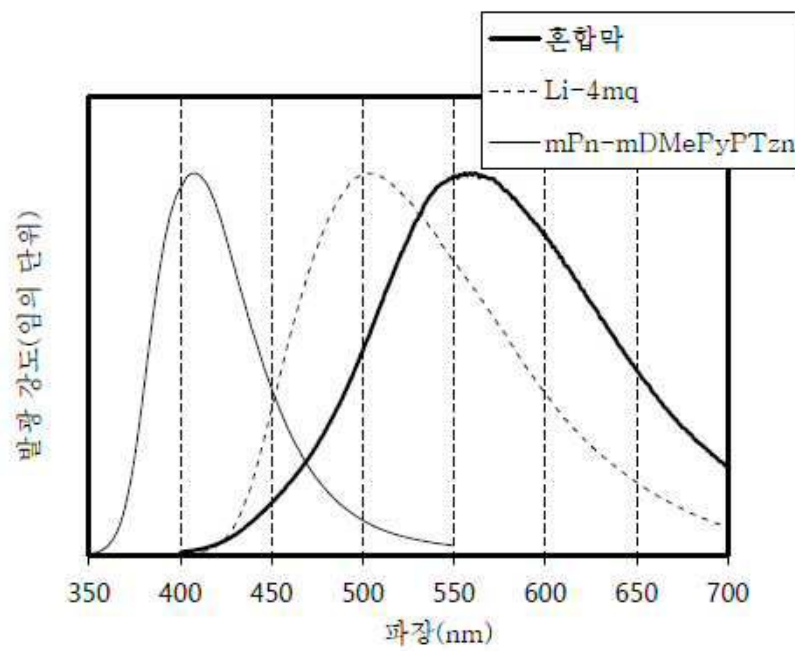
도면56



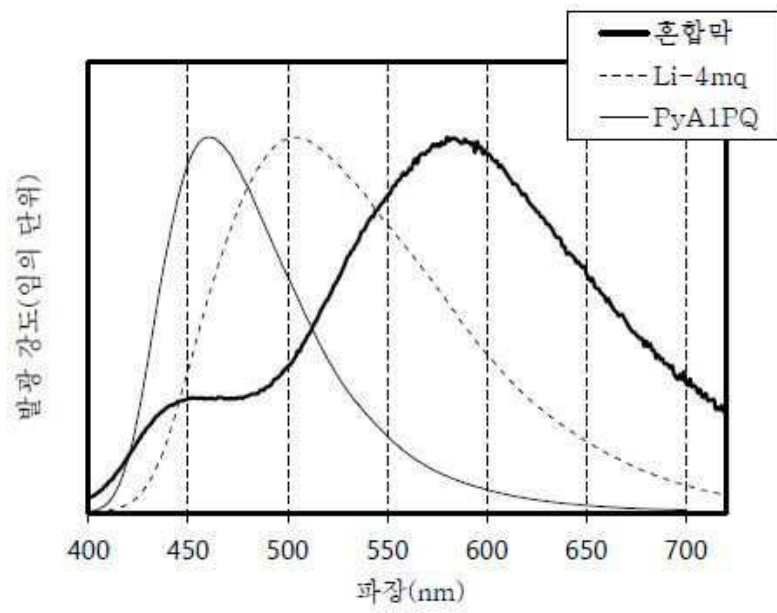
도면57



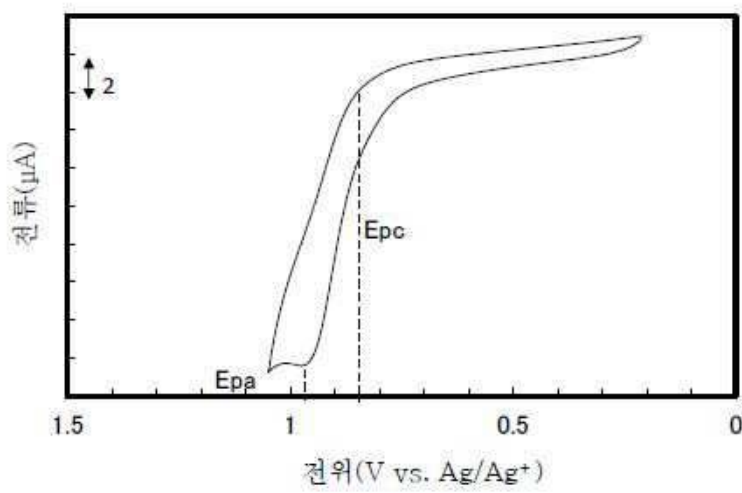
도면58



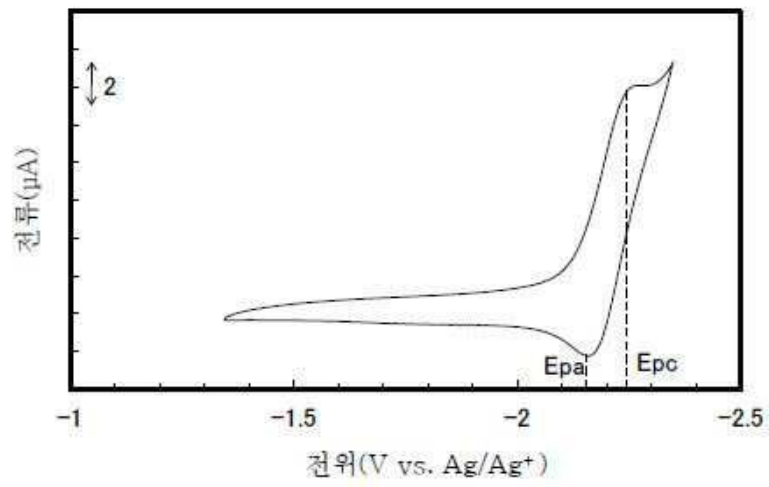
도면59



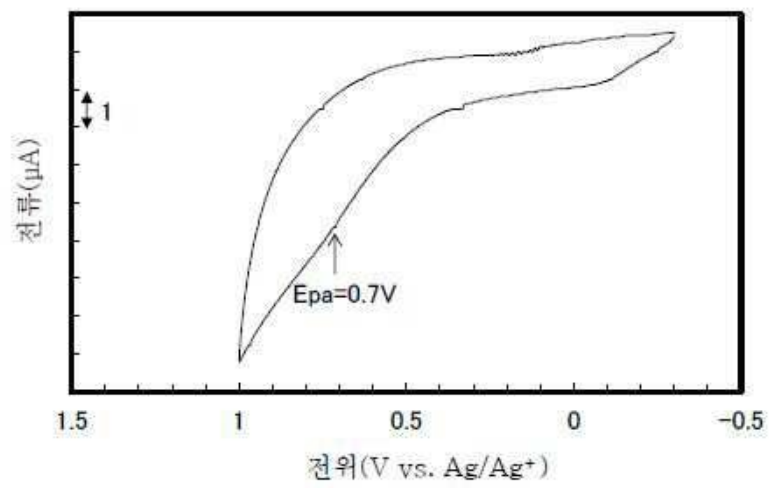
도면60



도면61



도면62



도면63

