



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0108481  
(43) 공개일자 2024년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10K 50/15 (2023.01) H10K 50/11 (2023.01)  
H10K 50/17 (2023.01) H10K 59/121 (2023.01)

(52) CPC특허분류  
H10K 50/15 (2023.02)  
H10K 50/11 (2023.02)

(21) 출원번호 10-2024-7019911  
(22) 출원일자(국제) 2022년11월16일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2024년06월14일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2022/061006  
(87) 국제공개번호 WO 2023/094935  
국제공개일자 2023년06월01일

(30) 우선권주장  
JP-P-2021-191857 2021년11월26일 일본(JP)

(71) 출원인  
가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자  
와타베 다케요시  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 나이  
오사와 노부하루  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 나이  
세오 사토시  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 나이

(74) 대리인  
김진희, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 10 항

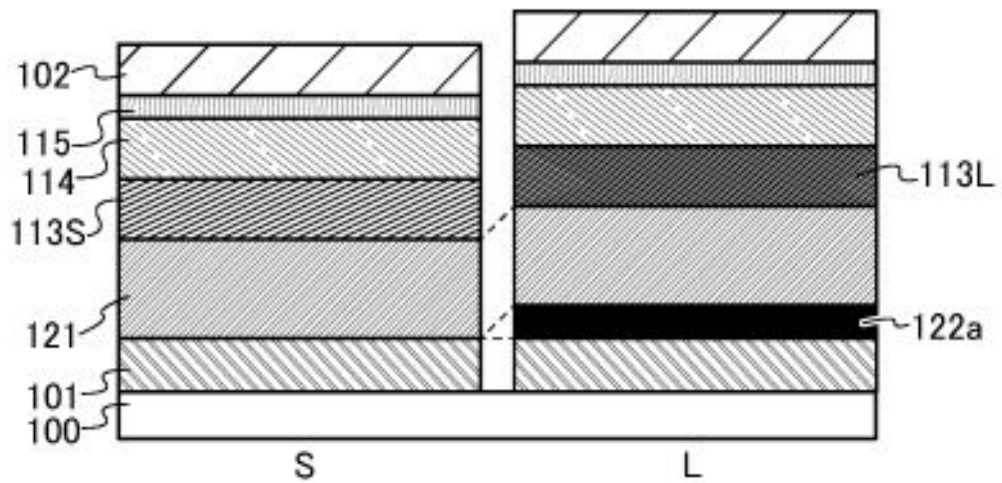
(54) 발명의 명칭 발광 장치, 표시 장치, 및 전자 기기

(57) 요약

발광 효율이 높은 발광 장치를 제공한다. 발광 디바이스 A와 발광 디바이스 B를 가지고, 발광 디바이스 A는 제 1 전극 A와, 제 2 전극 A와, 제 1 전극 A와 제 2 전극 A 사이에 끼워진 발광층 A와, 제 1 전극 A와 발광층 A 사이에 끼워진 제 1 층 A를 가지고, 발광 디바이스 B는 제 1 전극 B와, 제 2 전극 B와, 제 1 전극 B와 제 2 전극 B 사이에 끼워진 발광층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 1 층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 2 층 B를 가지고, 발광층 A는 발광 물질 A를 가지고, 발광층 B는 발광 물질 B를 가지고, 발광 물질 A의 발광 피크 파장은 발광 물질 B의 발광 피크 파장보다 단파장이고, 제 1 층 A와 제 1 층 B는 각각 동일한 재료를 포함하고, 발광 물질 B의 발광 피크 파장에서의 제 2 층 B의 정상 굴절률이 제 1 층 A의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은 발광 장치를 제공한다.

대표도

(A)



(52) CPC특허분류

*H10K 50/17* (2023.02)

*H10K 59/1213* (2023.02)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

발광 장치로서,

제 1 발광 디바이스와 제 2 발광 디바이스를 가지고,

상기 제 1 발광 디바이스는 제 1 전극과, 제 2 전극과, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 끼워진 제 1 발광층과, 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광층 사이에 끼워진 제 1 층을 가지고,

상기 제 2 발광 디바이스는 제 3 전극과, 제 4 전극과, 상기 제 3 전극과 상기 제 4 전극 사이에 끼워진 제 2 발광층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층 사이에 끼워진 제 2 층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층 사이에 끼워진 제 3 층을 가지고,

상기 제 1 발광층은 제 1 발광 물질을 가지고,

상기 제 2 발광층은 제 2 발광 물질을 가지고,

상기 제 1 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 단파장이고,

상기 제 1 층과 상기 제 2 층은 각각 동일한 재료를 포함하고,

상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장에서의 상기 제 3 층의 정상 굴절률이 상기 제 1 층의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은, 발광 장치.

#### 청구항 2

발광 장치로서,

제 1 발광 디바이스와 제 2 발광 디바이스를 가지고,

상기 제 1 발광 디바이스는 제 1 전극과, 제 2 전극과, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 끼워진 제 1 발광층과, 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광층 사이에 끼워진 제 1 층을 가지고,

상기 제 2 발광 디바이스는 제 3 전극과, 제 4 전극과, 상기 제 3 전극과 상기 제 4 전극 사이에 끼워진 제 2 발광층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층 사이에 끼워진 제 2 층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층 사이에 끼워진 제 3 층을 가지고,

상기 제 1 발광층은 제 1 발광 물질을 가지고,

상기 제 2 발광층은 제 2 발광 물질을 가지고,

상기 제 1 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 단파장이고,

상기 제 1 층과 상기 제 2 층은 각각 동일한 재료로 구성되고,

상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장에서의 상기 제 3 층의 정상 굴절률이 상기 제 1 층의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은, 발광 장치.

#### 청구항 3

발광 장치로서,

제 1 발광 디바이스와 제 2 발광 디바이스를 가지고,

상기 제 1 발광 디바이스는 제 1 전극과, 제 2 전극과, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 끼워진 제 1 발광층과, 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광층 사이에 끼워진 제 1 층을 가지고,

상기 제 2 발광 디바이스는 제 3 전극과, 제 4 전극과, 상기 제 3 전극과 상기 제 4 전극 사이에 끼워진 제 2 발광층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층 사이에 끼워진 제 2 층과, 상기 제 3 전극과 상기 제 2 발광층

사이에 끼워진 제 3 층을 가지고,

상기 제 1 발광층은 제 1 발광 물질을 가지고,

상기 제 2 발광층은 제 2 발광 물질을 가지고,

상기 제 1 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 단파장이고,

상기 제 1 층과 상기 제 2 층은 각각 같은 구성을 가지고,

상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장에서의 상기 제 3 층의 정상 굴절률이 상기 제 1 층의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은, 발광 장치.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 발광 물질의 발광 피크 파장에서의 상기 제 1 층의 정상 굴절률이 1.90 이상인, 발광 장치.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장에서의 상기 제 3 층의 정상 굴절률이 1.75 이하인, 발광 장치.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 3 층이 상기 제 2 층과 상기 제 2 발광층 사이에 위치하는, 발광 장치.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 3 층이 상기 제 3 전극과 상기 제 2 층 사이에 위치하는, 발광 장치.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제 3 층이 역선택성을 가지는 물질을 포함하는, 발광 장치.

#### 청구항 9

표시 장치로서,

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 장치를 가지는, 표시 장치.

#### 청구항 10

전자 기기로서,

센서, 조작 버튼, 스피커, 또는 마이크로폰과, 제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 장치를 가지는, 전자 기기.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

본 발명의 일 형태는 유기 화합물, 발광 소자, 발광 디바이스, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 조명 장치, 및 전자 디바이스에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는 상기 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에서 개시(開示)하는 발명의 일 형태가 속하는 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. 따라서 본 명세서에 개시되는 본 발명의 일 형태가 속하는 기술

[0001]

분야의 더 구체적인 예로서는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 환상 장치, 이들의 구동 방법, 또는 이들의 제조 방법을 들 수 있다.

### 배경 기술

- [0002] 유기 화합물을 사용한 일렉트로루미네선스(EL: Electroluminescence)를 이용하는 발광 디바이스(유기 EL 디바이스)의 실용화가 진행되고 있다. 이들 발광 디바이스의 기본적인 구성은 발광 물질을 포함하는 유기 화합물층(EL층)을 한 쌍의 전극 사이에 끼운 것이다. 이 디바이스에 전압을 인가하여 캐리어를 주입하고, 상기 캐리어의 재결합 에너지를 이용함으로써 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다.
- [0003] 이러한 발광 디바이스는 자발광형이기 때문에, 디스플레이의 화소로서 사용하면 액정에 비하여 시인성이 높고 백라이트가 불필요하다는 등의 장점이 있어, 플랫 패널 디스플레이에는 특히 적합하다. 또한 이러한 발광 디바이스를 사용한 디스플레이는 얇고 가볍게 제작할 수 있다는 것도 큰 장점이다. 또한 응답 속도가 매우 빠르다는 것도 특징 중 하나이다.
- [0004] 또한 이들 발광 디바이스는 발광층을 2차원으로 연속적으로 형성할 수 있기 때문에 면발광을 얻을 수 있다. 이것은 백열전구 또는 LED로 대표되는 점광원, 혹은 형광등으로 대표되는 선광원으로는 얻기 어려운 특색이기 때문에, 조명 등에 응용할 수 있는 면광원으로서의 이용 가치도 높다.
- [0005] 이와 같이 발광 디바이스를 사용한 디스플레이 및 조명 장치는 다양한 전자 기기에 적합하지만, 특성이 더 양호한 발광 디바이스를 위하여 연구 개발이 진행되고 있다.
- [0006] 광 추출 효율이 낮다는 것이 유기 EL 디바이스의 문제 중 하나로서 자주 제기된다. 이 효율을 향상시키기 위하여 저굴절률 재료로 이루어지는 층을 EL층 내부에 형성하는 구성이 제안되고 있다(예를 들어 특허문헌 1 참조).

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 미국 특허출원공개공보 US2020/0176692호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 일 형태에서는 발광 효율이 높은 발광 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 수명이 긴 발광 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 소비 전력이 낮은 표시 장치 및 전자 기기를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 신규 발광 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 본 발명은 상술한 과제 중 어느 하나를 해결하면 되는 것으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 형태는 발광 디바이스 A와 발광 디바이스 B를 가지고, 발광 디바이스 A는 제 1 전극 A와, 제 2 전극 A와, 제 1 전극 A와 제 2 전극 A 사이에 끼워진 발광층 A와, 제 1 전극 A와 발광층 A 사이에 끼워진 제 1 층 A를 가지고, 발광 디바이스 B는 제 1 전극 B와, 제 2 전극 B와, 제 1 전극 B와 제 2 전극 B 사이에 끼워진 발광층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 1 층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 2 층 B를 가지고, 발광층 A는 발광 물질 A를 가지고, 발광층 B는 발광 물질 B를 가지고, 발광 물질 A의 발광 피크 파장은 발광 물질 B의 발광 피크 파장보다 단파장이고, 제 1 층 A와 제 1 층 B는 각각 동일한 재료를 포함하고, 발광 물질 B의 발광 피크 파장에서의 제 2 층 B의 정상 굴절률이 제 1 층 A의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은 발광 장치이다.
- [0011] 또한 본 발명의 일 형태는 발광 디바이스 A와 발광 디바이스 B를 가지고, 발광 디바이스 A는 제 1 전극 A와, 제 2 전극 A와, 제 1 전극 A와 제 2 전극 A 사이에 끼워진 발광층 A와, 제 1 전극 A와 발광층 A 사이에 끼워진 제 1 층 A를 가지고, 발광 디바이스 B는 제 1 전극 B와, 제 2 전극 B와, 제 1 전극 B와 제 2 전극 B 사이에 끼워진

발광층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 1 층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 2 층 B를 가지고, 발광층 A는 발광 물질 A를 가지고, 발광층 B는 발광 물질 B를 가지고, 발광 물질 A의 발광 피크 파장은 발광 물질 B의 발광 피크 파장보다 단파장이고, 제 1 층 A와 제 1 층 B는 각각 동일한 재료로 구성되고, 발광 물질 B의 발광 피크 파장에서의 제 2 층 B의 정상 굴절률이 제 1 층 A의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은 발광 장치이다.

- [0012] 또한 본 발명의 일 형태는 발광 디바이스 A와 발광 디바이스 B를 가지고, 발광 디바이스 A는 제 1 전극 A와, 제 2 전극 A와, 제 1 전극 A와 제 2 전극 A 사이에 끼워진 발광층 A와, 제 1 전극 A와 발광층 A 사이에 끼워진 제 1 층 A를 가지고, 발광 디바이스 B는 제 1 전극 B와, 제 2 전극 B와, 제 1 전극 B와 제 2 전극 B 사이에 끼워진 발광층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 1 층 B와, 제 1 전극 B와 발광층 B 사이에 끼워진 제 2 층 B를 가지고, 발광층 A는 발광 물질 A를 가지고, 발광층 B는 발광 물질 B를 가지고, 발광 물질 A의 발광 피크 파장은 발광 물질 B의 발광 피크 파장보다 단파장이고, 제 1 층 A와 제 1 층 B는 각각 같은 구성을 가지고, 발광 물질 B의 발광 피크 파장에서의 제 2 층 B의 정상 굴절률이 제 1 층 A의 정상 굴절률보다 0.15 이상 낮은 발광 장치이다.
- [0013] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 각 구성 중 어느 것에 있어서, 발광 물질 A의 발광 피크 파장에서의 제 1 층 A의 정상 굴절률이 1.90 이상인 발광 장치이다.
- [0014] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 각 구성 중 어느 것에 있어서, 발광 물질 B의 발광 피크 파장에서의 제 2 층 B의 정상 굴절률이 1.75 이하인 발광 장치이다.
- [0015] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 각 구성 중 어느 것에 있어서, 제 2 층 B가 제 1 층 B와 발광층 B 사이에 위치하는 발광 장치이다.
- [0016] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 각 구성 중 어느 것에 있어서, 제 2 층 B가 제 1 전극 B와 제 1 층 B 사이에 위치하는 발광 장치이다.
- [0017] 또한 본 발명의 일 형태는 상기 각 구성 중 어느 것에 있어서, 제 2 층 B가 역선택성을 가지는 물질을 포함하는 발광 장치이다.
- [0018] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 것 중 어느 것에 기재된 발광 장치를 가지는 표시 장치이다.
- [0019] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 것 중 어느 것에 기재된 발광 장치와, 센서와, 조작 버튼과, 스피커 또는 마이크로폰을 가지는 전자 기기이다.
- [0020] 또한 본 명세서에서 표시 장치는, 발광 디바이스를 사용한 가상 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 COG(Chip On Glass) 방식에 의하여 발광 디바이스에 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈도 발광 장치에 포함되는 경우가 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명의 일 형태에서는 발광 효율이 높은 발광 장치를 제공할 수 있다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 수명이 긴 발광 장치를 제공할 수 있다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 소비 전력이 낮은 전자 기기, 표시 장치, 및 발광 장치 중 어느 것을 제공할 수 있다. 또는 본 발명의 일 형태에서는 신규 발광 장치를 제공할 수 있다.
- [0022] 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 기재에서 저절로 명백해지는 것이며, 명세서, 도면, 청구항 등의 기재에서 이들 외의 효과를 추출할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1의 (A) 및 (B)는 발광 장치의 개략도이다.
- 도 2는 발광 장치의 개략도이다.
- 도 3의 (A) 및 (B)는 발광 장치의 개략도이다.
- 도 4의 (A) 및 (B)는 발광 장치의 개략도이다.

- 도 5는 발광 장치의 개략도이다.
- 도 6의 (A) 및 (B)는 발광 장치의 상면도 및 단면도이다.
- 도 7은 발광 장치의 단면도이다.
- 도 8의 (A), (B), (C), 및 (D)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 9의 (A), (B), 및 (C)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 10은 차량 탑재용 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 11의 (A) 및 (B)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 12의 (A), (B), 및 (C)는 전자 기기를 나타낸 도면이다.
- 도 13은 PCBBiF의 굴절률이다.
- 도 14는 계산에 사용한 발광 스펙트럼이다.
- 도 15는 DBfBB1TP, 2mDBTBPDq-II, NBPhen, DBT3P-II, 및  $\alpha$ N- $\beta$ NPAnth의 굴절률이다.
- 도 16은 dchPAF의 굴절률이다.
- 도 17은 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 18은 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 19는 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 20은 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 전류 밀도-전압 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 21은 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 도면이다.
- 도 22는 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0024] 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 있다는 것은 통상의 기술자라면 쉽게 이해할 수 있다. 따라서 본 발명은 이하에 기재하는 실시형태의 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.
- [0025] 또한 광학적 이방성을 가지는 재료에 광을 입사시키는 경우, 광축에 평행한 진동면의 광을 이상광(이상 광선(extraordinary ray))이라고 부르고, 광축에 수직인 진동면의 광을 정상광(정상 광선(ordinary ray))이라고 부르지만, 상기 재료의 정상광에 대한 굴절률과 이상광에 대한 굴절률이 다른 경우가 있다. 이와 같은 경우, 이방성 해석을 실시함으로써 정상 굴절률과 이상 굴절률을 분리하여 각각의 굴절률을 산출할 수 있다. 또한 본 명세서에서는 측정된 재료에 정상 굴절률과 이상 굴절률의 양쪽이 존재한 경우, 정상 굴절률을 지표로서 사용하는 것으로 한다.
- [0026] (실시형태 1)
- [0027] 발광 디바이스를 표시 소자로서 디스플레이에 사용하는 경우, 풀 컬러 표시를 수행하기 위해서는 하나의 화소에 각각 다른 발광색을 나타내는 복수의 부화소를 제공할 필요가 있다. 풀 컬러 표시를 수행하는 디스플레이의 제작 방법에는 몇 가지 방식이 존재하지만, 개별 도포 방식을 채용한 디스플레이에서는 발광색이 상이한 부화소가 가지는 발광 디바이스에, 상이한 발광 피크 파장을 나타내는 발광 물질이 포함되어 있다. 예를 들어 하나의 화소가 3개의 부화소를 가지는 경우, 각 부화소가 가지는 발광 디바이스에는 적색 영역에 발광 피크 파장을 가지는 발광 물질, 녹색 영역에 발광 피크를 가지는 발광 물질, 및 청색 영역에 발광 피크 파장을 가지는 발광 물질이 각각 포함되어 있는 것이 바람직하다.
- [0028] 발광 디바이스 내의 반사 전극과 발광층 사이의 층의 막 두께를 발광색에 따라 조정함으로써 발광 디바이스의 광 추출 효율 향상을 기대할 수 있다.
- [0029] 어떤 발광색을 나타내는 발광 디바이스의 광 추출 효율이 향상되도록 조정된 막 두께를 가지는, 반사 전극과 발

광층 사이의 층을 발광색이 다른 발광 디바이스에 그대로 적용하면, 효과적인 광 추출 효율 향상 효과를 얻기는 커녕, 오히려 광 추출 효율을 저하시킬 경우가 있다. 그러므로 일반적으로, 반사 전극과 발광층 사이의 층을 각 발광색에 적합한 막 두께가 되도록 구분 형성할 필요가 있다. 그러나 상기 층을 각 발광색에 맞추어 각각 형성하기 위해서는 발광색마다 적층 수에 대응한 공정을 반복할 필요가 있어, 복잡하고 시간도 걸리고 비용도 든다.

[0030] 그러므로 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는, 화소에 포함되는 복수의 부화소 중 파장이 가장 짧은 발광색을 나타내는 부화소에 포함되는 발광 디바이스에 광학 거리를 맞춘, 반사 전극과 발광층 사이의 층을, 다른 발광색을 나타내는 발광 디바이스도 공유하는 구성으로 한다. 다만 상기 다른 발광색을 나타내는 발광 디바이스는 상기 층에 굴절률이 낮은 광학 조정층을 더 가지는 구성을 가지는 것으로 한다.

[0031] 이 구성을 가짐으로써, 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는 반사 전극과 발광층 사이의 층을 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유하면서, 광 추출 효율의 저하를 억제하며 복수의 발광색의 발광 디바이스의 추출 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 상기 층을 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유함으로써, 동일한 공정에서 복수의 발광 디바이스에 상기 층을 형성할 수 있기 때문에, 복수의 발광색의 발광 디바이스에서 추출 효율이 향상되고 발광 효율이 양호한 발광 장치를 간편하고, 신속하고, 저렴하게 제공할 수 있다.

[0032] 또한 본 발명의 일 형태에서, 발광색의 파장이 긴 쪽의 발광 디바이스에서의 굴절률이 낮은 광학 조정층 이외의 층에는, 발광색의 파장이 짧은 발광 디바이스에 맞추어 조정된 층이 그대로 제공된다. 그럼에도 불구하고, 본 발명의 일 형태에서는 효율 저하가 일어나지 않을 뿐만 아니라, 효율 향상 효과를 얻을 수 있다는 것이 큰 특징이다. 발광색의 파장이 짧은 발광 디바이스에 맞추어 조정된 반사 전극과 발광층 사이의 층을 발광색의 파장이 긴 발광 디바이스에 그대로 적용하면 발광 효율이 크게 저하된다. 그 악영향을 하나의 굴절률이 낮은 광학 조정층만으로 배제하며 효율 향상 효과를 얻을 수 있다는 것은 보통은 상정할 수 없는 큰 효과라고 할 수 있다.

[0033] 도 1의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 나타낸 도면이다. 도 1의 (A) 및 (B)는 발광 장치 중의 상이한 발광색을 나타내는 2개의 발광 디바이스를 발체하여 나타낸 것이다.

[0034] 도 1의 (A) 및 (B)에 나타낸 발광 장치는 절연층(100) 위에 발광 디바이스 S 및 발광 디바이스 L을 가진다. 오른쪽에 도시한 발광 디바이스 L은 발광 디바이스 S보다 파장이 긴 발광색을 나타내는 발광 디바이스이다.

[0035] 발광 디바이스 S는 절연층(100) 위에 제 1 전극(101), 제 1 층(121), 발광층(113S), 및 제 2 전극(102)을 적어도 가진다. 발광층(113S)은 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 끼워진다. 또한 제 1 층(121)은 제 1 전극(101)과 발광층(113S) 사이에 끼워진다. 또한 발광층(113S)은 발광 물질 S를 가진다.

[0036] 발광 디바이스 L은 절연층(100) 위에 제 1 전극(101), 제 1 층(121), 제 2 층(122), 발광층(113L), 및 제 2 전극(102)을 적어도 가진다. 발광층(113L)은 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 끼워진다. 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 제 1 전극(101)과 발광층(113L) 사이에 끼워진다. 또한 발광층(113L)은 발광 물질 L을 가진다. 발광 물질 L은 발광 물질 S보다 발광 피크 파장이 장파장에 존재하는 발광 물질이다. 또한 후술하지만 제 2 층(122)은 굴절률이 낮은 광학 조정층이다.

[0037] 제 2 층(122)은 도 1의 (A)와 같이 제 1 전극(101)과 제 1 층(121) 사이에 제공되어도 좋고(제 2 층(122a)), 도 1의 (B)와 같이 제 1 층(121)과 발광층(113L) 사이에 제공되어도 좋다(제 2 층(122b)).

[0038] 또한 본 명세서 중에서는, 제 2 층(122a) 및 제 2 층(122b)을 통틀어 제 2 층(122)이라고 부르는 경우가 있다.

[0039] 어떤 파장  $\lambda$ 의 광에 대한 제 2 층(122)의 정상 굴절률은 제 1 층(121)보다 낮은 것이 바람직하고, 0.15 이상 낮은 것이 더 바람직하고, 0.20 이상 낮은 것이 더 바람직하다. 또한 파장  $\lambda$ 은 450nm 이상 650nm 이하의 어느 파장 또는 전체이다.

[0040] 또한 어떤 파장  $\lambda$ 의 광에 대한 제 2 층(122)의 정상 굴절률이 발광층(113L)의 정상 굴절률보다 낮은 것이 바람직하고, 0.15 이상 낮은 것이 더 바람직하고, 0.20 이상 낮은 것이 더 바람직하다. 파장  $\lambda$ 은 450nm 이상 650nm 이하의 어느 파장 또는 전체이다.

[0041] 발광 디바이스 L이 녹색 영역의 발광을 나타내는 경우에는, 파장  $\lambda$ 이 520nm 이상 540nm 이하의 어느 파장 또는 전체이고, 적색 영역의 발광을 나타내는 경우에는, 파장  $\lambda$ 이 610nm 내지 640nm의 어느 파장 또는 전체인 것이 바람직하다. 또한 파장  $\lambda$ 은 발광 물질 L의 발광 피크 파장  $\lambda_L$ 인 것이 바람직하다.

[0042] 제 1 층(121)의 파장  $\lambda$ 의 광에서의 정상 굴절률은 1.90 이상 2.30 이하인 것이 바람직하다.

- [0043] 더 자세하게는 제 1 층(121)은 발광 디바이스 S가 청색 영역의 발광을 나타내는 경우, 455nm 이상 465nm 이하의 어느 파장 또는 전체에서의 정상 굴절률, 바람직하게는 발광 물질 S의 발광 피크 파장  $\lambda_s$ 에서의 정상 굴절률이 1.75 이상 2.30 이하인 것이 바람직하고, 1.90 이상 2.30 이하인 것이 더 바람직하다. 또한 제 1 층(121)은 발광 디바이스 S가 녹색 영역의 발광을 나타내는 경우, 520nm 이상 540nm 이하의 어느 파장 또는 전체에서의 정상 굴절률, 바람직하게는 발광 물질 S의 발광 피크 파장  $\lambda_s$ 에서의 정상 굴절률이 1.75 이상 2.30 이하인 것이 바람직하고, 1.80 이상 2.30 이하인 것이 더 바람직하다. 또한 제 1 층(121)은 발광 디바이스 S가 적색 영역의 발광을 나타내는 경우, 610nm 이상 640nm 이하의 어느 파장 또는 전체에서의 정상 굴절률, 바람직하게는 발광 물질 S의 발광 피크 파장  $\lambda_s$ 에서의 정상 굴절률이 1.75 이상 2.30 이하인 것이 바람직하고, 1.80 이상 2.30 이하인 것이 더 바람직하다. 또는 제 1 층(121)은 633nm의 광에서의 정상 굴절률이 1.75 이상 2.30 이하, 1.80 이상 2.30 이하인 것이 바람직하다.
- [0044] 제 2 층(122)은 파장  $\lambda$ 의 광에서의 정상 굴절률이 1.40 이상 1.75 이하인 것이 바람직하다.
- [0045] 더 자세하게는 제 2 층(122)은 발광 디바이스 L이 녹색 영역의 발광을 나타내는 경우, 520nm 이상 540nm 이하의 어느 파장 또는 전체에서의 정상 굴절률, 바람직하게는 발광 물질 L의 발광 피크 파장  $\lambda_L$ 에서의 정상 굴절률이 1.40 이상 1.75 이하인 것이 바람직하다. 또한 발광 디바이스 L이 적색 영역의 발광을 나타내는 경우, 610nm 이상 640nm 이하의 어느 파장 또는 전체에서의 정상 굴절률, 바람직하게는 발광 물질 L의 발광 피크 파장  $\lambda_L$ 에서의 정상 굴절률이 1.40 이상 1.75 이하인 것이 바람직하다. 또는 제 2 층(122)은 633nm의 광에서의 정상 굴절률이 1.40 이상 1.70 이하인 것이 바람직하다.
- [0046] 제 1 층(121)은 제 1 전극(101)과 발광층(113S) 사이에 제공되고, 제 2 층(122)은 제 1 전극(101)과 발광층(113S) 사이 및 제 1 전극(101)과 발광층(113L) 사이에 제공된다. 제 1 전극(101)은 적층 구조를 가지고, 상기 적층 구조에 양극을 포함하는 것이 바람직하기 때문에, 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 정공 수송성을 가지는 층인 것이 바람직하다. 정공 수송성을 가지는 층으로서, 정공 주입층, 정공 수송층, 및 전자 차단층 등을 들 수 있다. 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 정공 수송성을 가지는 다른 기능층으로서 기능하여도 좋다. 제 1 층(121) 및 제 2 층(122) 중 제 1 전극(101) 측에 위치하는 층을 정공 주입층으로 하고, 발광층(113S) 및 발광층(113L) 측에 위치하는 층을 전자 차단층으로 하고, 이들 사이에 위치하는 층을 정공 수송층으로 할 수 있다.
- [0047] 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 각각 복수의 층의 적층으로 구성되어도 좋다. 예를 들어 정공 주입층과 정공 수송층의 정상 굴절률이 거의 같은 경우(예를 들어 정공 주입층과 정공 수송층이 같은 유기 화합물을 가지고, 정공 주입층만 전자 억셉터 재료를 더 포함하는 경우 등. 구체적으로는 정상 굴절률의 차이가 0.05 이내인 경우), 상기 2개의 층을 통틀어 제 1 층(121)으로 간주할 수도 있다.
- [0048] 또한 제 2 층(122)이 도 1의 (A)와 같이, 제 1 전극(101)과 제 1 층(121) 사이에 위치하는 경우, 즉 제 2 층(122a)을 정공 주입층으로서 사용하는 경우, 정공 주입층이 발광 디바이스 S와 발광 디바이스 L에서 독립적으로 제공되기 때문에, 정세도가 높은 표시 장치이어도, 인접한 발광 디바이스에 대한 크로스토크를 억제할 수 있어 바람직하다. 또한 후술하지만 정공 주입층은 전자의 억셉터성을 가지는 물질로 형성하여도 좋다. 즉 제 2 층(122a)을 정공 주입층으로서 사용하는 경우, 제 2 층(122a)은 전자의 억셉터성을 가지는 물질을 포함하는 경우가 있다.
- [0049] 제 1 전극(101)은 반사 전극을 포함하는 전극이고, 제 2 전극(102)은 가시광에 대한 투과성을 가지는 전극이다. 또한 제 1 전극(101)은 양극을 포함하는 것이 바람직하고, 제 2 전극(102)은 음극인 것이 바람직하다. 또한 제 1 전극(101)이 적층 구조를 가지는 경우, 가장 제 2 전극(102) 측의 전극은 가시광에 대한 투과성을 가지는 전극이며 양극인 것이 바람직하다. 즉, 제 1 전극(101)은 반사 전극 위에 양극으로서 기능하는 투과성을 가지는 전극이 적층되어 있는 구조인 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(102)은 가시광에 대한 투과성과 함께 가시광을 반사하는 기능을 가지는 것이 바람직하다.
- [0050] 구체적으로, 제 1 전극(101)에는 가시광을 40% 이상, 바람직하게는 70% 이상 반사하는 반사 전극이 포함되는 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(102)은 가시광의 반사율이 20% 이상 80% 이하, 바람직하게는 40% 이상 70% 이하의 반투과·반반사 전극인 것이 바람직하다. 이와 같은 구성을 가짐으로써 발광 디바이스 S 및 발광 디바이스 L은 제 2 전극(102) 측으로부터 광을 사출하는 톱 이미전형 발광 디바이스가 되고, 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)의 막 두께를 조정함으로써 마이크로캐비티 구조를 가지는 발광 디바이스가 될 수 있다.

- [0051] 또한 광을 사출하는 쪽의 전극(본 실시형태에서는 제 2 전극(102))의 발광층과 반대 면에, 캡층(131)(도 2 참조)을 제공하여도 좋다. 캡층(131)은 굴절률이 비교적 높은 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다.
- [0052] 구체적으로, 캡층(131)은 455nm 이상 465nm 이하의 어느 파장, 바람직하게는 파장 범위 전체에서의 정상 굴절률이 1.90 이상 2.40 이하인 것이 바람직하고, 1.95 이상 2.40 이하인 것이 더 바람직하다. 또한 상기 캡층은 455nm 이상 465nm 이하의 어느 파장, 바람직하게는 파장 범위 전체에서의 정상광 소광 계수가 0 이상 0.01 이하인 것이 바람직하다. 또는 캡층(131)은 500nm 이상 650nm 이하의 어느 파장, 바람직하게는 파장 범위 전체에서의 정상 굴절률이 1.85 이상 2.40 이하인 것이 바람직하고, 1.90 이상 2.40 이하인 것이 더 바람직하다. 또한 상기 캡층은 500nm 이상 650nm 이하의 어느 파장, 바람직하게는 파장 범위 전체에서의 정상광 소광 계수가 0 이상 0.01 이하인 것이 바람직하다.
- [0053] 또한 증착으로 형성 가능한 유기 화합물을 사용하면, 간편하게 형성할 수 있기 때문에 바람직하다. 캡층(131)을 제공함으로써, 광 추출 효율이 향상되기 때문에 발광 효율을 더 높일 수 있다. 캡층(131)의 재료로서는, 제 1 층(121)에 사용할 수 있는 재료로서 든 유기 화합물 외에, 3-{4-(트라이페닐렌-2-일)페닐}-9-(트라이페닐렌-2-일)-9H-카바졸(약칭: TpPCzTp), 3,6-비스[4-(2-나프틸)페닐]-9-(2-나프틸)-9H-카바졸(약칭:  $\beta$ NP2 $\beta$ NC), 9-[4-(2,2'-바이나프탈렌-6-일)페닐]-3-[4-(2-나프틸)페닐]-9H-카바졸(약칭: ( $\beta$ N2)PCP $\beta$ N), 2-{4-[2-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2PCCzPDBq-02), 9-[4-(9'-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9pPCCzPNfpr), 4,8-비스[3-(트라이페닐렌-2-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4,8mTpP2Bfpm) 등을 적합하게 사용할 수 있다.
- [0054] 여기서 제 1 층(121)의 막 두께는 발광 디바이스 S에서의 발광층(113S)으로부터 방출된 광 및 전극에서 반사된 광이 간섭에 의하여 증폭되는 막 두께인 것이 바람직하다. 또한 제 2 층(122)의 막 두께는 발광 디바이스 L에서의 발광층(113L)으로부터 방출된 광, 전극에서 반사된 광, 및 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면에서 반사된 광이 간섭에 의하여 증폭되는 막 두께인 것이 바람직하다.
- [0055] 발광층(113S)으로부터 방출된 광의, 제 1 전극(101)이 가지는 반사 전극의 제 2 전극(102) 측의 면까지의 광로 길이가  $3\lambda_i/4$ 가 되도록 제 1 층(121)을 조정함으로써, 표면에서의 반사광과 뒷면에서의 반사광의 위상을 맞출 수 있다. 또한 발광층(113S)으로부터 방출된 광의, 제 1 전극(101)이 가지는 반사 전극의 제 2 전극(102) 측의 면까지의 광로 길이가  $3\lambda_i/4$ 의 60% 이상 140% 이하가 됨으로써, 광의 간섭을 유효하게 강화할 수 있다. 또한 제 1 전극(101)에 투광성을 가지는 전극이 포함되는 경우, 상기 투광성을 가지는 전극의 막 두께는 5nm 이상 40nm 이하인 것이 바람직하다. 또한 제 1 전극(101)이 가지는 반사 전극에 은 등의 금속을 사용하는 경우에는 반사 전극에서 광이 반사하였을 때 위상 변화가 180°에서 시프트되는 경우가 있다. 이에 의하여 발광층(113S)으로부터 방출된 광의, 제 1 전극(101)이 가지는 반사 전극의 제 2 전극(102) 측의 면까지의 광로 길이가 짧아지는 경우가 있다.
- [0056] 또한 본 명세서 등에서 광로 길이란, 광이 진행되는 기하학적인 길이(nm)와 광이 그 속을 진행하는 매질의 굴절률의 곱이다.
- [0057] 여기서 실제 발광 장치에서의  $\lambda_i$ 는 발광 디바이스 S가 포함되는 부화소가 나타내는 발광의 발광 피크 파장  $\lambda_{SD}$  또는 발광 물질 S의 발광 피크 파장  $\lambda_S$ 에 상당한다.
- [0058] 이상으로부터, 파장  $\lambda_i$ (발광 디바이스 S가 포함되는 부화소로부터 사출되는 광의 파장  $\lambda_{SD}$  또는 발광 물질 S의 발광 피크 파장  $\lambda_S$ )에서의 제 1 층(121)의 정상 굴절률과 막 두께(nm)의 곱은  $0.25\lambda_i$  이상  $0.75\lambda_i$  이하인 것이 바람직하다.
- [0059] 또한 1.75 이상의 정상 굴절률을 가지는 정공 주입층을 제 1 층(121)과 제 1 전극(101) 사이에 가져도 좋다. 또한 이때, 정공 주입층이 5nm 이상 15nm 이하, 바람직하게는 5nm 이상 10nm 이하이면, 광로 길이에 대한 영향이 적기 때문에 바람직하다.
- [0060] 또한 제 1 층(121)과, 발광층(113S) 및 발광층(113L) 사이에 전자 차단층을 가져도 좋다. 이때, 전자 차단층은 20nm 이하이면 광로 길이에 대한 영향이 적기 때문에 바람직하고, 5nm 이상 20nm 이하인 것이 더 바람직하다. 또한 전자 차단층의 막 두께는 발광층의 막 두께의 일부로 간주하여 제 1 층(121)의 막 두께를 설정하는 것이 더 바람직하다.
- [0061] 또한 상기 정공 주입층 또는 전자 차단층을 형성하는 경우, 복수의 발광 디바이스로 공유되는 연속된 층으로서

형성되는 것이 바람직하다.

- [0062] 또한 반사 전극의 제 1 층(121) 측의 계면과, 제 1 층(121)(또는 제 2 층(122a))의 반사 전극 측의 계면의 광학 거리는  $0.13\lambda_i$  이상  $0.38\lambda_i$  이하인 것이 바람직하다. 또한 발광층(113S) 또는 발광층(113L)의 주된 발광 영역과, 제 1 층(121)(또는 제 2 층(122a))의 반사 전극 측의 계면의 광로 길이는  $0.38\lambda_i$  이상  $0.63\lambda_i$  이하인 것이 바람직하다. 이와 같은 구성을 가짐으로써 각 층의 계면 및 반사 전극에서 반사된 광이 각각 서로 증폭되어, 효율이 양호하고, 색 순도가 높은 발광 디바이스로 할 수 있다.
- [0063] 또한 도 1의 (A)와 같이, 제 2 층(122)이 제 1 전극(101)과 제 1 층(121) 사이에 제공되는 경우(제 2 층(122a)), 발광층(113L)의 주된 발광 영역으로부터 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면까지의 광로 길이가  $\lambda_i/2$ 가 되도록 조정함으로써, 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면의 굴절률 단차에 의하여 생기는 반사광의 위상과, 발광층(113L)으로부터 조사되는 광의 위상을 맞출 수 있다. 이 효과에 의하여 광 추출 효율 향상을 기대할 수 있다. 또한 발광층(113L)의 주된 발광 영역으로부터 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면까지의 광로 길이를  $\lambda_i/2$ 의 60% 이상 140% 이하로 함으로써, 광의 간섭을 유효하게 강화할 수 있다.
- [0064] 또한 도 1의 (B)와 같이, 제 2 층(122)이 제 1 층(121)과 발광층(113L) 사이에 제공되는 경우(제 2 층(122b)), 발광층(113L)의 주된 발광 영역으로부터 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면까지의 광로 길이가  $\lambda_i/4$ 가 되도록 조정함으로써, 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면의 굴절률 단차에 의하여 생기는 반사광의 위상과, 발광층(113L)으로부터 조사되는 광의 위상을 맞출 수 있다. 이 효과에 의하여 광 추출 효율 향상을 기대할 수 있다. 또한 발광층(113L)의 주된 발광 영역으로부터 제 1 층(121)과 제 2 층(122)의 계면까지의 광로 길이를  $\lambda_i/4$ 의 60% 이상 140% 이하로 함으로써, 광의 간섭을 유효하게 강화할 수 있다.
- [0065] 발광 디바이스 L의 제 1 층(121) 및 발광 디바이스 S의 제 1 층(121)은 각각 동일한 재료를 포함하고, 동일한 재료로 구성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0066] 또한 발광 디바이스 L의 제 1 층(121)의 막 두께는 발광 디바이스 S의 제 1 층(121)과 같다.
- [0067] 또한 발광 디바이스 L의 제 1 층(121)의 조성 및 막 두께는 발광 디바이스 S의 제 1 층(121)과 같은 것이 바람직하다.
- [0068] 또한 본 명세서 중에서 "같다"란, 성막 장치의 막 두께 정밀도 및 조성의 변동을 허용할 정도로 달라도 되는 것으로 한다. 이와 같은 구성을 가짐으로써, 발광 디바이스 L의 제 1 층(121)과, 발광 디바이스 S의 제 1 층(121)을 동시에 형성할 수 있다. 제 1 층(121)은 발광 디바이스 S의 광이 증폭되는 막 두께를 가진다. 이것만으로는 발광 디바이스 L의 추출 효율이 저하될 우려가 있지만, 본 발명의 일 형태에서 발광 디바이스 L은 제 2 층(122)을 더 가짐으로써 추출 효율을 향상시켜, 효율적으로 발광을 나타내는 발광 디바이스로 할 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 일 형태에서는, 모든 발광색에서 발광 효율이 양호한 발광 디바이스를 가진 발광 장치를 간편하고, 신속하고, 저렴하게 얻을 수 있다.
- [0069] 여기서 제 1 층(121) 및 제 2 층(122) 중 어느 것이 인접한 어느 층과 재료 및 그 조성이 같은 경우, 상기 인접한 층과의 경계가 명확하지 않아 하나의 층처럼 보이는 경우가 있다. 그러나 이때, 발광 디바이스 S의 제 1 층(121)과 같은 층이 발광 디바이스 L에도 형성되어 있기 때문에 제 2 층(122)의 위치와 막 두께를 추정할 수 있다.
- [0070] 또한 이들 층의 막 두께에 관해서는 시판의 유기 디바이스 시뮬레이터를 사용하여 결정하여도 좋다.
- [0071] 발광 물질의 발광 피크 파장은 용액 상태에서의 포토루미네선스의 스펙트럼으로부터 산출하면 좋다. 발광 디바이스의 EL층을 구성하는 유기 화합물의 비유전율은 3 정도이기 때문에, 발광 디바이스에 사용한 경우의 발광 스펙트럼과의 차이를 가능한 한 작게 하는 목적으로, 상기 발광 물질을 용액 상태로 하기 위한 용매의 비유전율은 실온에서 1 이상 10 이하인 것이 바람직하고, 2 이상 5 이하인 것이 더 바람직하다. 구체적으로는, 헥세인, 벤젠, 톨루엔, 다이에틸에터, 아세트산 에틸, 클로로폼, 클로로벤젠, 다이클로로메테인을 들 수 있다. 또한 실온에서의 비유전율이 2 이상 5 이하이고, 용해성이 높고, 범용적인 용매가 더 바람직하고, 예를 들어 톨루엔 또는 클로로폼인 것이 바람직하다.
- [0072] 또한 각 층의 굴절률(정상 굴절률 및 이상 굴절률)은 포함되는 재료의 굴절률로 간주할 수 있다. 예를 들어 비슷한 조성을 가지는 재료의 막의 굴절률을 측정하고, 그 값을 상기 층의 굴절률로 간주할 수 있다. 또한 각 층의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위로서는 상기 층에 가장 많이 포함되는 재료의 HOMO 준위를

적용할 수 있다.

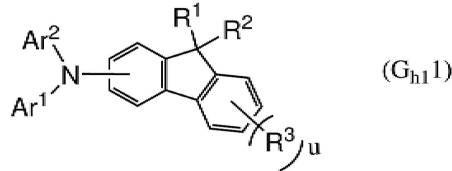
- [0073] 또한 혼합 재료로 구성되는 층의 굴절률을 산출하는 경우, 직접 측정하는 것 외에도 각각의 재료만으로 형성되는 막의 정상 굴절률에 상기 층의 각 재료에서의 조성의 비율을 곱하고, 그 곱을 합한 값으로서 산출할 수도 있다. 또한 정확한 비율을 산출할 수 없는 경우에는, 각각의 정상 굴절률을 조성 성분의 개수로 나누고, 그 몫을 합한 값을 사용하여도 좋다.
- [0074] 또한 발광층은 발광 물질과 호스트 재료를 포함하는 경우가 있다. 이러한 발광층의 굴절률을 구하는 경우, 호스트 재료의 막의 굴절률을 측정하고 그 값을 발광층의 굴절률의 지표로 하여도 좋다. 호스트 재료는 발광 물질을 게스트 재료로서 분산시킬 수 있는 것이면 좋고, 혼합물이어도 좋다.
- [0075] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는, 발광 물질이 방출한 광이 굴절률이 다른 층들의 계면에서 반사되기 때문에, 반사 전극만을 사용하여 반사시키는 경우보다 많은 광을 반사시킬 수 있게 되어, 외부 양자 효율이 향상된다. 또한 동시에 반사 전극에서의 표면 플라즈몬(surface plasmon)의 영향을 저감시킬 수 있기 때문에, 에너지의 손실을 저감시켜, 광을 효율적으로 추출할 수 있다. 또한 각 부화소에 공통의 층을 가지면서, 각 부화소가 나타내는 광이 증폭되도록 상기 적층 구조의 막 두께가 조정되어 있기 때문에, 모든 발광색에서 발광 효율을 간편하고, 신속하고, 저렴하게 향상시킬 수 있다.
- [0076] 또한 발광 디바이스 S는 발광층(113S)과 제 2 전극(102) 사이에 전자 수송층(114), 전자 주입층(115) 등을 가져도 좋다. 또한 발광 디바이스 L은 발광층(113L)과 제 2 전극(102) 사이에 전자 수송층(114), 전자 주입층(115) 등을 가져도 좋다. 또한 발광 디바이스 S, 발광 디바이스 L은 모두, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 정공 주입층, 정공 수송층, 캐리어 차단층, 들뜬자 차단층 등 다양한 기능층을 가져도 좋다. 또한 이들 기능층은 모든 발광색의 발광 디바이스에서 공통되어 있어도 좋고 독립되어 있어도 좋지만, 공통으로 함으로써 발광 장치의 제작이 간편해진다.
- [0077] 이어서 도 3의 (A) 및 (B)에, 상기 구성을 적색, 녹색, 청색의 세 가지 색의 발광 디바이스를 가지는 발광 장치에 적용한 예를 나타내었다. 즉, 도 3의 (A) 및 (B)는 하나의 화소에 3개의 부화소를 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 나타낸 것이다. 또한 도 1 및 도 2와 같은 구성에 대해서는 같은 부호를 사용하는 경우가 있고, 설명을 생략하는 경우가 있다.
- [0078] 도 3의 (A) 및 (B)에는, 제 1 전극(101)에 포함되는 반사 전극(101-1)과 투광성을 가지는 전극(양극)(101-2)을 명시하였다. 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)이 절연층(123)을 개재(介在)하지 않고 중첩되는 부분에 발광 디바이스가 형성되어 있다. 도면에서, 청색 발광층(113B)을 가지는 발광 디바이스가 청색 발광 디바이스, 녹색 발광층(113G)을 가지는 발광 디바이스가 녹색 발광 디바이스, 적색 발광층(113R)을 가지는 발광 디바이스가 적색 발광 디바이스이고, 청색 발광 디바이스가 파장이 가장 짧은 발광색을 나타내는 발광 디바이스에 상당한다.
- [0079] 청색 발광 디바이스는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제 1 층(121)과, 청색 발광층(113B)과, 전자 수송층(114B)과, 전자 주입층(115)을 가진다. 제 1 층(121)의 막 두께는 청색 발광 디바이스의 광 추출 효율이 향상되도록 조정되어 있다. 또한 제 1 층(121)과 전자 주입층(115)은 그 외의 발광 디바이스와 공유되는 연속된 층으로서 제공되어 있는 것이 바람직하다.
- [0080] 녹색 발광 디바이스는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제 1 층(121)과, 제 2 층(122G)(제 2 층(122Ga)(도 3의 (A)) 및 제 2 층(122Gb)(도 3의 (B)))과, 녹색 발광 물질을 포함하는 녹색 발광층(113G)과, 전자 수송층(114G)과, 전자 주입층(115)을 가진다. 녹색 발광 디바이스가 가지는 제 1 층(121)은 청색 발광 디바이스가 가지는 제 1 층(121)과 같은 조성 및 막 두께를 가진다. 이에 의하여, 청색 발광 디바이스의 제 1 층(121)과 녹색 발광 디바이스의 제 1 층(121)은 동시에 형성될 수 있다. 녹색 발광 디바이스는 상술한 바와 같이 제 2 층(122G)을 더 가진다. 제 2 층(122G)을 가지면, 녹색 발광 디바이스는 청색 발광 디바이스의 제 1 층(121)과 같은 구성을 가지면서 양호한 발광 효율을 나타낼 수 있다.
- [0081] 적색 발광 디바이스는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제 1 층(121)과, 제 2 층(122R)(제 2 층(122Ra)(도 3의 (A)) 및 제 2 층(122Rb)(도 3의 (B)))과, 적색 발광 물질을 포함하는 적색 발광층(113R)과, 전자 수송층(114R)과, 전자 주입층(115)을 가진다. 적색 발광 디바이스가 가지는 제 1 층(121)은 청색 발광 디바이스가 가지는 제 1 층(121)과 같은 조성 및 막 두께를 가진다. 이에 의하여, 청색 발광 디바이스의 제 1 층(121)과 적색 발광 디바이스의 제 1 층(121)은 동시에 형성될 수 있다. 적색 발광 디바이스는 상술한 바와 같이 제 2 층(122R)을 더 가진다. 제 2 층(122R)을 가지면, 적색 발광 디바이스는 청색 발광 디바이스의 제 1 층(121)과 같은 구성을 가지면서 양호한 발광 효율을 나타낼 수 있다.

- [0082] 또한 청색 발광층(113B), 녹색 발광층(113G), 및 적색 발광층(113R)에는 각각 다른 발광 물질이 포함되어 있고, 제 2 층(122G)과 제 2 층(122R)의 막 두께는 같아도 좋고 달라도 좋지만, 각각 다른 것이 바람직하다. 전자 수송층(114B), 전자 수송층(114G), 및 전자 수송층(114R)은 같은 구성이어도 좋고, 다른 구성이어도 좋다. 같은 구성인 경우, 도 3의 (A) 및 (B)에서는 발광 디바이스마다 독립적으로 도시하였지만, 각 발광 디바이스에서 연속하여 형성되어도 좋다. 또한 전자 수송층(114)이 복수의 층으로 구성되어도 좋다. 이 경우, 하나의 층이 발광색마다 독립되어 있고, 다른 층이 공통되어 있는 구성이어도 좋다.
- [0083] 제 2 층(122G)과 제 2 층(122R)은 도 1을 참조하여 설명한 제 2 층(122)에 상당하고, 굴절률이 낮은 층이어도 좋고, 굴절률이 높은 층이어도 좋다. 막 두께를 발광색에 따라 적절히 설정함으로써, 청색 발광 디바이스와 공통의 층을 가지면서, 간편하고, 신속하고, 저렴하게 각 발광 디바이스에서의 발광 효율 저하를 억제하거나 발광 효율 향상을 실현할 수 있다. 또한 상기 적층 구조를 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유함으로써, 복수의 발광색의 발광 디바이스에서 추출 효율이 향상되고, 발광 효율이 양호한 발광 장치를 간편하고, 신속하고, 저렴하게 제공할 수 있다.
- [0084] <고굴절률 재료의 예시>
- [0085] 제 1 층(121)은 굴절률이 비교적 높은 유기 화합물을 사용하여 형성되지만, 이와 같은 유기 화합물로서는 축합 방향족 탄화수소 고리 또는 축합 헥테로 방향족 고리를 가지는 화합물이 바람직하다. 축합 방향족 탄화수소 고리로서는 나프탈렌 고리, 안트라센 고리, 페난트렌 고리, 또는 트라이페닐렌 고리와 같이 축합 방향족 탄화수소 고리 중에 나프탈렌 고리의 구조를 포함하는 것이 바람직하고, 축합 헥테로 방향족 고리로서는 카바졸 고리, 다이벤조퓨란 고리, 다이벤조싸이오펜 고리의 구조를 포함하는 것이 바람직하다. 또한 예를 들어 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란은 다이벤조퓨란 고리의 구조를 포함하기 때문에 바람직하다.
- [0086] 또한 3주기 이후의 원소를 하나 이상 포함하는 유기 화합물, 터페닐 골격을 가지는 유기 화합물, 또는 그 양쪽을 포함하는 유기 화합물 등을 적합하게 이용할 수 있다. 또한 예를 들어 나프틸기로 치환된 바이페닐기 또는 다이벤조퓨란일기로 치환된 페닐기는 터페닐 골격을 포함한다고 할 수 있다. 구체적으로는 N,N-비스[4-(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일)페닐]-4-아미노-p-터페닐(약칭: BnfBB1TP), 4,4'-비스[4-(2-나프틸)페닐]-4''-페닐트라이페닐아민(약칭:  $\beta$ NBiB1BP), N,N-비스[4-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-4-아미노-p-터페닐(약칭: DBfBB1TP), 4-[4'-(카바졸-9-일)바이페닐-4-일]-4''-(2-나프틸)-4'''-페닐트라이페닐아민(약칭: YGTBi  $\beta$ NB), 5,5'-다이페닐-2,2'-다이-5H-[1]벤조티에노[3,2-c]카바졸(약칭: BisBTc) 등을 적합하게 이용할 수 있다.
- [0087] <저굴절률 재료의 예시>
- [0088] 제 2 층(122)은 굴절률이 비교적 낮은 물질을 사용하여 형성되지만, 높은 캐리어 수송성과 낮은 굴절률은 일반적으로 트레이드오프의 관계에 있다. 이것은 유기 화합물의 캐리어 수송성은 불포화 결합의 존재에 크게 의존하고, 불포화 결합을 많이 가지는 유기 화합물은 굴절률이 높은 경향이 있기 때문이다. 굴절률이 낮은 재료이어도 캐리어 수송성이 낮으면, 구동 전압의 상승, 캐리어 밸런스의 무너짐으로 인한 발광 효율 및 신뢰성의 저하 등의 문제가 발생되어, 양호한 특성을 가지는 발광 디바이스를 얻을 수 없게 된다. 또한 충분한 캐리어 수송성을 가지고 굴절률이 낮은 재료이어도, 구조가 불안정하여 유리 전이점(Tg) 또는 내구성에 문제가 있으면, 신뢰성이 양호한 발광 디바이스를 얻을 수 없게 된다.
- [0089] 제 2 층(122)에 사용할 수 있는 유기 화합물로서는 제 1 방향족기, 제 2 방향족기, 및 제 3 방향족기를 가지고, 상기 제 1 방향족기, 제 2 방향족기, 및 제 3 방향족기가 동일한 질소 원자에 결합되는 모노아민 화합물을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 플루오렌일아민에는 HOMO 준위를 상승시키는 효과가 있어, 상기 모노아민 화합물의 질소에 3개의 플루오렌이 결합되면 HOMO 준위가 크게 상승될 가능성이 있다. 이 경우, 주변 재료의 HOMO 준위와의 차이가 커져, 구동 전압 및 신뢰성 등에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 상기 제 1 방향족기, 상기 제 2 방향족기, 및 상기 제 3 방향족기 중 어느 하나 또는 2개가 플루오렌 골격인 것이 더 바람직하다.
- [0090] 상기 모노아민 화합물은 분자 내의 총탄소수에 대한 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈로 결합을 형성하는 탄소의 비율이 23% 이상 55% 이하인 것이 바람직하고, <sup>1</sup>H-NMR로 상기 모노아민 화합물을 측정된 결과에서의 4ppm 미만의 시그널의 적분값이 4ppm 이상의 시그널의 적분값을 웃도는 화합물인 것이 바람직하다.
- [0091] 또한 상기 모노아민 화합물은 적어도 하나의 플루오렌 골격을 가지고, 상기 제 1 방향족기, 상기 제 2 방향족기, 및 상기 제 3 방향족기 중 어느 하나 또는 복수가 플루오렌 골격인 것이 바람직하다. 또한 플루오렌 일아민에는 HOMO 준위를 상승시키는 효과가 있어, 상기 모노아민 화합물의 질소에 3개의 플루오렌이 결합되면 HOMO 준위가 크게 상승될 가능성이 있다. 이 경우, 주변 재료의 HOMO 준위(예를 들어 제 1 층(121)의 고굴절률

재료의 HOMO 준위)와의 차이가 커져, 구동 전압 및 신뢰성 등에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 상기 제 1 방향족기, 상기 제 2 방향족기, 및 상기 제 3 방향족기 중 어느 하나 또는 2개가 플루오렌 골격인 것이 더 바람직하다.

[0092] 상술한 바와 같은 정공 수송성을 가지는 유기 화합물의 예로서는, 이하의 일반식(G<sub>h1</sub>1) 내지 일반식(G<sub>h1</sub>4)으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 화합물을 들 수 있다.

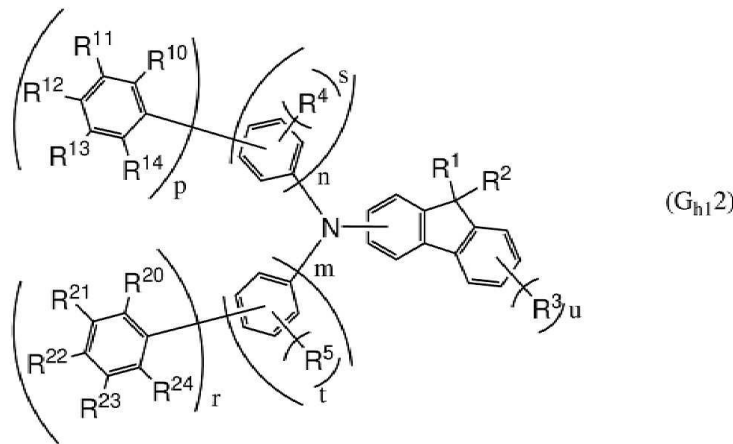
[0093] [화학식 1]



[0094]

[0095] 상기 일반식(G<sub>h1</sub>1)에서 Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup>는 각각 독립적으로 벤젠 고리, 혹은 2개 또는 3개의 벤젠 고리가 서로 결합된 치환기를 나타낸다. 다만 Ar<sup>1</sup> 및 Ar<sup>2</sup> 중 한쪽 또는 양쪽은 탄소가 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈만으로 결합을 형성하는 탄소수 1 내지 12의 탄화수소기를 하나 또는 복수로 기지고, Ar<sup>1</sup> 및 Ar<sup>2</sup>에 결합된 모든 탄화수소기에 포함되는 탄소의 합계는 8개 이상이고, Ar<sup>1</sup> 및 Ar<sup>2</sup> 중 어느 한쪽에 결합된 모든 탄화수소기에 포함되는 탄소의 합계는 6개 이상이다. 또한 탄화수소기로서 Ar<sup>1</sup> 또는 Ar<sup>2</sup>에 탄소수 1 내지 2의 직쇄 알킬기가 복수로 결합되는 경우, 상기 직쇄 알킬기들이 결합되어 고리를 형성하여도 좋다. 탄소가 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈만으로 결합을 형성하는 탄소수 1 내지 12의 탄화수소기로서는 탄소수 3 내지 8의 알킬기 및 탄소수 6 내지 12의 사이클로알킬기가 바람직하다. 구체적으로는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, sec-뷰틸기, 아이소뷰틸기, tert-뷰틸기, 펜틸기, 아이소펜틸기, sec-펜틸기, tert-펜틸기, 네오펜틸기, 헥실기, 아이소헥실기, sec-헥실기, tert-헥실기, 네오헥실기, 헵틸기, 옥틸기, 노닐기, 데실기, 사이클로헥실기, 4-메틸사이클로헥실기, 사이클로헵틸기, 사이클로옥틸기, 사이클로노닐기, 사이클로데실기, 데카하이드로나프틸기, 사이클로운데실기, 및 사이클로도데실기 등을 사용할 수 있고, 특히 tert-뷰틸기, 사이클로헥실기, 및 사이클로도데실기가 바람직하다.

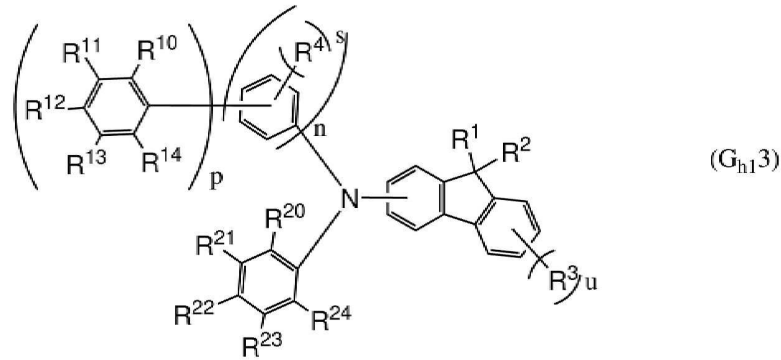
[0096] [화학식 2]



[0097]

[0098] 상기 일반식(G<sub>h1</sub>2)에서 m 및 r는 각각 독립적으로 1 또는 2를 나타내고, m+r는 2 또는 3이다. 또한 t는 각각 독립적으로 0 내지 4의 정수(整數)를 나타내고, 0인 것이 바람직하다. 또한 R<sup>4</sup> 및 R<sup>5</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1 내지 3의 탄화수소기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 m이 2인 경우, 2개의 페닐렌기가 가지는 치환기의 종류, 치환기의 개수, 및 결합손의 위치는 같아도 좋고 달라도 좋고, r가 2인 경우, 2개의 페닐기가 가지는 치환기의 종류, 치환기의 개수, 및 결합손의 위치는 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 t가 2 내지 4의 정수인 경우, 복수의 R<sup>5</sup>는 각각 같아도 좋고 달라도 좋고, R<sup>5</sup>는 인접된 기가 서로 결합되어 고리를 형성하여도 좋다.

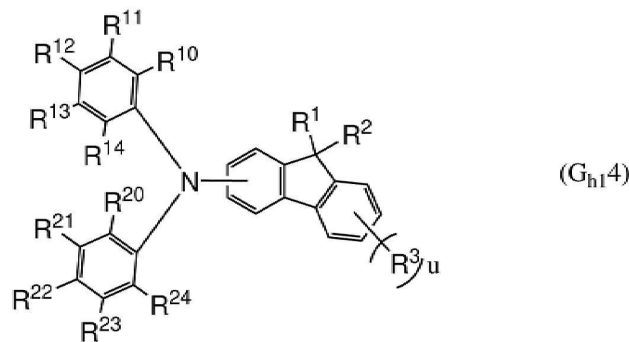
[0099] [화학식 3]



[0100]

[0101] 상기 일반식(G<sub>h12</sub>) 및 일반식(G<sub>h13</sub>)에서 n 및 p는 각각 독립적으로 1 또는 2를 나타내고, n+p는 2 또는 3이다. s는 각각 독립적으로 0 내지 4의 정수를 나타내고, 0인 것이 바람직하다. s가 2 내지 4의 정수인 경우, 복수의 R<sup>4</sup>는 각각 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 R<sup>4</sup>는 수소 또는 탄소수 1 내지 3의 탄화수소기 중 어느 것을 나타낸다. 또한 n이 2인 경우, 2개의 페닐렌기가 가지는 치환기의 종류, 치환기의 개수, 및 결합손의 위치는 같아도 좋고 달라도 좋고, p가 2인 경우, 2개의 페닐기가 가지는 치환기의 종류, 치환기의 개수, 및 결합손의 위치는 같아도 좋고 달라도 좋다. 탄소수 1 내지 3의 탄화수소기로서는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기 등을 들 수 있다.

[0102] [화학식 4]



[0103]

[0104] 상기 일반식(G<sub>h12</sub>) 내지 일반식(G<sub>h14</sub>)에서 R<sup>10</sup> 내지 R<sup>14</sup> 및 R<sup>20</sup> 내지 R<sup>24</sup>는 각각 독립적으로 수소, 또는 탄소가 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈만으로 결합을 형성하는 탄소수 1 내지 12의 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R<sup>10</sup> 내지 R<sup>14</sup> 중 적어도 3개, 및 R<sup>20</sup> 내지 R<sup>24</sup> 중 적어도 3개가 수소인 것이 바람직하다. 탄소가 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈만으로 결합을 형성하는 탄소수 1 내지 12의 탄화수소기로서는 tert-부틸기 및 사이클로헥실기가 바람직하다. 다만 R<sup>10</sup> 내지 R<sup>14</sup> 및 R<sup>20</sup> 내지 R<sup>24</sup>에 포함되는 탄소의 합계는 8개 이상이며, R<sup>10</sup> 내지 R<sup>14</sup> 및 R<sup>20</sup> 내지 R<sup>24</sup> 중 어느 한쪽에 포함되는 탄소의 합계는 6개 이상인 것으로 한다. R<sup>10</sup> 내지 R<sup>14</sup> 및 R<sup>20</sup> 내지 R<sup>24</sup>는 인접된 기가 서로 결합되어 고리를 형성하여도 좋다.

[0105]

탄소가 sp<sup>3</sup> 혼성 오비탈만으로 결합을 형성하는 탄소수 1 내지 12의 탄화수소기로서는 탄소수 3 내지 8의 알킬기 및 탄소수 6 내지 12의 사이클로알킬기가 바람직하다. 구체적으로는 프로필기, 아이소프로필기, 부틸기, sec-부틸기, 아이소부틸기, tert-부틸기, 펜틸기, 아이소펜틸기, sec-펜틸기, tert-펜틸기, 네오펜틸기, 헥실기, 아이소헥실기, sec-헥실기, tert-헥실기, 네오헥실기, 헵틸기, 옥틸기, 사이클로헥실기, 4-메틸사이클로헥실기, 사이클로헵틸기, 사이클로옥틸기, 사이클로노닐기, 사이클로데실기, 데카하이드로나프틸기, 사이클로운데실기, 및 사이클로도데실기 등을 사용할 수 있고, 특히 tert-부틸기, 사이클로헥실기, 및 사이클로도데실기가 바람직하다.

[0106]

또한 상기 일반식(G<sub>h11</sub>) 내지 일반식(G<sub>h14</sub>)에서 u는 각각 독립적으로 0 내지 4의 정수를 나타내고, 0인 것이 바

람직하다.  $u$ 가 2 내지 4의 정수인 경우, 복수의  $R^3$ 은 각각 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한  $R^1$ ,  $R^2$ , 및  $R^3$ 은 각각 독립적으로 탄소수 1 내지 4의 알킬기를 나타내고,  $R^1$  및  $R^2$ 는 서로 결합되어 고리를 형성하여도 좋다. 탄소수 1 내지 4의 탄화수소기로서는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 뷰틸기를 들 수 있다.

[0107] 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)에 사용할 수 있는 정공 수송성을 가지는 재료 중 하나로서는 적어도 하나의 방향족기를 가지고, 상기 방향족기는 제 1 벤젠 고리 내지 제 3 벤젠 고리와 적어도 3개의 알킬기를 가지는 아릴아민 화합물도 바람직하다. 또한 제 1 벤젠 고리 내지 제 3 벤젠 고리는 이 순서대로 결합되고, 제 1 벤젠 고리가 아민의 질소에 직접 결합되어 있는 것으로 한다.

[0108] 또한 제 1 벤젠 고리는 치환 또는 비치환된 페닐기를 더 가져도 좋고, 비치환된 페닐기를 가지는 것이 바람직하다. 또한 제 2 벤젠 고리 또는 제 3 벤젠 고리가 알킬기로 치환된 페닐기를 가져도 좋다.

[0109] 또한 상기 제 1 벤젠 고리 내지 제 3 벤젠 고리 중 2개 이상의 벤젠 고리, 바람직하게는 모든 벤젠 고리의 1위 치 및 3위치의 탄소에는 수소가 직접 결합되지 않고, 상술한 제 1 벤젠 고리 내지 제 3 벤젠 고리, 상술한 알킬기로 치환된 페닐기, 상술한 적어도 3개의 알킬기, 및 상술한 아민의 질소 중 어느 것과 결합되어 있는 것으로 한다.

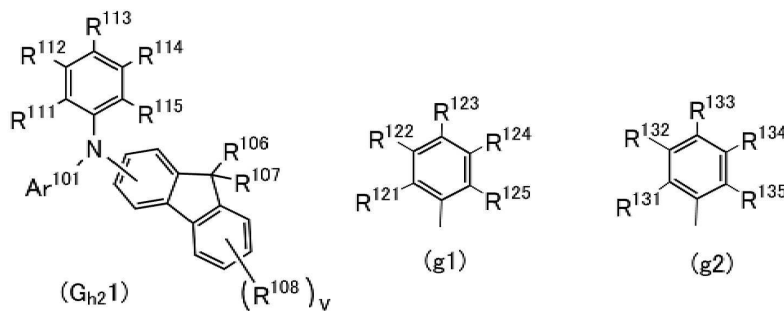
[0110] 또한 상기 아릴아민 화합물은 제 2 방향족기를 더 가지는 것이 바람직하다. 제 2 방향족기로서는 비치환된 단일 고리(monocyclic ring), 혹은 치환 또는 비치환된 삼중 고리(tricyclic ring) 이하의 축합 고리를 가지는 기인 것이 바람직하고, 그 중에서도 치환 또는 비치환된 삼중 고리 이하의 축합 고리이고 상기 축합 고리가 고리를 형성하는 탄소의 수가 6 내지 13인 축합 고리를 가지는 기인 것이 더 바람직하고, 벤젠 고리, 나프탈렌 고리, 플루오렌 고리, 아세나프틸렌 고리를 가지는 기인 것이 더 바람직하고, 플루오렌 고리를 가지는 기인 것이 특히 바람직하다. 또한 제 2 방향족기로서는 다이메틸플루오렌일기가 바람직하다.

[0111] 또한 상기 아릴아민 화합물은 제 3 방향족기를 더 가지는 것이 바람직하다. 제 3 방향족기는 치환 또는 비치환된 벤젠 고리를 1개 내지 3개 가지는 기이다.

[0112] 상술한 적어도 3개의 알킬기, 페닐기로 치환하는 알킬기는, 탄소수 2 내지 5의 쇠식 알킬기인 것이 바람직하다. 특히 상기 알킬기로서는 분기된 탄소수 3 내지 5의 쇠식 알킬기가 바람직하고, tert-뷰틸기가 더 바람직하다.

[0113] 상술한 바와 같은 정공 수송성을 가지는 재료의 예로서는 이하의 ( $G_{h21}$ ) 내지 ( $G_{h23}$ )으로 나타내어지는 구조를 가지는 유기 화합물을 들 수 있다.

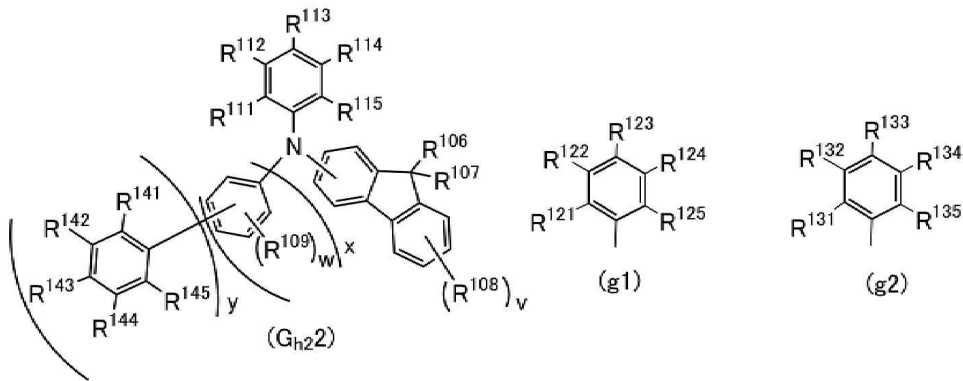
[0114] [화학식 5]



[0115]

[0116] 또한 상기 일반식( $G_{h21}$ )에서  $Ar^{101}$ 은 치환 또는 비치환된 벤젠 고리, 혹은 2개 또는 3개의 치환 또는 비치환된 벤젠 고리가 서로 결합된 치환기를 나타낸다.

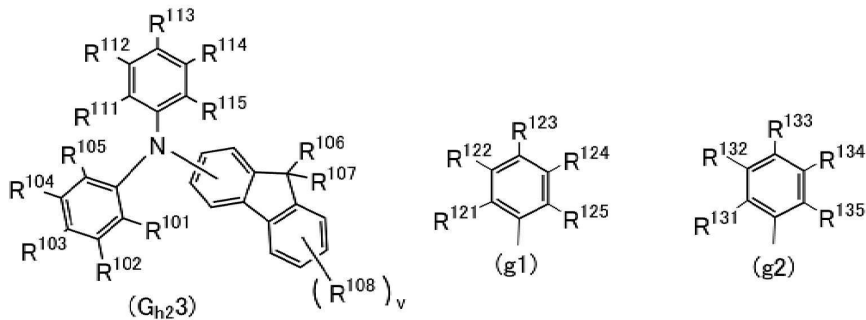
[0117] [화학식 6]



[0118]

[0119] 또한 상기 일반식(G<sub>h22</sub>)에서 x 및 y는 각각 독립적으로 1 또는 2를 나타내고, x+y는 2 또는 3이다. 또한 R<sup>109</sup>는 탄소수 1 내지 4의 알킬기를 나타내고, w는 0 내지 4의 정수를 나타낸다. 또한 R<sup>141</sup> 내지 R<sup>145</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 5 내지 12의 사이클로알킬기 중 어느 하나를 나타낸다. w가 2 이상인 경우, 복수의 R<sup>109</sup>는 각각 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 x가 2인 경우, 2개의 페닐렌기가 가지는 치환기의 종류, 치환기의 개수, 및 결합손의 위치는 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 y가 2인 경우, 2개의 R<sup>141</sup> 내지 R<sup>145</sup>를 가지는 페닐기가 가지는 치환기의 종류 및 치환기의 개수는 같아도 좋고 달라도 좋다.

[0120] [화학식 7]



[0121]

[0122] 또한 상기 일반식(G<sub>h23</sub>)에서 R<sup>101</sup> 내지 R<sup>105</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 6 내지 12의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 페닐기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0123] 또한 상기 일반식(G<sub>h21</sub>) 내지 일반식(G<sub>h23</sub>)에서 R<sup>106</sup>, R<sup>107</sup>, 및 R<sup>108</sup>은 각각 독립적으로 탄소수 1 내지 4의 알킬기를 나타내고, v는 0 내지 4의 정수를 나타낸다. 또한 v가 2 이상인 경우, 복수의 R<sup>108</sup>은 각각 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한 R<sup>111</sup> 내지 R<sup>115</sup>는 그 중 하나가 상기 일반식(g1)으로 나타내어지는 치환기이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 치환 또는 비치환된 페닐기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한 상기 일반식(g1)에서 R<sup>121</sup> 내지 R<sup>125</sup>는 그 중 하나가 상기 일반식(g2)으로 나타내어지는 치환기이고, 나머지가 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 1 내지 6의 알킬기로 치환된 페닐기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한 상기 일반식(g2)에서 R<sup>131</sup> 내지 R<sup>135</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 1 내지 6의 알킬기로 치환된 페닐기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한 R<sup>111</sup> 내지 R<sup>115</sup>, R<sup>121</sup> 내지 R<sup>125</sup>, 및 R<sup>131</sup> 내지 R<sup>135</sup> 중 적어도 3개가 탄소수 1 내지 6의 알킬기이고, R<sup>111</sup> 내지 R<sup>115</sup>에서의 치환 또는 비치환된 페닐기는 1개 이하이고, R<sup>121</sup> 내지 R<sup>125</sup>, 및 R<sup>131</sup> 내지 R<sup>135</sup>에서의 탄소수 1 내지 6의 알킬기로 치환된 페닐기는 1개 이하인 것으로 한다. 또한 R<sup>112</sup> 및 R<sup>114</sup>, R<sup>122</sup> 및 R<sup>124</sup>, 그리고 R<sup>132</sup> 및 R<sup>134</sup>의 3개의 조합 중 적어도 2개의 조합에서 적어

도 한쪽의 R가 수소 외의 치환기인 것으로 한다.

[0124] 일반식(G<sub>n2</sub>1) 내지 일반식(G<sub>n2</sub>3)에서 상기 치환 또는 비치환된 벤젠 고리, 치환 또는 비치환된 페닐기가 치환기를 가지는 경우, 상기 치환기로서는 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 및 탄소수 5 내지 12의 사이클로알킬기를 사용할 수 있다. 또한 탄소수 1 내지 4의 알킬기로서는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, sec-뷰틸기, 아이소뷰틸기, 및 tert-뷰틸기가 바람직하다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기로서는 탄소수 2 이상의 쇠식 알킬기가 바람직하고, 정공 수송성을 확보하는 관점에서 탄소수 5 이하의 쇠식 알킬기가 바람직하다. 또한 굴절률을 저하시키는 효과는 탄소수 3 이상의 분기를 가지는 쇠식 알킬기에서 현저하다. 즉 상기 탄소수 1 내지 6의 알킬기로서는 탄소수 2 내지 5의 쇠식 알킬기가 바람직하고, 탄소수 3 내지 5의 분기를 가지는 쇠식 알킬기가 더 바람직하다. 탄소수 1 내지 6의 알킬기로서는 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, sec-뷰틸기, 아이소뷰틸기, tert-뷰틸기, 및 펜틸기가 바람직하고, 특히 tert-뷰틸기가 바람직하다. 또한 탄소수 5 내지 12의 사이클로알킬기로서는, 사이클로헥실기, 4-메틸사이클로헥실기, 사이클로헵틸기, 사이클로옥틸기, 사이클로노닐기, 사이클로데실기, 데카하이드로나프틸기, 사이클로운데실기, 및 사이클로도데실기 등을 사용할 수 있지만, 굴절률을 저하시키기 위하여 탄소수 6 이상의 사이클로알킬기가 바람직하고, 특히 사이클로헥실기 및 사이클로도데실기가 바람직하다.

[0125] 상술한 정공 수송성을 가지는 유기 화합물은 청색 발광 영역(455nm 이상 465nm 이하)에서의 정상 굴절률이 1.40 이상 1.75 이하, 또는 굴절률의 측정에 일반적으로 사용되는 633nm의 광에 대한 정상 굴절률이 1.40 이상 1.70 이하이고, 정공 수송성이 양호한 유기 화합물이다. 또한 동시에 Tg가 높고, 신뢰성이 양호한 유기 화합물을 얻을 수도 있다. 이와 같은 유기 화합물은 충분한 정공 수송성도 가지기 때문에 제 2 층(122)의 재료로서 적합하게 사용할 수 있다.

[0126] 이와 같은 재료로서는 예를 들어 N,N-비스(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: dchPAF), N-[(4'-사이클로헥실)-1,1'-바이페닐-4일]-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: chBichPAF), N,N-비스(4-사이클로헥실페닐)-N-(스파이로[사이클로헥세인-1,9'[9H]플루오렌]-2'-일)아민(약칭: dchPASchF), N-[(4'-사이클로헥실)-1,1'-바이페닐-4일]-N-(4-사이클로헥실페닐)-N-(스파이로[사이클로헥세인-1,9'-[9H]-플루오렌]-2'-일)-아민(약칭: chBichPASchF), N-(4-사이클로헥실페닐)-비스(스파이로[사이클로헥세인-1,9'-[9H]플루오렌]-2'-일)아민(약칭: SchFBichP), N-[(3',5'-다이삼차뷰틸)-1,1'-바이페닐-4-일]-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBuBichPAF), N,N-비스(3',5'-다이삼차뷰틸-1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: dmmtBuBiAF), N-(3,5-다이삼차뷰틸페닐)-N-(3',5'-다이삼차뷰틸-1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBummtBuPAF), N,N-비스(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이프로필-9H-플루오렌-2-아민(약칭: dchPAPrF), N-[(3',5'-다이사이클로헥실)-1,1'-바이페닐-4-일]-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmchBichPAF), N-(3,3',5,5'-테트라-t-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5'-일)-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPchPAF), N-(4-사이클로도데실페닐)-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: CdoPchPAF), N-(3,3',5,5'-테트라-t-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5'-일)-N-페닐-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPFA), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-(3,3',5,5'-테트라-t-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5'-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPFBi), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-(3,3',5,5'-테트라-t-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5'-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBi), N-[(3,3',5'-트라이-t-뷰틸)-1,1'-바이페닐-5-일]-N-(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumBichPAF), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[(3,3',5'-트라이-t-뷰틸)-1,1'-바이페닐-5-일]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumBioFBi), N-(4-tert-뷰틸페닐)-N-(3,3',5,5'-테트라-t-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5'-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPtBuPAF), N-(3,3',5,5'-테트라-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-N-페닐-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPFA-02), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-(3,3',5,5'-테트라-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPFBi-02), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-(3,3',5,5'-테트라-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBi-02), N-(4-사이클로헥실페닐)-N-(3,3',5,5'-테트라-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPchPAF-02), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-(3',5,5'-트라이-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBi-03), N-(4-사이클로헥실페닐)-N-(3',5,5'-트라이-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPchPAF-03), N-(3',5,5'-트라이-tert-뷰틸-1,1':3',1'-터페닐-4-일)-N-(1,1'-바이페닐-2-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBi-04),

N-(4-사이클로헥실페닐)-N-(3'',5'',5'''-트라이-tert-부틸-1,1':3',1''-터페닐-4-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPchPAF-04), N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-(3,3'',5'''-트라이-tert-부틸-1,1':4',1''-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBi-05), N-(4-사이클로헥실페닐)-N-(3,3'',5'''-트라이-tert-부틸-1,1':4',1''-터페닐-5-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPchPAF-05), 및 N-(3'',5'''-다이삼차부틸-1,1'-바이페닐-4-일)-N-(1,1'-바이페닐-2-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBuBioFBi) 등이 바람직하다.

- [0127] 또한 이 외에 1,1-비스{4-[비스(4-메틸페닐)아미노]페닐}사이클로헥세인(약칭: TAPC) 등도 사용할 수 있다.
- [0128] <GSP>
- [0129] 또한 본 발명의 일 형태에서는 굴절률이 상이한 정공 수송층을 복수로 적층함으로써 광 추출 효율을 향상시키지만, 동시에 일반적인 발광 디바이스의 층의 개수보다 많은 층을 가지는 발광 디바이스가 되므로, 층의 계면이 증가되어 계면 유래의 저항이 발생되기 쉽고 구동 전압이 상승되는 경우가 있다.
- [0130] 일반적으로 유기 반도체 디바이스의 정공 수송 영역에서는 전극과의 정공 수송을 고려하면, 활성층 또는 발광층과의 사이에서 상이한 HOMO 준위를 가지는 유기 화합물로 이루어지는 층에 정공을 순차적으로 주입할 필요가 있다. 물론, 각 층 간에서의 HOMO 준위의 차이가 지나치게 크면 구동 전압이 높아지기 때문에, 전극과 활성층(발광층) 사이에, 이들의 HOMO 준위의 중간 HOMO 준위를 가지는 유기 화합물로 이루어지는 층을 배치함으로써 HOMO 준위의 차이를 완화한다. 그러나 사용하는 유기 화합물의 조합에 따라서는 HOMO 준위의 차이가 그리 크지 않은 층끼리이라도 구동 전압이 크게 높아지는 경우가 있다. 여태까지 이를 피하기 위한 지침은 없고, 재료들 간의 조화성의 문제로 간주되어 왔다.
- [0131] 또한 유기 화합물에는 극성 분자와 무극성 분자가 존재한다. 극성 분자는 영구 쌍극자 모멘트를 가지지만, 극성 분자를 증착한 경우, 증착막이 랜덤 배향이면 이들 극성의 치우침은 상쇄되고 막 내에 분자의 극성에서 유래하는 분극은 발생하지 않는다. 그러나 상기 증착막이 분자 배향을 가지는 경우, 분극의 치우침에서 유래하는 거대 표면 전위(GSP: Giant Surface Potential)가 나타날 경우가 있다.
- [0132] 거대 표면 전위(Giant surface potential)란, 증착막의 표면 전위가 막 두께에 비례하여 증가되는 현상이고, 유기 화합물의 영구 쌍극자 모멘트가 막 두께 방향으로 약간 치우치는 것으로 인한 자발적 배향 분극 현상으로서 설명할 수 있다. 그 크기를 막 두께에 의존하지 않는 수치로서 취급하기 위해서는, 증착막의 표면 전위를 막 두께로 나눈 값, 즉 증착막의 표면 전위의 전위 구배(기울기)를 사용하면 좋다. 본 명세서 중에서는, 이 증착막의 표면 전위의 전위 구배를 GSP의 기울기(mV/nm)라고 기재한다.
- [0133] 이 GSP의 기울기의 값을 고려함으로써, 상술한 바와 같은, 여태까지 재료들의 조화성에 기인하여 발생된다고 생각되어 왔던 부조화를 해소하고, 특성이 양호한 유기 반도체 디바이스를 쉽게 얻을 수 있다.
- [0134] 발광 디바이스 S에서는, 제 1 층(121)의 GSP의 기울기에서 발광층(113S)의 GSP의 기울기를 뺀 값이 10(mV/nm) 이하인 것이 바람직하고, 0(mV/nm) 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0135] 발광 디바이스 L에서는, 제 1 층(121)의 GSP의 기울기에서 발광층(113L)의 GSP의 기울기를 뺀 값이 10(mV/nm) 이하인 것이 바람직하고, 0(mV/nm) 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0136] 또한 발광 디바이스 L이 제 1 층(121)과 제 1 전극(101) 사이에 제 2 층(122)을 가지는 경우(제 2 층(122a))에서는, 제 2 층(122a)의 GSP의 기울기에서 제 1 층(121)의 GSP의 기울기를 뺀 값이 10(mV/nm) 이하인 것이 바람직하고, 0(mV/nm) 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0137] 또한 발광 디바이스 L이 발광층(113L)과 제 1 층(121) 사이에 제 2 층(122)을 가지는 경우(제 2 층(122b))에서는, 제 1 층(121)의 GSP의 기울기에서 제 2 층(122b)의 GSP의 기울기를 뺀 값이 10(mV/nm) 이하인 것이 바람직하고, 0(mV/nm) 이하인 것이 더 바람직하다.
- [0138] 이 구성을 가짐으로써 구동 전압이 낮거나, 소비 전력이 낮거나, 파워 효율이 높은, 양호한 특성을 가지는 발광 디바이스를 쉽게 얻을 수 있다.
- [0139] 또한 발광층(113S)의 GSP의 기울기는 제 1 층(121)의 GSP의 기울기보다 큰 것이 바람직하다. 또한 발광층(113L)의 GSP의 기울기는 제 1 층(121)의 GSP의 기울기보다 큰 것이 바람직하다. 또한 제 1 층(121)의 GSP의 기울기는 제 2 층(122a)의 GSP의 기울기보다 큰 것이 바람직하다. 또한 제 2 층(122b)의 GSP의 기울기는 제 1 층(121)의 GSP의 기울기보다 큰 것이 바람직하다. 이 구성을 가짐으로써 구동 전압이 낮거나, 소비 전력이 낮

거나, 파워 효율이 높은, 양호한 특성을 가지는 발광 디바이스를 얻는 것이 더 용이해진다.

[0140] 또한 각 층의 GSP의 기울기는 각 층을 구성하는 재료(유기 화합물)의 증착막의 GSP의 기울기를 측정함으로써 산출할 수 있다.

[0141] 유기 화합물의 GSP의 기울기를 산출하는 방법에 대하여 설명한다.

[0142] 일반적으로는 켈빈 프로브 측정에 의한 증착막의 표면 전위를 막 두께 방향으로 잘못하였을 때의 기울기가, 거대 표면 전위의 크기, 즉 GSP의 기울기(mV/nm)인 것으로 논의되고 있지만, 2개의 상이한 층이 적층되어 있는 경우, 그 계면에 축적되는 분극 전하 밀도(mC/m<sup>2</sup>)가 GSP의 기울기와 연관되어 변화되는 것을 이용하여 GSP의 기울기를 추산할 수 있다.

[0143] Yutaka NOGUCHI 외 2명, "Spontaneous Orientation Polarization of Polar Molecules and Interface Properties of Organic Electronic Devices"(Journal of the Vacuum Society of Japan, 2015년, Vol.58, No.3)에는, 상이한 자발 분극을 가지는 유기 박막(박막 1 및 박막 2. 다만 박막 1이 양극층에 위치하고, 박막 2가 음극층에 위치함)을 적층시켜 전류를 흘린 경우, 하기의 식이 성립된다는 것이 개시되어 있다.

[0144] [수학식 1]

$$\sigma_{if} = \frac{Q_{if}}{S} = (V_i - V_{bi}) \frac{\epsilon_2}{d_2} \dots (1)$$

[0145]

[0146] [수학식 2]

$$\sigma_{if} = P_1 - P_2 = \frac{\epsilon_1 V_1}{d_1} - \frac{\epsilon_2 V_2}{d_2} \dots (2)$$

[0147]

[0148] 식(1)에서,  $\sigma_{if}$ 는 분극 전하 밀도이고,  $V_i$ 는 정공 주입 전압이고,  $V_{bi}$ 는 문턱 전압이고,  $d_2$ 는 박막 2의 막 두께이고,  $\epsilon_2$ 는 박막 2의 유전율이다.  $V_i$ ,  $V_{bi}$ 는 디바이스의 용량-전압 특성으로부터 추산할 수 있다. 또한 유전율로서는 정상 굴절률  $n_0$ (633nm)의 제곱을 사용할 수 있다. 이와 같이, 용량-전압 특성으로부터 추산한  $V_i$ ,  $V_{bi}$ 와, 굴절률로부터 산출한 박막 2의 유전율  $\epsilon_2$ , 및 박막 2의 막 두께  $d_2$ 를 사용하여, 식(1)으로 분극 전하 밀도  $\sigma_{if}$ 를 산출할 수 있다.

[0149] 이어서, 식(2)에서,  $\sigma_{if}$ 는 분극 전하 밀도이고,  $P_n$ 은 박막 n의 GSP의 기울기이고,  $\epsilon_n$ 은 박막 n의 유전율이다. 여기서 상기 식(1)으로부터 분극 전하 밀도  $\sigma_{if}$ 를 산출할 수 있기 때문에, GSP가 이미 알려져 있는 물질을 박막 2에 사용함으로써, 박막 1의 GSP의 기울기를 추산할 수 있다.

[0150] 이러한 식으로 GSP의 기울기를 산출하고자 하는 유기 화합물의 증착막을 박막 1로 하여 상기 방법으로 GSP의 기울기를 산출할 수 있다.

[0151] 또한 본 명세서에서는 GSP의 기울기가 48(mV/nm)로 이미 알려져 있는 Alq<sub>3</sub>을 박막 2에 사용하여, 각 박막의 GSP의 기울기를 산출하였다.

[0152] 또한 증착막의 배향성은 증착 시의 기판 온도에 의존하는 것이 알려져 있고, GSP의 기울기의 값도 마찬가지로 증착 시의 기판 온도에 의존할 가능성이 있다. 본 명세서의 측정값으로서는 증착 시의 기판 온도를 실온으로 하여 증착한 막의 값을 채용하였다.

[0153] <발광 디바이스의 구성>

[0154] 이어서, 본 발명의 일 형태의 발광 장치에 포함되는 발광 디바이스의 구조 및 재료에 관하여 도 4의 (A)를 참조하여 자세히 설명한다. 또한 도 4에서 도 1 및 도 2와 같은 구성에 대해서는 같은 부호를 사용하는 경우가 있고, 설명을 생략하는 경우가 있다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는 상술한 바와 같이, 파장이 짧은 발광색을 나타내는 발광 디바이스는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)의 한 쌍의 전극 사이에 제 1 층(121)과 발광층(113S)을 가지고, 파장이 긴 발광색을 나타내는 발광 디바이스는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)의 한 쌍의 전극 사이에 제 1 층(121)과 제 2 층(122)과 발광층(113L)을 가진다. 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 발광층

(113)과 제 1 전극(101) 사이에 위치한다. 또한 본 명세서 중에서, 발광 디바이스의 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 위치하는 복수의 층을 통틀어 EL층(103)이라고 부르는 경우가 있다. 이 경우 예를 들어, 파장이 짧은 발광색을 나타내는 발광 디바이스는 EL층(103)으로서 제 1 층(121)과 발광층(113S)을 적어도 가지고, 파장이 긴 발광색을 나타내는 발광 디바이스는 EL층(103)으로서 제 1 층(121)과 제 2 층(122)과 발광층(113L)을 가진다고 할 수 있다. 또한 본 명세서 중에서, 발광층(113S) 및 발광층(113L)을 통틀어 발광층(113)이라고 부르는 경우가 있다.

[0155] 발광층(113)(발광층(113S), 발광층(113L))은 발광 물질을 가진다. 또한 제 1 전극(101)은 반사 전극을 포함하는 것이 바람직하고, 양극을 포함하는 적층 구조인 것이 더 바람직하다. 또한 이때, 양극은 가시광의 투광성을 가지는 것이 바람직하고, 반사 전극과 제 1 층(121) 사이에서 반사 전극에 접하여 제공된다.

[0156] 양극은 일함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 구체적으로는 예를 들어 산화 인듐-산화 주석(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO) 등이 있다. 이들 도전성 금속 산화물막은 일반적으로 스퍼터링법을 사용하여 성막되지만, 졸 겔법을 응용하여 제작되어도 좋다. 제작 방법의 예로서는 산화 인듐에 대하여 1wt% 내지 20wt%의 산화 아연이 첨가된 타깃을 사용한 스퍼터링법을 사용하여 산화 인듐-산화 아연을 형성하는 방법 등이 있다. 또한 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐이 0.5wt% 내지 5wt%, 산화 아연이 0.1wt% 내지 1wt% 함유된 타깃을 사용한 스퍼터링법을 사용하여 산화 텅스텐 및 산화 아연이 함유된 산화 인듐(IWZO)을 형성할 수도 있다. 이 외에, 양극에 사용되는 재료로서는 예를 들어 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) 등이 있다. 또는 양극에 사용되는 재료로서는 그래핀도 들 수 있다. 또한 후술하는 복합 재료를 양극에 접하는 층(대표적으로는 정공 주입층)에 사용함으로써, 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있다.

[0157] 반사 전극은 가시광 반사율이 40% 내지 100%, 바람직하게는 70% 내지 100%고, 저항률이  $1 \times 10^{-2\Omega}$  cm 이하인 것으로 한다. 반사 전극으로서 알루미늄(Al) 또는 Al을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. Al을 포함하는 합금으로서 Al과 L(L은 타이타늄(Ti), 네오디뮴(Nd), 니켈(Ni), 및 란타넘(La) 중 하나 또는 복수를 가리킴)을 포함하는 합금 등을 들 수 있고, 예를 들어 Al과 Ti, 또는 Al과 Ni과 La를 포함하는 합금 등이다. 알루미늄은 저항값이 낮고 광의 반사율이 높다. 또한 알루미늄은 지각(地殼)에서의 존재량이 많고 저렴하기 때문에, 알루미늄을 사용함으로써 발광 디바이스의 제작 비용을 절감할 수 있다. 또한 은(Ag), 또는 Ag과 N(N은 이트륨(Y), Nd, 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), Al, Ti, 갈륨(Ga), 아연(Zn), 인듐(In), 텅스텐(W), 망가니즈(Mn), 주석(Sn), 철(Fe), Ni, 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 및 금(Au) 중 하나 또는 복수를 나타냄)을 포함하는 합금 등을 사용하여도 좋다. 은을 포함하는 합금으로서, 은과 팔라듐과 구리를 포함하는 합금, 은과 구리를 포함하는 합금, 은과 마그네슘을 포함하는 합금, 은과 니켈을 포함하는 합금, 은과 금을 포함하는 합금, 은과 이터븀을 포함하는 합금 등을 예로 들 수 있다. 그 외에, 텅스텐, 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 구리, 타이타늄 등의 전이 금속을 사용할 수 있다.

[0158] EL층(103)은 적층 구조를 가지는 것이 바람직하고, 상기 적층 구조에 대해서는 상기 발광층(113), 제 1 층(121), 및 제 2 층(122) 외에는 특별히 한정되지 않는다. EL층(103)은 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층, 캐리어 차단층(정공 차단층, 전자 차단층), 들뜬자 차단층, 중간층, 전하 발생층 등, 다양한 기능층을 적절히 사용할 수 있다. 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 차단층 등으로서 기능한다.

[0159] 도 4의 (A)에서는, 발광층(113)(발광층(113S), 발광층(113L)), 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)에 더하여 정공 주입층(111), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)을 가지는 구성에 대하여 설명한다. 또한 도 4의 (A)에서 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)은 정공 수송층으로서 기능한다.

[0160] 정공 주입층(111)은 양극에 접하여 제공되고, EL층(103)에 정공을 주입하기 쉽게 하는 기능을 가진다. 정공 주입층은 프탈로사이아닌(약칭: H<sub>2</sub>Pc), 구리 프탈로사이아닌(약칭: CuPc) 등의 프탈로사이아닌계 착체 화합물, 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스(N-{4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐}-N-페닐아미노)바이페닐(약칭: DNTPD) 등의 방향족 아민 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)/(폴리스타이렌설폰산)(약칭: PEDOT/PSS) 등의 고분자 등으로 형성할 수 있다.

[0161] 또한 정공 주입층은 전자의 억셉터성을 가지는 물질로 형성하여도 좋다. 억셉터성을 가지는 물질로서는 전자

흡인기(할로젠기, 사이아노기 등)를 가지는 유기 화합물을 사용할 수 있고, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F4-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-나프토크노다이메테인(약칭: F6-TCNNQ), 2-(7-다이사이아노메틸렌-1,3,4,5,6,8,9,10-옥타플루오로-7H-피렌-2-일리덴)말로노나이트릴 등을 들 수 있다. 특히 HAT-CN과 같이 헤테로 원자를 복수로 가지는 축합 방향족 고리에 전자 흡인기가 결합된 화합물은 열적으로 안정적이므로 바람직하다. 또한 전자 흡인기(특히 플루오로기와 같은 할로젠기, 사이아노기 등)를 가지는 [3]라디알렌 유도체는 전자 수용성이 매우 높기 때문에 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] 등을 들 수 있다. 역셉터성을 가지는 물질로서는 상술한 유기 화합물 외에도 물리브데넘 산화물, 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 망가니즈 산화물 등의 전이 금속 산화물을 사용할 수 있다. 역셉터성을 가지는 물질은 인접한 정공 수송층(또는 정공 수송 재료)으로부터 전극 사이에 전압을 인가함으로써 전자를 추출할 수 있다.

[0162] 또한 정공 주입층은 상기 역셉터성을 가지는 재료와, 정공 수송성을 가지는 재료를 포함하는 복합 재료로 형성하여도 좋다. 복합 재료에 사용하는 정공 수송성을 가지는 재료로서는 방향족 아민 화합물, 헤테로 방향족 화합물, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 각종 유기 화합물을 사용할 수 있다. 또한 복합 재료에 사용하는 정공 수송성을 가지는 재료는  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 물질인 것이 바람직하다. 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료는 축합 방향족 탄화수소 고리 또는  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리를 가지는 화합물인 것이 바람직하다. 축합 방향족 탄화수소 고리로서는 안트라센 고리, 나프탈렌 고리 등이 바람직하다. 또한  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리로서는 피롤 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격 중 적어도 어느 하나를 고리에 포함하는 축합 방향족 고리가 바람직하고, 구체적으로는 카바졸 고리, 다이벤조싸이오펜 고리, 또는 이들에 방향족 고리 또는 헤테로 방향족 고리가 더 축합된 고리가 바람직하다.

[0163] 이와 같은 정공 수송성을 가지는 재료는 카바졸 골격, 다이벤조퓨란 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 안트라센 골격 중 어느 것을 가지는 것이 더 바람직하다. 특히 다이벤조퓨란 고리 또는 다이벤조싸이오펜 고리를 포함하는 치환기를 가지는 방향족 아민, 나프탈렌 고리를 포함하는 방향족 모노아민, 또는 9-플루오렌일기가 아릴렌기를 통하여 아민의 질소와 결합되는 방향족 모노아민이어도 좋다. 또한 이들 정공 수송성을 가지는 재료가 N,N-비스(4-바이페닐)아미노기를 가지는 물질이면, 수명이 긴 발광 디바이스를 제작할 수 있어 바람직하다. 상술한 정공 수송성을 가지는 재료로서는 구체적으로는 N-(4-바이페닐)-6,N-다이페닐벤조[b]나프토티[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BnfABP), N,N-비스(4-바이페닐)-6-페닐벤조[b]나프토티[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf), 4,4'-비스(6-페닐벤조[b]나프토티[1,2-d]퓨란-8-일)-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: BnfBB1BP), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토티[1,2-d]퓨란-6-아민(약칭: BBABnf(6)), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토티[1,2-d]퓨란-8-아민(약칭: BBABnf(8)), N,N-비스(4-바이페닐)벤조[b]나프토티[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-바이페닐)-4''-(2-나프틸)-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: TPBi $\beta$ NB), 4-(3-바이페닐)-4''-[4-(2-나프틸)페닐]-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: mTPBi $\beta$ NBi), 4-(4-바이페닐)-4''-[4-(2-나프틸)페닐]-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: TPBi $\beta$ 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-[4''-(카바졸-9-일)바이페닐-4-일]-4''-(2-나프틸)-4''-페닐트라이페닐아민(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([1,1'-바이페닐]-4-일)-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-4-아민(약칭: BBASF), N,N-비스([1,1'-바이페닐]-4-일)-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-4-아민(약칭: BBASF),

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-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)다이벤조퓨란-4-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]-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-2-아민(약칭: PCBASF), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), N,N-비스(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9,9'-스파이로바이-9H-플루오렌-4-아민, N,N-비스(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9,9'-스파이로바이-9H-플루오렌-3-아민, N,N-비스(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9,9'-스파이로바이-9H-플루오렌-2-아민, N,N-비스(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-9,9'-스파이로바이-9H-플루오렌-1-아민 등을 들 수 있다.

[0164] 또한 정공 수송성을 가지는 재료로서는, 기타 방향족 아민 화합물로서 N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌다이아민(약칭: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스(N-{4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐}-N-페닐아미노)바이페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등을 사용할 수도 있다.

[0165] 또한 상기 복합 재료에서의 정공 수송성을 가지는 재료로서, 제 1 층(121) 및 굴절률이 낮은 층인 경우의 제 2 층(122)에 사용할 수 있는 유기 화합물로서 든 굴절률이 낮은 유기 화합물도 사용할 수 있다. 복합 재료에서의 정공 수송성을 가지는 재료로서 상기 유기 화합물을 가지는 복합 재료를 제 1 층(121)에 사용한 경우, 제 1 층(121)을 정공 수송층으로서 기능시킬 수 있다. 또한 제 2 층(122)을 제 1 전극(101)과 제 1 층(121) 사이에 제공하고(예를 들어 도 1의 (A)의 제 2 층(122a)), 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료로서 상기 유기 화합물을 가지는 복합 재료를 제 2 층(122a)에 사용한 경우, 제 2 층(122a)을 정공 주입층으로서 기능시킬 수 있다. 또한 이때, 제 1 층(121)과 제 1 전극(101) 사이에 정공 주입층(111)을 더 형성하지 않아도 된다.

[0166] 또한 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료는 HOMO 준위가 -5.7eV 이상 -5.4eV 이하로 비교적 깊은 물질인 것이 더 바람직하다. 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료의 HOMO 준위가 비교적 깊으면, 정공 수송층에 정공을 주입하기 쉬워지고, 수명이 긴 발광 디바이스를 얻기 쉬워진다. 또한 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료가 HOMO 준위가 비교적 깊은 물질이면, 정공의 유발이 적절히 억제되어 수명이 더 긴 발광 디바이스로 할 수 있다.

[0167] 정공 주입층(111)을 형성함으로써, 혹은 제 1 층(121) 또는 제 2 층(122)을 정공 주입층으로서 기능시킴으로써, 정공 주입성이 양호해져 구동 전압이 낮은 발광 디바이스를 얻을 수 있다.

[0168] 또한 억제성을 가지는 물질 중에서도, 억제성을 가지는 유기 화합물은 증착이 용이하여 성막하기 쉬우므로 사용하기 쉬운 재료이다.

[0169] 정공 수송층은 정공 수송성을 가지는 재료를 포함하여 형성된다. 정공 수송성을 가지는 재료는  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 가지는 것이 바람직하다. 상술한 바와 같이 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)이 도 4의 (A)의 발광 디바이스에서의 정공 수송층으로서 기능한다. 이 구성을 가짐으로써 발광 효율이 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다. 예를 들어 외부 양자 효율, 전류 효율, 및 블루 인덱스 중 어느 하나 또는 복수가 양호한 발광 디바이스로 할 수 있다.

[0170] 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)과 발광층(113) 사이에는 도 4의 (B)와 같이 전자 차단층(130)이 제공되어도 좋다. 전자 차단층은 정공 수송성을 가지고, LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위가 발광층(113)의 호스트 재료보다 0.25eV 이상 높은 유기 화합물을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 또한 상기 유기 화합물이며 제 2 층(122)에 사용할 수 있는 유기 화합물을 제 2 층(122b)에 사용한 경우, 제 2 층(122b)을 전자 차단층으로서 기능시킬 수도 있다.

[0171] 또한 도 4의 (A)에는, 제 1 전극(101)과 발광층(113) 사이에, 정공 주입층(111)과 제 1 층(121)이 제공되어 있는 예를 나타내었지만, 정공 주입층(111)을 제공하지 않고 제 1 층(121)을 제 1 전극(101)에 접하여 형성하고, 제 1 층(121)(또는 제 2 층(122))을 정공 주입층으로서 기능시켜도 좋다.

- [0172] 발광층(113)은 발광 물질과 호스트 재료를 가지는 것이 바람직하다. 또한 발광층(113)은 그 외의 재료를 동시에 포함하여도 좋다. 또한 조성이 다른 2층의 적층이어도 좋다.
- [0173] 발광 물질은 형광 발광 물질이어도 좋고, 인광 발광 물질이어도 좋고, 열 활성화 지연 형광(TADF: Thermally Activated Delayed Fluorescence)을 나타내는 물질이어도 좋고, 그 외의 발광 물질이어도 좋다.
- [0174] 발광층(113)에서 형광 발광 물질로서 사용할 수 있는 재료의 예로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 또한 이들 외의 형광 발광 물질을 사용할 수도 있다.
- [0175] 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: 1,6MemFLPAPrn), N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐스티벤-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), 페틸렌, 2,5,8,11-테트라-tert-뷰틸페틸렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), N,N'-(2-tert-뷰틸안트라센-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''',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-뷰틸-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) 등을 들 수 있다. 특히 1,6FLPAPrn, 1,6MemFLPAPrn, 1,6BnfAPrn-03 등의 피렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고, 발광 효율 또는 신뢰성이 우수하므로 바람직하다.
- [0176] 발광층(113)에서 발광 물질로서 인광 발광 물질을 사용하는 경우, 사용할 수 있는 재료의 예로서는, 다음과 같은 것을 들 수 있다.
- [0177] 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: [Ir(mptz-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>]) 등의 4H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 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>]) 등의 1H-트리아졸 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 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>]) 등의 이미다조 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 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) 등의 전자 흡인기를 가지는 페닐피리딘 유도체를 리간드로 하는 유기 금속 이리듐 착체를 들 수 있다. 이들은 청색 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 450nm 내지 520nm의 파장 영역에서 발광의 피크를 가지는 화합물이다.

[0178]

또한 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(mpmpm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]) 등의 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)]) 등의 피라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: [Ir(ppy)<sub>3</sub>]), 비스(2-페닐피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)]), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)]), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(bzq)<sub>3</sub>]), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: [Ir(pq)<sub>3</sub>]), 비스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)]), [2-d3-메틸-8-(2-피리딘일-κN)벤조퓨로[2,3-b]피리딘-κC]비스[2-(5-d3-메틸-2-피리딘일-κN)2-페닐-κC]이리듐(III)(약칭: Ir(5mppy-d3)<sub>2</sub>(mbfpypy-d3)), [2-(메틸-d3)-8-[4-(1-메틸에틸-1-d)-2-피리딘일-κN]벤조퓨로[2,3-b]피리딘-7-일-κC]비스[5-(메틸-d3)-2-[5-(메틸-d3)-2-피리딘일-κN]페닐-κC]이리듐(III)(약칭: Ir(5mtpy-d6)<sub>2</sub>(mbfpypy-iPr-d4)), [2-d3-메틸-(2-피리딘일-κN)벤조퓨로[2,3-b]피리딘-κC]비스[2-(2-피리딘일-κN)페닐-κC]이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)<sub>2</sub>(mbfpypy-d3)), [2-(4-메틸-5-페닐-2-피리딘일-κN)페닐-κC]비스[2-(2-피리딘일-κN)페닐-κC]이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)<sub>2</sub>(mdppy)) 등의 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: [Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)]) 등의 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 주로 녹색 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 500nm 내지 600nm의 파장 영역에서 발광 피크를 가진다. 또한 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는, 신뢰성 또는 발광 효율도 매우 우수하기 때문에 특히 바람직하다.

[0179]

또한 (다이아이소부틸메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)]), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)]), 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(dlnpm)<sub>2</sub>(dpm)]) 등의 피리미딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체, (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)]), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)(다이피발로일메타네이트)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)]), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이트]이리듐(III)(약칭: [Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)]) 등의 피라진 골격을

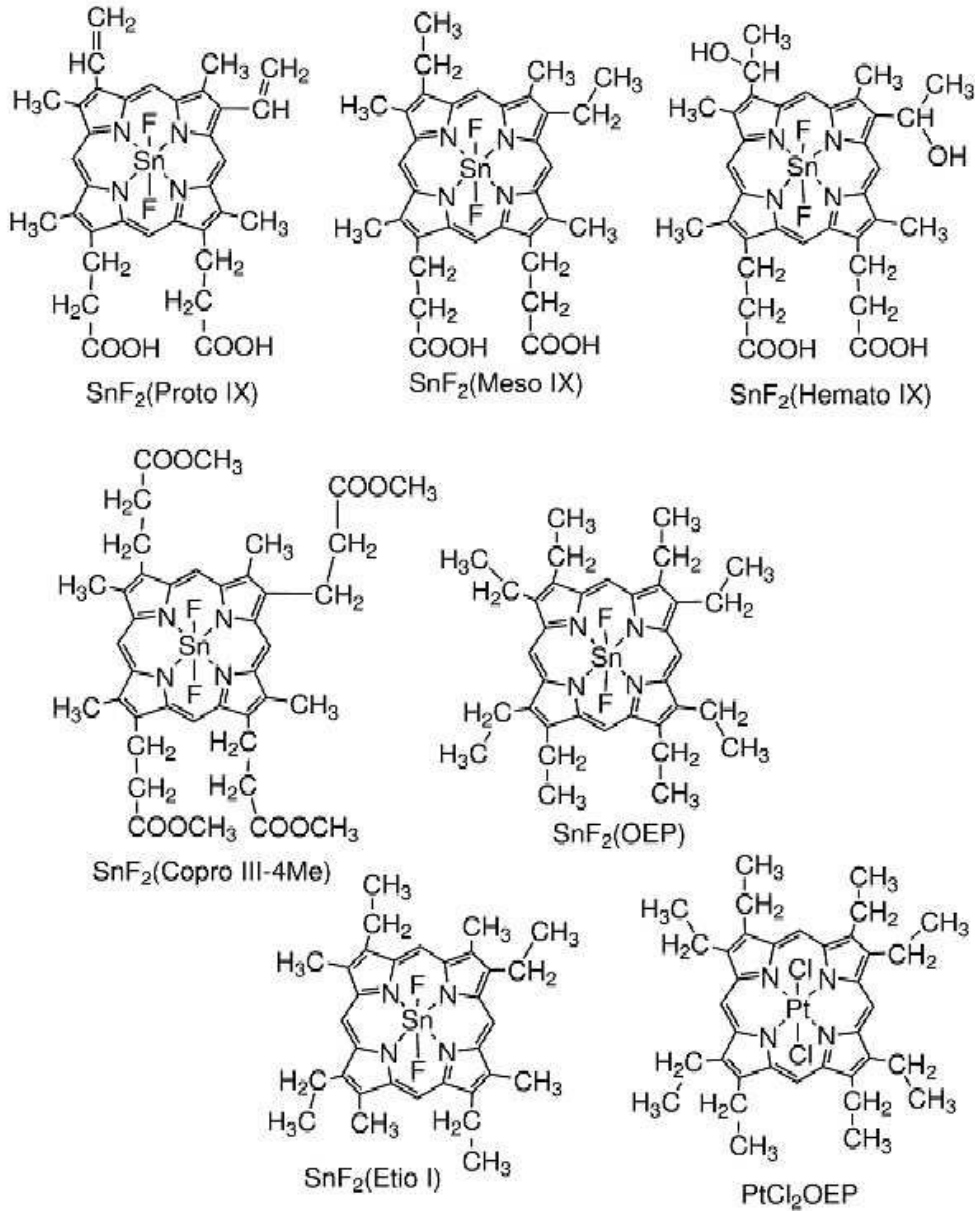
가지는 유기 금속 이리듐 착체, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: [Ir(piq)<sub>3</sub>]), 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)]) 등의 피리딘 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 백금 착체, 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)]),

트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)]) 등의 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 적색의 인광 발광을 나타내는 화합물이고, 600nm 내지 700nm의 파장 영역에 있어서 발광의 피크를 가진다. 또한 피라진 골격을 가지는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 좋은 적색 발광이 얻어진다.

[0180] 또한 상술한 인광성 화합물 외에, 공지의 인광성 화합물을 선택하여 사용하여도 좋다.

[0181] TADF 재료로서는 플러렌 및 그 유도체, 아크리딘 및 그 유도체, 예오신 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(SnF<sub>2</sub>(Proto IX)), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Meso IX)), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Hemato IX)), 코프로포르피린테트라메틸에스터-플루오린화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(OEP)), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Etio I)), 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(PtCl<sub>2</sub>OEP) 등도 있다.

[0182] [화학식 8]



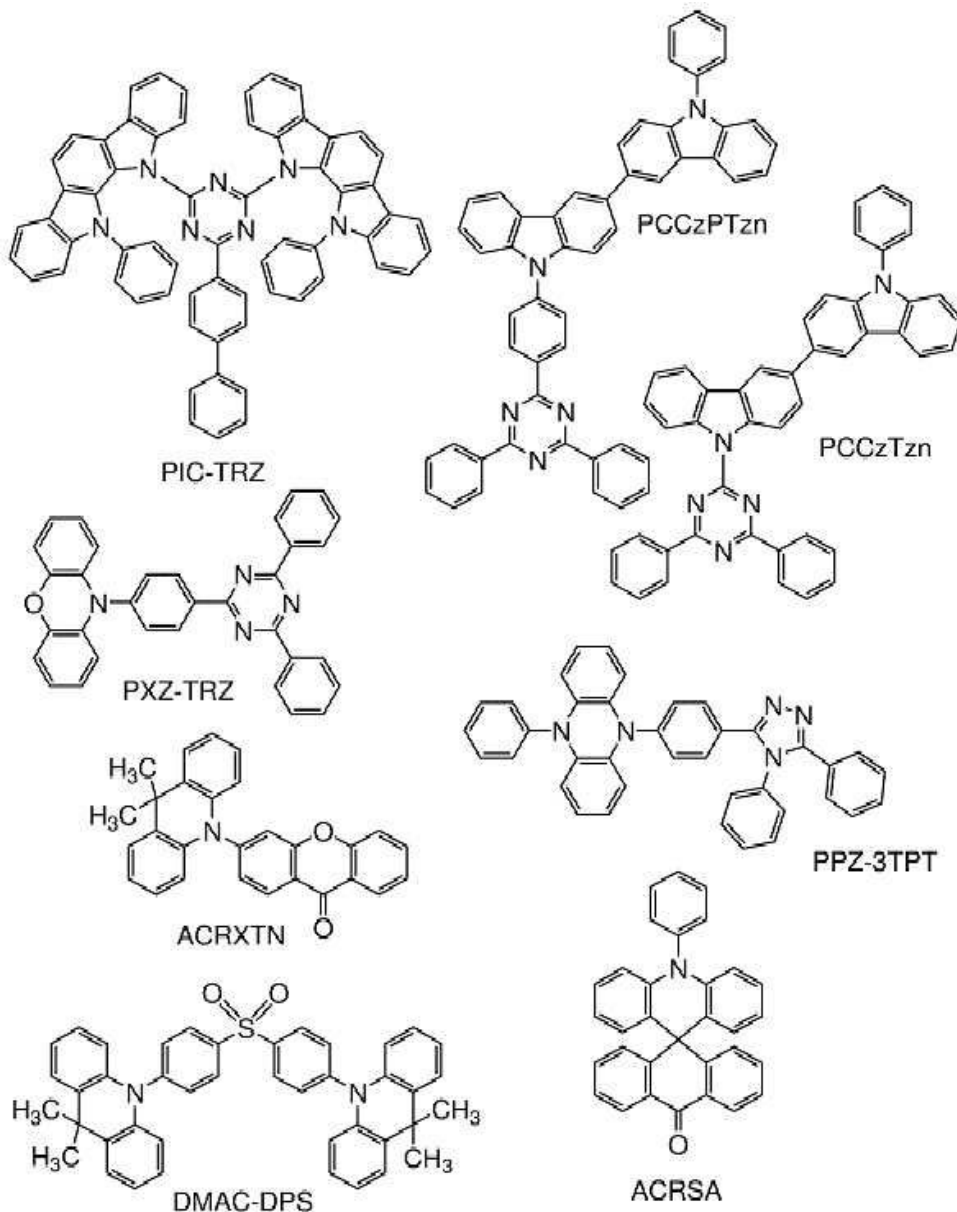
[0183]

[0184]

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), 9-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-9'-페닐-9H,9'H-3,3'-바이카바졸(약칭: PCCzTzn), 2-{4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(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-트리아졸(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]셀폰(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 높으므로 바람직하다. 특히 벤조퓨로피리미딘 골격, 벤조티에노피리미딘 골격, 벤조퓨로피라진 골격, 벤조티에노피라진 골격은 역셉터성이 높고 신뢰성이 높으므로 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 높으므로, 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, 인들로 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, 트라이아졸 골격, 이 미다졸 골격, 안트라퀴논 골격, 페닐보레인, 보레인트렌 등의 붕소 함유 골격, 벤조나이트릴 또는 사이아노벤젠 등의 나이트릴기 또는 사이아노기를 가지는 방향족 고리, 헤테로 방향족 고리, 벤조페논 등의 카보닐 골격, 포 스펀옥사이드 골격, 설펀 골격 등을 사용할 수 있다. 이와 같이,  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리 및  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리의 적어도 한쪽 대신에  $\pi$  전자 부족형 골격 및  $\pi$  전자 과잉형 골격을 사용할 수 있다.

[0185] [화학식 9]



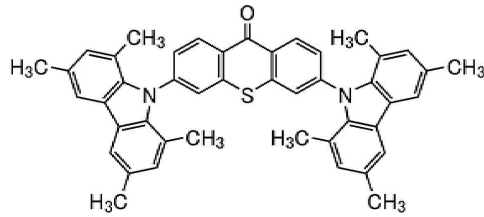
[0186]

[0187]

또한 TADF 재료로서 단일항 여기 상태와 삼중항 여기 상태 간이 열 평형 상태인 TADF 재료를 사용하여도 좋다. 이와 같은 TADF 재료는 발광 수명(여기 수명)이 짧아지므로, 발광 디바이스의 고휘도 영역에서의 효율 저하를

역제할 수 있다. 구체적으로는 이하에 나타내는 분자 구조와 같은 재료를 들 수 있다.

[0188] [화학식 10]



[0189]

[0190] 또한 TADF 재료란, 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 있고, 단일항 여기 상태를 효율적으로 생성할 수 있다. 또한 삼중항 여기 에너지를 발광으로 변환할 수 있다.

[0191] 또한 2종류의 물질로 들뜬 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.

[0192] 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.

[0193] 또한 TADF 재료를 발광 물질로서 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.

[0194] 발광층의 호스트 재료로서는 전자 수송성을 가지는 재료 및/또는 정공 수송성을 가지는 재료, 상기 TADF 재료 등 다양한 캐리어 수송 재료를 사용할 수 있다.

[0195] 정공 수송성을 가지는 재료로서는 아민 골격, π 전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 골격 등을 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]-9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-2-아민(약칭: PCBASF) 등의 방향족 아민 골격을 가지는 화합물, 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP) 등의 카바졸 골격을 가지는 화합물, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 가지는 화합물, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLi-BI) 등의 퓨란 골격을 가지는 화합물이 있다. 상술한 것 중에서도 방향족 아민 골격을 가지는 화합물 또는 카바졸 골격을 가지는 화합물은 신뢰성이 높고 정공 수송성이 높아 구동 전압 저감에도 기여하기 때문에 바람직하다. 또한 정공 수송층에서의 정공 수송성을 가지는 재료의 예로서 든 유기 화합물도 사용할 수 있다.

[0196] 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-벤조옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀

레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체,  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물이 바람직하다.  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물로서는 예를 들어 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CO11), 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), 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 아졸 골격을 가지는 유기 화합물, 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB), 바소페난트롤린(약칭: Bphen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 2,9-다이(나프탈렌-2-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBphen), 2,2-(1,3-페닐렌)비스[9-페닐-1,10-페난트롤린](약칭: mPPhen2P) 등의 피리딘 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3-(3'-다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 2-[4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)-3,1'-바이페닐-1-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mpPCBPDBq), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 7mDBTPDBq-II), 및 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 6mDBTPDBq-II), 9-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9mDBtBPNfpr), 9-[(3'-다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-4-일]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9pmDBtBPNfpr), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm), 9,9'-[피리미딘-4,6-다이일비스(바이페닐-3,3'-다이일)]비스(9H-카바졸)(약칭: 4,6mCzBP2Pm), 8-(1,1'-바이페닐-4-일)-4-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8BP-4mDBtPBfpm), 3,8-비스[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]벤조퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 3,8mDBtP2Bfpr), 4,8-비스[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4,8mDBtP2Bfpm), 8-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)(1,1'-바이페닐-3-일)]나프토[1',2':4,5]퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8mDBtBPNfpm), 8-[(2,2'-바이나프탈렌)-6-일]-4-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8( $\beta$ N2)-4mDBtPBfpm), 2,2'-(피리딘-2,6-다이일)비스(4-페닐벤조[h]퀴나졸린)(약칭: 2,6(P-Bqn)2Py), 2,2'-(피리딘-2,6-다이일)비스(4-[4-(2-나프틸)페닐]-6-페닐피리미딘)(약칭: 2,6(NP-PPm)2Py), 6-(1,1'-바이페닐-3-일)-4-[3,5-비스(9H-카바졸-9-일)페닐]-2-페닐피리미딘(약칭: 6mBP-4Cz2PPm), 2,6-비스(4-나프탈렌-1-일페닐)-4-[4-(3-피리딜)페닐]피리미딘(약칭: 2,4NP-6PyPPm), 4-[3,5-비스(9H-카바졸-9-일)페닐]-2-페닐-6-(1,1'-바이페닐-4-일)피리미딘(약칭: 6BP-4Cz2PPm), 7-[4-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)퀴나졸린-2-일]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: PC-cgDBCzQz) 등의 다이아진 골격을 가지는 유기 화합물, 2-[(1,1'-바이페닐)-4-일]-4-페닐-6-[9,9'-스파이로바이(9H-플루오렌)-2-일]-1,3,5-트리아아진(약칭: BP-SFTzn), 2-{3-[3-(벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mBnfBPTzn), 2-{3-[3-(벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-6-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mBnfBPTzn-02), 2-{4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: PCCzPTzn), 9-[3-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진-2-일)페닐]-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸(약칭: mPCCzPTzn-02), 2-[3'-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mFBPTzn), 5-[3-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진-2일)페닐]-7,7-다이메틸-5H,7H-인덴노[2,1-b]카바졸(약칭: mINc(II)PTzn), 2-{3-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mDBtBPTzn), 2,4,6-트리스(3'-(피리딘-3-일)바이페닐-3-일)-1,3,5-트리아아진(약칭: TmPPPyTz), 2-[3-(2,6-다이메틸-3-피리딜)-5-(9-페난트렌일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mPn-mDMePyPTzn), 11-[4-(바이페닐-4-일)-6-페닐-1,3,5-트리아아진-2-일]-11,12-다이하이드로-12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸(약칭: BP-Icz(II)Tzn), 2-[3'-(트라이페닐렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진(약칭: mTpBPTzn), 9-[4-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아아진-2-일)-2-다이벤조싸이오펜]-2-페닐-9H-카바졸(약칭: PCDBfTzn), 2-[1,1'-바이페닐]-3-일-4-페닐-6-(8-[1,1':4',1''-터페닐]-4-일)-1-다이벤조퓨란일]-1,3,5-트리아아진(약칭: mBP-TPDBfTzn) 등의 트리아아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물이 있다. 상술한 것 중에서도 다이아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 피리딘 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 또는 트리아아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물은 신뢰성이 높아 바람직하다. 특히 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물,

트라이아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물은 전자 수송성이 높고, 구동 전압 저감에도 기여한다.

[0197] 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 공간 교차에 의하여 단일항 여기 에너지로 변환되고, 발광 물질로 에너지 이동함으로써, 발광 디바이스의 발광 효율을 높일 수 있다. 이때 TADF 재료가 에너지 도너로서 기능하고, 발광 물질이 에너지 억셉터로서 기능한다.

[0198] 이것은 상기 발광 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.

[0199] 또한 형광 발광 물질의 가장 낮은 에너지 측의 흡수대의 과장과 중첩되는 발광을 나타내는 TADF 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 이로써, TADF 재료로부터 형광 발광 물질로의 여기 에너지의 이동이 원활하게 되어, 발광을 효율적으로 얻을 수 있기 때문에 바람직하다.

[0200] 또한 역 공간 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. 이러한 이유로, 형광 발광 물질은 형광 발광 물질이 가지는 발광단(발광을 일으키는 골격)의 주위에 보호기를 가지는 것이 바람직하다. 상기 보호기로서는,  $\pi$  결합을 가지지 않는 치환기 및 포화 탄화수소가 바람직하고, 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 보호기를 가지는 것이 더 바람직하다.  $\pi$  결합을 가지지 않는 치환기는 캐리어를 수송하는 기능이 부족하기 때문에, 캐리어 수송 또는 캐리어 재결합에 영향을 거의 미치지 않고 TADF 재료와 형광 발광 물질의 발광단의 거리를 멀어지게 할 수 있다. 여기서 발광단이란 형광 발광 물질에서 발광을 일으키는 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, 스티벤 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.

[0201] 형광 발광 물질을 발광 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 사용하는 안트라센 골격을 가지는 물질로서는 다이페닐안트라센 골격, 특히 9,10-다이페닐안트라센 골격을 가지는 물질이 화학적으로 안정적이기 때문에 바람직하다. 또한 호스트 재료가 카바졸 골격을 가지는 경우, 정공 주입성, 정공 수송성이 높아지기 때문에 바람직하지만, 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 포함하는 경우, 카바졸보다 HOMO가 0.1eV 정도 낮아져 정공이 들어가기 쉬워질 뿐만 아니라, 정공 수송성도 우수하고 내열성도 높아지므로 적합하다. 따라서 호스트 재료로서 더 바람직한 것은, 9,10-다이페닐안트라센 골격 및 카바졸 골격(또는 벤조카바졸 골격 또는 다이벤조카바졸 골격)을 동시에 가지는 물질이다. 또한 상술한 정공 주입성, 정공 수송성의 관점에서, 카바졸 골격 대신에 벤조플루오렌 골격 또는 다이벤조플루오렌 골격을 사용하여도 좋다. 이와 같은 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), 9-(1-나프틸)-10-(2-나프틸)안트라센(약칭:  $\alpha$ ,  $\beta$ -ADN), 2-(10-페닐안트라센-9-일)다이벤조퓨란, 2-(10-페닐-9-안트라센일)-벤조[b]나프토[2,3-d]퓨란(약칭: Bnf(II)PhA), 9-(2-나프틸)-10-[3-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭:  $\beta$ N-m $\beta$ NPAnth), 1-[4-(10-[1,1'-바이페닐]-4-일-9-안트라센일)페닐]-2-에틸-1H-벤즈이미다졸(약칭: EtBImPBPhA) 등을 들 수 있다. 특히 CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA, PCzPA는 매우 양호한 특성을 나타내

기 때문에 선택되는 것이 바람직하다.

- [0202] 또한 호스트 재료는 복수 종류의 물질이 혼합된 재료이어도 좋고, 혼합된 호스트 재료를 사용하는 경우에는 전자 수송성을 가지는 재료와 정공 수송성을 가지는 재료가 혼합되는 것이 바람직하다. 전자 수송성을 가지는 재료와 정공 수송성을 가지는 재료가 혼합됨으로써, 발광층(113)의 수송성을 쉽게 조절할 수 있어 재결합 영역을 쉽게 제어할 수도 있다. 정공 수송성을 가지는 재료와 전자 수송성을 가지는 재료의 함유량의 중량비는 정공 수송성을 가지는 재료:전자 수송성을 가지는 재료=1:19 내지 19:1로 하면 좋다.
- [0203] 또한 상기 혼합된 재료의 일부로서는 인광 발광 물질을 사용할 수 있다. 인광 발광 물질은 발광 물질로서 형광 발광 물질을 사용하는 경우에 형광 발광 물질에 여기 에너지를 공여하는 에너지 도너로서 사용할 수 있다.
- [0204] 또한 이들 혼합된 재료들로 들뜬 복합체를 형성하여도 좋다. 상기 들뜬 복합체는 발광 물질의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 파장과 중첩되는 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.
- [0205] 또한 들뜬 복합체를 형성하는 재료 중 적어도 한쪽은 인광 발광 물질이어도 좋다. 이로써, 역 공간 교차에 의하여 삼중항 여기 에너지를 단일항 여기 에너지로 효율적으로 변환할 수 있다.
- [0206] 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.
- [0207] 또한 들뜬 복합체의 형성은, 예를 들어 정공 수송성을 가지는 재료의 발광 스펙트럼, 전자 수송성을 가지는 재료의 발광 스펙트럼, 및 이들 재료가 혼합된 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 정공 수송성을 가지는 재료의 과도 포토루미네선스(PL), 전자 수송성을 가지는 재료의 과도 PL, 및 이들 재료가 혼합된 혼합막의 과도 PL을 비교하여, 혼합막의 과도 PL 수명이 각 재료의 과도 PL 수명보다 장수명 성분을 가지거나 지연 성분의 비율이 높아지는 등의 과도 응답의 차이를 관측함으로써 확인할 수 있다. 또한 상술한 과도 PL을 과도 일렉트로루미네선스(EL)로 바꿔 읽어도 좋다. 즉, 정공 수송성을 가지는 재료의 과도 EL, 전자 수송성을 가지는 재료의 과도 EL, 및 이들 혼합막의 과도 EL을 비교하여 과도 응답의 차이를 관측하는 것에 의해서도 들뜬 복합체의 형성을 확인할 수 있다.
- [0208] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 가지는 물질을 포함하는 층이다. 전자 수송성을 가지는 재료로서는 전계 강도[V/cm]의 제곱근이 600일 때의 전자 이동도가  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상, 바람직하게는  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질이 바람직하다. 또한 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이면 이들 외의 물질을 사용할 수 있다. 또한 상기 유기 화합물로서는  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물이 바람직하다.  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지는 유기 화합물로서는, 예를 들어 폴리아졸 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 피리딘 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 다이아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 및 트리아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물 중 어느 것 또는 복수인 것이 바람직하다.
- [0209] 상기 전자 수송층에 사용할 수 있는 전자 수송성을 가지는 재료로서는 구체적으로 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-뷰틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-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), 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 아졸 골격을 가지는 유기 화합물, 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB), 바소페난트롤린(약칭: Bphen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 2,9-다이(나프탈렌-2-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBphen), 2,2-(1,3-페닐렌)비스[9-페닐-1,10-페난트롤린](약칭: mPPhen2P) 등의 피리딘 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3-(3'-다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 2-[4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-

일)-3,1'-바이페닐-1-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mpPCBPDBq), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 6mDBTPDBq-II), 9-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9mDBtBPNfpr), 9-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-4-일]나프토[1',2':4,5]퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 9pmDBtBPNfpr), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm), 9,9'-[피리미딘-4,6-다이일비스(바이페닐-3,3'-다이일)]비스(9H-카바졸)(약칭: 4,6mCzBP2Pm), 8-(1,1'-바이페닐-4-일)-4-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8BP-4mDBtPBfpm), 3,8-비스[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]벤조퓨로[2,3-b]피라진(약칭: 3,8mDBtP2Bfpr), 4,8-비스[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4,8mDBtP2Bfpm), 8-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)(1,1'-바이페닐-3-일)]나프토[1',2':4,5]퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8mDBtBPNfpm), 8-[(2,2'-바이나프탈렌)-6-일]-4-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8(βN2)-4mDBtPBfpm), 2,2'-(피리딘-2,6-다이일)비스(4-페닐벤조[h]퀴나졸린)(약칭: 2,6(P-Bqn)2Py), 2,2'-(피리딘-2,6-다이일)비스{4-[4-(2-나프틸)페닐]-6-페닐피리미딘}(약칭: 2,6(NP-PPm)2Py), 6-(1,1'-바이페닐-3-일)-4-[3,5-비스(9H-카바졸-9-일)페닐]-2-페닐피리미딘(약칭: 6mBP-4Cz2PPm), 2,6-비스(4-나프탈렌-1-일페닐)-4-[4-(3-피리딜)페닐]피리미딘(약칭: 2,4NP-6PyPPm), 4-[3,5-비스(9H-카바졸-9-일)페닐]-2-페닐-6-(1,1'-바이페닐-4-일)피리미딘(약칭: 6BP-4Cz2PPm), 7-[4-(9-페닐-9H-카바졸-2-일)퀴나졸린-2-일]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: PC-cgDBCzQz) 등의 다이아진 골격을 가지는 유기 화합물, 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), 2-{4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn), 9-[3-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)페닐]-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸(약칭: mPCCzPTzn-02), 2-[3'-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mFBPTzn), 5-[3-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2일)페닐]-7,7-다이메틸-5H,7H-인데노[2,1-b]카바졸(약칭: mINc(II)PTzn), 2-{3-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mDBtBPTzn), 2,4,6-트리스(3'-(피리딘-3-일)바이페닐-3-일)-1,3,5-트리아진(약칭: TmPPPyTz), 2-[3-(2,6-다이메틸-3-피리딜)-5-(9-페난트렌일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mPn-mDMePyPTzn), 11-[4-(바이페닐-4-일)-6-페닐-1,3,5-트리아진-2-일]-11,12-다이하이드로-12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸(약칭: BP-Icz(II)Tzn), 2-[3'-(트라이페닐렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mTpBPTzn), 9-[4-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-일)-2-다이벤조싸이오페닐]-2-페닐-9H-카바졸(약칭: PCDBfTzn), 2-[1,1'-바이페닐]-3-일-4-페닐-6-(8-[1,1':4',1''-터페닐]-4-일)-1-다이벤조퓨란일]-1,3,5-트리아진(약칭: mBP-TPDBfTzn) 등의 트리아진 골격을 가지는 유기 화합물을 들 수 있다. 상술한 것 중에서도 다이아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 피리딘 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 또는 트리아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물은 신뢰성이 높아 바람직하다. 특히 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물, 트리아진 골격을 가지는 헤테로 방향족 고리를 포함하는 유기 화합물은 전자 수송성이 높고, 구동 전압 저감에도 기여한다.

[0210] 또한 상기 전자 수송성을 가지는 유기 화합물을 전자 수송층(114)에 사용하는 경우, 전자 수송층(114)은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속의 금속 착체를 더 가지는 것이 바람직하다. 그 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 형성한 경우의 에너지가 안정화(들뜬 복합체의 발광 파장이 장파장화)되기 쉽기 때문에 구동 수명의 관점에서 바람직하다. 특히 다이아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물 또는 트리아진 골격을 가지는 헤테로 고리 화합물은 LUMO 준위가 깊으므로 들뜬 복합체의 에너지 안정화에 적합하다.

[0211] 또한 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 소듐 또는 리튬의 금속 착체인 것이 바람직하다. 또는 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체는 퀴놀린을 골격을 가지는 리간드를 가지는 것이 바람직하다. 또한 상기 알칼리 금속의 유기 금속 착체가 8-퀴놀리놀레이토 구조를 포함하는 리튬 착체 또는 그 유도체인 것이 더 바람직하다. 8-퀴놀리놀레이토 구조를 포함하는 리튬 착체의 유도체로서는 알킬기를 가지는 8-퀴놀리놀레이토 구조를 포함하는 리

틈 착체가 바람직하고, 메틸기를 가지는 것이 특히 바람직하다.

- [0212] 또한 상기 금속 착체로서는 구체적으로 예를 들어 8-퀴놀리놀레이토-리튬(약칭: Liq), 8-하이드록시퀴놀리네이토-소듐(약칭: Naq) 등이 있다. 특히 1가의 금속 이온의 착체, 그 중에서도 리튬의 착체가 바람직하고, Liq가 더 바람직하다. 또한 8-하이드록시퀴놀리네이토 구조를 포함하는 경우, 그 메틸 치환체(예를 들어 2-메틸 치환체, 5-메틸 치환체, 또는 6-메틸 치환체) 등을 사용하는 것도 바람직하다. 특히 6위치에 알킬기를 가지는 8-퀴놀리놀레이토 구조를 가지는 알칼리 금속 착체를 사용함으로써 발광 디바이스의 구동 전압을 저하시키는 효과가 있다.
- [0213] 또한 전자 수송층(114)은 전계 강도[V/cm]의 제곱근이 600일 때의 전자 이동도가  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상  $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이하인 것이 바람직하다. 전자 수송층(114)에서의 전자 수송성을 저하시킴으로써, 발광층으로의 전자의 주입량을 제어할 수 있기 때문에, 발광층이 전자 과다 상태가 되는 것을 방지할 수 있다. 이 구성은 정공 주입층을 복합 재료로 형성하고, 상기 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 가지는 재료의 HOMO 준위가 -5.7eV 이상 -5.4eV 이하로 비교적 깊은 경우에, 수명이 길어지기 때문에 특히 바람직하다. 또한 이때, 전자 수송성을 가지는 재료는 HOMO 준위가 -6.0eV 이상인 것이 바람직하다.
- [0214] 전자 수송층(114)과 제 2 전극(102) 사이에, 전자 주입층(115)으로서 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF<sub>2</sub>), 8-퀴놀리놀레이토-리튬(약칭: Liq), 이터븀(Yb) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 이들의 화합물, 또는 이들의 착체를 포함하는 층을 제공하여도 좋다. 전자 주입층(115)으로서의 전자 수송성을 가지는 물질로 이루어지는 층 내에 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 포함시킨 것, 혹은 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물로서는, 예를 들어 칼슘과 알루미늄의 혼합 산화물에 전자를 고농도로 첨가한 물질 등이 있다.
- [0215] 또한 전자 주입층(115)으로서 전자 수송성을 가지는 물질(바람직하게는 바이피리딘 골격을 가지는 유기 화합물)에 상기 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속의 플루오린화물을 미결정 상태가 되는 농도 이상(50wt% 이상) 포함시킨 층을 사용할 수도 있다. 상기 층은 굴절률이 낮기 때문에, 외부 양자 효율이 더 양호한 발광 디바이스를 제공할 수 있다.
- [0216] 제 2 전극(102)은 음극인 것이 바람직하다. 음극을 형성하는 물질로서는 일함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하인) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 이와 같은 음극 재료의 구체적인 예로서는 리튬(Li) 또는 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 및 스트론튬(Sr) 등의 원소 주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 이들을 포함하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 및 이들을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. 다만 제 2 전극(102)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 제공함으로써, 일함수의 크기에 상관없이 Al, Ag, ITO, 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유한 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전성 재료를 음극에 사용할 수 있다.
- [0217] 또한 제 2 전극(102)을 가시광에 대하여 투과성을 가지는 재료로 형성한 경우, 제 2 전극(102) 측으로부터 광을 방출하는 발광 디바이스로 할 수 있다. 본 발광 디바이스는 제 1 전극(101)을 기판 측에 제작한 경우, 소위 탑 이미션형 발광 디바이스로 할 수 있다.
- [0218] 이들 도전성 재료는 진공 증착법 또는 스퍼터링법 등의 건식법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등을 사용하여 성막하는 것이 가능하다. 또한 졸 겔법을 사용하여 습식법으로 형성하여도 좋고, 금속 재료의 페이스트를 사용하여 습식법으로 형성하여도 좋다.
- [0219] 또한 EL층(103)의 형성 방법으로서의 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.
- [0220] 또한 상술한 각 전극 또는 각 층을 상이한 성막 방법을 사용하여 형성하여도 좋다.
- [0221] 또한 본 실시형태에서는 개별 도포 방식의 발광 장치에 적용하는 경우에 대하여 설명하였지만, 본 발명의 일 형태는 백색 컬러 필터 방식의 발광 장치에 적용할 수도 있다. 이 경우, 각 발광 디바이스가 방출하는 광은 같고, 발광층(113)에 포함되는 발광 물질도 동일한 경우가 있지만, 각 부화소에서 추출되는 광의 파장에 맞추어 적층 구조를 형성하면 좋다.
- [0222] <탠덤형 디바이스>

- [0223] 이어서 복수의 발광 유닛을 적층한 구성의 발광 디바이스(적층형 디바이스, 탠덤형 디바이스라고도 함)의 형태에 대하여 설명한다. 이 발광 디바이스는 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 발광층과 전하 발생층을 가지는 발광 디바이스이다. 또한 전하 발생층은 발광층과 발광층 사이에 끼워지는 위치에 존재한다. 또한 제 1 전극과 전하 발생층에 끼워진 영역, 전하 발생층과 전하 발생층에 끼워진 영역, 및 전하 발생층과 제 2 전극에 끼워진 영역을 각각 발광 유닛이라고 부른다.
- [0224] 도 5는 본 발명의 일 형태의 발광 장치가 탠덤형 디바이스를 가지는 예를 나타낸 것이다. 발광 디바이스 S 및 발광 디바이스 L은 모두 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 하나의 전하 발생층(116)과, 2개의 발광 유닛(제 1 발광 유닛(103\_1) 및 제 2 발광 유닛(103\_2))을 가진다. 제 1 전극(101)은 적층 구조를 가지고, 반사 전극(101-1)과 투광성을 가지는 전극(101-2)으로 이루어진 예를 나타낸 것이다. 또한 본 실시형태에서는 하나의 전하 발생층(116)과 2개의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스를 예로 들어 설명하지만, n층(n은 2 이상의 정수)의 전하 발생층과 n+1층의 발광 유닛을 가지는 발광 디바이스이어도 좋다.
- [0225] 전하 발생층은 전극들 사이에 전압이 인가되었을 때, 상기 층의 음극 측에 접하는 층에 정공을 주입하고, 양극 측에 접하는 층에 전자를 주입하는 기능을 가진다. 즉, 도 5에서는 제 1 전극(101)의 전위가 제 2 전극(102)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가한 경우, 전하 발생층(116)은 제 1 발광 유닛(103\_1)에 전자를 주입하고, 제 2 발광 유닛(103\_2)에 정공을 주입한다.
- [0226] 전하 발생층(116)에는 적어도 P형층(117)이 포함된다. P형층(117)은 상술한 정공 주입층(111)을 구성할 수 있는 재료로서 든 복합 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 또한 P형층(117)은 상술한 엑셉터성을 가지는 재료를 포함하는 막과 정공 수송 재료를 포함하는 막을 적층하여 구성되어도 좋다. P형층(117)에 전위를 인가함으로써, 전자 수송층(114\_1)에 전자가 주입되고, 정공 수송층(112S\_2 및 112L\_2)에 정공이 주입되어 발광 디바이스가 동작한다. 또한 P형층(117)이 음극 측의 발광 유닛에서의 정공 주입층의 역할을 하기 때문에, 음극 측의 발광 유닛(도 5에서는 제 2 발광 유닛(103\_2))에는 정공 주입층이 형성되지 않아도 된다.
- [0227] 또한 전하 발생층(116)에는 P형층(117) 외에, 전자 릴레이층(118) 및 전자 주입 버퍼층(119) 중 어느 한쪽 또는 양쪽이 제공되는 것이 바람직하다.
- [0228] 전자 릴레이층(118)은 적어도 전자 수송성을 가지는 물질을 포함하고, 전자 주입 버퍼층(119)과 P형층(117)의 상호 작용을 방지하여 전자를 원활하게 수수하는 기능을 가진다. 전자 릴레이층(118)에 포함되는 전자 수송성을 가지는 물질의 LUMO 준위는 P형층(117)에서의 엑셉터성 물질의 LUMO 준위와, 전자 수송층(114)에서의 전하 발생층(116)에 접하는 층에 포함되는 물질의 LUMO 준위 사이인 것이 바람직하다. 전자 릴레이층(118)에 사용되는 전자 수송성을 가지는 물질에서의 LUMO 준위의 구체적인 에너지 준위는 -5.0eV 이상, 바람직하게는 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하로 하는 것이 좋다. 또한 전자 릴레이층(118)에 사용되는 전자 수송성을 가지는 물질로서는 프탈로사이아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 리간드를 가지는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0229] 전자 주입 버퍼층(119)에는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬(Li<sub>2</sub>O) 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산 리튬 및 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.
- [0230] 또한 전자 주입 버퍼층(119)이 전자 수송성을 가지는 물질과 도너성 물질을 포함하여 형성되는 경우에는, 도너성 물질로서 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 탄산 리튬 및 탄산 세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함))을 사용할 수 있고, 이 외에도 테트라사이아노프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0231] 또한 전자 주입 버퍼층(119)에 사용할 수 있는 전자 수송성을 가지는 물질로서는, 상술한 전자 수송층(114)을 구성하는 재료와 같은 재료를 사용할 수 있다.
- [0232] 또한 탠덤형 디바이스의 전하 발생층에 전자 주입 버퍼층(119)을 제공하는 경우에는 이 전자 주입 버퍼층(119)이 양극 측의 발광 유닛에서의 전자 주입층으로서의 역할을 하기 때문에 양극 측의 발광 유닛(도 5에서는 제 1 발광 유닛(103\_1))에는 전자 주입층이 제공되지 않아도 된다.
- [0233] 발광 디바이스 S의 제 1 발광 유닛(103\_1)은 제 1 층(121) 외에 발광층(113S\_1) 및 전자 수송층(114\_1)을 가지

는 예를 나타낸 것이다. 또한 제 1 발광 유닛(103\_1)은 음극 측에서 전자 주입 버퍼층(119)에 접하기 때문에 전자 주입층이 제공되지 않아도 되지만, 제공되어 있어도 좋다. 또한 제 1 층(121)과 투광성을 가지는 전극(101-2) 사이에 정공 주입층이 제공되어도 좋다. 발광층(113S\_1)에는 발광 물질 S\_1이 포함된다.

- [0234] 발광 디바이스 S의 제 2 발광 유닛(103\_2)은 적어도 발광층(113S\_2)을 가진다. 발광층(113S\_2)에는 발광 물질 S\_2가 포함된다. 도 5에는, 발광층(113S\_2) 외에 정공 수송층(112S\_2), 전자 수송층(114S\_2), 및 전자 주입층(115\_2) 등을 제 2 발광 유닛(103\_2)에 가지는 예를 나타내었다. 제 2 발광 유닛(103\_2)은 양극 측에서 P형층(117)에 접하기 때문에 정공 주입층이 제공되지 않아도 된다.
- [0235] 발광 디바이스 L의 제 1 발광 유닛(103\_1)은 제 1 층(121) 및 제 2 층(122) 외에 발광층(113L\_1) 및 전자 수송층(114\_1)을 가지는 예를 나타낸 것이다. 또한 제 1 발광 유닛(103\_1)은 음극 측에서 전자 주입 버퍼층(119)에 접하기 때문에 전자 주입층이 제공되지 않아도 되지만, 제공되어 있어도 좋다. 또한 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)과 투광성을 가지는 전극(101-2) 사이에 정공 주입층이 제공되어도 좋다. 발광층(113L\_1)에는 발광 물질 L\_1이 포함된다.
- [0236] 발광 디바이스 L의 제 2 발광 유닛(103\_2)은 적어도 발광층(113L\_2)을 가진다. 발광층(113L\_2)에는 발광 물질 L\_2가 포함된다. 도 5에는, 발광층(113L\_2) 외에 정공 수송층(112L\_2), 전자 수송층(114L\_2), 및 전자 주입층(115\_2) 등을 제 2 발광 유닛(103\_2)에 가지는 예를 나타내었다. 제 2 발광 유닛(103\_2)은 양극 측에서 P형층(117)에 접하기 때문에 정공 주입층이 제공되지 않아도 된다.
- [0237] 발광 물질 S\_1과 발광 물질 S\_2는 같은 물질이어도 좋고, 상이한 물질이어도 좋지만, 같은 물질인 경우에는 전류 효율이 크게 상승되기 때문에 바람직하다. 상이한 물질인 경우, 발광 디바이스 S로부터는 발광 물질 S\_1과 발광 물질 S\_2의 발광이 합성된 광, 예를 들어 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0238] 본 발명의 일 형태의 탠덤형 디바이스에서는, 반사 전극을 가지는 전극 측의 발광 유닛(제 1 발광 유닛(103\_1))에, 제 1 층(121) 및 제 2 층(122)이 제공되는 것이 바람직하다. 또한 이에 더하여, 반사 전극(101-1)의 제 2 전극(102) 측의 면에서 제 2 전극(102)의 제 1 전극 측의 면까지의 광학적 거리가, 증폭시키고자 하는 파장  $\lambda_i$ 의 약 1.5배( $1.5\lambda_i$ )가 되도록 발광 디바이스를 형성함으로써, 매우 양호한 발광효율을 가지는 발광 디바이스를 얻을 수 있다. 또한 상기 광학적 거리는  $1.5\lambda_i$ 의 70% 이상 110% 이하이면 파장  $\lambda_i$ 의 광을 유효하게 증폭시킬 수 있다.
- [0239] 파장  $\lambda_i$ 는, 발광 디바이스 S에서는 발광 디바이스 S가 포함되는 부화소가 나타내는 발광의 발광 피크 파장  $\lambda_{SD}$ 에 상당하고, 발광 디바이스 L에서는 발광 디바이스 L이 포함되는 부화소가 나타내는 발광의 발광 피크 파장  $\lambda_{LD}$ 에 상당한다.
- [0240] 또는 발광 물질 S\_1 및 발광 물질 S\_2가 같은 경우에는, 발광 디바이스 S에서의 파장  $\lambda_i$ 는 발광 물질 S\_1 및 발광 물질 S\_2의 발광 피크 파장  $\lambda_s$ 에 상당하고, 발광 물질 L\_1 및 발광 물질 L\_2가 같은 경우에는, 발광 디바이스 L에서의 파장  $\lambda_i$ 는 발광 물질 L의 발광 피크 파장  $\lambda_L$ 에 상당한다.
- [0241] 또한 발광 물질 S\_1 및 발광 물질 S\_2가 상이한 발광 물질이고, 발광 물질 S\_1의 발광 스펙트럼과 발광 물질 S\_2의 발광 스펙트럼을 합성한 광이 450nm 내지 650nm에서 연속적인 스펙트럼을 가지는 경우(예를 들어 백색 발광인 경우), 발광 물질 S\_1은 발광 물질 L\_1과 같은 발광 물질이고, 발광 물질 S\_2는 발광 물질 L\_2와 같은 물질인 것이 바람직하다. 이 경우의 파장  $\lambda_i$ 는, 발광 디바이스 S에서는 발광 디바이스 S가 포함되는 부화소가 나타내는 발광의 발광 피크 파장  $\lambda_{SD}$ 로서 취급되고, 발광 디바이스 L에서는 발광 디바이스 L이 포함되는 부화소가 나타내는 발광의 발광 피크 파장  $\lambda_{LD}$ 로서 취급되면 좋다. 또한 이 경우, 발광층(113S\_1)과 발광층(113L\_1)이 연속된 층이고, 발광층(113S\_2)과 발광층(113L\_2)이 연속된 층이면 제조 공정이 간편해지기 때문에 바람직하다. 또한 어느 하나 또는 모든 발광층이 상이한 발광 물질을 가지는 복수의 층으로 구성되어도 좋다. 예를 들어 발광층(113S\_2)이 녹색 발광을 나타내는 발광 물질 G를 가지는 층 G와, 적색 발광을 나타내는 발광 물질 R를 가지는 층 R의 적층으로 이루어져도 좋다. 이때, 발광 물질 S\_2는 발광 물질 G와 발광 물질 R의 2개의 물질의 총칭인 것으로 한다. 또한 이와 같은 구성인 경우, 컬러 필터를 더 가지는 구성인 것이 바람직하다.
- [0242] 이와 같이, 복수의 발광 유닛을 전하 발생층에 의하여 칸막이하여 한 쌍의 전극 사이에 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 고휘도 발광이 가능하고 수명이 긴 디바이스를 실현할 수 있다. 또한 저전압 구동이 가

능하고 소비 전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.

- [0243] 본 실시형태는 다른 실시형태와 자유로이 조합될 수 있다.
- [0244] (실시형태 2)
- [0245] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서의 발광 디바이스 외의 구성에 대하여 설명한다.
- [0246] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 장치에 대하여 도 6의 (A) 및 (B)를 사용하여 설명한다. 또한 도 6의 (A)는 발광 장치를 나타낸 상면도이고, 도 6의 (B)는 도 6의 (A)에 나타낸 일점쇄선 A-B 및 일점쇄선 C-D를 따라 자른 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 디바이스의 발광을 제어하는 것으로서, 점선으로 나타낸 소스선 구동 회로(601), 화소부(602), 게이트선 구동 회로(603)를 포함한다. 또한 604는 밀봉 기관을 나타내고, 605는 실재(sealing material)를 나타내고, 실재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)이다.
- [0247] 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 FPC만을 도시하였지만, 이 FPC에 인쇄 배선 기관(PWB)이 장착되어도 좋다. 본 명세서에서는, 발광 장치 본체뿐만 아니라, 이에 FPC 또는 PWB가 장착된 것도 발광 장치의 범주에 포함하는 것으로 한다.
- [0248] 다음으로 단면 구조에 대하여 도 6의 (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.
- [0249] 소자 기관(610)은 유리, 석영, 유기 수지, 금속, 합금, 반도체 등으로 이루어지는 기관 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리에스터, 또는 아크릴 수지 등으로 이루어지는 플라스틱 기관을 사용하여 제작하면 좋다.
- [0250] 화소 또는 구동 회로에 사용되는 트랜지스터의 구조는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어 역 스테거형 트랜지스터로 하여도 좋고, 스테거형 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 포함하는 산화물 반도체를 사용하여도 좋다.
- [0251] 트랜지스터에 사용되는 반도체 재료의 결정성도 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.
- [0252] 여기서, 상기 화소 또는 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.
- [0253] 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.
- [0254] 특히 반도체층으로서의 복수의 결정부를 가지고, 상기 결정부는 c축이 반도체층의 피형성면 또는 반도체층의 상면에 대하여 수직으로 배향되고, 인접한 결정부들 사이에 입계를 가지지 않는 산화물 반도체막을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0255] 반도체층으로서 이와 같은 재료를 사용함으로써, 전기 특성의 변동이 억제되어 신뢰성이 높은 트랜지스터를 실현할 수 있다.
- [0256] 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.

- [0257] 트랜지스터의 특성 안정화 등을 위하여 하지막을 제공하는 것이 바람직하다. 하지막으로서 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 필요에 따라 제공하면 된다.
- [0258] 또한 FET(623)는 소스선 구동 회로(601)에 형성되는 트랜지스터 중 하나를 나타낸 것이다. 또한 구동 회로는 다양한 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로로 형성되면 좋다. 또한 본 실시형태에서는, 기판 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형에 대하여 설명하지만, 반드시 그럴 필요는 없고 구동 회로를 기판 위가 아니라 외부에 형성할 수도 있다.
- [0259] 또한 화소부(602)는 스위칭용 FET(611), 전류 제어용 FET(612), 및 전류 제어용 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소로 형성되어 있지만 이에 한정되지 않고 3개 이상의 FET와, 용량 소자를 조합한 화소부로 하여도 좋다.
- [0260] 또한 제 1 전극(613)의 단부를 덮어 절연물(614)이 형성되어 있다. 여기서는 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용함으로써 절연물(614)을 형성할 수 있다.
- [0261] 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 아크릴 수지를 사용한 경우에는, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경(0.2 μm 내지 3 μm)을 가지는 곡면을 가지도록 하는 것이 바람직하다. 또한 절연물(614)로서는, 네거티브형 감광성 수지 및 포지티브형 감광성 수지 중 어느 쪽이든 사용할 수 있다.
- [0262] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 각각 형성되어 있다. 제 1 전극(613)은 실시형태 1에서의 제 1 전극(101)에 상당하고, EL층(616)은 실시형태 1에서의 EL층(103)에 상당하고, 제 2 전극(617)은 실시형태 1에서의 제 2 전극(102)에 상당한다.
- [0263] 또한 제 1 전극(613), EL층(616), 제 2 전극(617)으로 발광 디바이스가 형성되어 있다. 상기 발광 디바이스는 실시형태 1에서 설명한 구성을 가지는 발광 디바이스이다.
- [0264] 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 충전제가 충전되어 있고, 불활성 기체(질소 또는 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에 실제로 충전되는 경우도 있다. 밀봉 기판에 오목부를 형성하고, 거기에 건조제를 제공하는 구성은 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.
- [0265] 또한 실재(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한 밀봉 기판(604)에 사용하는 재료로서는 유리 기판 또는 석영 기판 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리에스터, 또는 아크릴 수지 등으로 이루어지는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.
- [0266] 도 6의 (A) 및 (B)에는 나타내지 않았지만, 제 2 전극(617) 위에 보호막을 제공하여도 좋다. 보호막은 유기 수지막 또는 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.
- [0267] 보호막에는 물 등의 불순물을 투과시키기 어려운 재료를 사용할 수 있다. 따라서 물 등의 불순물이 외부로부터 내부로 확산되는 것을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0268] 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 이트륨, 산화 세륨, 산화 스칸듐, 산화 어븀, 산화 바나듐, 또는 산화 인듐 등을 포함하는 재료, 질화 알루미늄, 질화 하프늄, 질화 실리콘, 질화 탄탈럼, 질화 타이타늄, 질화 나이오븀, 질화 몰리브데넘, 질화 지르코늄, 또는 질화 갈륨 등을 포함하는 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 포함하는 재료

를 사용할 수 있다.

- [0269] 보호막은 단차 피복성(step coverage)이 양호한 성막 방법을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 이러한 방법 중 하나에 원자층 퇴적(ALD: Atomic Layer Deposition)법이 있다. ALD법을 사용하여 형성할 수 있는 재료를 보호막에 사용하는 것이 바람직하다. ALD법을 사용함으로써, 크랙 또는 핀홀 등의 결함이 저감되거나 두께가 균일한, 치밀한 보호막을 형성할 수 있다. 또한 보호막의 형성 시에 가공 부재에 가해지는 손상을 저감할 수 있다.
- [0270] 예를 들어 ALD법을 사용함으로써, 복잡한 요철 형상을 가지는 표면 또는 터치 패널의 상면, 측면, 및 뒷면에도 균일하고 결함이 적은 보호막을 형성할 수 있다.
- [0271] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0272] 본 실시형태의 발광 장치에서는, 발광 물질이 방출한 광이 굴절률이 다른 층들의 계면에서 반사되기 때문에, 반사 전극만을 사용하여 반사시키는 경우보다 많은 광을 반사시킬 수 있게 되어, 외부 양자 효율이 향상된다. 또한 동시에 반사 전극에서의 표면 플라즈몬의 영향을 저감시킬 수 있기 때문에, 에너지의 손실을 저감시켜, 광을 효율적으로 추출할 수 있다. 또한 각 부화소에 공통의 층을 가지면서, 각 부화소가 나타내는 광에 따라 상기 적층 구조의 막 두께가 조정되어 있기 때문에, 모든 발광색에서 발광 효율을 간편하고, 신속하고, 저렴하게 향상시킬 수 있다.
- [0273] 도 7에는 착색층(컬러 필터) 등을 제공함으로써 색 순도를 향상시킨 발광 장치의 예를 나타내었다. 도 7에는 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), 전극(1022), 발광 디바이스의 제 1 전극(1024R, 1024G, 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 디바이스의 제 2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 실재(1032), 제 3 층간 절연막(1037) 등이 도시되어 있다.
- [0274] 도 7에 나타난 바와 같은 톱 이미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))을 제공한 밀봉 기관(1031)으로 밀봉할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소들 사이에 위치하도록 블랙 매트릭스(1035)를 제공하여도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B)), 또는 블랙 매트릭스는 오버코트층으로 덮여 있어도 좋다. 또한 밀봉 기관(1031)에는 투광성을 가지는 기관을 사용한다.
- [0275] 여기서는 발광 디바이스의 제 1 전극(1024R, 1024G, 1024B)이 반사 전극을 포함하는 것으로 한다. 또한 제 1 전극은 양극을 포함하는 것이 바람직하다. EL층(1028)의 구성은 실시형태 1에서 EL층(103)으로서 설명한 바와 같은 구성으로 한다.
- [0276] 톱 이미션형 발광 장치에서는 마이크로캐비티 구조를 적합하게 적용할 수 있다. 마이크로캐비티 구조를 가지는 발광 디바이스는 한쪽 전극을 반사 전극을 포함하는 전극으로 하고, 다른 쪽 전극을 반투과·반반사 전극으로 함으로써 얻어진다. 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에는 적어도 EL층이 존재하고, 적어도 발광 영역이 되는 발광층이 존재한다.
- [0277] 상기 발광 디바이스에서는 투광성을 가지는 도전막, 상술한 복합 재료, 또는 캐리어 수송 재료 등의 두께를 변경함으로써 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.
- [0278] 마이크로캐비티 구조를 가짐으로써 정면 방향으로의 특정 파장의 발광 강도를 높일 수 있기 때문에, 저소비 전력화할 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.
- [0279] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는, 발광 물질이 방출한 광이 굴절률이 다른 층들의 계면에서 반사되기 때문에, 반사 전극만을 사용하여 반사시키는 경우보다 많은 광을 반사시킬 수 있게 되어, 외부 양자 효율이 향상된다. 또한 동시에 반사 전극에서의 표면 플라즈몬의 영향을 저감시킬 수 있기 때문에, 에너지의 손실을 저감시켜, 광을 효율적으로 추출할 수 있다.
- [0280] 상술한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 발광 디바이스 간에서 공통의 저굴절률층을 가지면서, 각 부화소가 나타내는 광에 따라 상기 적층 구조의 막 두께가 조정되어 있기 때문에, 모든 발광색에

서 발광 효율을 간편하고, 신속하고, 저렴하게 향상시킬 수 있다.

- [0281] 또한 본 실시형태는 다른 실시형태와 자유로이 조합될 수 있다.
- [0282] (실시형태 3)
- [0283] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 그 일부에 포함하는 전자 기기의 예에 대하여 설명한다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 발광 효율이 높고 소비 전력이 낮은 발광 디바이스이다. 따라서 본 실시형태에 기재되는 전자 기기를 소비 전력이 낮은 발광부를 가지는 전자 기기로 할 수 있다.
- [0284] 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.
- [0285] 도 8의 (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 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 사용하여 구성되어 있다.
- [0286] 텔레비전 장치는 하우징(7101)이 가지는 조작 스위치, 또는 별체의 리모트 컨트롤러(7110)로 조작할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)가 가지는 조작 키(7109)에 의하여 채널 또는 음량을 조작할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 리모트 컨트롤러(7110)에 제공하는 구성으로 하여도 좋다. 또한 표시부(7107)에도 매트릭스상으로 배열된 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 적용할 수 있다.
- [0287] 또한 텔레비전 장치는 수신기 또는 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.
- [0288] 도 8의 (B)에 나타낸 컴퓨터는 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 또한 이 컴퓨터는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 표시부(7203)에 사용함으로써 제작된다. 도 8의 (B)의 컴퓨터는 도 8의 (C)에 나타낸 형태를 가져도 좋다. 도 8의 (C)의 컴퓨터에는 키보드(7204) 및 포인팅 디바이스(7206) 대신에 표시부(7210)가 제공되어 있다. 표시부(7210)는 터치 패널식이므로, 표시부(7210)에 표시된 입력용 표시를 손가락 또는 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 할 수 있다. 또한 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 문제의 발생도 방지할 수 있다.
- [0289] 도 8의 (D)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 전화기는 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 매트릭스상으로 배열하여 제작한 표시부(7402)를 가진다.
- [0290] 도 8의 (D)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.
- [0291] 표시부(7402)의 화면에는 주로 세 가지 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 두 가지 모드가 혼합된 표시+입력 모드이다.
- [0292] 예를 들어 전화를 걸거나 메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)의 모드를 문자의 입력을 주로 하는 문자 입력 모드로 하고, 화면에 표시된 문자를 입력하면 좋다. 이 경우, 표시부(7402)의 화면의 대부분에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0293] 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.
- [0294] 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.

- [0295] 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.
- [0296] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능할 수도 있다. 예를 들어 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치하여 장문, 지문 등을 촬상함으로써, 본인 인증을 할 수 있다. 또한 표시부에 근적외광을 발광하는 백라이트 또는 근적외광을 발광하는 센싱용 광원을 사용하면, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다.
- [0297] 도 9의 (A)는 청소 로봇의 일례를 나타낸 모식도이다.
- [0298] 청소 로봇(5100)은 상면에 배치된 디스플레이(5101), 측면에 배치된 복수의 카메라(5102), 브러시(5103), 조작 버튼(5104)을 가진다. 또한 도시되지 않았지만, 청소 로봇(5100)의 하면에는 바퀴, 흡입구 등이 제공되어 있다. 청소 로봇(5100)은 그 외에 적외선 센서, 초음파 센서, 가속도 센서, 피에조 센서, 광 센서, 자이로 센서 등의 각종 센서를 가진다. 또한 청소 로봇(5100)은 무선 통신 수단을 가진다.
- [0299] 청소 로봇(5100)은 자력으로 움직이고, 먼지(5120)를 검지하고, 하면에 제공된 흡입구로부터 먼지를 흡입할 수 있다.
- [0300] 또한 청소 로봇(5100)은 카메라(5102)가 촬영한 화상을 해석하여 벽, 가구, 또는 단차 등의 장애물의 유무를 판단할 수 있다. 또한 화상을 해석함으로써 배선 등 브러시(5103)에 얽히기 쉬운 물체를 검지한 경우에는, 브러시(5103)의 회전을 멈출 수 있다.
- [0301] 디스플레이(5101)에는 배터리 잔량 또는 흡입한 먼지의 양 등을 표시할 수 있다. 청소 로봇(5100)이 주행한 경로를 디스플레이(5101)에 표시하여도 좋다. 또한 디스플레이(5101)를 터치 패널로 하고, 조작 버튼(5104)을 디스플레이(5101)에 제공하여도 좋다.
- [0302] 청소 로봇(5100)은 스마트폰 등의 휴대 전자 기기(5140)와 통신할 수 있다. 카메라(5102)가 촬영한 화상을 휴대 전자 기기(5140)에 표시할 수 있다. 그러므로 청소 로봇(5100)의 소유자는 밖에 있어도 방의 상황을 알 수 있다. 또한 디스플레이(5101)의 표시를 스마트폰 등의 휴대 전자 기기로 확인할 수도 있다.
- [0303] 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 디스플레이(5101)에 사용할 수 있다.
- [0304] 도 9의 (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.
- [0305] 마이크로폰(2102)은 사용자의 목소리 및 환경음 등을 검지하는 기능을 가진다. 또한 스피커(2104)는 음성을 발하는 기능을 가진다. 로봇(2100)은 마이크로폰(2102) 및 스피커(2104)를 사용하여 사용자와 의사소통을 할 수 있다.
- [0306] 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 탈착 가능한 정보 단말기이어도 좋고, 로봇(2100)의 정위치에 설치되면 충전 및 데이터의 수수를 할 수 있다.
- [0307] 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.
- [0308] 도 9의 (C)는 고글형 디스플레이의 일례를 나타낸 도면이다. 고글형 디스플레이는 예를 들어 하우징(5000), 표시부(5001), 스피커(5003), LED 램프(5004)(전원 스위치 또는 조작 스위치를 포함함), 접속 단자(5006), 센서(5007)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 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), 제 2 표시부(5002), 지지부(5012), 이어폰(5013) 등을 가진다.
- [0309] 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 표시부(5001) 및 제 2 표시부(5002)에 사용할 수 있다.
- [0310] 본 발명의 일 형태의 발광 장치는, 자동차의 앞유리 또는 대시 보드(dashboard)에도 탑재될 수 있다. 본 발명

의 일 형태의 발광 장치를 자동차의 앞유리 또는 대시 보드에 사용하는 일 형태를 도 10에 나타내었다. 표시 영역(5200) 내지 표시 영역(5203)은 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 사용하여 제공된 것이다.

- [0311] 표시 영역(5200)과 표시 영역(5201)은 자동차의 앞유리에 제공된 본 발명의 일 형태의 발광 장치가 탑재된 발광 장치이다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 양극과 음극을 투광성을 가지는 전극으로 제작함으로써, 반대편이 비쳐 보이는 소위 시스루 상태의 발광 장치로 할 수 있다. 시스루 상태의 표시 장치이면, 자동차의 앞유리에 설치하여도 시야를 가리지 않고 설치할 수 있다. 또한 구동을 위한 트랜지스터 등을 제공하는 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투광성을 가지는 트랜지스터를 사용하면 좋다.
- [0312] 표시 영역(5202)은 필러 부분에 제공되고, 본 발명의 일 형태의 발광 장치가 탑재된 발광 장치이다. 표시 영역(5202)은, 차체에 제공된 활상 수단으로 촬영된 영상을 표시함으로써, 필러로 가려진 시야를 보완할 수 있다. 또한 마찬가지로, 대시 보드 부분에 제공된 표시 영역(5203)은 차체로 가려진 시야를, 자동차의 외측에 제공된 활상 수단으로 촬영된 영상을 표시함으로써, 사각을 보완하여 안전성을 높일 수 있다. 보이지 않는 부분을 보완하도록 영상을 표시함으로써, 더 자연스럽게 위화감 없이 안전을 확인할 수 있다.
- [0313] 또한 표시 영역(5203)은 내비게이션 정보, 속도, 회전수, 또는 에어컨디셔너의 설정 등 기타 다양한 정보를 제공할 수 있다. 표시 항목 또는 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.
- [0314] 또한 도 11의 (A) 및 (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 11의 (A)는 펼친 상태의 휴대 정보 단말기(5150)를 나타낸 것이다. 도 11의 (B)는 접은 상태의 휴대 정보 단말기를 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말기(5150)는 큰 표시 영역(5152)을 가짐에도 불구하고, 접으면 작고 가반성(可搬性)이 우수하다.
- [0315] 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 신장된다. 굴곡부(5153)는 2mm 이상, 바람직하게는 3mm 이상의 곡률 반경으로 접힌다.
- [0316] 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.
- [0317] 또한 도 12의 (A) 내지 (C)에 접을 수 있는 휴대 정보 단말기(9310)를 나타내었다. 도 12의 (A)는 펼친 상태의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 도 12의 (B)는 펼친 상태 및 접은 상태 중 한쪽으로부터 다른 쪽으로 변화하는 도중의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 도 12의 (C)는 접은 상태의 휴대 정보 단말기(9310)를 나타낸 것이다. 휴대 정보 단말기(9310)는 접은 상태에서는 가반성이 우수하고, 펼친 상태에서는 이음매가 없는 넓은 표시 영역을 가지므로 표시의 일람성이 높다.
- [0318] 표시 패널(9311)은 힌지(9313)로 연결된 3개의 하우징(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 하우징(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.
- [0319] 또한 본 실시형태에 나타난 구성은 실시형태 1 및 실시형태 2에 나타난 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0320] 상술한 바와 같이 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓고, 이 발광 장치는 다양한 분야의 전자 기기에 적용될 수 있다. 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 발광 장치를 사용함으로써, 소비 전력이 낮은 전자 기기를 얻을 수 있다.
- [0321] (실시예)
- [0322] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 발광 장치에 사용되는 발광 디바이스의 효율 향상 효과를 계산에 의하여 검증한 결과에 대하여 설명한다. 본 실시예에서는, 제 1 층을 가진 청색 발광 디바이스(발광 디바이스 B)와, 제 1 층을 공통층으로서 가진 녹색 발광 디바이스(발광 디바이스 G)를 포함하는 발광 장치를 상정하여, 각 발광 디바이스에 대하여 검증을 수행하였다.

[0323] 본 실시예에서는 발광 디바이스 B가 아래의 표 1과 같은 구조를 가지는 것으로 하여 계산을 수행하였다.

[0324] [표 1]

발광 디바이스 B

		막 두께 (nm)	재료
캡층		70.0	DBT3P-II
제 2 전극	음극	15.0	Ag:Mg
전자 수송층	2	*	NBPhen
	1	10.0	2mDBTBPDq-II
발광층		25.0	αN-βNPAnth:도펀트
전자 차단층		10.0	DBfBB1TP
제 1 층		*	PCBBiF
제 1 전극	투명 전극 (양극)	10	ITSO
	반사 전극	100	APC

[0325]

[0326] 제 1 층(121)에는 고굴절률 재료인 N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 사용한 것으로 하여 계산을 수행하였다. 또한 PCBBiF의 가시광 영역에서의 굴절률은 도 13에 나타내었다.

[0327]

또한 반사 전극에는 APC(은(Ag)과, 팔라듐(Pd)과, 구리(Cu)의 합금막)를 사용하고, 투광성을 가지는 전극(투명 전극(양극))에는 ITSO(산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물)를 사용하고, 전자 차단층에는 N,N-비스[4-(다이벤조플란-4-일)페닐]-4-아미노-p-터페닐(약칭: DBfBB1TP)을 사용하고, 제 1 전자 수송층에는 2-[3-(3'-다이벤조사이오펜-4-일)바이페닐]다이벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDq-II)을 사용하고, 제 2 전자 수송층에는 2,9-다이(2-나프틸)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBPhen)을 사용하고, 제 2 전극에는 Ag 및 Mg을 사용하고, 캡층에는 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조사이오펜)(약칭: DBT3P-II)을 사용하는 것으로 하였다.

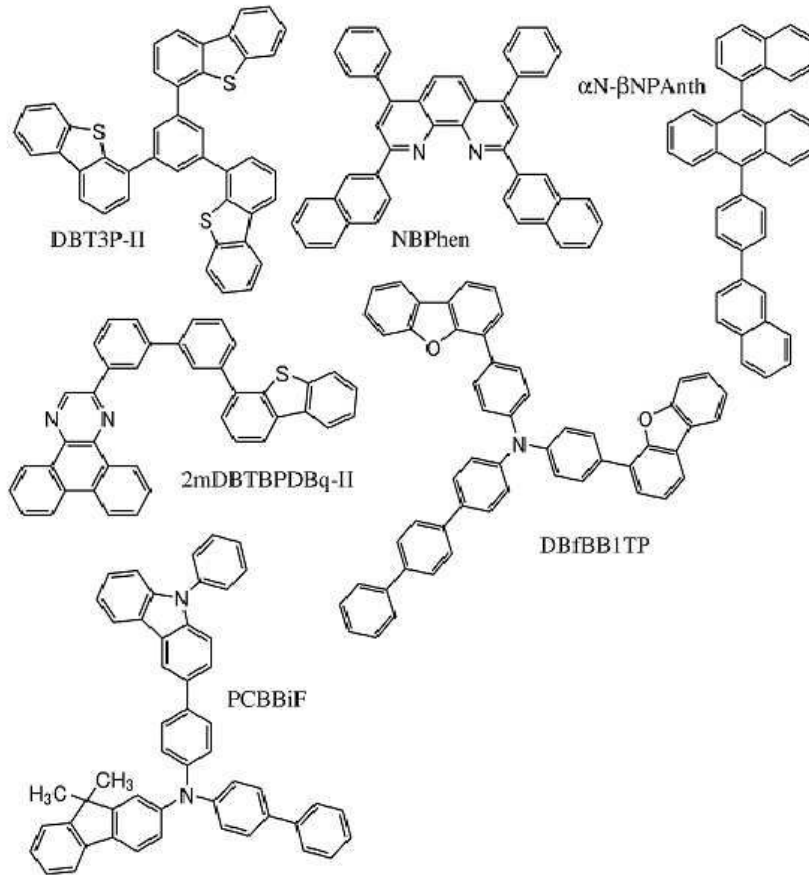
[0328]

또한 발광층은 일반적으로 도펀트와 호스트의 혼합층이기 때문에 본 실시예에서는 다량 성분인 호스트 재료의 광학 특성을 사용하여 계산을 수행하였다. 호스트 재료로서는 9-(1-나프틸)-10-[4-(2-나프틸)페닐]안트라센(약칭: αN-βNPAnth)을 사용하는 것을 상정하여 이 값을 사용하여 계산을 수행하였다. 또한 발광층으로부터 방출되는 광은 도 14에서 (B)로 나타낸 스펙트럼을 가지는 광인 것으로 하였다.

[0329]

본 계산을 수행하는 데 있어, 발광 디바이스의 재료로서 가정된 유기 화합물의 분자 구조를 이하에 나타낸다. 또한 PCBBiF 외의 유기 화합물의 가시광 영역에서의 굴절률을 도 15에 나타내었다. 측정은 분광 엘립소미터(J.A. Woollam Japan Corp. 제조, M-2000U)를 사용하여 수행하였다. 측정용 시료로서는, 석영 기판 위에 각 층의 재료를 진공 증착법으로 약 50nm 성막한 막을 사용하였다.

[0330] [화학식 11]



[0331]

[0332] 이와 같은 구성을 가지는 발광 디바이스 B에 대하여, 블루 인덱스(BI)가 최대가 되도록 제 1 층(121) 및 제 2 전자 수송층의 막 두께(표 1에서 별표(\*)로 나타낸 부분)를 계산하였다.

[0333] 제 1 층(121) 및 제 2 전자 수송층은 발광색이 다른 발광 디바이스들 사이(본 실시예에서는 발광 디바이스 B 및 발광 디바이스 G)에서 공통적으로 제공되는 것을 상정한 층이다. 제 2 전자 수송층에 관해서는 공통이어도 좋고 공통이 아니어도 좋지만, 공통이면 제조 공정이 단축되기 때문에 바람직하다. 또한 이 외의 층을 공통층으로서 설정하여도 좋다.

[0334] 또한 블루 인덱스(BI)(cd/A/y)란 전류 효율(cd/A)을 그 광의 CIE 색도 좌표에서의 xy 색도도의 y의 값으로 더 나눈 값이고, 청색 발광의 발광 특성을 나타내는 지표의 하나이다. 청색 발광은 y의 값이 작을수록 색 순도가 높은 발광이 되는 경향이 있다. 색 순도가 높은 청색 발광은 휘도 성분이 작아도 넓은 범위의 청색을 표현할 수 있기 때문에, 색 순도가 높은 청색 발광을 사용함으로써, 청색을 표현하기 위하여 필요한 휘도가 저하되므로 소비 전력의 저감 효과가 얻어진다. 그러므로 청색 순도의 지표의 하나인 y의 값을 고려한 BI가, 청색 발광의 효율을 나타내는 수단으로서 적합하게 사용되고, 발광 디바이스의 BI가 높을수록 디스플레이에 사용되는 청색 발광 디바이스로서의 효율이 높다고 할 수 있다.

[0335] 본 실시예에서는 화소 내에서의 가장 단파장의 발광색을 청색으로 하였고 때문에 지표를 BI로 하였지만, 청색이 아닌 경우에는 전류 효율 등, 요구되는 특성에 따라 임의의 지표가 최대화되는 계산을 수행하면 좋다.

[0336] 계산은 유기 디바이스 시뮬레이터(semiconducting emissive thin film optics simulator: setfos; CYBERNET SYSTEMS CO., LTD.)를 사용하여 수행하였다. 발광 영역은 발광층의 중앙에 고정되고, 도펀트는 배향되지 않은 것으로 하고, 들뜬자 생성 확률, 내부 양자 효율은 각각 100%로 가정하였다. 또한 퍼셀 효과에 의한 켄치를 고려하여 계산을 수행하였다.

[0337] 계산에 따르면, 위의 표 1에 나타낸 구조를 가지는 발광 디바이스 B에서, 최대의 BI가 얻어지는 막 두께는 아래의 표와 같다.

[0338] [표 2]

층		막 두께 (nm)
전자 수송층	2	24.9
제 1 층		111.3

[0339]

[0340]

다음으로 상기 발광 디바이스 B와 다른 발광색을 나타내는 발광 디바이스(본 실시예에서는 녹색 발광 디바이스, 발광 디바이스 G)에 대하여 계산을 수행하였다. 발광 디바이스 G는 아래의 표와 같은 디바이스 구조를 가지는 것으로 하고, 제 1 층(121)과 제 2 전자 수송층을 가진다. 제 1 층(121)은 발광 디바이스 B와 같은 구성이다. 또한 발광 디바이스 G가 발광층으로부터 방출하는 광은 도 14에서 (G)로 나타낸 스펙트럼을 가지는 광인 것으로 하였다. 또한 발광 디바이스 G1은 제 2 층(122a)을 가지는 발광 디바이스 L(도 1의 (A))에 대응하고, 발광 디바이스 G2가 제 2 층(122b)을 가지는 발광 디바이스 L(도 1의 (B))에 대응한다.

[0341]

[표 3]

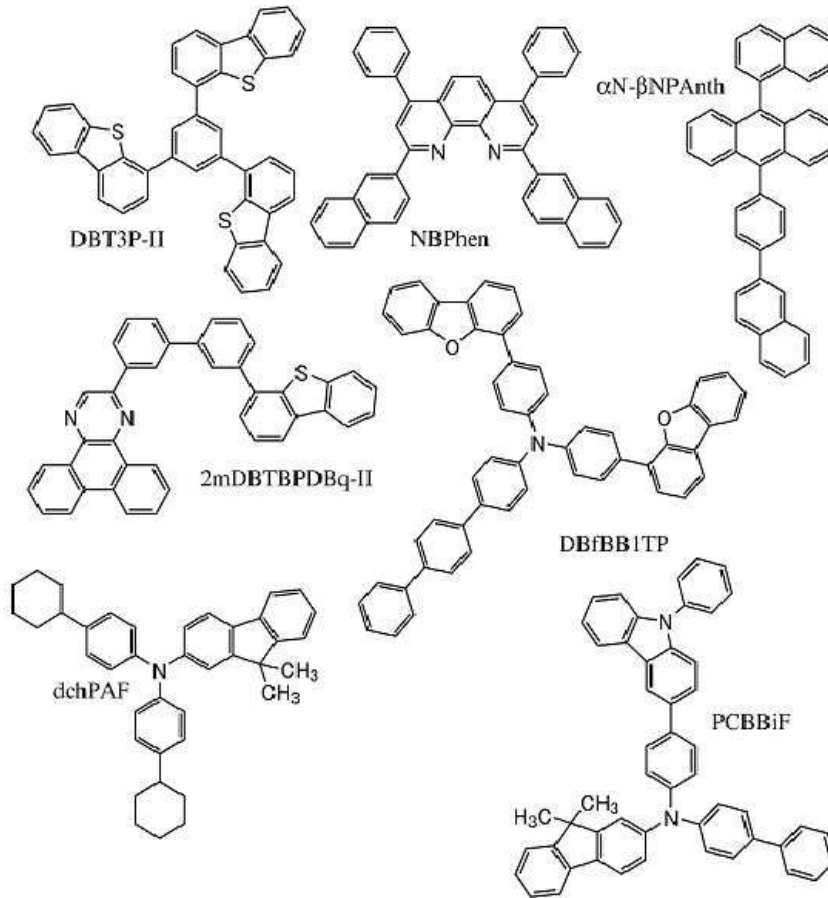
		막 두께 (nm)	발광 디바이스 G1	발광 디바이스 G2
캡층		70.0	DBT3P-II	
제 2 전극	음극	15.0	Ag:Mg	
전자 수송층	2	24.9	NBPhen	
	1	10.0	2mDBTBPDBq-II	
발광층		25.0	aN-βNPAnth:도펀트	
전자 차단층		10.0	DBfBB1TP	
제 1 층 및 제 2 층		-	PCBBiF (제 1 층(121)) (111.3 nm)	dchPAF (제 2 층(122b))
			dchPAF (제 2 층(122a))	PCBBiF (제 1 층(121)) (111.3 nm)
제 1 전극	투명 전극 (양극)	10	ITSO	
	반사 전극	100	APC	

[0342]

[0343]

제 2 층(122)에는 저굴절률 재료인 N,N-비스(4-사이클로헥실페닐)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: dchPAF)을 사용한 것으로 하고, 그 구성에서 전류 효율이 가장 크게 되는 제 2 층(122)의 막 두께를 계산으로 구하였다. 또한 dchPAF의 가시광 영역에서의 굴절률은 도 16에 나타내었다. 또한 본 계산을 수행하는 데 있어, 발광 디바이스 G의 재료로서 가정된 유기 화합물의 분자 구조를 이하에 나타낸다.

[0344] [화학식 12]



[0345]  
 [0346] 제 2 층(122)의 막 두께를 산출한 결과를 아래의 표에 나타낸다.

[0347] [표 4]

	제 1 층	제 2 층
발광 디바이스 G1	111.3 nm	63.34 nm
발광 디바이스 G2		57.81 nm

[0348]  
 [0349] 이 후, 위의 표에 나타낸 막 두께를 적용한 각 발광 디바이스 G의 전류 효율에 관한 계산 결과와 비교 발광 디바이스 G1의 전류 효율에 관한 계산 결과를 비교하였다.

[0350] 비교 발광 디바이스 G1은 제 2 층(122)의 재료 및 막 두께, 그리고 제 2 전자 수송층의 막 두께 외는 발광 디바이스 G와 같은 구성을 가지는 발광 디바이스로 하였다. 비교 발광 디바이스 G1의 제 2 층(122)은 PCBBiF로 하고, 굴절률 단차가 없는 구성으로 하였다. 또한 제 1 층(121)의 막 두께와 제 2 전자 수송층의 막 두께로서는, 상기 발광 디바이스 B의 BI가 최대가 되도록 산출한 막 두께를 적용하였다.

[0351] 즉 하나의 발광 장치에 포함되는 것으로 상정되는 발광 디바이스 B와 발광 디바이스 G와 같이, 발광 디바이스 B와 비교 발광 디바이스 G1도 하나의 발광 장치에 포함되는 것으로 상정하였다. 또한 발광 디바이스 B와 비교 발광 디바이스 G1에는 저굴절률층이 제공되지 않기 때문에, 종래의 구성을 가지는 발광 디바이스라고도 할 수 있다.

[0352] 비교 발광 디바이스 G1의 소자 구조를 아래의 표에 나타낸다.

[0353] [표 5]

		막 두께 (nm)	비교 발광 디바이스 G1
캡층		70.0	DBT3P-II
제 2 전극	음극	15.0	Ag:Mg
전자 수송층	2	-	NBPhen (24.0 nm)
	1	10.0	2mDBTBPDq-II
발광층		25.0	aN-βNPAnth:도펀트
전자 차단층		10.0	DBfBB1TP
제 1 층 및 제 2 층	High	164.8	PCBBiF
제 1 전극	투명 전극 (양극)	10	ITSO
	반사 전극	100	APC

[0354]

[0355] 또한 전류 효율을 비교한 결과를 아래의 표에 나타낸다. 또한 아래의 표에서 발광 디바이스 G의 전류 효율은 비교 발광 디바이스 G1의 전류 효율에 대한 발광 디바이스 G의 전류 효율의 비율에 의하여 나타내어진다.

[0356] [표 6]

	전류 효율의 비율
발광 디바이스 G1	102.9%
발광 디바이스 G2	109.7%

[0357]

[0358] 위의 표로부터 발광 디바이스 G1 및 발광 디바이스 G2는 비교 발광 디바이스 G1보다 전류 효율이 상승되는 것을 알 수 있었다. 이 결과로부터, 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는 제 1 층(121)을 청색과 녹색의 발광색의 발광 디바이스로 공유하면서, 녹색의 발광색의 발광 디바이스에서 전류 효율이 동등하거나 향상되는 것을 알 수 있었다. 이는 굴절률이 낮은 제 2 층(122)과 굴절률이 높은 제 1 층(121)의 계면의 반사에서 반사된 광, 발광층으로부터 방출된 광, 및 전극에서 반사된 광이 간섭에 의하여 증폭된 것에서 유래한다.

[0359] 또한 발광 디바이스 G2가 발광 디바이스 G1보다 효율이 더 높다는 결과가 나왔다. 이는 굴절률이 낮은 제 2 층(122)이 발광층에 가까워짐으로써, 발광층으로부터의 광 추출 효율이 더 개선된 것에서 유래한다.

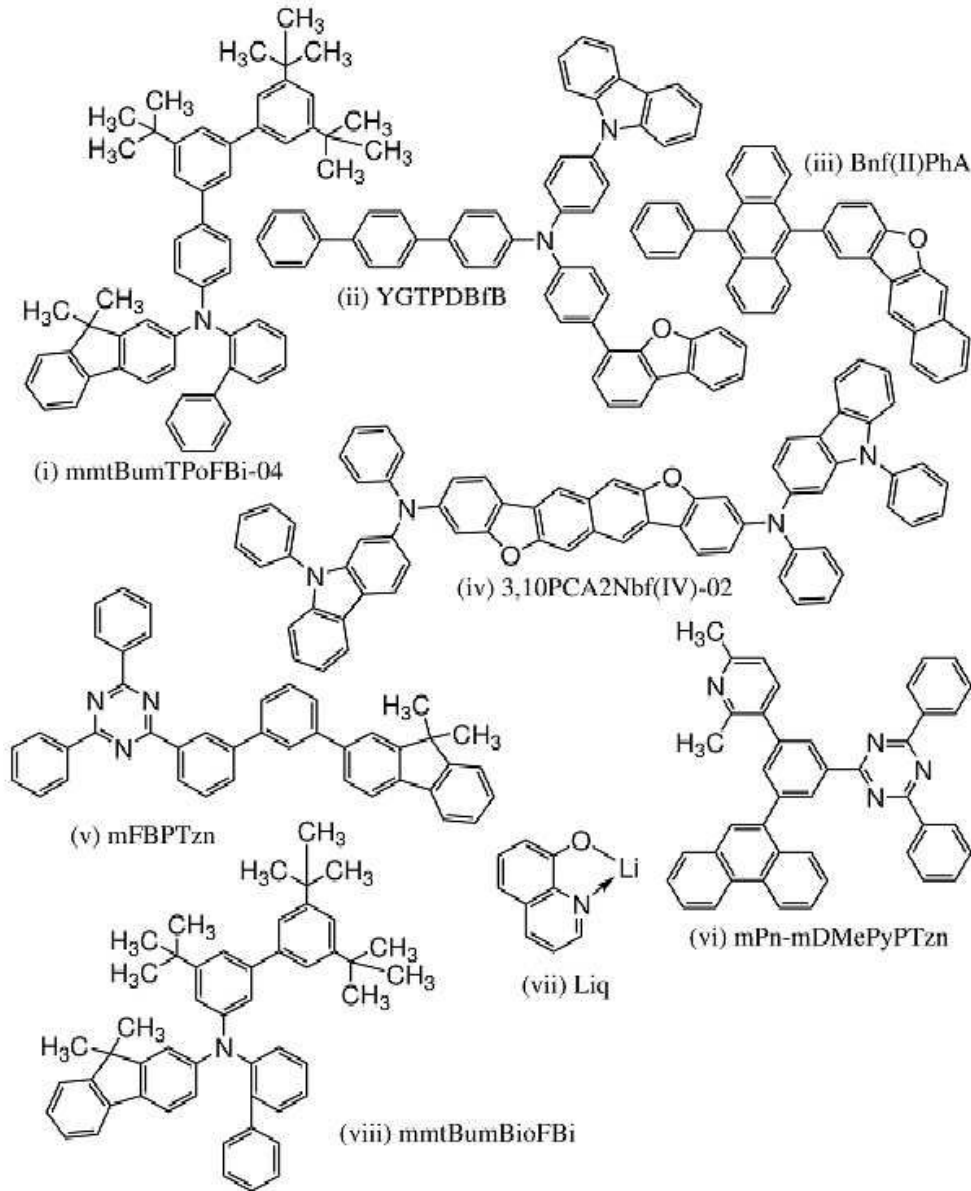
[0360] 또한 상기 적층 구조를 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유함으로써, 복수의 발광색의 발광 디바이스에서 추출 효율이 향상되고, 발광 효율이 양호한 발광 장치를 간편하고, 신속하고, 저렴하게 제작할 수 있게 되었다.

[0361] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 발광 장치에서는, 하나의 발광색의 추출 효율이 향상되도록 조정된 양극과 발광층 사이의 층을 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유하면서, 다른 발광색의 발광 디바이스에서의 발광 효율 저하를 억제하고, 발광 효율을 향상시킬 수 있게 되었다. 또한 양극과 발광층 사이의 층을 복수의 발광색의 발광 디바이스로 공유함으로써, 발광색마다 모든 적층 구조를 구분 형성할 필요는 없기 때문에, 복수의 발광색의 발광 디바이스에서 추출 효율이 향상되고, 발광 효율이 양호한 발광 장치를 간편하고, 신속하고, 저렴하게 제공할 수 있게 되었다.

[0362] (참고예 1)

[0363] 본 참고예에서는 GSP의 기울기를 고려한 발광 디바이스에 대하여 자세히 설명한다. 본 참고예에서 사용한 대표적인 유기 화합물의 구조식을 이하에 나타낸다.

[0364] [화학식 13]



[0365]

[0366] (발광 디바이스 1의 제작 방법)

[0367] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하고, 양극으로서 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한 그 막 두께는 55nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다.

[0368] 이어서 기판 위에 발광 디바이스를 형성하기 위한 전처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0369] 그 후, 내부가 약  $10^{-4}$  Pa까지 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0370] 이어서 제 1 전극이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록 제 1 전극이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 제 1 전극 위에 저항 가열을 사용한 증착법으로 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 N-(3'',5'',5''-트라이-t-부틸-1,1':3',1''-터페닐-4-일)-N-(1,1'-바이페닐-2-일)-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumTPoFBI-04)과, 분자량이 672이고 플루오린을 포함하는 전자 억셉터 재료(OCHD-003)를 중량비가 1:0.1(mmtBumTPoFBI-04:OCHD-003)이 되도록 10nm 공증착하여 정공 주입층을 형성하였다.

[0371] 다음으로, 정공 주입층 위에, mmtBumTPoFBI-04를 막 두께가 100nm가 되도록 증착하여 제 1 정공 수송층을 성막한 후, 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 N-[4-(9H카바졸-9-일)페닐]-N-[4-(4-다이벤조퓨란일)페닐]-

[1,1':4',1''-터페닐]-4-아민(약칭: YGTPDBfB)을 막 두께가 10nm가 되도록 성막하여 정공 수송층을 형성하였다.

[0372] 또한 정공 수송층 위에, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 2-(10-페닐-9-안트라센일)-벤조[b]나프토[2,3-d]퓨란(약칭: Bnf(II)PhA)과, 상기 구조식(iv)으로 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 중량비 1:0.015(=Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02)로 막 두께가 25nm가 되도록 공중착하여 발광층을 형성하였다.

[0373] 이어서 발광층 위에, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 2-[3'-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)-1,1'-바이페닐-3-일]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: mFBPTzn)을 막 두께가 10nm가 되도록 성막하여 정공 차단층을 형성하였다.

[0374] 그 후, 상기 구조식(vi)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(vii)으로 나타내어지는 8-퀴놀리놀레이트-리튬(약칭: Liq)을 중량비 1:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)로 막 두께가 15nm가 되도록 공중착하여 전자 수송층을 형성하였다.

[0375] 전자 수송층을 형성한 후, Liq를 막 두께가 1nm가 되도록 증착하여 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 막 두께가 200nm가 되도록 증착하여 제 2 전극을 형성함으로써 발광 디바이스 1을 제작하였다.

[0376] (비교 발광 디바이스 1의 제작 방법)

[0377] 비교 발광 디바이스 1은 발광 디바이스 1에서의 mmtBumTPoFBi-04를, 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 N-(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[(3,3',5'-트라이-t-뷰틸)-1,1'-바이페닐-5-일]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: mmtBumBioFBi)으로 바꾼 것 외는 발광 디바이스 1과 마찬가지로 제작하였다.

[0378] 상기 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 소자 구조를 아래의 표에 정리하였다.

[0379] [표 7]

		막 두께	발광 디바이스 1	비교 발광 디바이스 1
전자 주입층		1nm	Liq	
전자 수송층		15nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)	
정공 차단층		10nm	mFBPTzn	
발광층		25nm	Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0.015)	
정공 수송층	2	10nm	YGTPDBfB	
	1	100nm	mmtBumTPoFBi-04	mmtBumBioFBi
정공 주입층		10nm	mmtBumTPoFBi-04: OCHD-003 (1:0.1)	mmtBumBioFBi: OCHD-003 (1:0.1)

[0380]

[0381] 상기 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1을, 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 유리 기판으로 밀봉하는 작업(실재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서 1시간의 열처리를 실시하였음)을 수행한 후, 이들 발광 디바이스의 초기 특성을 측정하였다. 또한 발광 디바이스를 제작한 유리 기판에 광 추출 효율 향상을 위한 특별한 조치는 수행하지 않았다.

[0382] 발광 디바이스 1 및 비교 발광 디바이스 1의 휘도-전류 밀도 특성을 도 17에 나타내고, 휘도-전압 특성을 도 18에 나타내고, 전류 효율-휘도 특성을 도 19에 나타내고, 전류 밀도-전압 특성을 도 20에 나타내고, 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 21에 나타내고, 발광 스펙트럼을 도 22에 나타내었다. 또한 각 발광 디바이스의 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 주요 특성을 아래의 표에 나타낸다. 또한 휘도, CIE 색도, 및 발광 스펙트럼의 측정에는

분광 방사 휘도계(Topcon Technohouse Corporation 제조, SR-UL1R)를 사용하고, 상온에서 측정하였다. 또한 외부 양자 효율은 측정된 휘도와 발광 스펙트럼을 사용하고, 배광 특성이 램버시안형인 것으로 가정하여 산출하였다.

[0383] [표 8]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 디바이스 1	4.0	0.70	17.6	0.14	0.10	6.2	7
비교 발광 디바이스 1	4.8	0.81	20.2	0.14	0.12	5.0	5

[0384]

도 17 내지 도 22 및 위의 표로부터, 발광 디바이스 1은 비교 발광 디바이스 1에 비하여 구동 전압 및 발광 효율이 좋은, 양호한 특성을 가진 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

[0385]

[0386]

여기서 각 발광 디바이스의 정공 수송층에 사용한 정공 수송성을 가지는 유기 화합물의 증착막의 GSP(mV/nm)에 대하여 정리한 결과를 아래의 표에 나타낸다. 또한 먼저 형성된 정공 수송층(제 1 정공 수송층)에 사용된 정공 수송성을 가지는 유기 화합물(HTM1)의 GSP(GSP1)에서, 나중에 형성된 정공 수송층(제 2 정공 수송층)에 사용된 정공 수송성을 가지는 유기 화합물(HTM2)의 GSP(GSP2)를 뺀 값( $\Delta$ GSP)도 아래의 표에 함께 나타낸다.

[0387] [표 9]

	발광 디바이스 1	비교 발광 디바이스 1
HTM2	YGTPDBfB	
GSP2 (mV/nm)	8.7	
HTM1	mmtBumTPoFBi-04	mmtBumBioFBi
GSP1 (mV/nm)	16.7	40.6
DGPS (mV/nm)	8	31.9

[0388]

[0389]

이와 같이 비교 발광 디바이스 1은  $\Delta$ GSP가 크기 때문에 제 1 정공 수송층으로부터 제 2 정공 수송층으로의 정공의 주입성이 낮고, 이로 인하여 구동 전압의 상승이 초래되는 것으로 생각된다. 한편,  $\Delta$ GSP가 작은 발광 디바이스 1은 구동 전압이 낮은, 양호한 특성을 가진 발광 디바이스인 것을 알 수 있었다.

**부호의 설명**

[0390]

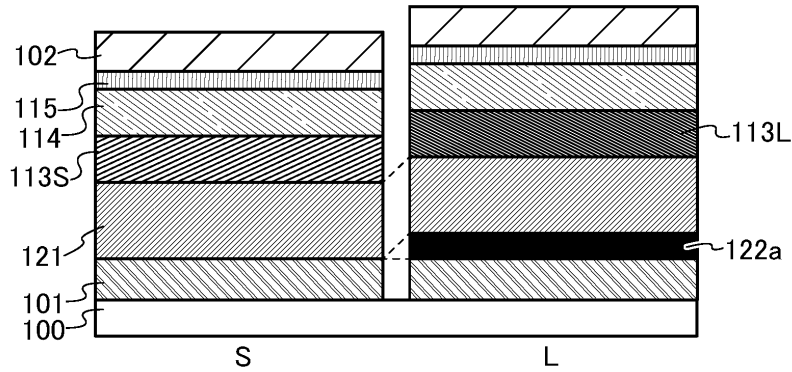
100: 절연층, 101: 제 1 전극, 101-1: 반사 전극, 101-2: 투광성을 가지는 전극(양극), 102: 제 2 전극, 103: EL층, 103\_1: 제 1 발광 유닛, 103\_2: 제 2 발광 유닛, 111: 정공 주입층, 112L\_2: 정공 수송층, 112S\_2: 정공 수송층, 113: 발광층, 113L: 발광층, 113S: 발광층, 113S\_1: 발광층, 113S\_2: 발광층, 113L\_1: 발광층, 113L\_2: 발광층, 113R: 발광층, 113G: 발광층, 113B: 발광층, 114: 전자 수송층, 114R: 전자 수송층, 114G: 전자 수송층, 114B: 전자 수송층, 114L\_2: 전자 수송층, 114\_1: 전자 수송층, 114S\_2: 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 115\_2: 전자 주입층, 121: 제 1 층, 122: 제 2 층, 122a: 제 2 층, 122b: 제 2 층, 122Ga: 제 2 층, 122Gb: 제 2 층, 122Ra: 제 2 층, 122Rb: 제 2 층, 123: 절연층, 130 전자 차단층, 601: 소스선 구동 회로, 602: 화소부, 603: 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: 제 1 전극, 614: 절연물, 616: EL층, 617: 제 2 전극, 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, 1024R 제 1 전극, 1024G 제 1 전극, 1024B 제 1 전극, 1025 격벽, 1028 EL층, 1029 제 2 전극, 1031 밀봉 기관, 1032 실재, 1034R 적색 착색층, 1034G 녹색 착색층, 1034B 청색 착색층, 1035 블랙 매트릭스, 1037 제 3 층간 절연막, 1040 화소부, 1041 구동 회로부, 1042 주변부, 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, 5000: 하우징, 5001: 표시부, 5002: 제 2 표시부, 5003: 스피커, 5004: LED 램프, 5006: 접속 단자, 5007: 센서, 5008: 마이크로폰, 5012: 지지부, 5013: 이어폰, 5100: 청소 로봇, 5101: 디스플레이, 5102: 카메라, 5103: 브러시, 5104: 조작 버튼, 5150: 휴대 정보 단말기, 5151: 하우징, 5152: 표시 영역,

5153: 굴곡부, 5120: 먼지, 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: 표시부, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 9310: 휴대 정보 단말기, 9311: 표시 패널, 9313: 힌지, 9315: 하우징

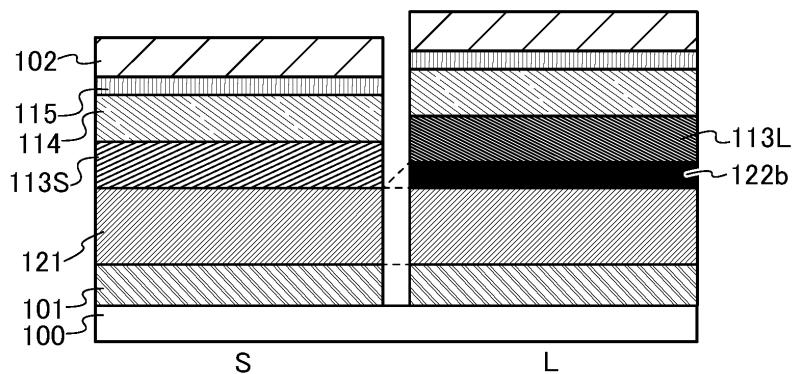
도면

도면1

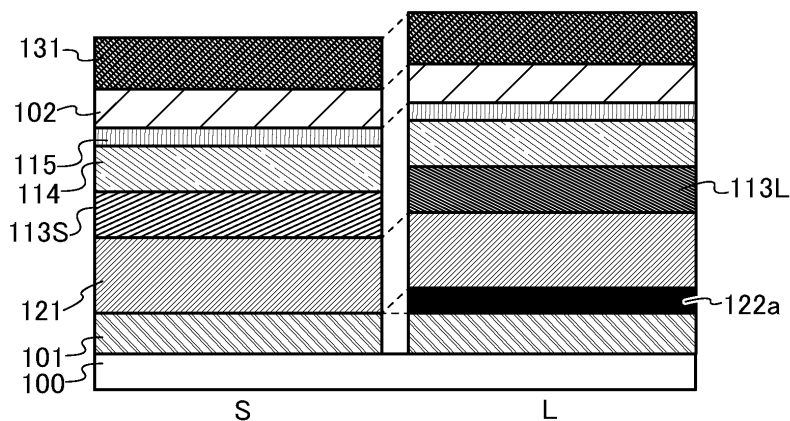
(A)



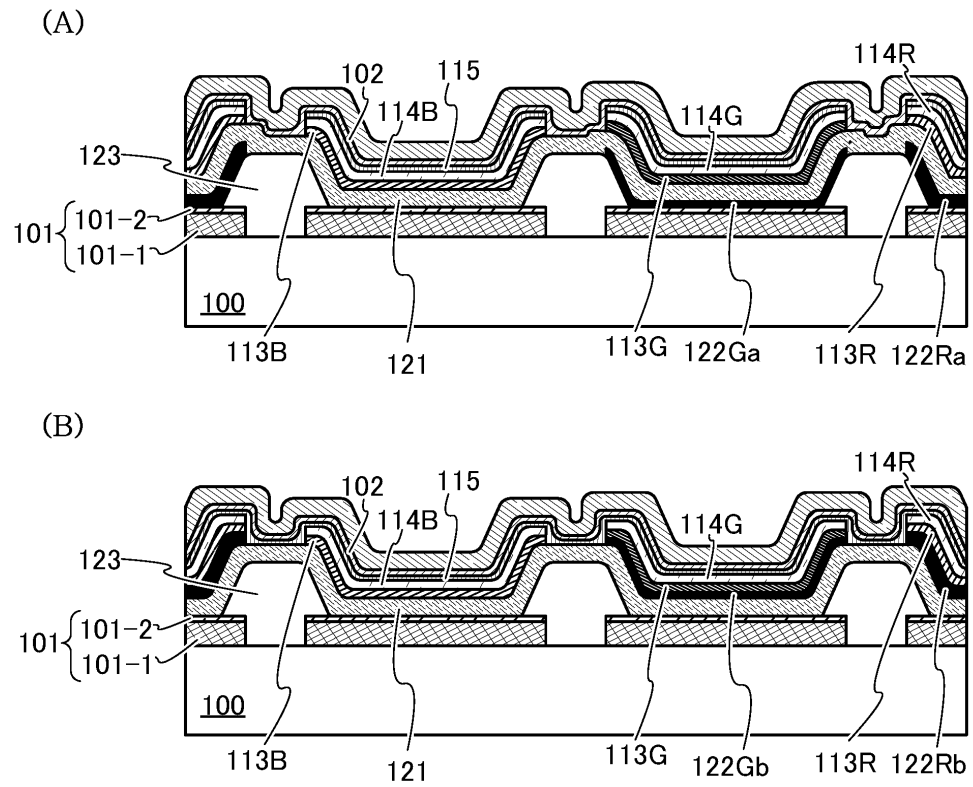
(B)



도면2

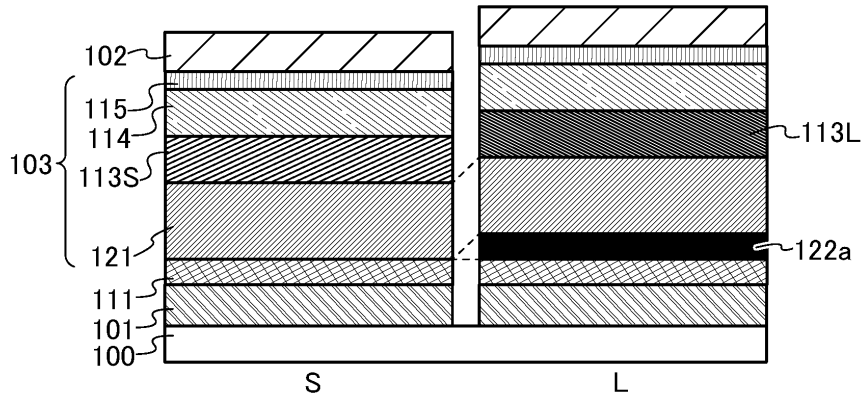


도면3

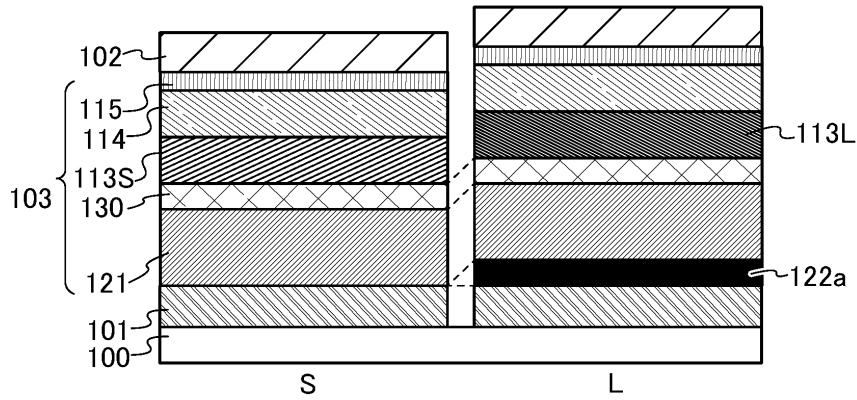


도면4

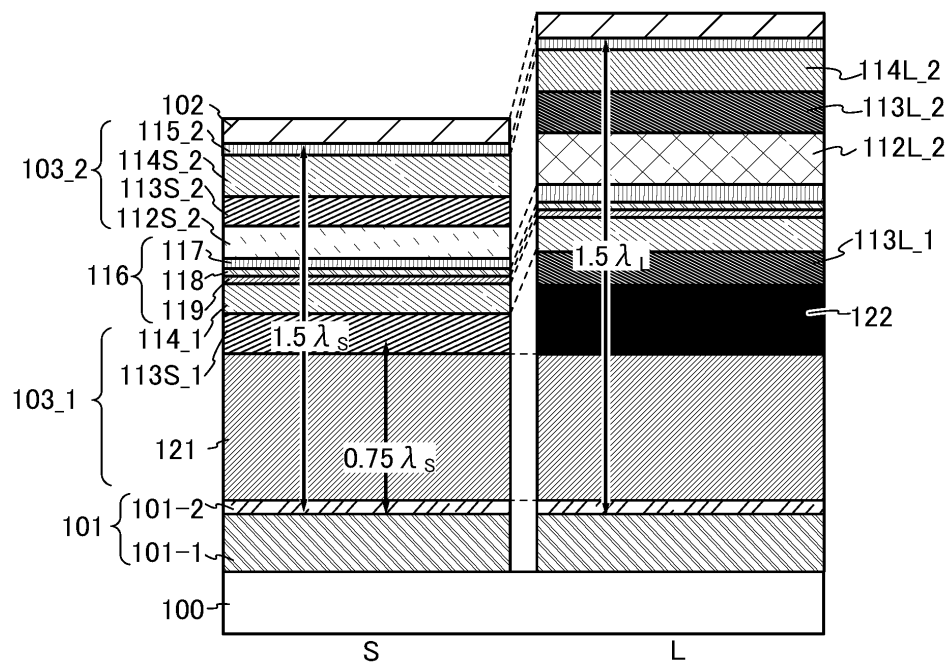
(A)



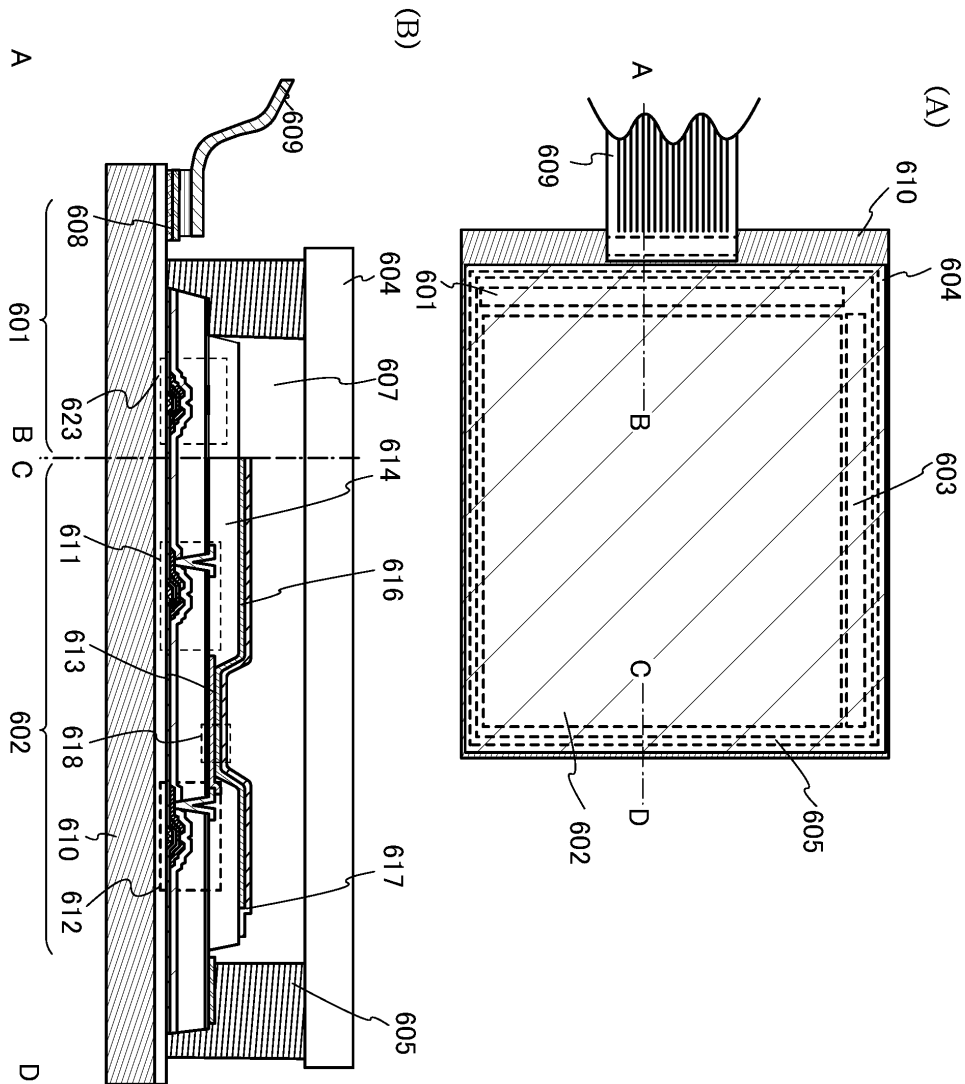
(B)



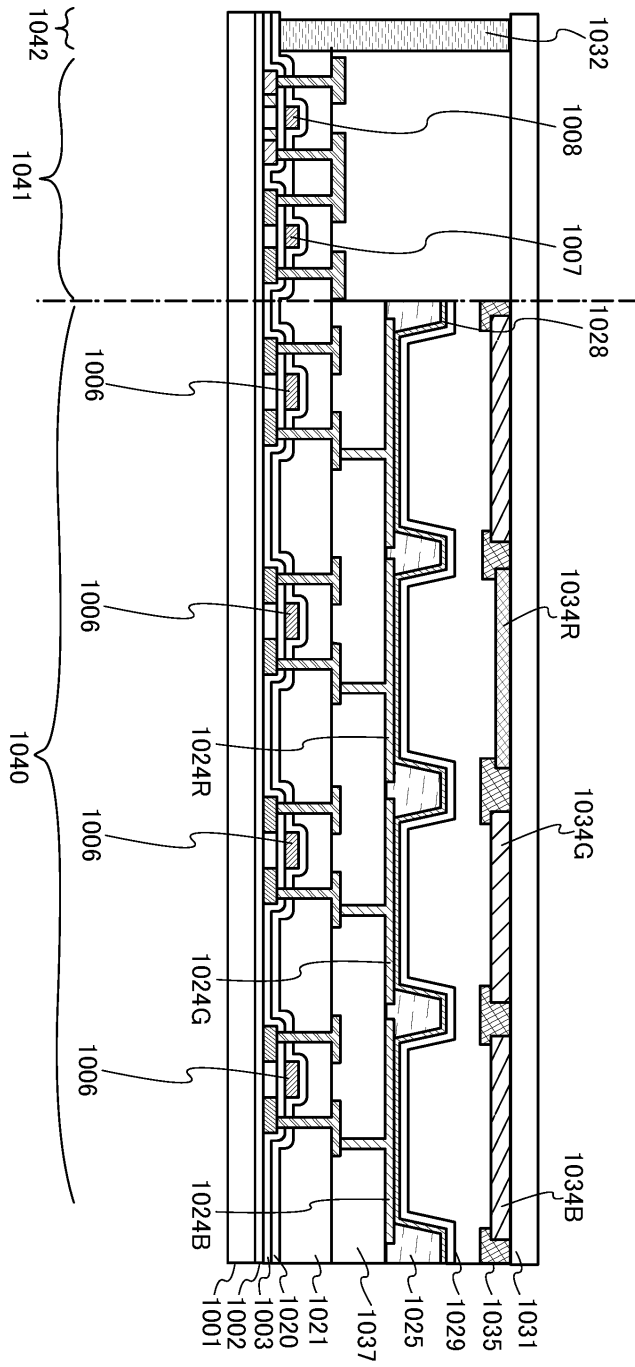
도면5



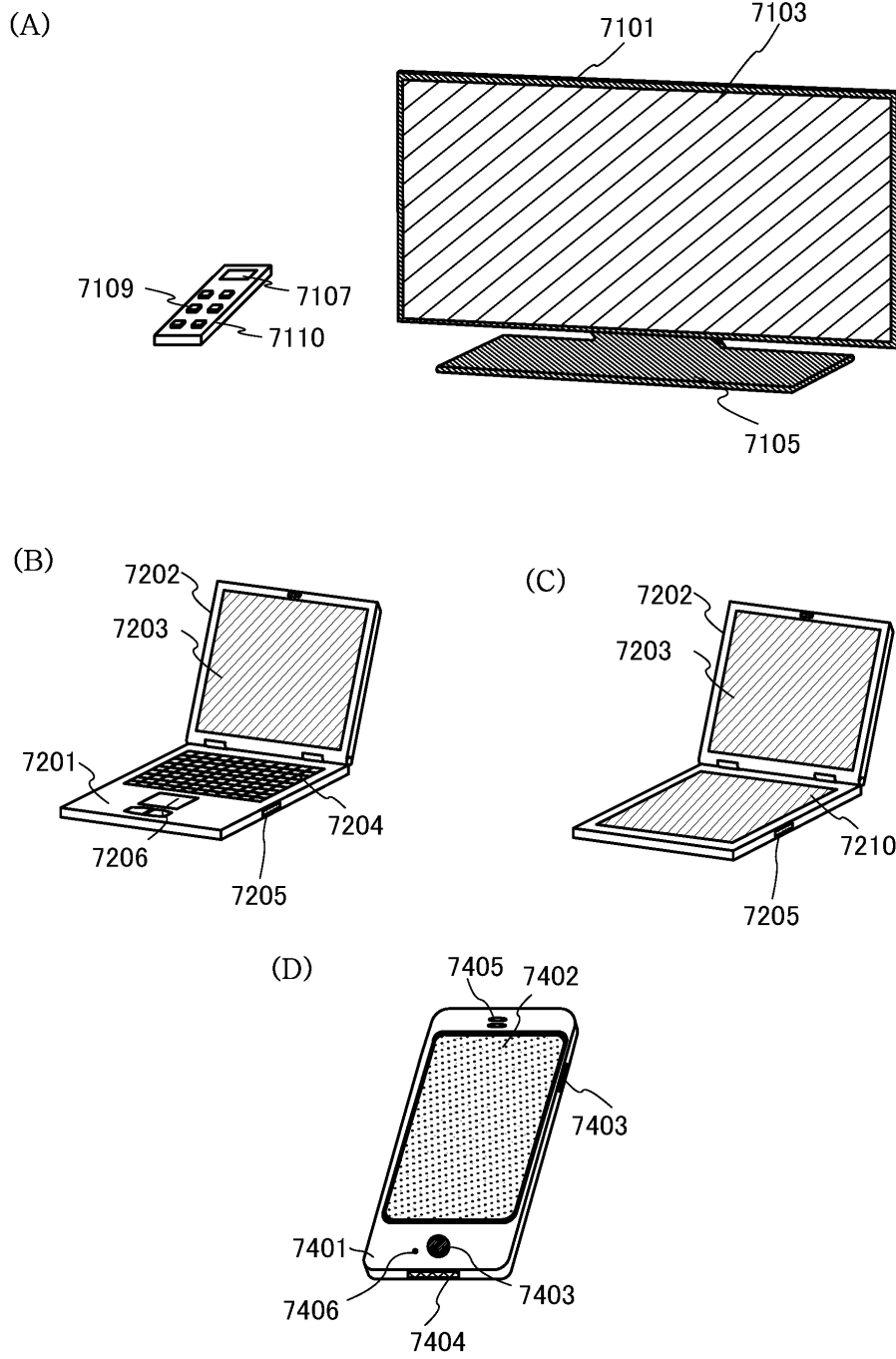
도면6



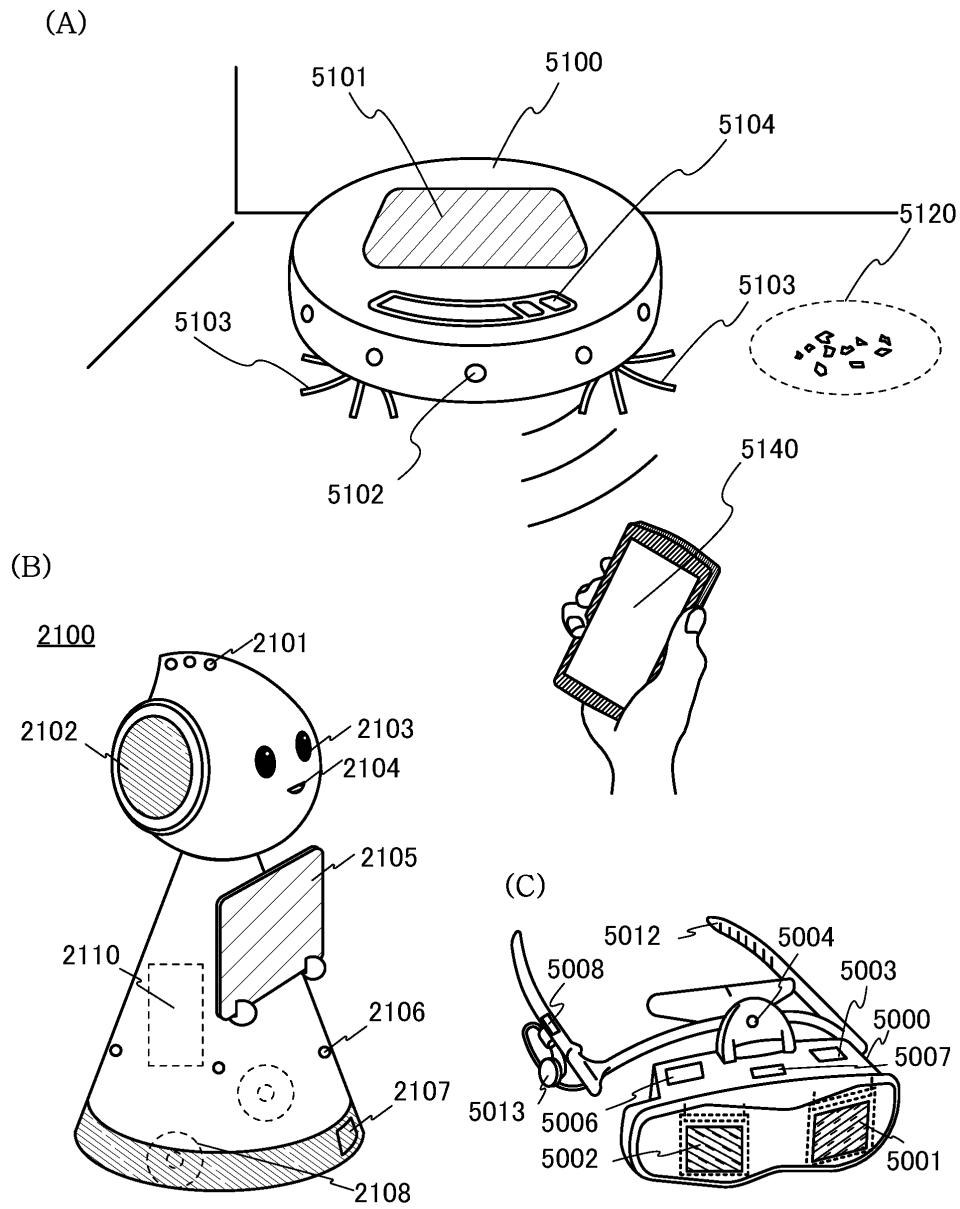
도면7



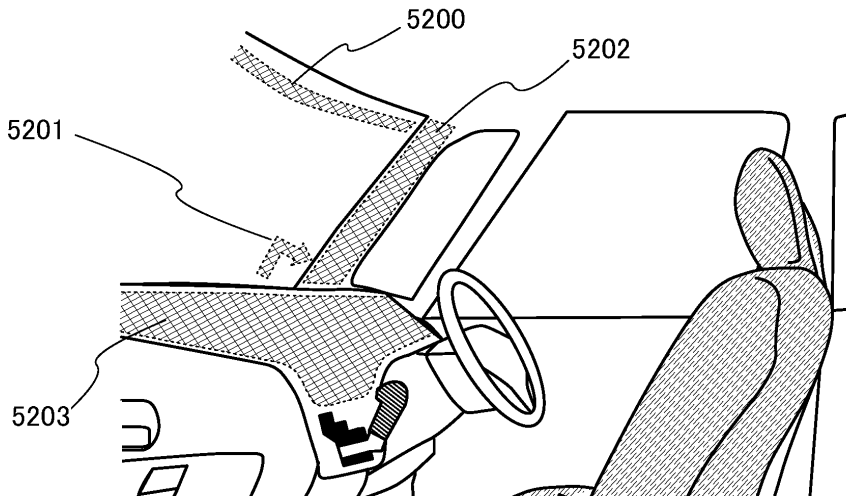
도면8



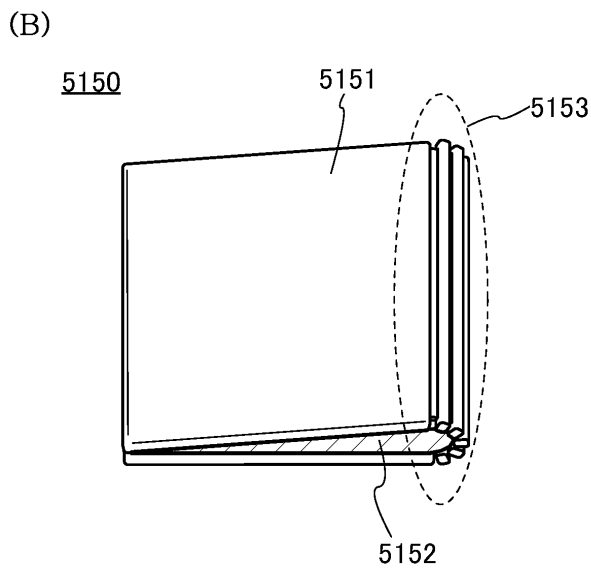
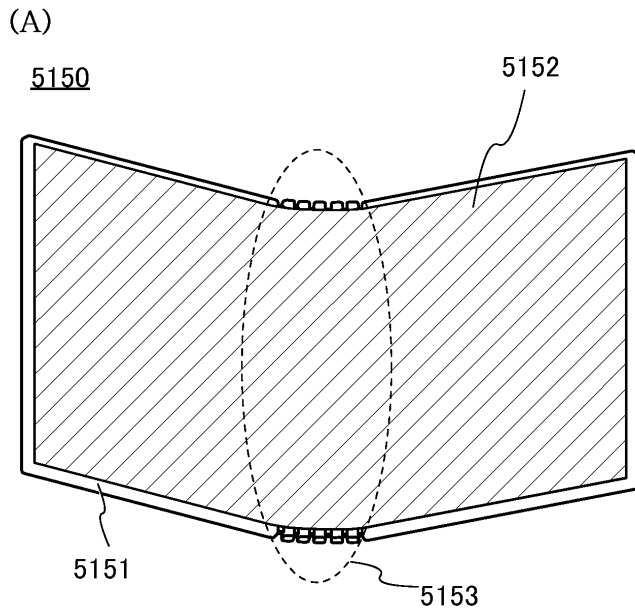
도면9



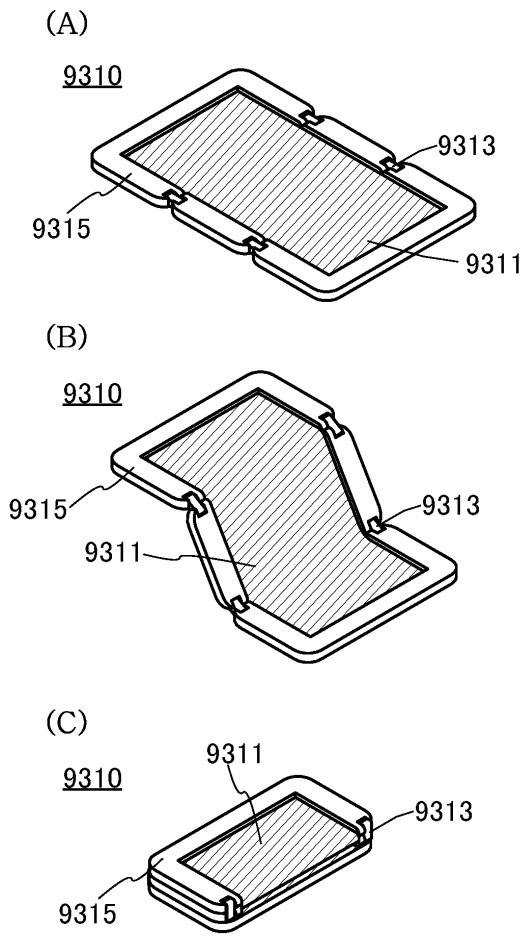
도면10



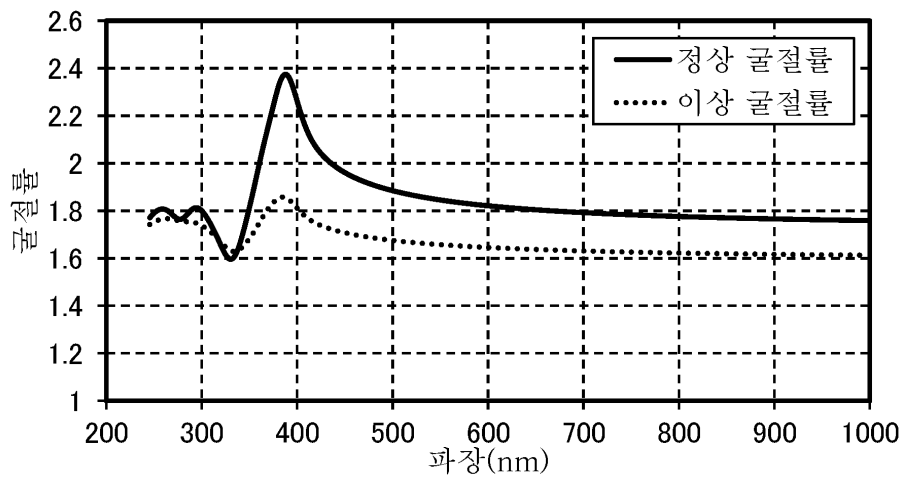
도면11



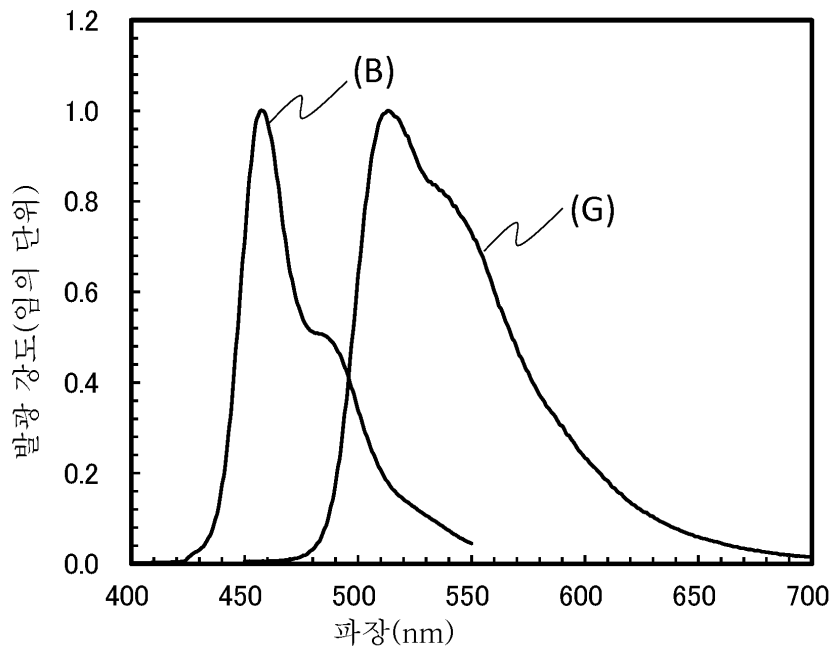
도면12



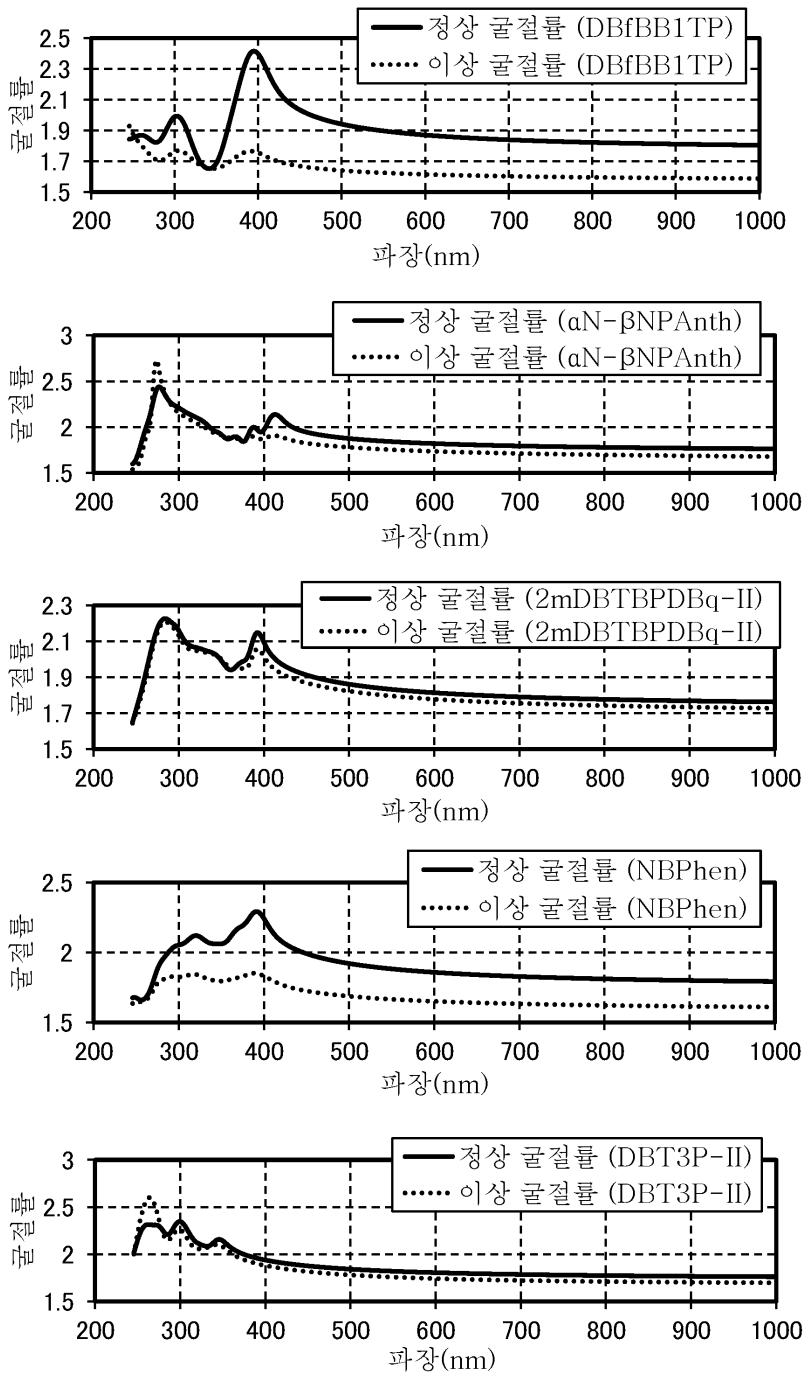
도면13



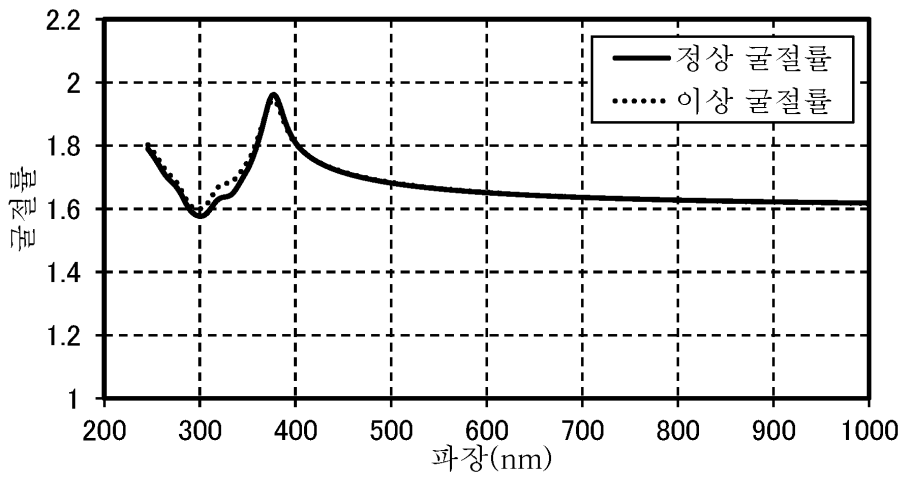
도면14



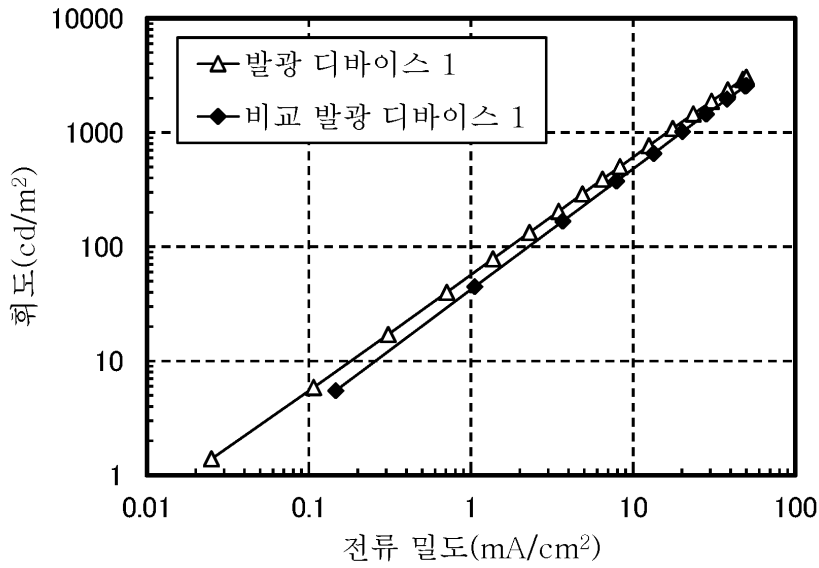
도면15



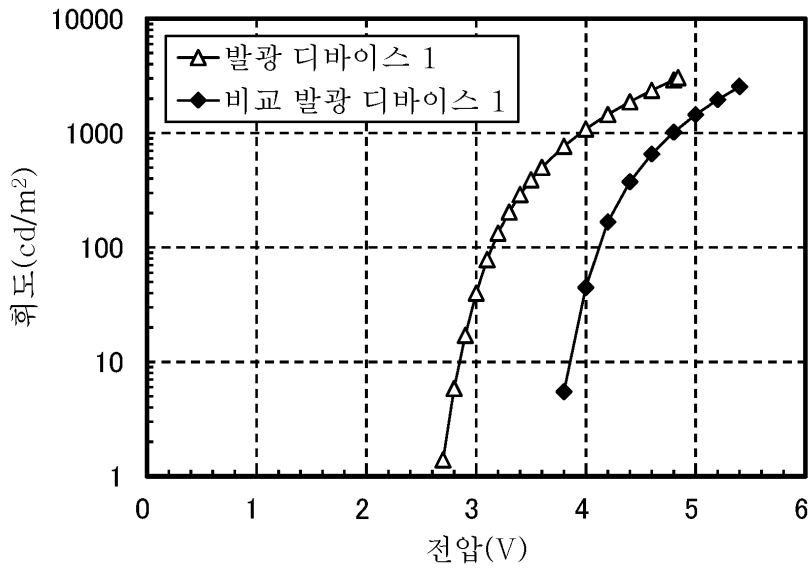
도면16



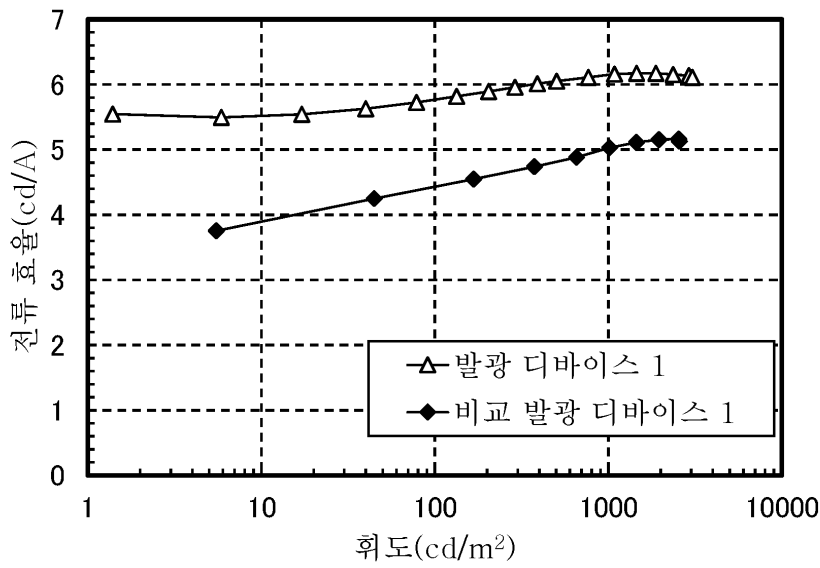
도면17



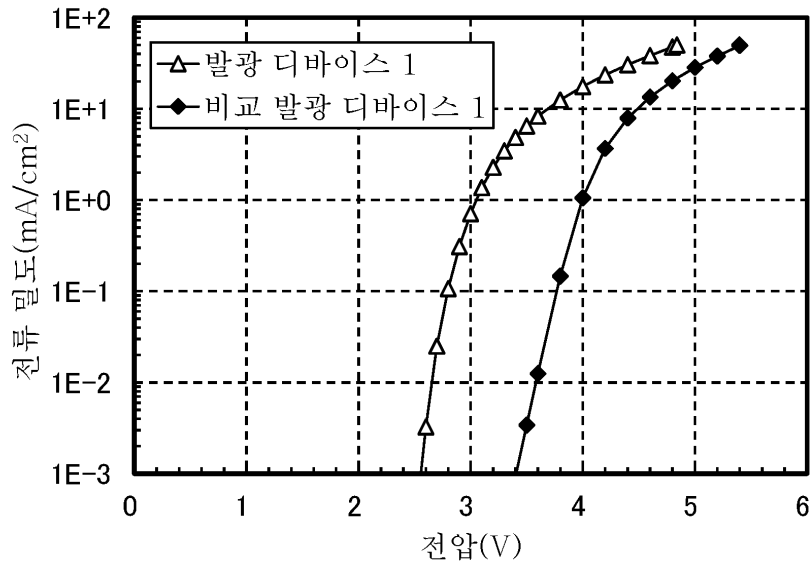
도면18



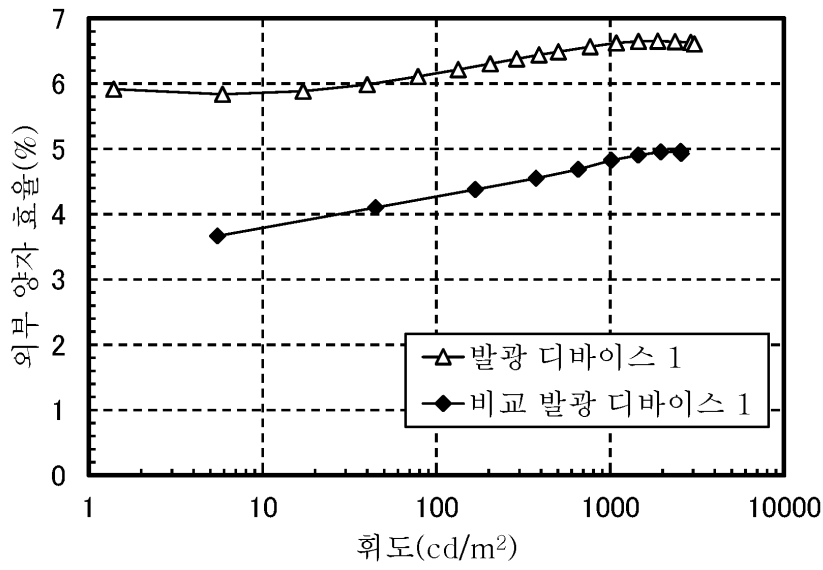
도면19



도면20



도면21



도면22

