



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0059952
(43) 공개일자 2017년05월31일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 $H01L\ 51/50$ (2006.01) $H01L\ 51/00$ (2006.01)
 $H01L\ 51/05$ (2006.01) $H01L\ 51/52$ (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 $H01L\ 51/5004$ (2013.01)
 $H01L\ 51/0054$ (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0063579(분할)
 (22) 출원일자 2017년05월23일
 심사청구일자 없음
 (62) 원출원 특허 10-2014-0165517
 원출원일자 2014년11월25일
 심사청구일자 2014년11월25일</p> <p>(30) 우선권주장
 JP-P-2008-306425 2008년12월01일 일본(JP)
 JP-P-2009-131518 2009년05월29일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
 가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398</p> <p>(72) 발명자
 노와타리 히로미
 일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
 가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
 세오 사토시
 일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
 가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 황의만</p> |
|---|---|

전체 청구항 수 : 총 9 항

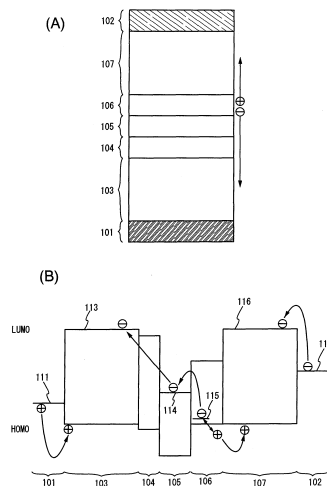
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 발광 장치, 조명 장치 및 전자 기기

(57) 요약

고휘도의 발광을 나타내고, 또 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자를 제공하는 것이 과제의 하나가 된다. 또 한, 소비 전력이 저감된 발광 장치 또는 전자 기기를 제공하는 것이 과제의 하나가 된다.

양극과 음극 사이에 n (n 는 2 이상의 자연수)층의 EL층을 갖고, 1번째의 EL층과 2번째의 EL층 사이에는, 양극 측 으로부터 순차로 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 또는 희토류 금속의 화합물의 어느 하나를 포함하는 제 1 층과, 제 1 층과 접하여 전자 수송성이 높은 재료를 포함하는 제 2 층과, 제 2 층과 접하여 정공 수송성이 높은 재료 및 억셉터성 재료를 포함하는 영역을 갖는 발광 소자를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/0067 (2013.01)
H01L 51/0072 (2013.01)
H01L 51/0081 (2013.01)
H01L 51/0085 (2013.01)
H01L 51/5012 (2013.01)
H01L 51/5016 (2013.01)
H01L 51/5036 (2013.01)
H01L 51/52 (2013.01)
H01L 51/5278 (2013.01)

(72) 발명자

오사와 노부하루

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

우시쿠보 타카히로

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

츠츠이 테츠오

일본국 816-0833 후쿠오카켄 카수가시 모미지가오
카히가시 8-66

명세서

청구범위

청구항 1

발광 소자로서,

양극(anode)과 음극(cathode) 사이의 n (n 은 2 이상의 자연수)개의 EL층;

제 1 층;

제 2 층; 및

제 1 영역을 포함하고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 1 영역은 상기 양극 측으로부터 순차로 제공되고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 1 영역은 m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째 EL층과 $(m+1)$ 번째 EL층 사이에 있고,

상기 제 2 층은 상기 제 1 층과 접촉하고,

상기 제 1 영역은 상기 제 2 층과 접촉하고,

상기 제 1 층은 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 및 희토류 금속 화합물 중 어느 하나를 포함하고,

상기 제 1 층은 페릴렌 유도체와 함질소 축합 방향족 화합물 중 하나를 포함하고,

상기 제 1 영역은 정공 수송성을 갖는 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는, 발광 소자.

청구항 2

발광 소자로서,

양극과 음극 사이의 n (n 은 2 이상의 자연수)개의 EL층;

제 1 층;

제 2 층; 및

제 1 영역을 포함하고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 1 영역은 상기 양극 측으로부터 순차로 제공되고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 1 영역은 m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째 EL층과 $(m+1)$ 번째 EL층 사이에 있고,

상기 제 2 층은 상기 제 1 층과 접촉하고,

상기 제 1 영역은 상기 제 2 층과 접촉하고,

상기 제 1 층은 전자 수송성을 갖는 재료와 도너성 재료를 포함하고,

상기 제 1 층은 페릴렌 유도체와 함질소 축합 방향족 화합물 중 하나를 포함하고,

상기 제 1 영역은 정공 수송성을 갖는 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는, 발광 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 도너성 재료는 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 및 희토류 금속 화합물 중 어느 하나인, 발광 소자.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 영역에서 상기 정공 수송성을 갖는 재료에 대한 상기 엑셉터성 재료의 질량 비율은 0.1:1 과 4.0:1 사이에 있는, 발광 소자.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 페틸렌 유도체 또는 상기 함질소 축합 방향족 화합물은 시아노기 또는 플루오로기를 포함하는, 발광 소자.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 페틸렌 유도체 또는 상기 함질소 축합 방향족 화합물의 LUMO 준위는 약 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하인, 발광 소자.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 엑셉터성 재료는 전이 금속 산화물 또는 원소 주기율표의 4족 내지 8족 중 어느 하나에 속하는 금속의 산화물인, 발광 소자.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자를 포함하는 전자 기기.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자를 포함하는 조명 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이하에 개시하는 한 쌍의 전극 간에 발광층을 갖는 발광 소자에 관한 것이다. 또한, 그 발광 소자를 사용한 발광 장치, 및 그 발광 장치를 사용한 조명 장치 및 전자 기기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 발광성의 유기 화합물이나 무기 화합물을 발광 재료로서 사용한 발광 소자의 개발이 활발하게 행해지고 있다. 특히, 일렉트로 루미네선스(이하, EL) 소자라고 불리는 발광 소자의 구성은, 전극 간에 발광 재료를 포함하는 발광층만을 형성한 단순한 구조이며, 박형 경량, 고속 응답성, 직류 저전압 구동 등의 특성 때문에 차세

대(次世代)의 플랫 패널 디스플레이 소자로서 주목을 받고 있다. 또한, 이러한 발광 소자를 사용한 디스플레이는, 콘트라스트나 화질이 뛰어나고, 시야각이 넓은 특징도 갖는다. 또한, 이들의 발광 소자는 면상 광원이기 때문에, 액정 디스플레이의 백 라이트나 조명 등의 광원으로서의 응용도 생각되고 있다.

[0003] 발광 소자는 한 쌍의 전극간에 형성된 발광층에 전류를 주어 발광층에 포함되는 발광 재료를 여기시킴으로써, 소정의 발광색을 얻을 수 있다. 이러한 발광 소자의 발광 휘도를 높이기 위해서는, 발광층에 많은 전류를 공급하는 방법이 생각되지만, 저소비 전력화의 장점이 소실된다. 또한, 발광층에 많은 전류를 흘림으로써, 발광 소자의 열화의 속도를 높인다.

[0004] 그래서, 복수의 발광층을 적층하여 단층의 경우와 같은 전류 밀도의 전류를 흘림으로써, 발광 휘도가 높아지는 발광 소자가 제안된다(예를 들어, 특허 문헌 1 참조).

[0005] [특허 문헌 1] 일본특허 제 3933591호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특허 문헌 1에서는, 복수의 발광 유닛(이하, 본 명세서에 있어서 EL층이라고도 기재함)을 갖고, 각 발광 유닛이 전하 발생층에 의하여 구분된 발광 소자를 제안한다. 보다 구체적으로는, 제 1 발광 유닛의 전자 주입층으로서 기능하는 금속 도핑층 위에 오산화바나듐으로 이루어지는 전하 발생층을 갖고, 또한 상기 전하 발생층을 통하여 제 2 발광 유닛이 적층된 구조의 발광 소자가 개시된다. 그러나, 이러한 구조의 발광 소자에 있어서는, 금속 도핑층과 산화물로 이루어지는 전하 발생층의 계면에 있어서, 상호 작용이 일어나고, 계면이 강(強)전계가 되기 때문에, 발광 소자의 구동에 높은 전압이 필요하다.

[0007] 상술한 문제를 감안하여 고휘도의 발광을 나타내고, 또 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자를 제공하는 것을 과제의 하나로 한다. 또한, 소비 전력이 저감된 발광 장치 또는 전자 기기를 제공하는 것을 과제의 하나로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 명세서에서 개시하는 발광 소자의 구성의 하나는, 양극과 음극의 사이에 n (n 은 2 이상의 자연수)층의 EL층을 갖고, m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째의 EL층과, $(m+1)$ 번째의 EL층의 사이에는 양극 측으로부터 순차로 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 또는 희토류 금속의 화합물의 어느 하나를 포함하는 제 1 층과, 제 1 층과 접하여 전자 수송성이 높은 재료를 포함하는 제 2 층과, 제 2 층과 접하여 정공 수송성이 높은 재료 및 엑셉터성 재료를 포함하는 영역을 갖는다.

[0009] 또한, 본 명세서에서 개시하는 발광 소자의 다른 구성의 하나는, 양극과 음극의 사이에 n (n 은 2 이상의 자연수)층의 EL층을 갖고, m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째의 EL층과, $(m+1)$ 번째의 EL층의 사이에는 양극 측으로부터 순차로 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하는 제 1 층과, 제 1 층과 접하여 전자 수송성이 높은 재료를 포함하는 제 2 층과, 제 2 층과 접하여 정공 수송성이 높은 재료 및 엑셉터성 재료를 포함하는 영역을 갖는다.

[0010] 또한, 상기 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하는 제 1 층에 있어서, 도너성 재료를 전자 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.001:1로부터 0.1:1의 범위로 포함되도록 첨가한 구성으로 하여도 좋다. 또한, 도너성 재료는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 또는 희토류 금속의 화합물로 하는 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 구성에 있어서 정공 수송성이 높은 재료 및 엑셉터성 재료를 포함하는 영역은 정공 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.1:1로부터 4.0:1의 범위로 포함되도록 엑셉터성 재료를 첨가한 영역이다. 상기 영역에서 발생한 캐리어 중, 정공(홀)은 $(m+1)$ 번째의 EL층에 주입되고, 전자는 제 2 층으로 이동한다.

[0012] 또한, 상기 구성에 있어서, 정공 수송성이 높은 재료 및 엑셉터성 재료를 포함하는 영역은, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층과 엑셉터성 재료를 포함하는 층이 적층된 영역이라도 좋다.

[0013] 또한, 상기 구성에 있어서, 제 2 층에 포함되는 전자 수송성이 높은 재료는, 바람직하게는, -5.0eV 이상, 더 바람직하게는, -5.0eV 이상 -3.0eV 이하의 LUMO 준위를 갖는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 구성을 갖는 발광 소자는, 저구동 전압을 실현할 수 있기 때문에, 이것을 발광 소자로서 사용한 발광 장치(화상 표시 디바이스나 발광 디바이스)는, 저소비 전력을 실현할 수 있다. 따라서, 상기 구성을 갖는 발광 소자를 사용한 발광 장치, 및 그 발광 장치를 사용한 조명 장치 및 전자 기기도 본 발명의 일 형태로서 포함한다.

[0015] 상기 구성은 상기 과제의 적어도 하나를 해결한다.

[0016] 또한, 본 명세서 중에 있어서의 발광 장치란, 발광 소자를 사용한 화상 표시 장치 등의 전자 기기 또는 조명 장치를 포함한다. 또한, 발광 소자에 커넥터, 예를 들어, 이방 도전성 필름 또는 TAB(Tape Automated Bonding) 테이프 또는 TCP(Tape Carrier Package)가 부착된 모듈, TAB 테이프나 TCP의 끝에 프린트 배선판이 설치된 모듈, 또는 발광 소자에 COG(Chip On Glass) 방식에 의하여 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈도 모두 발광 장치에 포함하는 것으로 한다.

[0017] 또한, 본 명세서에 있어서, "제 1" 또는 "제 2" 등 붙인 서수사(序數詞)는, 편의상 사용하는 것이며, 공정 순서 또는 적층 순서를 나타내는 것이 아니다. 또한, 본 명세서에 있어서 발명을 특정하기 위한 사항으로서 고유의 명칭을 나타내는 것이 아니다.

발명의 효과

[0018] 복수의 발광층을 갖고, 또 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0019] 또한, 상술한 발광 소자를 사용하여 발광 장치를 제작함으로써, 소비 전력이 적은 발광 장치를 제공할 수 있다. 또한, 이와 같은 발광 장치를 조명 장치 또는 전자 기기에 적용함으로써, 소비 전력이 적은 조명 장치 또는 전자 기기를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1(A) 및 도 1(B)는 발광 소자의 소자 구조의 일례 및 밴드도.

도 2(A) 및 도 2(B)는 발광 소자의 소자 구조의 일례 및 밴드도.

도 3(A) 및 도 3(B)는 발광 소자의 소자 구조의 일례 및 밴드도.

도 4(A) 및 도 4(B)는 발광 소자의 소자 구조의 일례를 도시한 도면.

도 5(A) 내지 도 5(C)는 액티브 매트릭스형의 발광 장치를 도시한 도면.

도 6(A) 및 도 6(B)는 패시브 매트릭스형의 발광 장치를 도시한도면.

도 7(A) 내지 도 7(E)는 전자 기기를 도시한 도면.

도 8은 조명 장치를 도시한 도면.

도 9(A) 내지 도 9(B)는 실시예의 발광 소자 및 비교 발광 소자의 소자 구조를 도시한 도면.

도 10은 실시예 1의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 11은 실시예 1의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 12(A) 및 도 12(B)는 실시예의 발광 소자 및 비교 발광 소자의 소자 구조를 도시한 도면.

도 13은 실시예 2의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 14는 실시예 2의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 15는 실시예 3의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 16은 실시예 3의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 17은 실시예 4의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 18은 실시예 4의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 19는 실시예 5의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

도 20은 실시예 5의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 21은 실시예 6의 비교 발광 소자의 소자 구조를 도시한 도면.
 도 22는 실시예 6의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 23은 실시예 6의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 24(A) 및 도 24(B)는 발광 소자의 소자 구조의 일례 및 발광 스펙트럼을 도시한 도면.
 도 25는 실시예 7의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 26은 실시예 7의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 27은 실시예 8의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 28은 실시예 8의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 29는 실시예 8의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 30은 실시예 9의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 31은 실시예 9의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.
 도 32는 실시예 9의 발광 소자의 특성을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하에 실시형태에 대해서 도면을 사용하여 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 개시하는 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 형태 및 상세한 사항은 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 다양하게 변경될 수 있다는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 명세서의 실시형태 및 실시예의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것이 아니다. 또한, 실시형태를 설명하기 위한 모든 도면에 있어서, 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.
- [0023] (실시형태 1)
- [0024] 본 실시형태에서는, 발광 소자의 일 형태에 대해서 도 1(A) 및 도 1(B)를 사용하여 설명한다.
- [0025] 도 1(A)에 도시한 소자 구조는, 한 쌍의 전극(양극(101), 음극(102))간에 발광 영역을 포함하는 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)이 끼워지고, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107) 사이에는 양극(101) 측으로부터 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이(relay)층(105), 및 전하 발생 영역(106)이 순차로 적층된 구조를 갖는다.
- [0026] 전하 발생 영역(106)은, 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는 영역이며, 발광 소자의 캐리어인 정공(홀)과 전자가 발생한다. 전하 발생 영역(106)에서 발생한 정공은 제 2 EL층(107)으로 이동하고, 전자는 전자 릴레이층(105)으로 이동한다. 또한, 전자 릴레이층(105)은, 전자 수송성이 높기 때문에, 전자 주입 버퍼(104)에 전자를 빠르게 수송할 수 있다. 또한, 전자 주입 버퍼(104)는, 제 1 EL층(103)에 전자를 주입하는 경우의 주입 장벽을 완화할 수 있기 때문에, 제 1 EL층(103)에의 전자 주입 효율을 높일 수 있다.
- [0027] 전자 주입 버퍼(104)에는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함) 등의 전자 주입성이 높은 재료를 사용할 수 있다. 또한, 전자 주입 버퍼(104)를 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하는 구성으로 하여도 좋다.
- [0028] 도 1(B)에는 도 1(A)의 소자 구조에 있어서의 밴드도를 도시한다. 도 1(B)에 있어서, 부호(111)는 양극(101)의 페르미 준위, 부호(112)는 음극(102)의 페르미 준위, 부호(113)는 제 1 EL층(103)의 LUMO(최저 공분자 궤도: Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위, 부호(114)는 전자 릴레이층(105)의 LUMO 준위, 부호(115)는 전하 발생 영역(106)에 있어서의 엑셉터의 엑셉터 준위, 부호(116)는 제 2 EL층(107)의 LUMO 준위를 나타낸다.
- [0029] 도 1(B)에 있어서, 양극(101)으로부터 주입된 정공은, 제 1 EL층(103)에 주입된다. 한편, 전하 발생 영역(106)에서 발생한 전자는 전자 릴레이층(105)으로 이동한 후, 전자 주입 버퍼(104)를 통하여 제 1 EL층(103)에 주

입되어 정공과 재결합하여 발광한다. 또한, 전하 발생 영역(106)에서 발생한 정공은, 제 2 EL층(107)으로 이동하여 제 2 EL층(107)에 있어서 음극(102)으로부터 주입된 전자와 재결합하여 발광한다.

[0030] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자에 있어서, 전자 릴레이층(105)은, 전하 발생 영역(106)에 있어서 발생한 전자를 효율 좋게 제 1 EL층(103)에 주입하는 층으로서 기능하기 때문에, 전자 릴레이층(105)에는 LUMO 준위가 전하 발생 영역(106)에 있어서의 엑셉터의 엑셉터 준위와 제 1 EL층(103)의 LUMO 준위의 사이의 준위를 차지하는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, LUMO 준위가 대략 -5.0eV 이상인 재료를 사용하는 것이 바람직하고, -5.0eV 이상 -3.0eV 이하인 재료를 사용하는 것이 보다 바람직하다.

[0031] 전하 발생 영역(106)에 포함되는 엑셉터성 재료와, 전자 주입 버퍼(104)에 포함되는 전자 주입성이 높은 재료 또는 도너성 재료는, 각각 강한 엑셉터성 또는 강한 도너성을 갖기 때문에, 전하 발생 영역(106)과 전자 주입 버퍼(104)가 접한 경우, 계면에서 전자의 수수(授受)를 일으키고, 발광 소자의 구동 전압이 상승한다. 또한, 전하 발생 영역(106)과 전자 주입 버퍼(104)가 접한 계면에서 PN 접합이 형성됨으로써, 발광 소자의 구동 전압이 상승할 가능성이 있다. 그러나, 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 전자 릴레이층(105)에 의하여 전하 발생 영역(106)과 전자 주입 버퍼(104)가 접하는 것을 방지할 수 있고, 전하 발생 영역(106)에 포함되는 엑셉터성 재료와 전자 주입 버퍼(104)에 포함되는 전자 주입성이 높은 재료 또는 도너성 재료가 상호 작용을 일으키는 것을 방지할 수 있다. 또한, 전자 릴레이층(105)에 상기의 범위의 LUMO 준위를 갖는 재료를 사용함으로써, 전자 주입 버퍼(104)와의 계면이 강전계가 되는 것을 억제하고, 또 전하 발생 영역(106)에 있어서 발생한 전자를 효율 좋게 제 1 EL층(103)에 주입할 수 있다.

[0032] 또한, 도 1(B)의 밴드도에 도시한 바와 같이, 전하 발생 영역(106)으로부터 전자 릴레이층(105)에 이동한 전자는, 전자 주입 버퍼(104)에 의하여 주입 장벽이 완화되기 때문에, 제 1 EL층(103)의 LUMO 준위(113)에 용이하게 주입된다. 또한, 전하 발생 영역(106)에 있어서 발생한 정공은, 제 2 EL층(107)으로 이동한다.

[0033] 다음에, 상술한 발광 소자에 사용할 수 있는 재료에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0034] 양극(101)으로서는, 일 함수가 큰(구체적으로는, 4.0eV 이상이 바람직함) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 예를 들어, 산화인듐-산화주석(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘, 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연(IZO: Indium Zinc Oxide), 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐 등을 들 수 있다.

[0035] 이들의 도전성 금속 산화물막은 보통 스퍼터링에 의하여 형성되지만, 졸-겔법 등을 응용하여 제작하여도 좋다. 예를 들어, 산화인듐-산화아연(IZO)은 산화인듐에 대해서 1wt% 내지 20wt%의 산화아연을 더한 타깃을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다. 또한, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐은, 산화인듐에 대해서 산화텅스텐을 0.5wt% 내지 5wt%, 산화아연을 0.1wt% 내지 1wt% 함유한 타깃을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다.

[0036] 또한, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 티타늄(Ti), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티타늄 등), 몰리브덴산화물, 마나뮴산화물, 루테튬산화물, 텅스텐산화물, 망간산화물, 티타늄산화물 등을 사용하여 양극(101)을 형성할 수도 있다. 또한, 폴리(3, 4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술포산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스티렌술포산)(PAni/PSS)등의 도전성 폴리머를 사용하여도 좋다. 다만, 제 1 EL층(103)의 일부로서, 양극(101)과 접하는 전하 발생 영역을 형성하는 경우에는, 일 함수의 대소(大小)에 관계없이, Al, Ag, 다양한 도전성 재료를 양극(101)에 사용할 수 있다.

[0037] 음극(102)으로서는, 일 함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하가 바람직함) 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 음극 재료의 구체적인 예로서는, 원소 주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 즉, 리튬(Li), 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토류 금속, 및 이들 원소를 함유하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속, 및 이들을 함유하는 합금 등을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 이들을 함유하는 합금의 막은, 진공증착법을 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속을 함유하는 합금은 스퍼터링법에 의하여 형성할 수도 있다. 또한, 은 페이스트 등을 잉크젯법에 의하여 형성할 수도 있다.

[0038] 또한, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물, 또는 희토류 금속의 화합물(예를 들어, 불화리튬(LiF), 산화리튬(LiOx), 불화세슘(CsF), 불화칼슘(CaF₂), 불화에르븀(ErF₃) 등)의 박막과, 알루미늄 등의 금속막을 적층함으로써, 음극(102)을 형성할 수도 있다. 다만, 제 2 EL층(107)의 일부로서, 음극(102)과 접하는 전하 발생

영역을 형성하는 경우에는, 일 함수의 대소에 관계없이, Al, Ag, ITO, 실리콘 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석 등 다양한 도전성 재료를 음극(102)에 사용할 수 있다.

[0039] 또한, 본 실시형태에 나타내는 발광 소자에 있어서는, 양극 및 음극 중, 적어도 한쪽이 투광성을 가지면 좋다. 투광성은 ITO와 같은 투명 전극을 사용함으로써, 또는 전극의 막 두께를 얇게 함으로써 확보할 수 있다.

[0040] 제 1 EL층(103), 및 제 2 EL층(107)은, 적어도 발광층을 포함하여 형성되면 좋고, 발광층 이외의 층을 더 갖는 적층 구조라도 좋다. 또한, 제 1 EL층(103)에 포함되는 발광층과 제 2 EL층(107)에 포함되는 발광층은 각각 달라도 좋다. 또한, 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)은 각각 독립적으로 발광층 이외의 층을 더 갖는 적층 구조라도 좋다. 발광층 이외에는, 정공 주입성이 높은 재료, 정공 수송성이 높은 재료 또는 전자 수송성이 높은 재료, 전자 주입성이 높은 재료, 쌍극성(전자 및 정공의 수송성이 높은 재료)의 재료 등으로 이루어지는 층을 들 수 있다. 구체적으로는, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 정공 저지(沮止)층(홀 블로킹층), 전자 수송층, 전자 주입층 등을 들 수 있고, 이들은 양극 측으로부터 적절히 조합하여 구성할 수 있다. 또한, 제 1 EL층(103) 중의 양극(101)과 접하는 측에 전하 발생 영역을 형성할 수도 있다.

[0041] 상술한 EL층에 포함되는 각 층을 구성하는 재료에 대해서 이하에 구체예를 나타낸다.

[0042] 정공 주입층은 정공 주입성이 높은 재료를 포함하는 층이다. 정공 주입성이 높은 재료로서는, 예를 들어, 물리 브텐산화물이나 바나듐산화물, 루테튬산화물, 텅스텐산화물, 망간산화물 등을 사용할 수 있다. 이 이외에 프탈로시아닌(약칭:H₂Pc)이나 구리 프탈로시아닌(약칭:CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(3,4-스티렌술폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 등으로도 정공 주입층을 형성할 수 있다.

[0043] 정공 수송층은, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층이다. 정공 수송성이 높은 재료로서는, 예를 들어, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는 α-NPD)이나, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4,4', 4"-트리스(카르바졸-9-일)트리페닐아민(약칭: TCTA), 4,4',4"-트리스(N, N-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4' '-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비폴루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물, 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCN1) 등을 들 수 있다. 그 외에 4,4'-디(4-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라세닐)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA) 등의 카르바졸 유도체 등을 사용할 수 있다. 여기서 제시한 재료는, 주로 10⁻⁶cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 재료이다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 재료라하면, 이들 이외의 재료를 사용하여도 좋다. 또한, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층은, 단층뿐만 아니라, 상기 재료로 이루어지는 층이 2층 이상 적층한 것이라도 좋다.

[0044] 이 외에도, 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-(4-디페닐아미노)페닐}페닐-N'-페닐아미노)페닐]메타크릴아미드(약칭: PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐벤지딘)(약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 정공 수송층에 사용할 수 있다.

[0045] 발광층은, 발광 재료를 포함하는 층이다. 발광 재료로서는 이하에 나타내는 형광성 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-칼바졸-9-일)-4'-(9-10-디페닐-2-안트릴)트리페닐아민(약칭: 2YGAPPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭:PCBAPA), N,N'-(2-tert-부틸안트라센-9,10-디일디-4,1-페닐렌)비스[N,N',N' '-트리페닐-1,4-페닐렌디아민](약칭: DPABPA), N,9-디페닐-N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N' '-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPPA), N,N,N',N',N'',N''',N''''-옥타페닐디벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린30, N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,N',N' '-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N' '-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-N-[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트리페닐안

트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린545T, N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 5,12-비스(1,1'-비페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-(2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐)-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCM1), 2-(2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCM2), N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-디페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-디아민(약칭: p-mPhAFD), 2-(2-이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCJTI), 2-(2-tert-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐}-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: BisDCM), 2-(2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: BisDCJTM) 등을 들 수 있다.

[0046]

또한, 발광 재료로서는, 이하에 나타내는 인광성 화합물을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스[2-(3',5'-비스트리플루오로메틸페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIracac), 트리스(2-페닐피리디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)₂(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)₂(acac)), 비스(2,4-디페닐-1,3-옥사졸라토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(dpo)₂(acac)), 비스[2-(4'-피플루오로페닐페닐)피리디나토]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(p-PF-ph)₂(acac)), 비스(2-페닐벤조티아졸라토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bt)₂(acac)), 비스[2-(2'-벤조[4,5- α]티에닐)피리디네이트-N,C^{3'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(btp)₂(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린백금(II)(약칭: PtOEP), 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: Tb(acac)₃(Phen)), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)₃(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)₃(Phen)) 등을 들 수 있다.

[0047]

또한, 이들의 발광 재료는 호스트 재료에 분산시켜 사용하는 것이 바람직하다. 호스트 재료로서는, 예를 들어, NPB(약칭), TPD(약칭), TCTA(약칭), TDATA(약칭), MTDATA(약칭), BSPB(약칭) 등의 방향족 아민 화합물, PCzPCA1(약칭), PCzPCA2(약칭), PCzPCN1(약칭), CBP(약칭), TCPB(약칭), CzPA(약칭), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)-트리페닐아민(약칭: PCBANB) 등의 카르바졸 유도체, PVK(약칭), PTPA(약칭), PTPDMA(약칭), Poly-TPD(약칭) 등의 고분자 화합물을 포함하는 정공 수송성이 높은 재료가나, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]-퀴놀리놀라토)베릴륨(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q) 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체(錯體), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조옥사졸라토]아연(약칭: Zn(BOX)₂), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 옥사졸계, 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]카르바졸(약칭: C011), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약칭: PF-Py), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)](약칭: PF-BPy) 등의

전자 수송성이 높은 재료를 사용할 수 있다.

- [0048] 전자 수송층은, 전자 수송성이 높은 재료를 포함하는 층이다. 전자 수송성이 높은 재료로서는, 예를 들어, Alq(약칭), Almq₃(약칭), BeBq₂(약칭), BA1q(약칭) 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조 퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 또한, 이 외에 Zn(BOX)₂(약칭), Zn(BTZ)₂(약칭) 등의 옥사졸계, 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 외에도 PBD(약칭)나, OXD-7(약칭), C011(약칭), TAZ(약칭), BPhen(약칭), BCP(약칭) 등도 사용할 수 있다. 여기에 기술한 재료는 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 재료이다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 재료라면, 상기 외의 재료를 사용하여도 좋다. 또한, 전자 수송층은 단층뿐만 아니라, 상기 재료로 이루어지는 층을 2층 이상 적층한 것을 사용하여도 좋다.
- [0049] 이 외에도, PF-Py(약칭), PF-BPy(약칭) 등의 고분자 화합물을 전자 수송층으로 사용할 수 있다.
- [0050] 전자 주입층은, 전자 주입성이 높은 재료를 포함하는 층이다. 전자 주입성이 높은 재료로서는, 불화리튬(LiF), 불화세슘(CsF), 불화칼슘(CaF₂) 등의 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속 또는 이들의 화합물을 들 수 있다. 또한, 전자 수송성을 갖는 재료 중에 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속 또는 이들의 화합물을 함유시킨 것, 예를 들어, Alq 중에 마그네슘(Mg)을 함유시킨 것 등을 사용할 수도 있다. 이와 같은 구조로 함으로써, 음극(102)으로부터의 전자 주입 효율을 보다 높일 수 있다.
- [0051] 제 1 EL층(103) 또는 제 2 EL층(107)에 전하 발생 영역을 형성하는 경우, 전하 발생 영역은, 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는 영역으로 한다. 또한, 전하 발생 영역은, 동일 막 중에 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 함유하는 경우뿐만 아니라, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층과 엑셉터성 재료를 포함하는 층이 적층되어도 좋다. 다만, 양극 측에 형성하는 적층 구조의 경우에는, 엑셉터성 재료를 포함하는 층이 양극(101)과 접하는 구조가 되고, 음극 측에 형성하는 적층 구조의 경우에는, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층이 음극(102)과 접하는 구조가 된다.
- [0052] 제 1 EL층(103) 또는 제 2 EL층(107)에 전하 발생 영역을 형성함으로써, 전극을 형성하는 재료의 일 함수를 고려하지 않고 양극(101) 또는 음극(102)을 형성할 수 있다.
- [0053] 전하 발생 영역에 사용하는 엑셉터 재료로서는, 천이 금속 산화물이나 원소 주기율표에 있어서의 제 4족 내지 제 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화몰리브덴이 특히 바람직하다. 또한, 산화몰리브덴은 흡습(吸濕)성이 낮은 특징을 갖는다.
- [0054] 또한, 전하 발생 영역에 사용하는 정공 수송성이 높은 재료로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화 수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 다양한 유기 화합물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 다만, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 재료라면, 이들 외의 재료를 사용하여도 좋다.
- [0055] 또한, 이들의 층을 적절하게 조합하여 적층시킴으로써, 제 1 EL층(103) 또는 제 2 EL층(107)을 형성할 수 있다. 또한, 제 1 EL층(103) 또는 제 2 EL층(107)의 형성 방법으로서, 사용하는 재료에 따라, 다양한 방법(예를 들어, 건식법이나 습식법 등)을 적절히 선택할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법 또는 스핀코팅법 등을 사용할 수 있다. 또한, 각 층에서 상이한 방법을 사용하여 형성하여도 좋다.
- [0056] 또한, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107)의 사이에는 양극(101) 측으로부터 순차로 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105) 및 전하 발생 영역(106)이 형성된다. 제 2 EL층(107)과 접하여 전하 발생 영역(106)이 형성되고, 전하 발생 영역(106)과 접하여 전자 릴레이층(105)이 형성되고, 전자 릴레이층(105)과 제 1 EL층(103)의 사이에 접하여 전자 주입 버퍼(104)가 형성된다.
- [0057] 전하 발생 영역(106)은, 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는 영역이다. 또한, 전하 발생 영역(106)은, 먼저 설명한 제 1 EL층(103) 또는 제 2 EL층(107)의 일부에 형성할 수 있는 전하 발생 영역과 같은 재료를 사용하여 같은 구조로 형성할 수 있다. 따라서, 전하 발생 영역(106)은, 동일 막 중에 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 함유하는 경우뿐만 아니라, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층과 엑셉터성 재료를 포함하는 층이 적층된 구조로 할 수도 있다. 다만, 적층 구조의 경우에는, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층이 제 2 EL층(107)과 접하는 구조가 된다.
- [0058] 또한, 전하 발생 영역(106)에 있어서, 정공 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.1:1로부터 4.0:1의 범

위로 포함되도록 엑셉터성 재료를 첨가하는 것이 바람직하다.

- [0059] 전자 릴레이층(105)은, 전하 발생 영역(106)에 있어서 엑셉터성 재료를 뽑아 낸 전자를 빠르게 받을 수 있는 층이다. 따라서, 전자 릴레이층(105)에는 전자 수송성이 높은 재료를 포함하는 층이며, 또한 그 LUMO 준위는 전하 발생 영역(106)에 있어서의 엑셉터의 엑셉터 준위와, 제 1 EL층(103)의 LUMO 준위 사이의 준위를 차지하는 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 대략 -5.0eV 이상의 LUMO 준위를 갖는 재료를 사용하는 것이 바람직하고, 대략 -5.0eV 이상 -3.0eV 이하의 LUMO 준위를 갖는 재료를 사용하는 것이 더 바람직하다. 전자 릴레이층(105)에 사용하는 재료로서는, 예를 들어, 페릴렌 유도체나 함질소 축합 방향족 화합물을 들 수 있다. 또한, 함질소 축합 방향족 화합물은 안정한 화합물이기 때문에, 전자 릴레이층(105)에 사용하는 재료로서 바람직하다. 또한, 함질소 축합 방향족 화합물 중, 시아노기나 플루오로기 등의 전자 흡인기(吸引基)를 갖는 화합물을 사용함으로써, 전자 릴레이층(105)에 있어서 전자를 더 받기 쉽기 때문에, 바람직하다.
- [0060] 페릴렌 유도체의 구체적인 예로서는, 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭-비스-벤즈이미다졸(약칭: PTCBI), N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭디이미드(약칭: PTCDI-C8H), N,N'-디헥실-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭디이미드(약칭: HexPTC) 등을 들 수 있다.
- [0061] 또한, 함질소 축합 방향족 화합물의 구체적인 예로서는, 피라지노[2,3-f][1,10]페난트롤린-2,3-디카르보니트릴(약칭: PPDN), 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트리페닐렌(약칭: HAT(CN)₆), 2,3-디페닐피리도[2,3-b]피라진(약칭: 2PYPR), 2,3-비스(4-플루오로페닐)피리도[2,3-b]피라진(약칭: F2PYPR) 등을 들 수 있다. 그 외에도, 과플루오로펜타센, 7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(약칭: TCNQ), 1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(약칭: NTCDA), 구리 헥사테카플루오로프탈로시아닌(약칭: F₁₆CuPc), N,N'-비스(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8,펜타테카플루오로옥틸-1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실릭디이미드(약칭: NTCDI-C8F), 3',4'-디부틸-5,5"-비스(디시아노메틸렌)-5,5"-디하이드로-2,2':5,2"-테르티오펜(약칭: DCMT), 메타노플러린(예를 들어, [6,6]-페닐C₆₁낙산메틸에스테르(약칭: PCBM)) 등을 전자 릴레이층(105)에 사용할 수 있다.
- [0062] 전자 주입 버퍼(104)는, 전자 릴레이층(105)이 받는 전자를 제 1 EL층(103)에 주입할 수 있는 층이다. 전자 주입 버퍼(104)를 형성함으로써, 전하 발생 영역(106)과 제 1 EL층(103) 사이의 주입 장벽을 완화할 수 있기 때문에, 전하 발생 영역(106)에서 생긴 전자를 제 1 EL층(103)에 용이하게 주입할 수 있다.
- [0063] 전자 주입 버퍼(104)에는 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함) 등의 전자 주입성이 높은 재료를 사용할 수 있다.
- [0064] 또한, 전자 주입 버퍼(104)가 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하여 형성되는 경우에는, 전자 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.001:1로부터 0.1:1의 범위로 포함되도록 도너성 재료를 첨가하는 것이 바람직하다. 또한, 도너성 재료로서는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함)) 외에, 테트라 티아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메칠니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 전자 수송성이 높은 재료로서는, 먼저 설명한 제 1 EL층(103)의 일부에 형성할 수 있는 전자 수송층의 재료와 같은 재료를 사용하여 형성할 수 있다.
- [0065] 상술한 바와 같은 재료를 조합함으로써, 본 실시형태에 나타내는 발광 소자를 제작할 수 있다. 이 발광 소자로부터는, 상술한 발광 재료로부터 발광을 얻을 수 있지만, 발광층에 사용하는 발광 재료의 종류를 변화시킴으로써 다양한 발광색을 얻을 수 있다. 또한, 발광 재료로서 발광색이 상이한 복수의 발광 재료를 사용함으로써, 넓은 스펙트럼의 발광이나 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0066] 또한, 본 실시형태에서는 2층의 EL층이 형성된 발광 소자에 대해서 기재하지만, EL층의 층의 수는 2층에 한정되지 않고, 2층 이상, 예를 들어 3층이라도 좋다. 발광 소자에 n(n은 2 이상의 자연수)층의 EL층을 형성하는 경우, m(m은 자연수, 1≤m≤n-1)번째의 EL층과 (m+1)번째의 EL층의 사이에 양극 측으로부터 순차로 전자 주입 버퍼, 전자 릴레이층, 및 전하 발생 영역을 적층함으로써, 발광 소자의 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.

- [0067] 또한, 본 실시형태에 나타내는 발광 소자는, 각종 기판 위에 형성할 수 있다. 기판으로서는, 예를 들어, 유리, 플라스틱, 금속판, 금속박(金屬箔) 등을 사용할 수 있다. 발광 소자의 발광을 기판 측으로부터 추출하는 경우에는, 투광성을 갖는 기판을 사용하면 좋다. 다만, 기판은 발광 소자의 제작 공정에 있어서 지지체로서 기능할 수 있으면, 이 외의 기판이라도 좋다.
- [0068] 또한, 본 실시형태에 나타내는 발광 소자의 소자 구조는, 2개의 전극이 1개의 기판 위에 격자 상태로 형성된 패시브 매트릭스형의 발광 장치를 제작할 수 있다. 또한, 스위치의 역할을 다하는 박막 트랜지스터(TFT) 등과 전기적으로 접속된 발광 소자를 갖고, TFT에 따라 발광 소자의 구동이 제어된 액티브 매트릭스형의 발광 장치를 제작할 수도 있다. 또한, TFT의 구조는 특히 한정되지 않는다. 스테거형의 TFT라도 좋고, 역 스테거형의 TFT라도 좋다. 또한, TFT로 구성되는 구동용 회로에 대해서도 N형 및 P형의 TFT로 이루어지는 구동용 회로라도 좋고, 또는 N형의 TFT 또는 P형의 TFT 중 어느 한쪽으로 이루어지는 구동용 회로라도 좋다. 또한, TFT에 사용되는 반도체막의 결정성에 대해서도 특히 한정되지 않는다. 비정질 반도체막을 사용하여도 좋고, 결정성 반도체막을 사용하여도 좋다. 또한, 단결정 반도체막 또는 미결정 반도체(마이크로크리스탈 반도체)를 사용하여도 좋다. 또한, 산화물 반도체, 예를 들어, 인듐, 갈륨, 및 아연을 포함하는 산화물 반도체를 사용할 수 있다.
- [0069] 또한, 본 실시형태에 나타내는 발광 소자의 제작 방법으로는, 드라이 프로세스(예를 들어, 진공 증착법, 스퍼터링법 등), 웨트 프로세스(예를 들어, 잉크젯법, 스핀코팅법, 도포법 등)을 막론하고 다양한 방법을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0070] 본 실시형태에 나타내는 소자 구조로 함으로써, 그 구동 전압이 전하 발생 영역(106)의 막 두께의 영향을 받기 어렵게 할 수 있기 때문에, 발광 소자에 있어서의 구동 전압의 상승을 억제하고, 또 광학 조정에 의한 색 순도의 향상을 도모할 수 있다.
- [0071] 또한, 본 실시형태에 나타내는 소자 구조로 함으로써, 전하 발생 영역(106)과 전자 주입 버퍼(104) 사이에 전자 릴레이층(105)이 끼워진 구조가 되기 때문에, 전하 발생 영역(106)에 포함되는 엑셉터와 전자 주입 버퍼(104)에 포함되는 전자 주입성이 높은 재료 또는 도너성 재료가 상호 작용을 받기 어렵고, 서로 기능을 방해하기 어려운 구조로 할 수 있다. 따라서, 발광 소자를 저전압으로 구동할 수 있다.
- [0072] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은, 다른 실시형태에 나타낸 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0074] (실시형태 2)
- [0075] 본 실시형태 2에서는, 실시형태 1에서 설명한 기본의 구성에 포함되는 발광 소자의 일례에 대해서 도 2(A) 및 도 2(B)를 사용하여 설명한다. 구체적으로는, 실시형태 1에서 나타낸 발광 소자 중에서 전자 주입 버퍼(104)를 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 또는 그 화합물의 단층으로 한 경우에 대해서 설명한다.
- [0076] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 도 2(A)에 도시한 바와 같이, 한 쌍의 전극(양극(101), 음극(102))간에 발광 영역을 포함하는 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)이 끼워지고, 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107) 사이에는 양극(101) 측으로부터 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역(106)이 순차로 적층된 구조를 갖는다.
- [0077] 본 실시형태 2에 있어서의 양극(101), 음극(102), 제 1 EL층(103), 제 2 EL층(107), 전하 발생 영역(106), 및 전자 릴레이층(105)에는, 실시형태 1에서 설명한 것과 같은 재료를 사용할 수 있다.
- [0078] 본 실시형태에 있어서, 전자 주입 버퍼(104)에 사용하는 재료로서는, 리튬(Li)나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 마그네슘(Mg)이나 칼슘(Ca)이나 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토류 금속, 유로퓸(Eu)이나 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함) 등의 전자 주입성이 높은 재료를 들 수 있다.
- [0079] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 전자 주입 버퍼(104)로서 상기 금속 또는 그 화합물의 단층이 형성되고, 그 막 두께는 구동 전압의 상승을 피하기 위해서 매우 얇은 막 두께(구체적으로는, 1nm 이하)로 형성된다. 또한, 본 실시형태에 있어서, 제 1 EL층(103)에는 전자 주입 버퍼(104)와 접하여 전자 수송층(108)을 형성하는 것이 바람직하고, 전자 주입 버퍼(104)는 전자 릴레이층(105)과 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108)과의 대략 계면에 존재한다. 다만, 전자 수송층(108)을 형성한 후, 전자 수송층(108) 위에 전자 주입 버퍼(104)를 형성하는 경우에는, 전자 주입 버퍼(104)를 형성하는 재료의 일부는 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108)에

도 존재할 수 있다.

- [0080] 도 2(B)에는, 도 2(A)의 소자 구조에 있어서의 밴드도를 도시한다. 도 2(B)에 있어서, 전자 릴레이층(105)과 제 1 EL층(103)의 계면에 전자 주입 버퍼(104)를 형성함으로써, 전하 발생 영역(106)과 제 1 EL층(103)의 사이의 주입 장벽을 완화할 수 있기 때문에, 전하 발생 영역(106)에서 생긴 전자를 제 1 EL층(103)에 용이하게 주입할 수 있다. 또한, 전하 발생 영역(106)에 있어서 발생한 정공은, 제 2 EL층(107)으로 이동한다.
- [0081] 본 실시형태에서 나타내는 전자 주입 버퍼의 구조로 함으로써, 실시형태 3에서 나타내는 전자 주입 버퍼(전자 수송성이 높은 재료에 도너성 재료를 첨가하여 형성됨)와 비교하여 발광 소자의 구동 전압을 저감시킬 수 있다. 또한, 본 실시형태에 있어서, 전자 주입 버퍼(104)에 있어서의 전자 주입성이 높은 재료로서는, 알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함) 등을 사용하는 것이 바람직하다. 이들의 전자 주입성이 높은 재료는, 공기 중에서 안정한 재료가기 때문에, 생산성이 좋고, 양산에 적합하다.
- [0082] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은, 다른 실시형태에 나타낸 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0084] (실시형태 3)
- [0085] 본 실시형태 3에서는, 실시형태 1에서 설명한 기본 구성에 포함되는 발광 소자의 일례에 대해서 도 3(A) 및 도 3(B)를 사용하여 설명한다. 구체적으로는, 실시형태 1에서 나타낸 발광 소자 중에서 전자 주입 버퍼(104)를 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하여 형성한 경우에 대해서 설명한다.
- [0086] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 도 3(A)에 도시한 바와 같이, 한 쌍의 전극(양극(101), 음극(102))간에 발광 영역을 포함하는 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)이 끼워지고, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107) 사이에는 양극(101) 측으로부터 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역(106)이 순차로 적층된 구조를 갖는다. 또한, 전자 주입 버퍼(104)는, 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하여 형성된다.
- [0087] 또한, 본 실시형태에서는, 전자 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율로 0.001:1로부터 0.1:1의 범위로 포함되도록 도너성 재료를 첨가하는 것이 바람직하다. 이로써, 막질이 좋은 전자 주입 버퍼(104)를 얻을 수 있고, 또한, 반응성이 좋은 전자 주입 버퍼(104)로 할 수 있다.
- [0088] 본 실시형태 3에 있어서의 양극(101), 음극(102), EL층(103), 전하 발생 영역(106), 및 전자 릴레이층(105)에는 실시형태 1에서 설명한 것과 같은 재료를 사용할 수 있다.
- [0089] 본 실시형태에 있어서, 전자 주입 버퍼(104)에 사용하는 전자 수송성이 높은 재료로서는, 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]-퀴놀리놀라토)베릴륨(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q) 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 또한, 이외에 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조옥사졸레이트]아연(약칭: Zn(BOX)₂), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸레이트]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 옥사졸계, 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 외에도, 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]카르바졸(약칭: CO11), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등도 사용할 수 있다. 여기에 기술한 재료는, 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 재료이다.
- [0090] 이 외에도, 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약칭: PF-Py), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)](약칭: PF-BPy) 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0091] 또한, 본 실시형태에 있어서, 전자 주입 버퍼(104)에 사용하는 도너성 재료로서는, 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 및 이들의 화합물(알칼리 금속 화합물(산화리튬 등의 산화물, 할로겐화물, 탄산리튬이나 탄산세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토류 금속 화합물(산화물, 할로겐화물, 탄산염을 포함함), 또는 희토류

금속의 화합물(산화물, 할로젠화물, 탄산염을 포함함)) 등과 사용할 수 있다. 또한, 테트라티아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 데카메칠니켈로센 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0092] 또한, 본 실시형태에 있어서, 제 1 EL층(103)에는 전자 주입 버퍼(104)와 접하여 전자 수송층(108)을 형성하여도 좋고, 전자 수송층(108)을 형성한 경우, 전자 주입 버퍼(104)에 사용하는 전자 수송성이 높은 재료와 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108)에 사용하는 전자 수송성이 높은 재료는 동일한 재료가더라도 좋고, 상이한 재료가더라도 좋다.

[0093] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 도 3(A)에 도시한 바와 같이, EL층(103)과 전자 릴레이층(105) 사이에 전자 수송성이 높은 재료와 도너성 재료를 포함하는 전자 주입 버퍼(104)가 형성되는 것이 특징이다. 이 소자 구조에 대한 밴드도를 도 3(B)에 도시한다.

[0094] 즉, 전자 주입 버퍼(104)가 형성됨으로써, 전자 릴레이층(105)과 EL층(103)간의 주입 장벽을 완화할 수 있기 때문에, 전하 발생 영역(106)에서 생긴 전자를 EL층(103)에 용이하게 주입할 수 있다. 또한, 전하 발생 영역(106)에 있어서 발생한 정공은, 제 2 EL층(107)으로 이동한다.

[0095] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은, 다른 실시형태에서 나타난 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0097] (실시형태 4)

[0098] 본 실시형태 4에서는, 실시형태 1에서 설명한 기본의 구성에 포함되는 발광 소자의 일례로서 전하 발생 영역(106)의 구성에 대해서 도 4(A) 및 도 4(B)를 사용하여 설명한다.

[0099] 도 4(A) 및 도 4(B)에 도시한 소자 구조는, 한 쌍의 전극(양극(101), 음극(102))간에 발광 영역을 포함하는 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)이 끼워지고, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107)의 사이에는 양극(101) 측으로부터 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역(106)이 순차로 적층된 구조를 갖는다. 도 4(A) 및 도 4(B)에 있어서, 양극(101), 음극(102), 제 1 EL층(103), 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 제 2 EL층(107)에는 실시형태 1에서 설명한 것과 같은 재료를 사용하여 같은 구성으로 할 수 있다.

[0100] 도 4(A) 및 도 4(B)에 도시한 발광 소자에 있어서, 전하 발생 영역(106)은, 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는 영역이다. 또한, 전하 발생 영역(106)에서는, 정공 수송성이 높은 재료로부터 엑셉터성 재료가 전자를 뽑아 냄으로써, 정공 및 전자가 발생한다.

[0101] 도 4(A)에 도시한 전하 발생 영역(106)은, 동일한 막 중에 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료를 함유시킨 구조를 갖는다. 이 경우, 정공 수송성이 높은 재료에 대해서 질량 비율이 0.1:1로부터 4.0:1의 범위로 포함되도록 엑셉터성 재료를 첨가함으로써, 전하 발생 영역(106)에 있어서의 캐리어의 발생이 용이하게 되기 때문에, 바람직하다.

[0102] 도 4(A)에서는, 엑셉터성 재료가 정공 수송성이 높은 재료에 도핑된 구성이기 때문에, 전하 발생 영역(106)을 후막화(厚膜化)한 경우라도 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다. 따라서, 발광 소자의 구동 전압의 상승을 억제하고, 또 광학 조정에 의한 색 순도의 향상을 실현할 수 있다. 또한, 전하 발생 영역(106)을 후막화함으로써, 발광 소자의 단락을 방지할 수 있다.

[0103] 한편, 도 4(B)에 도시한 전하 발생 영역(106)은, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층(106a)과 엑셉터성 재료를 포함하는 층(106b)이 적층된 구조를 갖는다. 도 4(B)에 도시한 발광 소자의 전하 발생 영역(106)에 있어서, 정공 수송성이 높은 재료와 엑셉터성 재료가 접하여 전자가 수수됨으로써 형성되는 전자 이동 착체는, 정공 수송성이 높은 재료를 포함하는 층(106a)과 엑셉터성 재료를 포함하는 층(106b)의 계면만에 형성된다. 따라서, 도 4(B)에 도시한 발광 소자는 전하 발생 영역(106)의 막 두께를 두껍게 한 경우라도, 가시광의 흡수대역이 형성되기 어렵기 때문에, 바람직하다.

[0104] 또한, 도 4(B)에 도시한 발광 소자와, 실시형태 2에서 설명한 구성을 조합하여 전자 주입 버퍼(104)를 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 희토류 금속, 또는 그 화합물의 단층으로 함으로써, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107) 사이의 층, 즉, 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역(106)을 도핑을 사용하지 않고 제작할 수 있고, 이들의 층의 합계의 막 두께를 5nm 이하 정도로 박막화할 수 있다.

[0105] 또한, 전하 발생 영역(106)의 형성에 사용하는 정공 수송성이 높은 재료로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화 수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 다양한 유기 화합물을 사용할

수 있다. 구체적으로는, $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 다만, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 재료가라면, 이들 외의 재료를 사용하여도 좋다.

[0106] 방향족 아민 화합물의 구체예로서는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는 α -NPD)이나, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4,4', 4"-트리스(카르바졸-9-일)트리페닐아민(약칭: TCTA), 4,4', 4"-트리스(N, N-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4', 4'-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), N,N'-비스(4-메틸페닐)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민(약칭: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스[N, -(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등을 들 수 있다.

[0107] 카르바졸 유도체의 구체예로서는, 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCN1) 등을 들 수 있다. 그 외에 4,4'-비스(N-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라세닐)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 들 수 있다.

[0108] 방향족 탄화 수소의 구체예로서는, 2-*tert*-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-*tert*-부틸안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-비안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-비안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌 등을 들 수 있다. 또한, 이외에, 펜타센, 코로넨 등도 사용할 수 있다. 이와 같이, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖고, 탄소수 14 내지 탄소수 42인 방향족 탄화 수소를 사용하는 것이 더 바람직하다.

[0109] 또한, 방향족 탄화 수소는, 비닐 골격을 가져도 좋다. 비닐기를 갖는 방향족 탄화 수로서는, 예를 들어, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등을 들 수 있다.

[0110] 또한, 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭: PVK)나, 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0111] 전하 발생 영역(106)의 형성에 사용하는 엑시터 재료로서는, 7, 7, 8, 8-테트라시아노-2, 3, 5, 6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 천이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표에 있어서의 제 4족 내지 제 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자 수용성이 높기 때문에, 바람직하다.

[0112] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은, 다른 실시형태에 나타난 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0114] (실시형태 5)

[0115] 본 실시형태 5에서는, 실시형태 1에서 설명한 기본 구성에 포함되는 발광 소자의 다른 일례에 대해서 도 24(A) 및 도 24(B)를 사용하여 설명한다.

[0116] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는, 도 24(A)에 도시한 바와 같이, 한 쌍의 전극(양극(101), 음극(102))간에 발광 영역을 포함하는 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)이 끼워지고, 제 1 EL층(103)과 제 2 EL층(107)의 사이에는 양극(101) 측으로부터 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역(106)이 순차로 적층된 구조를 갖는다.

[0117] 본 실시형태에 있어서의 양극(101), 음극(102), 전자 주입 버퍼(104), 전자 릴레이층(105), 및 전하 발생 영역

(106)에는 실시형태 1에서 설명한 것과 같은 재료를 사용할 수 있다.

- [0118] 본 실시형태에 있어서, 제 1 EL층(103)은, 청색 내지 청녹색의 파장 영역에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제 1 발광층(103-1)과, 황색 내지 오렌지색의 파장 영역에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제 2 발광층(103-2)을 갖는다. 또한, 제 2 EL층(107)은, 청녹색 내지 녹색의 파장 영역에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제 3 발광층(107-1)과, 오렌지 내지 적색의 파장 영역에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 갖는 제 4 발광층(107-2)을 갖는다. 또한, 제 1 발광층(103-1)과 제 2 발광층(103-2)은 반대의 순서로 적층하여도 좋다. 또한, 제 3 발광층(107-1)과 제 4 발광층(107-2)은 반대의 순서로 적층하여도 좋다.
- [0119] 이러한 발광 소자에 대해서, 양극(101) 측에 양으로 바이어스를 인가하고, 음극(102) 측에 음으로 바이어스를 인가하면, 양극(101)으로부터 주입된 정공과 전하 발생 영역(106)에서 생겨 전자 릴레이층(105) 및 전자 주입 버퍼(104)를 통하여 주입된 전자가 제 1 발광층(103-1) 또는 제 2 발광층(103-2)에 있어서 재결합하여 제 1 발광(330)을 얻을 수 있다. 또한, 음극(102)으로부터 주입된 전자와 전하 발생 영역(106)에서 생긴 정공이 제 3 발광층(107-1) 또는 제 4 발광층(107-2)에 있어서 재결합하여 제 2 발광(340)을 얻을 수 있다.
- [0120] 제 1 발광(330)은, 제 1 발광층(103-1) 및 제 2 발광층(103-2)의 양쪽 모두로부터의 발광을 합친 발광이기 때문에, 도 24(B)에 도시한 바와 같이, 청색 내지 청녹색의 파장 영역 및 황색 내지 오렌지색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타낸다. 즉, 제 1 EL층(103)은 2파장형의 백색 또는 백색에 비슷한 색의 발광을 나타내는 것이다. 또한, 제 2 발광(340)은 제 3 발광층(107-1) 및 제 4 발광층(107-2)의 양쪽 모두로부터의 발광을 합친 발광이기 때문에, 도 24(B)에 도시한 바와 같이, 청녹색 내지 녹색의 파장 영역 및 오렌지색 내지 적색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타낸다. 즉, 제 2 EL층(107)은, 제 1 EL층(103)과 상이한 2파장형의 백색 또는 백색에 비슷한 색의 발광을 나타낸 것이다.
- [0121] 따라서, 본 실시형태에 있어서의 발광 소자는 제 1 발광(330) 및 제 2 발광(340)이 중첩한 결과, 청색 내지 청녹색의 파장 영역, 청녹색 내지 녹색의 파장 영역, 황색 내지 오렌지색의 파장 영역, 오렌지색 내지 적색의 파장 영역을 커버하는 발광을 얻을 수 있다.
- [0122] 본 실시형태에 있어서, 예를 들어, 제 1 발광층(103-1)(청색 내지 청녹색의 파장 영역에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타냄)의 발광 휘도가 경시 열화 또는 전류 밀도에 의하여 변화해도, 스펙트럼 전체에 대한 제 1 발광층(103-1)의 기여는 1/4 정도이기 때문에, 색도의 차이는 비교적 작다.
- [0123] 또한, 상기 설명에서는, 제 1 EL층(103)이 청색 내지 청녹색의 파장 영역 및 황색 내지 오렌지색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 스펙트럼을 나타내고, 제 2 EL층(107)은, 청녹색 내지 녹색의 파장 영역 및 오렌지색 내지 적색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 스펙트럼을 나타내는 경우를 예로서 설명하였지만, 각각 반대의 관계라도 좋다. 즉, 제 2 EL층(107)이 청색 내지 청녹색의 파장 영역 및 황색 내지 오렌지색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 스펙트럼을 갖고, 제 1 EL층(103)이 청녹색 내지 녹색의 파장 영역 및 오렌지색 내지 적색의 파장 영역의 양쪽 모두에 피크를 갖는 스펙트럼을 나타내는 구성이라도 좋다. 또한, 제 1 EL층(103) 및 제 2 EL층(107)은 각각 발광층 이외의 층이 형성된 적층 구조라도 좋다.
- [0124] 다음, 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자의 EL층에 발광성의 유기 화합물로서 사용할 수 있는 재료를 설명한다. 다만, 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자에 적용할 수 있는 재료는, 이들에 한정되지 않는다.
- [0125] 청색 내지 청녹색의 발광은, 예를 들어, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌(약칭: TBP), 9,10-디페닐안트라센 등을 게스트 재료로서 사용하여 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 얻어진다. 또한, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭: DPVBi) 등의 스티릴아릴렌 유도체나, 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-비스(2-나프틸)-2-*t*-부틸안트라센(약칭: *t*-BuDNA) 등의 안트라센 유도체로부터 얻을 수 있다. 또한, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 등의 폴리머를 사용하여도 좋다. 또한, 청색 발광의 게스트 재료로서는, 스티릴아민 유도체가 바람직하고, N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S)나, N,N'-디페닐-N,N'-비스(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)스티벤-4,4'-디아민(약칭: PCA2S) 등을 들 수 있다. 특히, YGA2S는, 450nm 부근에 피크를 갖기 때문에 바람직하다. 또한, 호스트 재료로서는, 안트라센 유도체가 바람직하고, 9,10-비스(2-나프틸)-2-*t*-부틸안트라센(약칭: *t*-BuDNA)나, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA)이 바람직하다. 특히, CzPA는 전기 화학적으로 안정하기 때문에, 바람직하다.
- [0126] 청녹색 내지 녹색의 발광은, 예를 들어, 쿠마린30, 쿠마린6 등의 쿠마린계 색소나, 비스[2-(2,4-디플루오로페닐)피리디나토]피콜리노티리듐(약칭: FIrpic), 비스(2-페닐피리디나토)아세틸아세토나티리듐(약칭: Ir(ppy)₂(acac)) 등을 게스트 재료로 하여 사용하여 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 얻

을 수 있다. 또한, 상술한 페닐렌이나 TBP를 5wt% 이상의 고농도로 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써도 얻어진다. 또한, BAIq , $\text{Zn}(\text{BTZ})_2$, 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)갈륨($\text{Ga}(\text{mq})_2\text{Cl}$) 등의 금속 착체로부터도 얻을 수 있다. 또한, 폴리(p-페닐렌비닐렌) 등의 폴리머를 사용하여도 좋다. 또한, 청녹색 내지 녹색의 발광층의 게스트 재료로서는, 효율이 높은 발광을 얻을 수 있기 때문에, 안트라센 유도체가 바람직하다. 예를 들어, 9,10-비스 {4-[N-(4-디페닐아미노)페닐-N-페닐]아미노페닐} -2-*tert*-부틸안트라센(약칭: DPABPA)을 사용함으로써, 고효율의 청녹색 발광이 얻어진다. 또한, 2위에 아미노기가 치환된 안트라센 유도체는 고효율의 녹색 발광이 얻어지기 때문에 바람직하고, N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA)이 특히 수명이 길어 바람직하다. 이들의 호스트 재료로서는, 안트라센 유도체가 바람직하고, 상술한 CzPA가 전기 화학적으로 안정하기 때문에 바람직하다. 또한, 녹색 발광과 청색 발광을 조합하여 청색 내지 녹색의 파장 영역에 2개의 피크를 갖는 발광 소자를 제작하는 경우, 청색 발광층의 호스트에 CzPA와 같은 전자 수송성의 안트라센 유도체를 사용하고, 녹색 발광층의 호스트에 NPB와 같은 정공 수송성의 방향족 아민 화합물을 사용하면, 청색 발광층과 녹색 발광층의 계면에서 발광을 얻을 수 있기 때문에, 바람직하다. 즉, 이 경우는 2PCAPA와 같은 녹색 발광 재료의 호스트로서는, NPB와 같은 방향족 아민 화합물이 바람직하다.

[0127] 황색 내지 오렌지색의 발광은, 예를 들어, 루브렌, 4-(디시아노메틸렌)-2-[p-(디메틸아미노)스티릴]-6-메틸-4H-피란(약칭: DCM1), 4-(디시아노메틸렌)-2-메틸-6-(9-줄로리딘)에틸-4H-피란(약칭: DCM2), 비스[2-(2-티에닐)피리디나토]아세틸아세토나토이리듐(약칭: $\text{Ir}(\text{thp})_2(\text{acac})$), 비스(2-페닐퀴놀리나토)아세틸아세토나토이리듐(약칭: $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$) 등을 게스트 재료로서 사용하여 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 얻어진다. 특히, 게스트 재료로서 루브렌과 같은 테트라센 유도체가 고효율 및 화학적으로 안정하기 때문에 바람직하다. 이 경우의 호스트 재료로서는, NPB와 같은 방향족 아민 화합물이 바람직하다. 다른 호스트 재료로서는, 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(약칭: Znq_2)나 비스[2-신나모일-8-퀴놀리놀라토]아연(약칭: Znsq_2) 등의 금속 착체를 사용할 수 있다. 또한, 폴리(2,5-디알콕시-1,4-페닐렌비닐렌) 등의 폴리머를 사용하여도 좋다.

[0128] 오렌지색 내지 적색의 발광은, 예를 들어, 4-(디시아노메틸렌)-2,6-비스[p-(디메틸아미노)스티릴]-4H-피란(약칭: BisDCM), 2-(2-{2-(4-(디메틸아미노)페닐)에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCM1), 4-(디시아노메틸렌)-2-메틸-6-(9-줄로리딘)에틸-4H-피란(약칭: DCM2), 비스[2-(2-티에닐)피리디나토]아세틸아세토나토이리듐(약칭: $\text{Ir}(\text{thp})_2(\text{acac})$) 등을 게스트 재료로서 사용하여 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 얻어진다. 비스(8-퀴놀리퀴놀라토)아연(약칭: Znq_2)나 비스[2-신나모일-8-퀴놀리놀라토]아연(약칭: Znsq_2) 등의 금속 착체로부터도 얻을 수 있다. 또한, 폴리(3-알킬티오펜) 등의 폴리머를 사용하여도 좋다. 적색 발광을 나타내는 게스트 재료로서는, 4-(디시아노메틸렌)-2,6-비스[p-(디메틸아미노)스티릴]-4H-피란(약칭: BisDCM), 2-(2-{2-(4-(디메틸아미노)페닐)에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCM1), 4-(디시아노메틸렌)-2-메틸-6-(9-줄로리딘)에틸-4H-피란(약칭: DCM2), {2-이소프로필-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1,1,7,7-테트라메틸-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: DCJTI), {2,6-비스[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: BisDCJTM)와 같은 4H-피란 유도체가 고효율이기 때문에 바람직하다. 특히, DCJTI, BisDCJTM은 620nm 부근에 발광 피크를 갖기 때문에 바람직하다.

[0129] 또한, 상기 구성에 있어서, 적합한 호스트 재료로서는, 발광성의 유기 화합물보다 발광색이 단파장의 것 또는 에너지 갭이 큰 것이면 좋다. 구체적으로는, 실시형태 1에서 나타난 예로 대표되는 정공 수송 재료나 전자 수송 재료 중에서 적절히 선택할 수 있다. 또한, 4,4'-비스(N-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 4,4', 4"-트리스(N-카르바졸릴)트리페닐아민(약칭: TCTA), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB) 등을 사용하여도 좋다.

[0130] 본 실시형태에서 나타난 발광 소자는, 제 1 EL층의 발광 스펙트럼 및 제 2 EL층의 발광 스펙트럼이 중첩한 결과, 청색 내지 청녹색의 파장 영역, 청녹색 내지 녹색의 파장 영역, 황색 내지 오렌지색의 파장 영역, 오렌지색 내지 적색의 파장 영역을 넓게 커버할 수 있는 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0131] 또한, 각 적층의 막 두께를 조절하여 의도적으로 광을 조금 간섭시킴으로써, 돌출한 예리한 피크의 발생을 억제하여 사다리꼴형의 발광 스펙트럼이 되도록 하여 연속적인 스펙트럼을 갖는 자연광(自然光)과 비슷하게 하여도 좋다. 또한, 각 적층의 막 두께를 조절하여 의도적으로 광을 조금 간섭시킴으로써, 발광 스펙트럼의 피크의 위치도 변화시킬 수 있다. 발광 스펙트럼에 나타내는 복수의 피크 강도를 대략 동일하게 되도록 각 적층의 막 두

계를 조절하여 더 서로 피크의 간격을 좁게 함으로써, 보다 사다리꼴형에 비슷한 발광 스펙트럼을 갖는 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0132] 또한, 실시형태에 있어서는, 복수층의 발광층의 각각에 있어서, 서로 보색(補色)이 되는 발광색을 중첩시킴으로써 백색 발광이 얻어지는 EL층을 나타낸다. 이하에 있어서, 보색의 관계에 의하여 백색 발광을 나타내는 EL층의 구체적인 구성을 설명한다.

[0133] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자에 형성된 EL층은, 예를 들어 정공 수송성이 높은 재료와, 제 1 발광 재료를 포함하는 제 1 층과, 정공 수송성이 높은 재료와 제 2 발광 재료를 포함하는 제 2 층과, 전자 수송성이 높은 재료와 제 2 발광 재료를 포함하는 제 3 층이 양극(101)으로부터 순차로 적층된 구성으로 할 수 있다.

[0134] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자의 EL층에 있어서, 백색광을 얻기 위해서는, 제 1 발광 재료와 제 2 발광 재료의 양쪽 모두가 발광할 필요가 있다. 따라서, EL층 내에서의 캐리어의 수송성을 조절하기 위해서는, 정공 수송성이 높은 재료 및 전자 수송성이 높은 재료는 모두 호스트 재료로 하는 것이 바람직하다. 또한, EL층에 사용할 수 있는 정공 수송성이 높은 재료, 또는 전자 수송성이 높은 재료로서는, 실시형태 1에서 예시한 재료를 적절히 사용할 수 있다.

[0135] 또한, 제 1 발광 재료 및 제 2 발광 재료는, 각각 발광색이 보색의 관계가 되는 재료를 선택하여 사용할 수 있다. 보색의 관계로서는, 청색과 황색, 또는 청녹색과 적색 등을 들 수 있다. 청색, 황색, 청녹색, 적색으로 발광하는 재료로서는, 예를 들어, 상기에서 열거한 발광 재료 중에서 적절히 선택하면 좋다. 또한, 제 2 발광 재료의 발광 파장을 제 1 발광 재료의 발광 파장보다 단파장으로 함으로써, 제 2 발광 재료의 여기 에너지의 일부를 제 1 발광 재료에 에너지 이동시켜 제 1 발광 재료를 발광시킬 수 있다. 따라서, 본 실시형태의 발광 소자에 있어서는, 제 2 발광 재료의 발광 피크 파장이 제 1 발광 재료의 발광 피크 파장보다 단파장인 것이 바람직하다.

[0136] 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자의 구성은, 제 1 발광 재료로부터의 발광과 제 2 발광 재료로부터의 발광의 양쪽 모두를 얻을 수 있고, 또 제 1 발광 재료와 제 2 발광 재료의 발광색이 서로 보색의 관계이기 때문에, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자의 구성으로 함으로써, 수명이 긴 발광 소자로 할 수 있다.

[0137] 또한, 본 실시형태에 나타내는 구성은, 다른 실시형태에 나타낸 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0139] (실시형태 6)

[0140] 본 실시형태에서는, 상기 실시형태에서 나타낸 발광 소자를 포함하는 발광 장치의 일 형태에 대해서 도 5(A) 내지 도 5(C)를 사용하여 설명한다. 도 5(A) 내지 도 5(C)는 상기 발광 장치의 단면도이다.

[0141] 도 5(A) 내지 도 5(C)에 있어서, 점선으로 사각형으로 둘러싸인 것은, 발광 소자(12)를 구동하기 위해서 형성되는 트랜지스터(11)이다. 발광 소자(12)는 제 1 전극(13)과 제 2 전극(14) 사이에 유기 화합물을 포함하는 층(15)을 갖고, 상기 유기 화합물을 포함하는 층은 n (n 은 2 이상의 자연수)층의 EL층을 갖고, m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째의 EL층과 ($m+1$)번째의 EL층의 사이에는, 양극 측으로부터 순차로 전자 주입 버퍼와, 전자 릴레이층과, 전하 발생 영역을 포함하는 층이다. 또한, 각각 EL층은, 적어도 발광층이 형성되고, 발광층 외에 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층 또는 전자 주입층을 적절히 형성하는 구성으로 한다. 즉, 발광 소자(12)는, 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 나타낸 바와 같은 구성이다. 트랜지스터(11)의 드레인 영역과 제 1 전극(13)은, 제 1 층간 절연막(16)(16a, 16b, 16c)을 관통하는 배선(17)에 의하여 전기적으로 접속된다. 또한, 발광 소자(12)는, 격벽층(18)에 의하여 인접하여 형성되는 다른 발광 소자와 분리된다. 이와 같은 구성을 갖는 본 실시형태의 발광 장치는, 본 실시형태에 있어서, 기판(10) 위에 형성된다.

[0142] 또한, 도 5(A) 내지 도 5(C)에 도시한 트랜지스터(11)는, 반도체층을 중심으로 하여 기판과 반대 측에 게이트 전극이 형성된 톱 게이트형의 트랜지스터이다. 다만, 트랜지스터(11)의 구조에 대해서는 특히 한정되지 않고, 예를 들어, 보텀 게이트형의 트랜지스터라도 좋다. 또한, 보텀 게이트의 경우에는, 채널을 형성하는 반도체층 위에 보호막이 형성된 것(채널 보호형)이라도 좋고, 또는 채널을 형성하는 반도체층의 일부가 오목 상태가 되는 것(채널 에치형)이라도 좋다.

[0143] 또한, 트랜지스터(11)를 구성하는 반도체층은, 결정성이라도 좋고, 비결정성이라도 좋다. 또한, 미결정 반도체

(마이크로크리스탈 반도체), 산화물 반도체 등을 사용하여도 좋다.

- [0144] 산화물 반도체층으로서, 인듐, 갈륨, 알루미늄, 아연 및 주석 중에서 선택한 원소의 복합 산화물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 산화아연(ZnO), 산화아연을 포함하는 산화인듐(IZO)이나 산화인듐과 산화갈륨과 산화아연으로 이루어지는 산화물(IGZO)을 그 예로서 들 수 있다. 또한, 결정성인 반도체층의 구체예로서는, 단결정 또는 다결정의 실리콘, 또는 실리콘 게르마늄 등으로 이루어지는 것을 들 수 있다. 이들은 레이저 결정화에 의하여 형성된 것이라도 좋고, 예를 들어, 니켈 등을 사용한 고상 성장법에 의한 결정화에 의하여 형성된 것이라도 좋다.
- [0145] 또한, 반도체층이 비정질의 재료, 예를 들어, 아모퍼스 실리콘으로 형성되는 경우에는, 트랜지스터(11) 및 그 외의 트랜지스터(발광 소자를 구동하기 위한 회로를 구성하는 트랜지스터)는 모두 N채널형 트랜지스터로 구성된 회로를 갖는 발광 장치인 것이 바람직하다. 또한, 많은 산화물 반도체, 예를 들어 산화아연(ZnO), 산화아연을 포함하는 산화인듐(IZO)이나 산화인듐과 산화갈륨과 산화아연으로 이루어지는 산화물(IGZO) 등은, N형의 반도체이기 때문에, 이들의 화합물을 활성층에 포함하는 트랜지스터는 N채널형이 된다. 그 이외에 대해서는, N채널형 또는 P채널형 중의 어느 하나의 트랜지스터로 구성된 회로를 갖는 발광 장치라도 좋고, 양쪽 모두의 트랜지스터로 구성된 회로를 갖는 발광 장치라도 좋다.
- [0146] 또한, 제 1 층간 절연막(16)은, 도 5(A) 및 도 5(C)에 도시한 바와 같이, 다층이라도 좋고, 또는 단층이라도 좋다. 또한, 층간 절연막(16a)는 산화실리콘이나 질화실리콘과 같은 무기물로 이루어지고, 층간 절연막(16b)는 아크릴이나 시록산(실리콘(Si)과 산소(O)의 결합으로 골격 구조가 구성되고, 치환기에 적어도 수소를 포함하는 유기기), 도포 성막할 수 있는 산화실리콘 등의 자기 평탄성을 갖는 재료로 이루어진다. 또한, 층간 절연막(16c)는, 아르곤(Ar)을 포함하는 질화실리콘막으로 이루어진다. 또한, 각 층을 구성하는 재료에 대해서는, 특히 한정되지 않고, 여기서 설명한 이외의 것을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 이외의 재료로 이루어지는 층을 더 조합하여도 좋다. 이와 같이, 층간 절연막(16a 내지 16c)은, 무기물 또는 유기물의 양쪽 모두를 사용하여 형성된 것이라도 좋고, 또는 무기막과 유기막 중의 어느 하나로 형성된 것이라도 좋다.
- [0147] 격벽층(18)은, 에지(edge)부에 있어서, 곡률 반경이 연속적으로 변화하는 형상인 것이 바람직하다. 또한, 격벽층(18)은, 아크릴이나 시록산, 레지스트, 산화실리콘막 등을 사용하여 형성된다. 또한, 격벽층(18)은, 무기막과 유기막 중의 어느 하나로 형성된 것이라도 좋고, 또는 양쪽 모두를 사용하여 형성된 것이라도 좋다.
- [0148] 또한, 도 5(A) 및 도 5(C)에서는, 제 1 층간 절연막(16a 내지 16c)만이 트랜지스터(11)와 발광 소자(12)의 사이에 형성된 구성이지만, 도 5(B)에 도시한 바와 같이, 제 1 층간 절연막(16)(16a 및 16b) 외에, 제 2 층간 절연막(19)(19a, 19b)이 형성된 구성이라도 좋다. 도 5(B)에 도시한 발광 장치에 있어서는, 제 1 전극(13)은 제 2 층간 절연막(19)을 관통하여 배선(17)과 접속한다.
- [0149] 제 2 층간 절연막(19)은, 제 1 층간 절연막(16)과 마찬가지로 다층이라도 좋고, 또는 단층이라도 좋다. 층간 절연막(19a)는 아크릴이나 시록산(실리콘(Si)과 산소(O)의 결합으로 골격 구조가 구성되고, 치환기에 적어도 수소를 포함하는 유기기), 도포 성막할 수 있는 산화실리콘 등의 자기 평탄성을 갖는 재료로 이루어진다. 또한, 층간 절연막(19b)는, 아르곤(Ar)을 포함하는 질화실리콘막으로 이루어진다. 또한, 각 층을 구성하는 재료에 대해서는, 특히 한정되지 않고, 여기서 설명한 이외의 것을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 이외의 재료로 이루어지는 층을 더 조합하여도 좋다. 이와 같이, 층간 절연막(19a 및 19b)은, 무기물 또는 유기물의 양쪽 모두를 사용하여 형성된 것이라도 좋고, 또는 무기막과 유기막 중의 어느 하나로 형성된 것이라도 좋다.
- [0150] 발광 소자(12)에 있어서, 제 1 전극 및 제 2 전극의 양쪽 모두가 투광성을 갖는 재료로 구성되는 경우, 도 5(A)의 테두리 화살표로 도시되는 바와 같이, 제 1 전극(13) 측과 제 2 전극(14) 측의 양쪽 모두로부터 발광을 추출할 수 있다. 또한, 제 2 전극(14)만이 투광성을 갖는 재료로 구성되는 경우, 도 5(B)의 테두리 화살표로 도시되는 바와 같이, 제 2 전극(14) 측만으로부터 발광을 추출할 수 있다. 이 경우, 제 1 전극(13)은 반사율이 높은 재료로 구성되는 또는, 반사율이 높은 재료로 이루어지는 막(반사막)이 제 1 전극(13)의 하방에 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 제 1 전극(13)만이 투광성을 갖는 재료로 구성되는 경우, 도 5(C)의 테두리 화살표로 도시되는 바와 같이, 제 1 전극(13) 측으로부터 발광을 추출할 수 있다. 이 경우, 제 2 전극(14)은 반사율이 높은 재료로 구성되는 것 또는 반사막이 제 2 전극(14)의 상방에 형성되는 것이 바람직하다.
- [0151] 또한, 발광 소자(12)는, 전압을 인가할 때에 제 1 전극(13)의 전위보다 제 2 전극(14)의 전위가 높게 동작하도록 층(15)이 적층된 것이라도 좋고, 또는 전압을 인가할 때에, 제 1 전극(13)의 전위보다 제 2 전극(14)의 전위가 낮게 동작하도록 층(15)이 적층되는 것이라도 좋다. 전자의 경우, 트랜지스터(11)는 N채널형 트랜지스터이

며, 후자의 경우, 트랜지스터(11)는 P채널형 트랜지스터이다.

- [0152] 또한, 도 5(A) 내지 도 5(C)에 도시한 단면도에서는, 발광 소자를 하나만 도시하지만, 화소부에 있어서 복수의 발광 소자가 매트릭스 상태로 배치되는 것으로 한다. 또한, R(적), G(녹), B(청)의 색 요소로 이루어지는 컬러 표시를 행하는 경우, 화소부에는 3종류(R, G, B)의 발광을 얻을 수 있는 발광 소자가 각각 복수 형성된다. 또한, 색 요소는 3색으로 한정되지 않고, 4색 이상을 사용하여도 좋고, RGB 외의 색을 사용하여도 좋다. 예를 들어, 백색을 더하여 RGBW(W는 백색)로 할 수도 있다.
- [0153] 색 요소가 상이한 발광 소자의 제작 방법으로서, 각각 EL층마다 나누어 도포하는 방법, 모든 EL층을 백색 발광을 얻을 수 있도록 형성하여 컬러 필터와 조합함으로써 상이한 색 요소의 발광 소자를 얻는 방법, 모든 EL층을 청색 발광 또는 청색 발광보다 단파장의 발광을 얻을 수 있도록 형성하여 색 변환층과 조합함으로써 상이한 색 요소의 발광 소자를 얻는 방법 등을 사용할 수 있다.
- [0154] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 트랜지스터에 의하여 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형의 발광 장치에 대해서 설명하였지만, 이 외에 트랜지스터 등의 구동용의 소자를 발광 소자와 동일 기판 위에 형성하지 않고, 발광 소자를 구동시키는 패시브 매트릭스형의 발광 장치라도 좋다. 도 6(A)에는, 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 나타난 발광 소자를 적용하여 제작한 패시브 매트릭스형의 발광 장치의 사시도를 도시한다. 또한, 도 6(B)는 도 6(A)의 파선 X-Y에 있어서의 단면도이다.
- [0155] 도 6(A) 및 도 6(B)에 있어서, 기판(951) 위에는 전극(952)과 전극(956)의 사이에는 유기 화합물을 포함하는 층(955)이 형성된다. 상기 유기 화합물을 포함하는 층은, n (n 은 2 이상의 자연수)층의 EL층을 갖고, m (m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$)번째의 EL층과 $(m+1)$ 번째의 EL층의 사이에는, 양극 측으로부터 순차로 전자 주입 버퍼와, 전자 릴레이층과, 전하 발생 영역을 포함하는 층이다. 또한, 각각 EL층은, 적어도 발광층이 형성되고, 발광층 외에 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층 또는 전자 주입층을 적절히 형성하는 구성으로 한다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮인다. 그리고, 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 형성된다. 격벽층(954)의 측벽은, 기판면에 가까워짐에 따라, 한쪽의 측벽과 다른 쪽의 측벽의 간격이 좁게 되는 경사를 갖는 것이 바람직하다. 즉, 격벽층(954)의 단면 방향의 단면은, 사다리꼴 형상이며, 저면(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하여 절연층(953)과 접하는 면)이 상변(上邊)(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하여 절연층(953)과 접하지 않는 면)보다 짧다. 이와 같이, 격벽층(954)을 형성함으로써, 정전기 등에 기인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다. 패시브 매트릭스형의 발광 장치에 있어서도, 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 나타난 발광 소자를 포함함으로써, 저소비 전력의 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0156] 본 실시형태에서 나타난 발광 장치는, 상기 실시형태에서 일례를 도시한 발광 소자를 사용하기 때문에, 고휘도 및 저구동 전압이며, 나아가서는 소비 전력이 낮은 발광 장치로 할 수 있다.
- [0158] (실시형태 7)
- [0159] 본 실시형태에서는, 실시형태 6에서 나타내는 발광 장치를 그 일부에 포함하는 전자 기기에 대해서 설명한다. 본 실시형태에서 나타내는 전자 기기는, 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 나타난 발광 소자를 포함하고, 고휘도로 구동 전압이 낮고, 소비 전력이 저감된 표시부를 갖는다.
- [0160] 본 실시형태의 전자기기로서는, 비디오 카메라, 디지털 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이, 네비게이션 시스템, 음향 재생 장치(카 오디오, 오디오 컴포넌트시스템 등), 컴퓨터, 게임 기기, 휴대 정보 단말(모바일 컴퓨터, 휴대 전화, 휴대형 게임기 또는 전자 서적 등), 기록 매체를 구비한 화상 재생 장치(구체적으로는, Digital Versatile Disc(DVD) 등의 기록 매체를 재생하고, 그 화상을 표시할 수 있는 표시장치 등을 구비한 장치) 등을 들 수 있다. 이들 전자 기기의 구체예를 도 7(A) 내지 도 7(E)에 도시한다.
- [0161] 도 7(A)는 휴대 정보 단말 기기(9200)의 일례를 도시한다. 휴대 정보 단말 기기(9200)는, 컴퓨터를 내장하고, 다양한 데이터 처리를 행할 수 있다. 이와 같은 휴대 정보 단말 기기(9200)로서는, PDA(Personal Digital Assistance)를 들 수 있다.
- [0162] 휴대 정보 단말 기기(9200)는, 케이스(9201) 및 케이스(9203)의 2개의 케이스로 구성된다. 케이스(9201)와 케이스(9203)는, 연결부(9207)에서 접을 수 있도록 연결된다. 케이스(9201)에는 표시부(9202)가 조립되고, 케이스(9203)는 키 보드(9205)를 구비한다. 물론, 휴대 정보 단말 기기(9200)의 구성은 상술한 것에 한정되지 않고, 그 외 부속 설비가 적절히 형성된 구성으로 할 수 있다. 표시부(9202)는, 상기 실시형태에서 설명한 것

과 같은 발광 소자를 매트릭스 상태로 배열하여 구성된다. 상기 발광 소자는 고휘도로 구동 전압이 낮고, 소비 전력이 작다는 특징을 갖는다. 그 발광 소자로 구성되는 표시부(9202)도 같은 특징을 갖기 때문에, 이 휴대 정보 단말 기기는 저소비 전력화가 도모된다.

[0163] 도 7(B)는 본 실시형태에 따른 디지털 비디오 카메라(9500)의 일례를 도시한다. 디지털 비디오 카메라(9500)는, 케이스(9501)에 표시부(9503)가 조립되고, 그 외에 각종 조작부가 형성된다. 또한, 디지털 비디오 카메라(9500)의 구성은 특히 한정되지 않고, 그 외의 부속 설비가 적절히 형성된 구성으로 할 수 있다.

[0164] 이 디지털 비디오 카메라에 있어서, 표시부(9503)는, 상기 실시형태에서 설명한 것과 마찬가지로의 발광 소자를 매트릭스 상태로 배열하여 구성된다. 상기 발광 소자는, 구동 전압이 낮고, 고휘도로 소비 전력이 작다는 특징을 갖는다. 그 발광 소자로 구성되는 표시부(9503)도 같은 특징을 갖기 때문에, 이 디지털 비디오 카메라는 저소비 전력화가 도모된다.

[0165] 도 7(C)는 본 실시형태에 따른 휴대 전화기(9100)의 일례를 도시한다. 휴대 전화기(9100)는 케이스(9102) 및 케이스(9101)의 2개의 케이스로 구성되고, 연결부(9103)에 의하여 접을 수 있도록 연결된다. 케이스(9102)에는 표시부(9104)가 내장되고, 케이스(9101)에는 조작 키(9106)가 형성된다. 또한, 휴대 전화기(9100)의 구성은 특히 한정되지 않고, 그 외의 부속 설비가 적절히 형성된 구성으로 할 수 있다.

[0166] 이 휴대 전화기에 있어서, 표시부(9104)는 상기 실시형태에서 설명한 것과 같은 발광 소자를 매트릭스 상태로 배열하여 구성된다. 상기 발광 소자는 고휘도이고, 구동 전압이 낮고, 소비 전력이 작다는 특징을 갖는다. 그 발광 소자로 구성되는 표시부(9104)도 같은 특징을 갖기 때문에, 이 휴대 전화는 저소비 전력화가 도모된다. 또한, 휴대 전화기 등에 형성된 디스플레이의 백 라이트로서, 상기 실시형태에서 나타낸 발광 소자를 사용하여도 좋다.

[0167] 도 7(D)는 휴대할 수 있는 컴퓨터(9400)의 일례를 도시한다. 컴퓨터(9400)는, 개폐(開閉)할 수 있도록 연결된 케이스(9401)와 케이스(9404)를 구비한다. 케이스(9401)에는 표시부(9402)가 내장되고, 케이스(9404)는 키 보드(9403) 등을 구비한다. 또한, 컴퓨터(9400)의 구성은 특히 한정되지 않고, 그 외 부속 설비가 적절히 형성된 구성으로 할 수 있다.

[0168] 이 컴퓨터에 있어서, 표시부(9402)는 상기 실시형태에서 설명한 것과 같은 발광 소자를 매트릭스 상태로 배열하여 구성된다. 상기 발광 소자는 고휘도이고, 구동 전압이 낮고, 소비 전력이 작다는 특징을 갖는다. 그 발광 소자로 구성되는 표시부(9402)도 같은 특징을 갖기 때문에, 이 컴퓨터는 저소비 전력화가 도모된다.

[0169] 도 7(E)는 텔레비전 장치(9600)의 일례를 도시한다. 텔레비전 장치(9600)는, 케이스(9601)에 표시부(9603)가 내장된다. 표시부(9603)에 의하여 영상을 표시할 수 있다. 또한, 여기서는 스탠드(stand)(9605)에 의하여 케이스(9601)를 지지한 구성을 도시한다.

[0170] 텔레비전 장치(9600)의 조작은, 케이스(9601)가 구비하는 조작 스위치나, 별체(別體)의 리모트 컨트롤러(9610)에 의하여 행할 수 있다. 리모트 컨트롤러(9610)가 구비하는 조작 키(9609)에 의하여 채널이나 음량의 조작을 행할 수 있고, 표시부(9603)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤러(9610)에 상기 리모트 컨트롤러(9610)로부터 출력하는 정보를 표시하는 표시부(9607)를 형성하는 구성으로 하여도 좋다.

[0171] 또한, 텔레비전 장치(9600)는, 수신기나 모뎀 등을 구비한 구성으로 한다. 수신기에 의하여 일반적인 텔레비전 방송을 수신할 수 있고, 또 모뎀을 통하여 유선 또는 무선으로 통신 네트워크에 접속함으로써, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자간, 또는 수신자끼리)의 정보 통신을 행할 수도 있다.

[0172] 이 텔레비전 장치에 있어서 표시부(9607), 표시부(9603)의 적어도 하나는, 상기 실시형태에서 설명한 것과 같은 발광 소자를 매트릭스 상태로 배열하여 구성된다. 상기 발광 소자는, 고휘도이고 구동 전압이 낮고, 소비 전력이 작다는 특징을 갖는다. 그 발광 소자로 구성되는 표시부도 같은 특징을 갖는다.

[0173] 상술한 바와 같이, 상기 실시형태에서 나타낸 발광 장치의 적용 범위는 극히 넓고, 이 발광 장치를 다양한 분야의 전자 기기에 적용할 수 있다. 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 나타낸 발광 소자를 사용함으로써, 고휘도의 발광을 나타내고, 저소비 전력의 표시부를 갖는 전자 기기를 제공할 수 있다.

[0174] 또한, 상기 실시형태에서 나타낸 발광 장치는, 조명 장치로서 사용할 수도 있다. 상기 실시형태에서 나타낸 발광 장치를 조명 장치로서 사용하는 일 형태를 도 8을 사용하여 설명한다.

[0175] 도 8은 상기 실시형태에서 일례를 나타낸 발광 장치를, 조명 장치인 전기 스탠드, 및 실내의 조명 장치로서 사

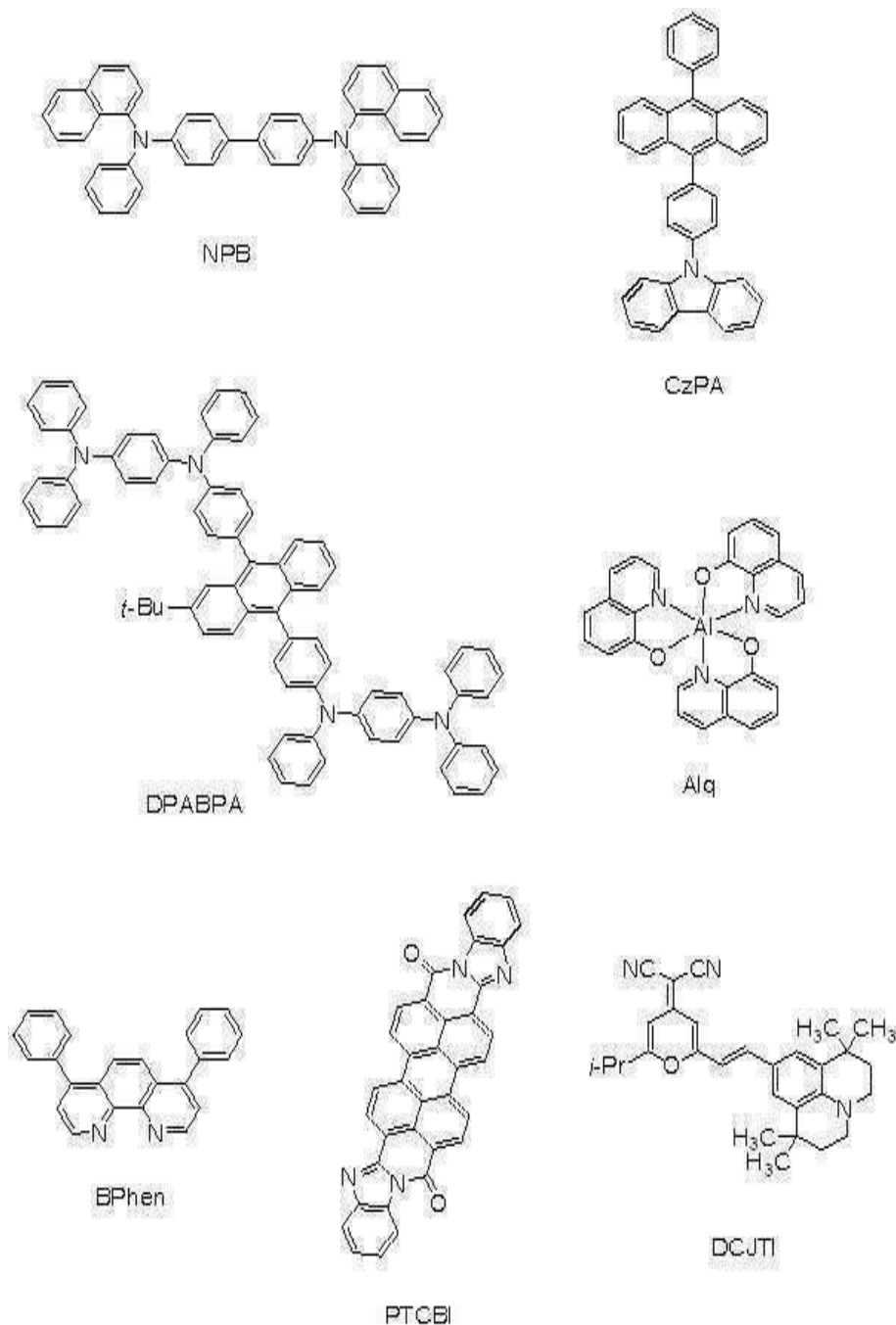
용한 예이다. 도 8에 도시한 전기 스탠드는, 광원(3000)을 갖고, 광원(3000)으로서 상기 실시형태에서 일례를 나타낸 발광 장치가 사용된다. 따라서, 소비 전력이 낮은 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 이 발광 장치는 대면적화가 가능하기 때문에, 조명 장치를 대면적의 조명으로서 사용할 수 있다. 또한, 이 발광 장치는 박형이고 저소비 전력이기 때문에, 박형화, 저소비 전력화의 조명 장치로서 사용할 수 있다. 또한, 이 발광 장치는, 플렉시블화가 가능하기 때문에, 예를 들어, 조명 장치(3002)와 같이, 롤(roll)형의 조명으로 할 수 있다. 이와 같이, 본 실시형태에서 나타내는 발광 장치를 실내의 조명 장치(3001, 3002)로서 사용한 방에 도 7(E)에서 설명한 바와 같은 텔레비전 장치를 설치할 수도 있다.

[0176] 상술한 바와 같이, 실시형태 6에서 나타낸 발광 장치의 적용 범위는 극히 넓어, 다양한 분야의 전자 기기에 사용할 수 있다. 또한, 본 실시형태는, 실시형태 1 내지 실시형태 5와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0178] [실시예 1]

[0179] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A) 및 도 9(B)를 사용하여 설명한다. 본 실시예 및 실시예 2 내지 실시예 6에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다.

[0180] [화학식 1]



[0181]

[0182] 이하에, 본 실시예의 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 제작 방법을 나타낸다.

[0183] 우선, 발광 소자 1에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 유리 기판(2100) 위에 산화실리콘을 포함하는 인듐주석 산화물을 스퍼터링법에 의하여 성막하고, 제 1 전극(2101)을 형성하였다. 또한, 그 막 두께는 110nm로 하여 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다.

[0184] 다음, 제 1 전극(2101)이 형성된 면이 하방이 되도록 제 1 전극(2101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 형성된 기판 홀더에 고정하여 10^{-4} Pa 정도까지 감압한 후, 제 1 전극(2101) 위에 정공 수송성이 높은 재료인 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB)과, 역셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착(共蒸着)함으로써, 유기 화합물과 무기 화합물을 복합하여 이루어지는 복합 재료를 포함하는, 제 1 전하 발생 영역(2103a)을 형성하였다. 그 막 두께는, 50nm로 하고, NPB와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량 비율로 4:1(=NPB:산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.

- [0185] 다음에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 1 전하 발생 영역(2103a) 위에 NPB를 10nm의 막 두께가 되도록 형성하고, 정공 수송층(2103b)을 형성하였다.
- [0186] 또한, 9-[4-(N-카르바졸릴)]페닐-10-페닐안트라센(약칭: CzPA)과, 9,10-비스 {4-[N-(4-디페닐아미노)페닐-N-페닐아미노]페닐} -2-*tert*-부틸안트라센(약칭: DPABPA)을 공증착함으로써, 정공 수송층(2103b) 위에 30nm의 막 두께의 발광층(2103c)을 형성하였다. 여기서, CzPA와 DPABPA의 중량 비율은, 1:0.1(=CzPA:DPABPA)이 되도록 조절하였다. 또한, CzPA는 전자 수송성을 갖는 재료이고, 게스트 재료인 DPABPA는 청녹색의 발광을 나타내는 재료이다.
- [0187] 그 후, 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여 발광층(2103c) 위에 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Alq)을 10nm의 막 두께가 되도록 형성하고, 전자 수송층(2103d)을 형성하였다. 이로써, 제 1 전하 발생 영역(2103a), 정공 수송층(2103b), 발광층(2103c), 및 전자 수송층(2103d)을 포함하는 제 1 EL층(2103)을 형성하였다.
- [0188] 다음에, 바소페난트롤린(약칭: BPhen)과 리튬(Li)을 공증착함으로써, 전자 수송층(2103d) 위에 10nm의 막 두께의 전자 주입 버퍼(2104)를 형성하였다. 여기서, BPhen과 Li의 중량 비율은 1:0.02(=BPhen:Li)가 되도록 조절하였다.
- [0189] 다음에, 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭-비스-벤즈이미다졸(약칭: PTCBI)을 증착함으로써, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 3nm의 막 두께의 전자 릴레이층(2105)을 형성하였다. 또한, PTCBI의 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정의 결과에 의하면 -4.0eV 정도이다.
- [0190] 다음에, 전자 릴레이층(2105) 위에 정공 수송성이 높은 재료인 NPB와 엑셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써, 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 그 막 두께는, 20nm로 하여 NPB와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량 비율로 4:1(=NPB:산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다.
- [0191] 다음에, 제 2 전하 발생 영역(2106) 위에 제 2 EL층(2107)을 제작하였다. 그 제작 방법은, 우선, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여 제 2 전하 발생 영역(2106) 위에 NPB를 10nm의 막 두께가 되도록 형성하고, 정공 수송층(2107a)을 형성하였다.
- [0192] 그 후, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Alq)과, 4-디시아노메틸렌-2-이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[*ij*]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란(약칭: DCJTI)을 공증착함으로써, 정공 수송층(2107a) 위에 40nm의 막 두께의 발광층(2107b)을 형성하였다. 여기서, Alq와 DCJTI의 중량 비율은 1:0.01(=Alq:DCJTI)이 되도록 조절하였다. 또한, Alq는 전자 수송성을 갖는 재료이고, 게스트 재료인 DCJTI는 적색의 발광을 나타내는 재료이다.
- [0193] 다음에, 발광층(2107b) 위에 Alq를 막 두께 10nm, 다음에 BPhen을 20nm 증착하여 적층함으로써, 전자 수송층(2107c)을 형성하였다. 전자 수송층(2107c) 위에 불화리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착함으로써 전자 주입층(2107d)을 형성하였다. 이로써, 정공 수송층(2107a), 발광층(2107b), 전자 수송층(2107c), 전자 주입층(2107d)을 포함하는 제 2 EL층(2107)을 형성하였다.
- [0194] 마지막으로, 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여 전자 주입층(2107d) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 형성함으로써, 제 2 전극(2102)을 형성함으로써 발광 소자 1을 제작하였다.
- [0195] 다음, 비교 발광 소자 1에 대해서 설명한다(도 9(B) 참조). 비교 발광 소자 1은 발광 소자 1로부터 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는 발광 소자 1과 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 1에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 상술한 방법에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 1을 얻는다.
- [0196] 이하의 표 1에 발광 소자 1, 및 비교 발광 소자 1의 소자 구조를 나타낸다.

표 1

	2101	2103				2104	2105	2106	2107				2102	
		2103a	2103b	2103c	2103d				2107a	2107b	2107c	2107d		
발광 소자1	ITO 110nm	NFB: MoOx (=4:1) 50nm	NFB 10nm	CsFA: DPABFA (=1:0.1) 80nm	Alq 10nm	Bphen: Li (=1:0.02) 10nm	PTCEB 3nm	NFB: MoOx (=4:1) 20nm	NFB 10nm	Alq: DCJTI (=1:0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자1	ITO 110nm	NFB: MoOx (=4:1) 50nm	NFB 10nm	CsFA: DPABFA (=1:0.1) 80nm	Alq 10nm	Bphen: Li (=1:0.02) 10nm	-	NFB: MoOx (=4:1) 20nm	NFB 10nm	Alq: DCJTI (=1:0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0197]

[0198]

상기에 따라 얻어진 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1를 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0199]

발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전압-휘도 특성을 도 10에 도시한다. 도 10에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 11에 도시한다. 도 11에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 2에 나타낸다.

표 2

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)
발광 소자1	11	(0.31,0.28)	3.7
비교 발광 소자1	12	(0.32,0.29)	4.2

[0200]

[0201]

또한, 표 2의 CIE 색도 좌표로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1은 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 DPABPA에 유래한 청녹색 발광과 제 2 EL층(2107)에 포함되는 DCJTI에 유래한 적색 발광의 양쪽 모두를 얻을 수 있기 때문이다.

[0202]

도 10을 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 1은, 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 1과 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 11을 보면, 발광 소자 1은 비교 발광 소자 1과 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0203]

상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 1이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 1은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0205]

[실시예 2]

[0206]

본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 12를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 먼저 설명한 실시예와 동일 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0207]

이하에 본 실시예의 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2의 제작 방법을 나타낸다.

[0208]

우선, 발광 소자 2에 대해서 설명한다(도 12(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 2는 전자 릴레이층(2105)까지는 실시예 1에서 나타낸 발광 소자 1과 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 발광 소자 2에 있어서는, 전자 릴레이층(2105) 위에 억셉터 재료인 산화몰리브덴(VI)을 20nm, 다음에 정공 수송성이 높은 재료인 NPB를 10nm 증착하여 적층함으로써, 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다.

[0209]

다음에, 제 2 전하 발생 영역(2106) 위에 제 2 EL층(2108)을 제작하였다. 그 제작 방법은, 우선, Alq와 DCJTI를 공증착함으로써, 제 2 전하 발생 영역(2106) 위에 40nm의 막 두께의 발광층(2108a)을 형성하였다. 여기서, Alq와 DCJTI의 중량 비율은 1:0.01(=Alq:DCJTI)이 되도록 조절하였다. 또한, Alq는 전자 수송성을 갖는 재료이고, 게스트 재료인 DCJTI는 적색의 발광을 나타내는 재료이다.

[0210] 다음, 발광층(2108a) 위에 Alq를 막 두께 10nm, 다음에 BPhen을 20nm 증착하여 적층함으로써, 전자 수송층(2108b)을 형성하였다. 전자 수송층(2108b) 위에 불화리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착함으로써 전자 주입층(2108c)을 형성하였다. 이로써, 발광층(2108a), 전자 수송층(2108b), 전자 주입층(2108c)을 포함하는 제 2 EL층(2108)을 형성하였다.

[0211] 마지막으로, 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여 전자 주입층(2108c) 위에 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 형성함으로써 제 2 전극(2102)을 형성함으로써 발광 소자 2를 제작하였다.

[0212] 다음에, 비교 발광 소자 2에 대해서 설명한다(도 12(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 2는, 발광 소자 2로부터 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는 발광 소자 2와 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 2에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 상술한 방법으로 본 실시예의 비교 발광 소자 2를 얻었다.

[0213] 이하의 표 3에 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2의 소자 구조를 나타낸다.

표 3

	2101	2103				2104	2105	2106		2108			2102	
		2103a	2103b	2103c	2103d					2108a	2108b	2108c		
발광 소자2	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CzPA : DPABFA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm	Bphen : Li (=1 : 0.02) 10nm	PTCBI 3nm	MoOx 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTI (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자2	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CzPA : DPABFA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm	Bphen : Li (=1 : 0.02) 10nm	-	MoOx 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTI (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0214]

[0215] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2를 질소 분위기의 글로브 박스 내에서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0216] 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2의 전압-휘도 특성을 도 13에 도시한다. 도 13에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 14에 도시한다. 도 14에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 4에 나타낸다.

표 4

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)
발광 소자2	12	(0.31,0.27)	3
비교 발광 소자2	13	(0.31,0.29)	3.8

[0217]

[0218] 또한, 표 4의 CIE 색도 좌표로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 2는 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 DPABPA에 유래한 청녹색 발광과 제 2 EL층(2108)에 포함되는 DCJT에 유래한 적색 발광의 양쪽 모두를 얻을 수 있었기 때문이다.

[0219] 도 13을 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 2는, 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 2와 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 14를 보면, 발광 소자 2는 비교 발광 소자 2와 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0220] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 2가 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 2는 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0222] [실시예 3]

[0223] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 있어서, 도 9(A) 및 도 9(B)를 사용하여 설명한다. 또한,

본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0224] 이하에 본 실시예의 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 3의 제작 방법을 나타낸다.

[0225] 우선, 발광 소자 3에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 3은, 제 1 EL층(2103)의 전자 수송층(2103d), 및 전자 주입 버퍼(2104) 이외는 실시예 1에서 나타낸 발광 소자 1과 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 발광 소자 3에 있어서는, 발광층(2103c) 위에 Alq를 막 두께 10nm, 다음에 BPhen를 10nm 증착하여 적층함으로써, 전자 수송층(2103d)을 형성하였다.

[0226] 다음, 전자 수송층(2103d) 위에 산화리튬(Li₂O)을 0.1nm 증착함으로써 전자 주입 버퍼(2104)를 형성하였다. 상술한 공정에 의하여 본 실시예의 발광 소자 3을 얻었다.

[0227] 다음에, 비교 발광 소자 3에 대해서 설명한다(도 9(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 3은, 발광 소자 3으로부터 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는, 발광 소자 3과 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 3에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 상술한 방법으로 본 실시예의 비교 발광 소자 3을 얻었다.

[0228] 이하의 표 5에 발광 소자 3, 및 비교 발광 소자 3의 소자 구조를 나타낸다.

표 5

	2101	2103				2104	2105	2106	2107				2108
		2103a	2103b	2103c	2103d				2107a	2107b	2107c	2107d	
발광 소자3	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CzPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	PTCB 3nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJT (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자3	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CzPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	-	NPB : MoOx (=4 : 1) 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJT (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0229]

[0230] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 3을 질소 분위기의 글로브 박스 내에서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0231] 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 도 15에 도시한다. 도 15에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 16에 도시한다. 도 16에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 6에 나타낸다.

표 6

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자3	11	(0.31,0.27)	3.6	2.7
비교 발광 소자3	12	(0.31,0.29)	4.3	3

[0232]

[0233] 또한, 표 6의 CIE 색도 좌표로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 3은 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 DPABPA에 유래한 청녹색 발광과 제 2 EL층(2107)에 포함되는 DCJT에 유래한 적색 발광의 양쪽 모두를 얻을 수 있기 때문이다.

[0234] 도 15를 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 3은, 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 3과 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 16을 보면, 발광 소자 3은 비교 발광 소자 3과 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0235] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 3이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 3은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0237] [실시예 4]

[0238] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 12(A) 및 도 12(B)를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0239] 이하에 본 실시예의 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 4의 제작 방법을 나타낸다.

[0240] 우선, 발광 소자 4에 대해서 설명한다(도 12(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 4는 제 1 EL층(2103)의 전자 수송층(2103d), 및 전자 주입 버퍼층(2104) 이외는, 실시예 2에서 나타낸 발광 소자 2와 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 발광 소자 4에 있어서는, 발광층(2103c) 위에 Alq를 막 두께 10nm, 다음에 BPhen를 10nm 증착하여 적층함으로써, 전자 수송층(2103d)을 형성하였다.

[0241] 다음에, 전자 수송층(2103d) 위에 산화리튬(Li₂O)을 0.1nm 증착함으로써, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성하였다. 이상의 공정에 의하여 본 실시예의 발광 소자 4를 얻었다.

[0242] 다음에, 비교 발광 소자 4에 대해서 설명한다(도 12(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 4는, 발광 소자 4로부터 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는 발광 소자 4와 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 4에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 이상의 공정에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 4를 얻었다.

[0243] 이하의 표 7에 발광 소자 4, 및 비교 발광 소자 4의 소자 구조를 나타낸다.

표 7

	2101	2103				2104	2105	2106			2108			2102	
		2103a	2103b	2103c	2103d			2106a	2106b	2106c	2108a	2108b	2108c		
발광 소자4	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CsPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm	Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	PTCBI 3nm	MoOx 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTI (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자4	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CsPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm	Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	-	MoOx 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTI (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0244]

[0245] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 4를 질소 분위기의 글로브 박스 내에서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0246] 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 도 17에 도시한다. 도 17에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 18에 도시한다. 도 18에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 8에 나타낸다.

표 8

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자4	11	(0.30,0.26)	3	2.3
비교 발광 소자4	13	(0.30,0.28)	3.9	2.8

[0247]

[0248] 또한, 표 8의 CIE 색도 좌표로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 4는 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 DPABPA에 유래한 청녹색 발광과 제 2 EL층(2108)에 포함되는 DCJTI에 유래한 적색 발광의 양쪽 모두를 얻을 수 있기 때문이다.

[0249] 도 17을 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 4는, 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 4와 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 18을 보면, 발광 소자 4는 비교 발광 소자 4와 비

교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0250] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 4가 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 4는 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0252] [실시예 5]

[0253] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A)를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0254] 이하에 본 실시예의 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 5의 제작 방법을 나타낸다.

[0255] 본 실시예의 발광 소자 3은, 실시예 3에서 나타낸 발광 소자 3과 마찬가지로 제작하였다(도 9(A) 참조). 또한, 본 실시예의 비교 발광 소자 5는, 제 2 전하 발생 영역(2106) 이외는 발광 소자 3과 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 비교 발광 소자 5에 있어서는, 전자 릴레이층(2105) 위에 NPB를 막 두께 20nm로 증착함으로써, 제 2 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다(도 9(A) 참조). 상술한 공정에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 5를 얻었다.

[0256] 이하의 표 9에 발광 소자 3, 및 비교 발광 소자 5의 소자 구조를 나타낸다.

표 9

	2101	2103				2104	2105	2106	2107				2102
		2103a	2103b	2103c	2103d				2107a	2107b	2107c	2107d	
발광 소자3	ITO 110nm	NPB : MoO _x (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CaPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	PTCBI 3nm	NPB : MoO _x (=4 : 1) 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTl (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자5	ITO 110nm	NPB : MoO _x (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CaPA : DPABPA (=1 : 0.1) 30nm	Alq 10nm Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	PTCBI 3nm	NPB 20nm	NPB 10nm	Alq : DCJTl (=1 : 0.01) 40nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0257]

[0258] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 5를 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0259] 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 도 19에 도시한다. 도 19에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 20에 도시한다. 도 20에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 10에 나타낸다.

표 10

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자3	11	(0.31,0.27)	3.6	2.7
비교 발광 소자5	21	(0.21,0.21)	1.7	1.4

[0260]

[0261] 또한, 발광 소자 3은 실시예 3에서 설명한 바와 같이, 백색의 발광을 나타내지만, 비교 발광 소자 5는 DCJTl에 유래하는 적색의 스펙트럼의 강도가 약하고, 청녹색의 발광을 나타낸다(표 10의 색도 좌표 참조). 따라서, 제 2 전하 발생 영역(2106)이 정공 수송성이 높은 재료(본 실시예에 있어서는, NPB)만으로 이루어지는 경우는, 정공이 제 2 EL층(2107)에 주입되기 어려운 것이 시사(示唆)된다.

[0262] 한편, 발광 소자 3은 제 2 전하 발생 영역(2106)에 정공 수송성이 높은 재료(본 실시예에 있어서는, NPB)과, 엑셉터성 재료(본 실시예에 있어서는, 산화몰리브덴)를 포함하기 때문에, 제 2 전하 발생 영역(2106)에 있어서 전자의 수수가 생기고, 제 2 전하 발생 영역(2106)에 있어서, 정공 및 전자가 발생한다. 발생한 정공은 전압 인가에 의하여 용이하게 NPB 위를 이동하여 제 2 EL층(2107)에 주입된다. 또한, 전자는 전압 인가에 의하여 용이

하게 전자 릴레이층(2105)에 주입되어 제 1 EL층(2103)에 도달한다. 따라서, 도 19에 도시한 바와 같이, 발광 소자 3은 비교 발광 소자 5와 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있다. 또한, 도 20에 도시한 바와 같이, 발광 소자 3은 비교 발광 소자 5와 비교하여 낮은 전압으로 보다 많은 전류를 흘릴 수 있다.

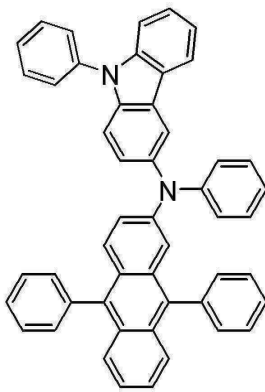
[0263] 상술한 바와 같이, 본 실시예의 발광 소자 3이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 3은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0265] [실시예 6]

[0266] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A) 및 도 21을 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0267] 본 실시예에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다. 또한, 이미 구조식을 나타낸 재료에 대해서는, 생략한다.

[0268] [화학식 2]



2PCAPA

[0269]

[0270] 이하에 본 실시예의 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6의 제작 방법을 나타낸다.

[0271] 우선, 발광 소자 5에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 5는, 제 1 EL층(2103)의 발광층(2103c), 및 제 2 EL층(2107)의 발광층(2107b) 이외는 실시예 3에서 나타낸 발광 소자 3과 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 발광 소자 5에 있어서는, CzPA와 쿠마린30, N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA)을 공중착함으로써, 정공 수송층(2103b) 위에 30nm의 막 두께의 발광층(2103c)을 형성하였다. 또한, 발광층(2103c)과 마찬가지로 CzPA와 2PCAPA를 공중착함으로써, 정공 수송층(2107a) 위에 막 두께 30nm의 발광층(2107b)을 형성하였다. 발광층(2103c) 및 발광층(2107b)에 있어서, CzPA와 2PCAPA의 중량 비율은 1:0.05(=CzPA:2PCAPA)가 되도록 조절하였다. 또한, CzPA는 전자 수송성을 갖는 재료이며, 게스트 재료인 2PCAPA는 녹색의 발광을 나타내는 재료이다. 상술한 공정에 의하여 본 실시예의 발광 소자 5를 얻었다.

[0272] 다음에, 비교 발광 소자 6에 대해서 설명한다(도 21 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 6은 발광 소자 5에서 전자 릴레이층(2105), 전하 발생 영역(2106), 및 제 2 EL층(2107)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는, 발광 소자 5와 같은 제작 방법으로 형성하였다. 도 21에 도시한 바와 같이, 본 실시예의 비교 발광 소자 6은 한 쌍의 전극간에 1층의 EL층을 갖는 구조이다.

[0273] 비교 발광 소자 6에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 제 2 전극(2102)을 형성하였다. 상술한 공정에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 6을 얻었다.

[0274] 이하의 표 11에 발광 소자 5, 및 비교 발광 소자 6의 소자 구조를 나타낸다.

표 11

	2101	2103						2104	2105	2106	2107				2102
		2103a	2103b	2103c	2103d						2107a	2107b	2107c	2107d	
발광 소자5	ITO 110nm	NFB : MoO ₃ (=4 : 1) 50nm	NFB 10nm	CsFA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm	Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	PTCB 3nm	NFB : MoO ₃ (=4 : 1) 60nm	NFB 10nm	CsFA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm	Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자6	ITO 110nm	NFB : MoO ₃ (=4 : 1) 50nm	NFB 10nm	CsFA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm	Bphen 10nm	Li ₂ O 0.1nm	-	-	-	-	-	-	-	Al 200nm

[0275]

[0276]

상술한 공정에 의하여 얻어진 발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6을 질소 분위기의 글로브 박스 내에서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0277]

발광 소자 5 및 비교 발광 소자 6의 전압-전류 밀도 특성을 도 22에 도시한다. 도 22에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 23에 도시한다. 도 23에 있어서, 가로축은 전류 밀도(mA/cm²), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 12에 나타낸다.

표 12

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자5	7.2	(0.27,0.64)	30	8.5
비교 발광 소자6	3.8	(0.29,0.62)	14	4.2

[0278]

[0279]

도 22를 보면, 2층의 EL층을 갖는 본 실시예의 발광 소자 5는 EL층이 1층의 비교 발광 소자 6과 같은 전류 밀도의 전류를 흘릴 때에, 대략 2배의 전압으로 구동할 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 23을 보면, 발광 소자 5는, 비교 발광 소자 6과 같은 전류 밀도의 전류를 흘릴 때에 대략 2배의 휘도를 나타내는(즉, 전류 효율이 대략 2배인) 것을 알 수 있다. 따라서, 본 실시예의 발광 소자 5에 있어서, 2층의 EL층의 사이에 전자 주입 버퍼, 전자 릴레이층, 및 전하 발생 영역을 도입하는 것에 의한 여분의 전압 상승이 거의 없는 것이 시사된다.

[0280]

상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 5가 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 5는 2층의 EL층의 사이에 전자 주입 버퍼, 전자 릴레이층, 및 전하 발생 영역을 도입하는 것에 의한 여분의 전압 상승이 거의 없고, 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0282]

[실시예 7]

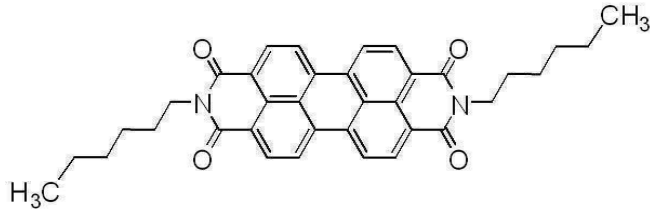
[0283]

본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A) 및 도 9(B)를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0284]

본 실시예에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다. 또한, 이미 구조식을 나타낸 재료에 대해서는 생략한다.

[0285] [화학식 3]



[0286] HexPTC

[0287] 이하에 본 실시예의 발광 소자 6 및 비교 발광 소자 7의 제작 방법을 나타낸다.

[0288] 우선, 발광 소자 6에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 6은, 전자 릴레이층(2105) 이외는 실시예 6에서 나타난 발광 소자 5와 마찬가지로 제작하였다. 본 실시예의 발광 소자 6에 있어서는, N,N'-디헥실-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실리디이미드(약칭: HexPTC)를 증착함으로써, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 막 두께 3nm의 전자 릴레이층(2105)을 형성하였다. 이상에 의하여 본 실시예의 발광 소자 6을 얻었다.

[0289] 다음에, 비교 발광 소자 7에 대해서 설명한다(도 9(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 7은, 발광 소자 6에서 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이며, 그 외의 층에 대해서는 발광 소자 6과 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 7에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 상술한 공정에 의하여 비교 발광 소자 7을 얻었다.

[0290] 이하의 표 13에 발광 소자 6, 및 비교 발광 소자 7의 소자 구조를 나타낸다.

표 13

	2101	2103				2104	2105	2106	2107				2108
		2103a	2103b	2103c	2103d				2107a	2107b	2107c	2107d	
발광 소자6	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CsPA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiO 0.1nm	HexPTC 3nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 60nm	NPB 10nm	CsPA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자7	ITO 110nm	NPB : MoOx (=4 : 1) 50nm	NPB 10nm	CsPA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiO 0.1nm	-	NPB : MoOx (=4 : 1) 60nm	NPB 10nm	CsPA : 2PCAPA (=1 : 0.05) 30nm	Alq 10nm Bphen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0291]

[0292] 상기에 따라 얻어진 발광 소자 6 및 비교 발광 소자 7을 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0293] 발광 소자 6 및 비교 발광 소자 7의 전압-휘도 특성을 도 25에 도시한다. 도 25에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전압-전류 밀도 특성을 도 26에 도시한다. 도 26에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 14에 나타낸다.

표 14

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자6	7.4	(0.25,0.64)	31	8.9
비교 발광 소자7	7.8	(0.25,0.63)	30	8.9

[0294]

[0295] 도 25를 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 6은 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 7과 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 26을 보면, 발광 소자 6은 비교 발광 소자 7과 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

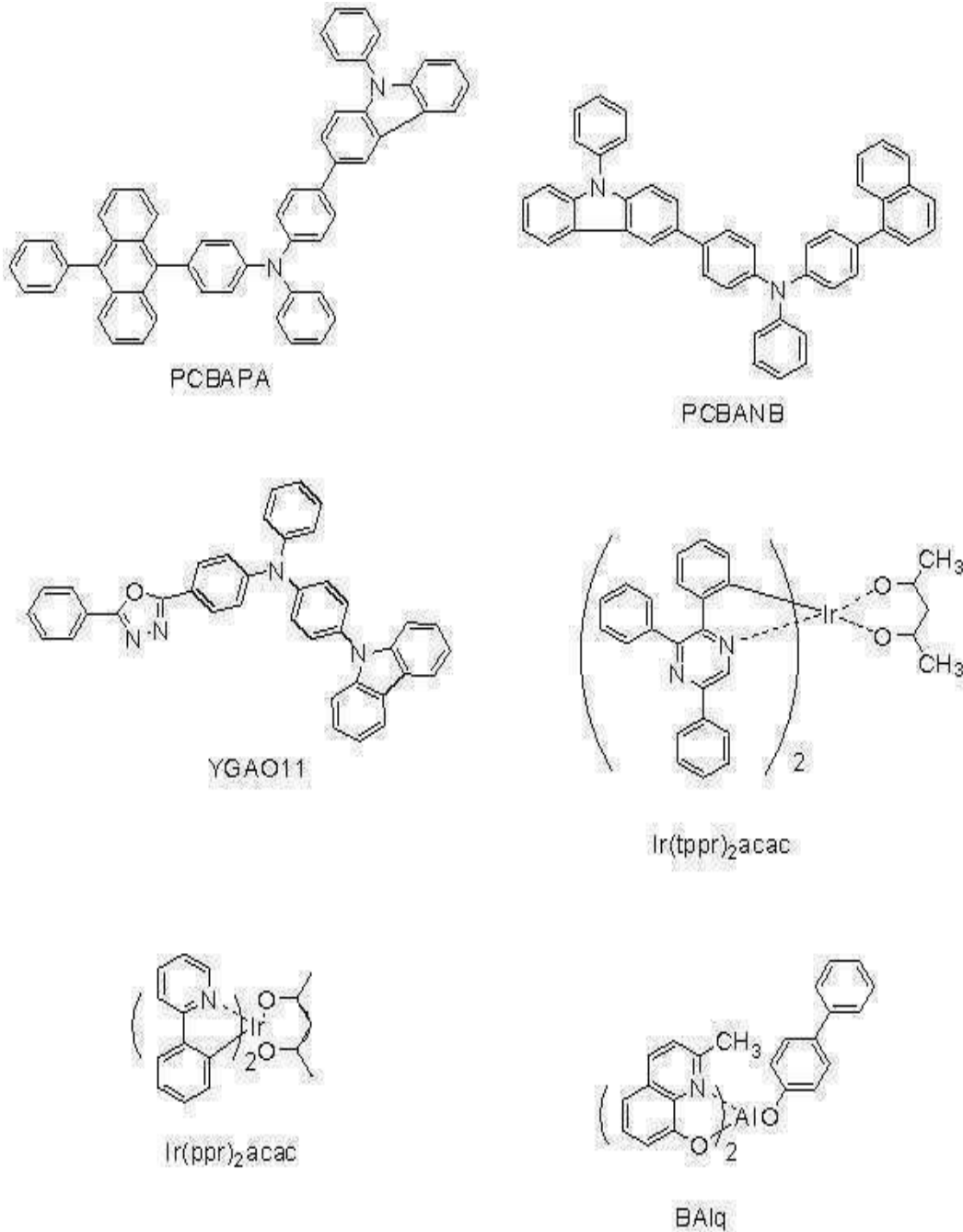
[0296] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 6이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 6은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다.

[0298] [실시예 8]

[0299] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A) 및 도 9(B)를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.

[0300] 본 실시예에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다. 또한, 이미 구조식을 나타낸 재료에 대해서는 생략한다.

[0301] [화학식 4]



[0302] 이하에 본 실시예의 발광 소자 7 및 비교 발광 소자 8의 제작 방법을 나타낸다.

[0304] 우선, 발광 소자 7에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 본 실시예의 발광 소자 7은, 제 1 EL층(2103)에 있어서의 발광층(2103c) 및 전자 수송층(2103d), 제 2 전하 발생 영역(2106), 및 제 2 EL층(2107)에 있어서의 발광층(2107b) 및 전자 수송층(2107c) 이외는 실시예 3에 있어서의 발광 소자 3과 마찬가지로 제작하였다.

- [0305] 본 실시예의 발광 소자 7에 있어서, 발광층(2103c)은, 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBAPA)과 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)-트리페닐아민(약칭: PCBANB)을 막 두께 20nm로 공증착한 후, 더욱 CzPA와 SD1(상품명; SFC Co.,Ltd 제조)을 막 두께 30nm로 공증착하여 적층함으로써 형성하였다. 또한, PCBAPA와 PCBANB의 중량 비율은 1:1(=PCBAPA:PCBANB)이 되도록 조절하였다. 또한, CzPA와 SD1의 중량 비율은 1:0.05(=CzPA:SD1)가 되도록 조절하였다.
- [0306] 다음에, 발광층(2103c) 위에 BPhen을 30nm 증착함으로써, 전자 수송층(2107c)을 형성하였다.
- [0307] 또한, 발광 소자 7에 있어서, 제 2 전하 발생 영역(2106)은 전자 릴레이층(2105) 위에 정공 수송성이 높은 재료인 NPB와 엑셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써 형성하였다. 그 막 두께는, 40nm로 하고 NPB와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량 비율로 4:1(=NPB:산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다.
- [0308] 또한, 발광 소자 7에 있어서, 발광층(2107b)은 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)트리페닐아민(약칭: YGA011)과, (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(acac))을 막 두께 10nm로 공증착한 후, 더욱 YGA011과 비스(2-페닐피리디나토-N,C2')이리듐(아세틸아세토네이트)(약칭: Ir(ppy)₂(acac))을 막 두께 20nm로 공증착함으로써 형성하였다. 또한, YGA011과 Ir(tppr)₂(acac)의 중량 비율은 1:0.03(=YGA011:Ir(tppr)₂(acac))이 되도록 조절하였다. 또한, YGA011과 Ir(ppy)₂(acac)의 중량 비율은 1:0.06(=YGA011:Ir(ppy)₂(acac))이 되도록 조절하였다.
- [0309] 다음에, 발광층(2107b) 위에 BA1q를 막 두께 10nm, 다음에, BPhen을 막 두께 20nm 증착하여 적층함으로써, 전자 수송층(2107c)을 형성하였다. 상술한 공정에 의하여 발광 소자 7을 얻었다.
- [0310] 다음에, 비교 발광 소자 8에 대해서 설명한다(도 9(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 8은 발광 소자 7에서 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이다. 또한, 비교 발광 소자 8에 있어서, 전자 주입 버퍼(2104)는, BPhen과 리튬(Li)을 공증착함으로써, 20nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, BPhen과 Li의 중량 비율은 1:0.02(=BPhen:Li)가 되도록 조절하였다. 그 외의 층에 대해서는, 발광 소자 7과 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 8에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 이상에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 8을 얻었다.
- [0311] 이하의 표 15에 발광 소자 7, 및 비교 발광 소자 8의 소자 구조를 나타낸다.

표 15

	2101	2103				2104	2105	2106	2107				2108			
		2103a	2103b	2103c	2103d				2107a	2107b	2107c	2107d				
발광 소자 7	ITO 10nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 50nm	NPB 10nm	PCBAPA:PCBANB (=1:1) 20nm	CzPA:SD1 (=1:0.05) 30nm	Bphen 30nm	LiO 0.1nm	PTCEI 3nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 40nm	NPB 10nm	YGA011:Ir(tppr) ₂ (acac) (=1:0.03) 10nm	VGA011:Ir(ppy) ₂ (acac) (=1:0.06) 20nm	BA1q 10nm	Bphen 20nm	UF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자 8	ITO 10nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 50nm	NPB 10nm	PCBAPA:PCBANB (=1:1) 20nm	CzPA:SD1 (=1:0.05) 30nm	Bphen 10nm	Bphen:Li (=1:0.02) 20nm	-	NPB:MoO ₃ (=4:1) 40nm	NPB 10nm	YGA011:Ir(tppr) ₂ (acac) (=1:0.03) 10nm	VGA011:Ir(ppy) ₂ (acac) (=1:0.06) 20nm	BA1q 10nm	Bphen 20nm	UF 1nm	Al 200nm

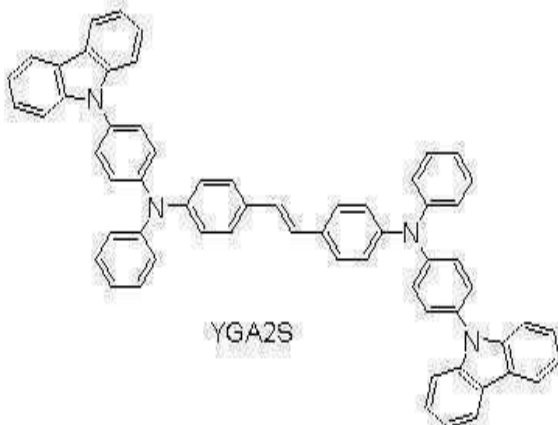
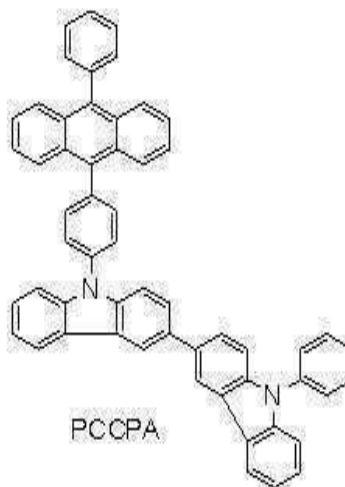
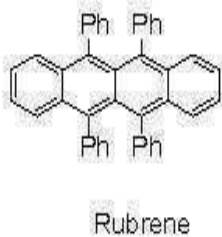
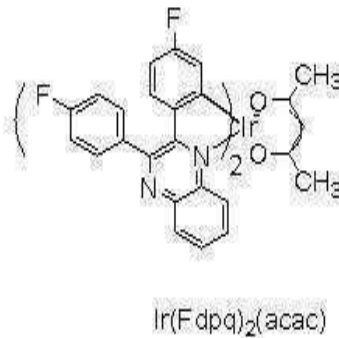
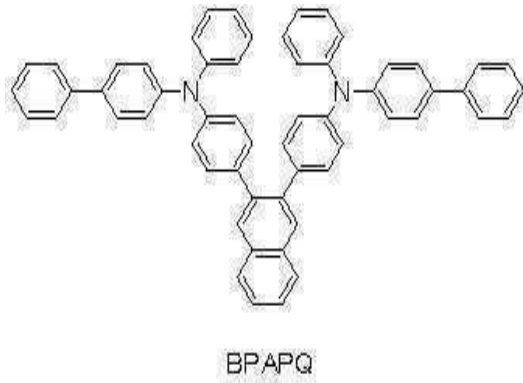
- [0312]
- [0313] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 7 및 비교 발광 소자 8을 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.
- [0314] 발광 소자 7 및 비교 발광 소자 8의 전압-휘도 특성을 도 27에 도시한다. 도 27에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전류 밀도-휘도 특성을 도 28에 도시한다. 도 28에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)을 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 16에 나타낸다.

표 16

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 7	6.4	(0.32,0.43)	57	23
비교 발광 소자 8	7.6	(0.32,0.43)	59	23

- [0316] 도 27을 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 7은 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 8과 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 28을 보면, 발광 소자 7은 비교 발광 소자 8과 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.
- [0317] 또한, 표 16의 CIE 색도 좌표 및 도 29로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 7 및 비교 발광 소자 8은 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 PCBAPA 및 SD1에 유래한 청색 발광과 제 2 EL층(2107)에 포함되는 $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ 에 유래한 적색 발광과, $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$ 에 유래한 녹색의 발광을 얻을 수 있었기 때문이다.
- [0318] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 7이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 7은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본 발명의 구성의 일 형태는, 각 EL층이 상이한 발광 스펙트럼을 나타내는 백색 발광 소자에 적용한 경우이라도 유효한 것을 알 수 있었다.
- [0320] [실시예 9]
- [0321] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태인 발광 소자에 대해서 도 9(A) 및 도 9(B)를 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 상술한 실시예와 동일한 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 그 반복 설명은 생략한다.
- [0322] 본 실시예에서 사용한 재료의 화학식을 이하에 나타낸다. 또한, 이미 구조식을 나타낸 재료에 대해서는, 생략한다.

[0323] [화학식 5]



[0324]

[0325] 이하에 본 실시예의 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9의 제작 방법을 나타낸다.

[0326] 우선, 발광 소자 8에 대해서 설명한다(도 9(A) 참조). 본 실시형태의 발광 소자 8은, 제 1 EL층(2103)에 있어서의 발광층(2103c), 제 2 전하 발생 영역(2106), 제 2 EL층(2107)에 있어서의 발광층(2107b) 및 전자 수송층(2107c) 외는 실시예 8에 있어서의 발광 소자 7과 마찬가지로 제작하였다.

[0327] 본 실시예의 발광 소자 8에 있어서, 발광층(2103c)은 2,3-비스{4-[N-(4-비페닐일)-N-페닐아미노]페닐}퀴녹살린(약칭: BPAPQ)과, (아세틸아세토나토)비스[2, 3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리나토]이리듐(약칭: Ir(Fdpq)₂(acac))을 막 두께 10nm로 공증착한 후, NPB와 N,9-디페닐-N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA)을 막 두께 5nm로 공증착하고, 더욱 CzPA와 2PCAPPA를 막 두께 30nm로 공증착하여 적층함으로써 형성하였다.

[0328] 또한, BPAPQ와 Ir(Fdpq)₂(acac)의 중량 비율은 1:0.06(=BPAPQ: Ir(Fdpq)₂(acac))이 되도록 조절하였다. 또한, NPB와 2PCAPPA의 중량 비율은 1:0.1(=NPB:2PCAPPA)이 되도록 조절하였다. 또한, CzPA와 2PCAPPA의 중량 비율

은 1:0.1(=CzPA:2PCAPPA)이 되도록 조절하였다.

[0329] 또한, 발광 소자 7에 있어서, 제 2 전하 발생 영역(2106)은 전자 릴레이층(2105) 위에 정공 수송성이 높은 재료인 NPB와 엑셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착함으로써 형성하였다. 그 막 두께는, 70nm로 하고, NPB와 산화몰리브덴(VI)의 비율은 중량 비율로 4:1(=NPB:산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다.

[0330] 또한, 발광 소자 7에 있어서, 발광층(2107b)은 NPB와 루브렌을 막 두께 20nm로 공증착한 후, 9-페닐-9'-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-3,3'-비(9H-카르바졸)(약칭: PCCPA)과, N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스틸벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S)을 막 두께 10nm로 공증착하여 더욱 CzPA와 YGA2S를 막 두께 20nm로 공증착함으로써 형성하였다. 또한, NPB와 루브렌의 중량 비율은 1:0.015(=NPB:루브렌)가 되도록 조절하였다. 또한, PCCPA와 YGA2S의 중량 비율은 1:0.05(=PCCPA:YGA2S)가 되도록 조절하였다. 또한, CzPA와 YGA2S의 중량 비율은 1:0.05(=CzPA:YGA2S)가 되도록 조절하였다.

[0331] 다음에, 발광층(2107b) 위에 BPhen을 30nm 증착하여 적층함으로써 전자 수송층(2107c)을 형성하였다. 이상의 공정에 의하여 본 실시예의 발광 소자 8을 얻었다.

[0332] 다음에, 비교 발광 소자 9에 대해서 설명한다(도 9(B) 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 9는, 발광 소자 8에서 전자 릴레이층(2105)을 삭제한 구조이다. 또한, 비교 발광 소자 9에 있어서, 전자 주입 버퍼(2104)는 BPhen과 리튬(Li)을 공증착함으로써 막 두께 20nm로 형성하였다. 여기서, BPhen과 Li의 중량 비율은 1:0.02(=BPhen:Li)가 되도록 조절하였다. 그 외의 층에 대해서는, 발광 소자 8과 같은 제작 방법으로 형성하였다. 비교 발광 소자 9에 있어서는, 전자 주입 버퍼(2104)를 형성한 후, 전자 주입 버퍼(2104) 위에 전하 발생 영역(2106)을 형성하였다. 상술한 공정에 의하여 본 실시예의 비교 발광 소자 9를 얻었다.

[0333] 이하의 표 17에 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9의 소자 구조를 나타낸다.

표 17

	2101	2103						2104	2105	2106	2107						2102
		a	b	c			d				a	b				c	d
발광 소자 8	ITO 110nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 50nm	NPB 10nm	EPWQ: Ir(Fdpq) ₂ (acac) (=1:0.06) 10nm	NPB: 2PCAPPA (=1:4:1) 5nm	CzPA:2PCAPPA (=1:0.1) 30nm	Bphen 30nm	LiO 0.1nm	PTQBI 3nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 70nm	NPB 10nm	NPB:Rubrene (=1:0.015) 20nm	PCCPA:YGA2S (=1:0.05) 10nm	CzPA:YGA2S (=1:0.05) 20nm	Bphen 30nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자 9	ITO 110nm	NPB:MoO ₃ (=4:1) 50nm	NPB 10nm	EPWQ: Ir(Fdpq) ₂ (acac) (=1:0.06) 10nm	NPB: 2PCAPPA (=1:4:1) 5nm	CzPA:2PCAPPA (=1:0.1) 30nm	Bphen 10nm	Bphen:Li (=1:0.02) 20nm	-	NPB:MoO ₃ (=4:1) 70nm	NPB 10nm	NPB:Rubrene (=1:0.015) 20nm	PCCPA:YGA2S (=1:0.05) 10nm	CzPA:YGA2S (=1:0.05) 20nm	Bphen 30nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0334]

[0335] 이상에 의하여 얻어진 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9를 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 각 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들의 발광 소자의 동작 특성에 대해서 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0336] 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9의 전압-휘도 특성을 도 30에 도시한다. 도 30에 있어서, 가로축은 인가한 전압(V), 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 전압-전류 밀도 특성을 도 31에 도시한다. 도 31에 있어서, 가로축은 전압(V), 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 또한, 1000cd/m² 부근에 있어서의 각 소자의 주된 초기 특성 값을 이하의 표 18에 나타낸다.

표 18

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 8	6.6	(0.31,0.36)	15	7.0
비교 발광 소자 9	7.2	(0.31,0.37)	15	7.0

[0338] 도 30을 보면, 전자 릴레이층이 형성되는 발광 소자 8은, 같은 전압을 인가하였을 때, 비교 발광 소자 9와 비교하여 높은 휘도를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 31을 보면, 발광 소자 8은 비교 발광 소자 9와 비교하여 높은 전류 밀도를 갖는 것을 알 수 있다.

[0339] 또한, 표 18의 CIE 색도 좌표 및 도 32로부터 알 수 있는 바와 같이, 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9는 양쪽 모두 백색 발광을 나타낸다. 이것은, 제 1 EL층(2103)에 포함되는 Ir(Fdpq)₂(acac)에 유래한 적색의 발광과

2PCAPPA에 유래한 청녹색의 발광과, 제 2 EL층(2107)에 포함되는 루브렌에 유래하는 황색의 발광과, YGA2S에 유래하는 청색의 발광이 얻어지기 때문이다. 또한, 이들 4종의 발광색을 조합함으로써, 연색(演色) 지수(CRI)가 92인 높은 연색성을 얻을 수 있었다.

[0340] 상술한 것에 의하여 본 실시예의 발광 소자 8이 발광 소자로서 특성을 얻을 수 있고, 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 소자 8은 저전압으로 구동할 수 있는 발광 소자인 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본 발명의 구성의 일 형태는, 각 EL층이 상이한 발광 스펙트럼을 나타내는 백색 발광 소자에 적용한 경우이라도 유효한 것을 알 수 있었다.

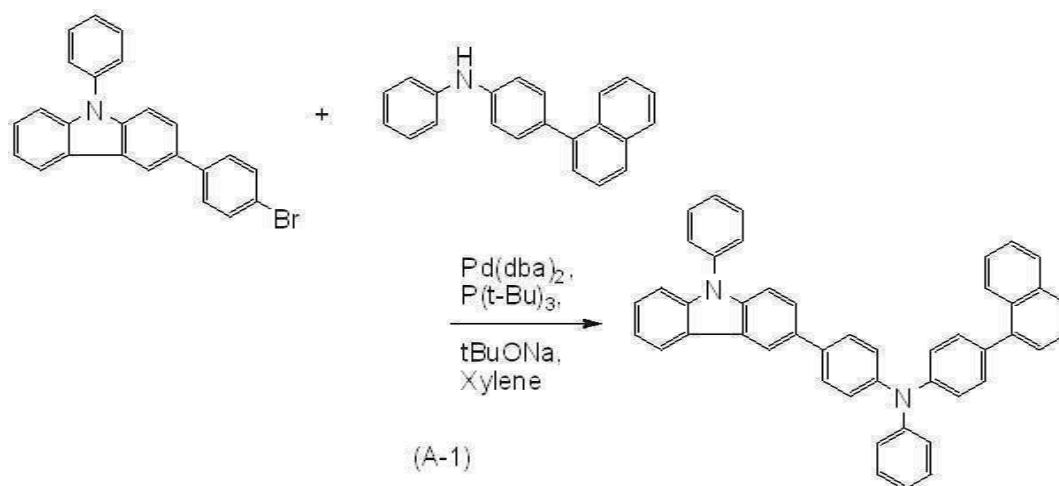
[0342] (참고예)

[0343] 본 참고예에서는, 상기 실시예에서 사용한 재료의 합성 방법에 대해서 구체적으로 설명한다.

[0344] <<4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)-트리페닐아민(약칭: PCBANB)의 합성예>>

[0345] 4(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)-트리페닐아민의 합성 스킴(scheme)을 이하(A-1)에 나타낸다.

[0346] [화학식 6]



[0347]

[0348] 3-(4-브로모페닐)-9-페닐-9H-카르바졸을 1.2g(3.0mmol), 4-(1-나프틸)디페닐아민을 0.9g(3.0mmol), 나트륨 *tert*-부톡시드를 0.5g(5.0mmol), 비스(디벤질리텐아세톤)팔라듐(0)을 6.0mg(0.01mmol)을 50mL의 삼구 플라스크로 넣고, 이 혼합물에 탈수 크실렌을 15mL 가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 교반(攪拌)하면서 탈기(脫氣)하고, 탈기 한 후에 트리(*tert*-부틸)포스핀(10wt% 헥산 용액) 0.06mL(0.03mmol)을 가하였다. 이 혼합물을 질소 분위기하에서 120℃, 4.5시간 가열 교반하여 반응시켰다.

[0349] 반응시킨 후, 이 반응 혼합물에 톨루엔 250mL 가하고, 이 서스펜션(suspension)을 플로리실, 실리카 겔, 알루미늄, 셀라이트를 통과시켜 여과(濾過)하였다. 얻어진 여과수를 물로 세정하여 황산 마그네슘을 가하여 수분을 제거하였다. 이 서스펜션을 플로리실, 알루미늄, 실리카 겔, 셀라이트를 통과시켜 여과하여 여과수를 얻었다. 얻어진 여과수를 농축하여 아세톤과 메틸 알코올을 가하여 초음파 처리를 행한 후, 재결정된 결과, 목적물의 백색 분말(粉末)을 수량(收量) 1.5g, 수율(收率) 82%로 얻었다.

[0350] 실리카 겔 박층 크로마토그래피(TLC)에서의 R_f값(전개 용매는 초산:에틸:헥산=1:10)은 목적물이 0.34, 3-(4-브로모페닐)-9-페닐-9H-카르바졸은 0.46, 4-(1-나프틸)디페닐아민은 0.25이었다.

[0351] 상기 단계에서 얻어진 화합물을 핵자기 공명 분광법(¹H NMR)으로 측정하였다. 이하에 측정 데이터를 나타낸다. 측정 결과에 의하면, 목적물인 PCBANB(약칭)가 얻어진 것을 알 수 있었다.

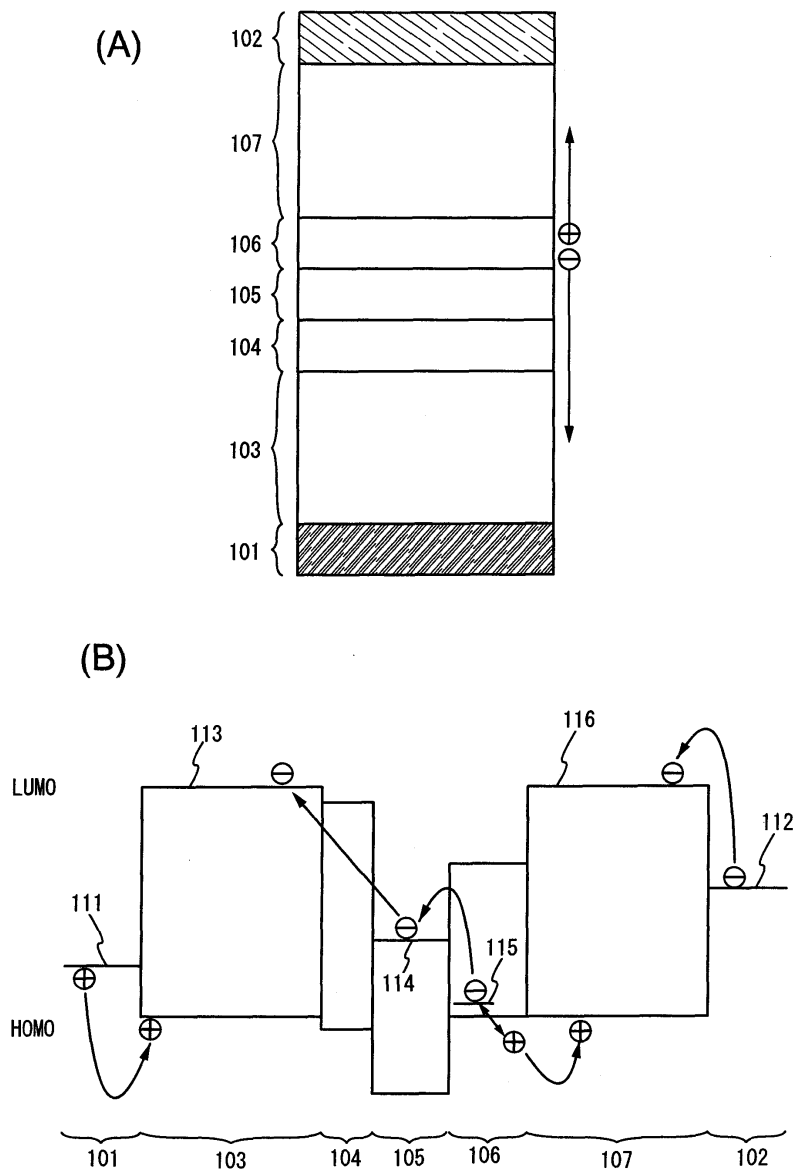
[0352] ¹H NMR(CDCl₃, 300MHz): δ(ppm)=7.07(t, J=6.6Hz, 1H), 7.25-7.67(m, 26H), 7.84(d, J=7.8Hz, 1H), 7.89-7.92(m, 1H), 8.03-8.07(m, 1H), 8.18(d, J=7.8Hz, 1H), 8.35(d, J=0.9Hz, 1H).

부호의 설명

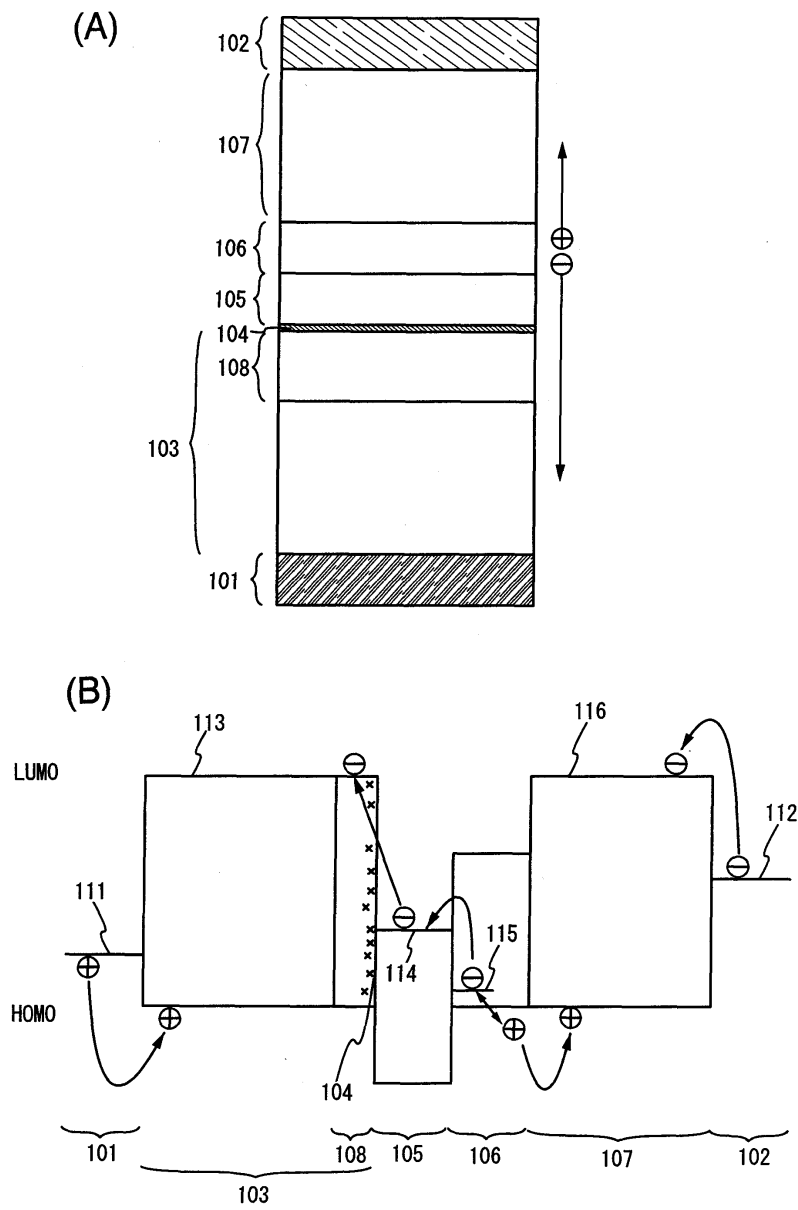
- [0353]
- 101: 양극 102: 음극
- 103: EL층 104: 전자 주입 버퍼
- 105: 전자 릴레이(electron relay)층 106: 전하 발생 영역
- 107: EL층 111: 양극의 페르미 준위
- 112: 음극의 페르미 준위 113: 제 1 EL층의 LUMO 준위
- 114: 전자 릴레이층의 LUMO 준위
- 115: 전하 발생 영역에 있어서의 엑셉터의 엑셉터 준위
- 116: 제 2 EL층의 LUMO 준위

도면

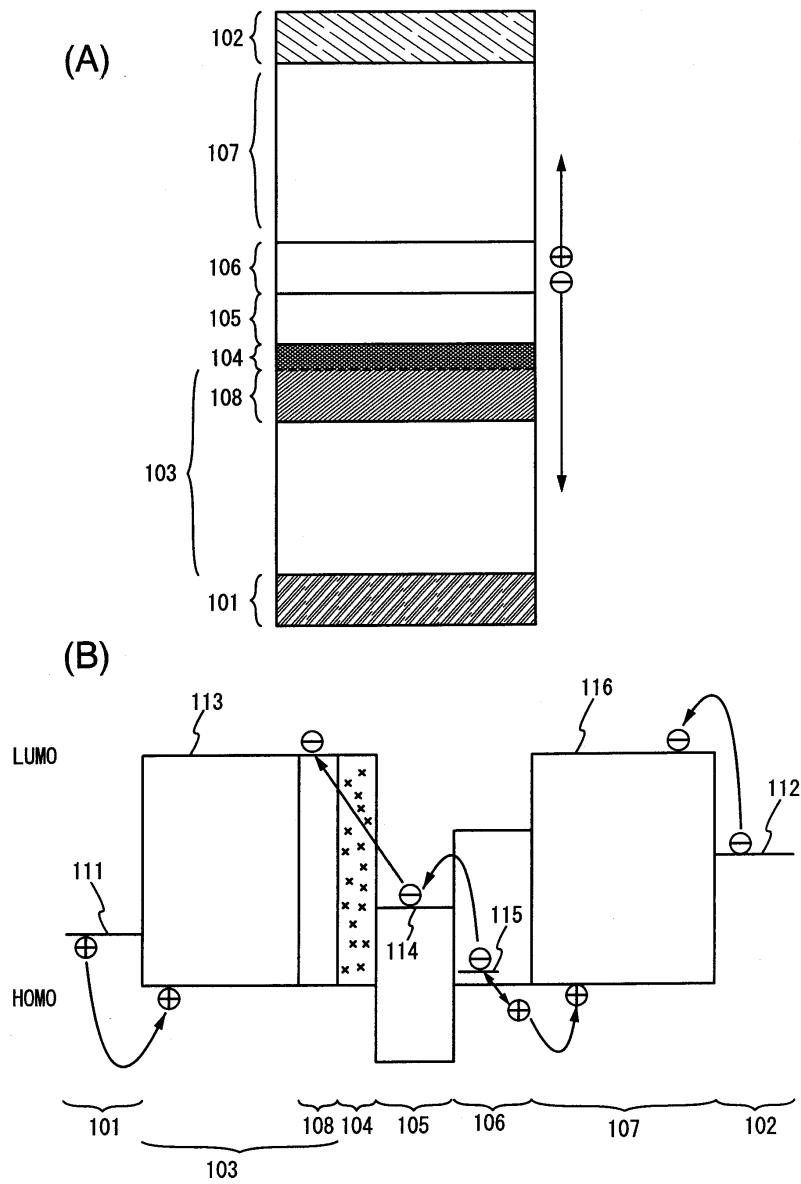
도면1



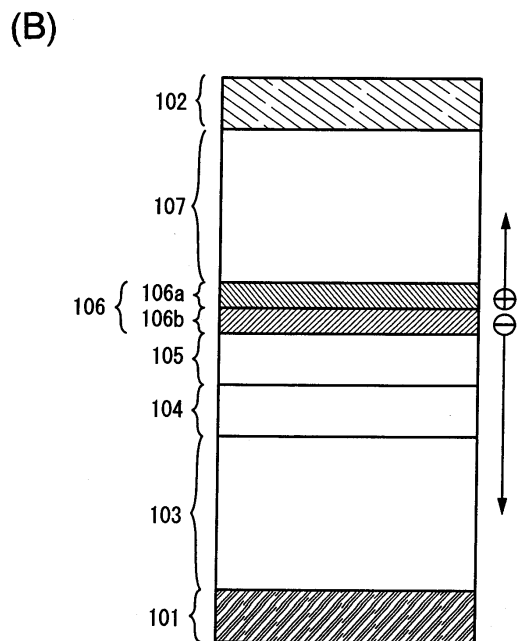
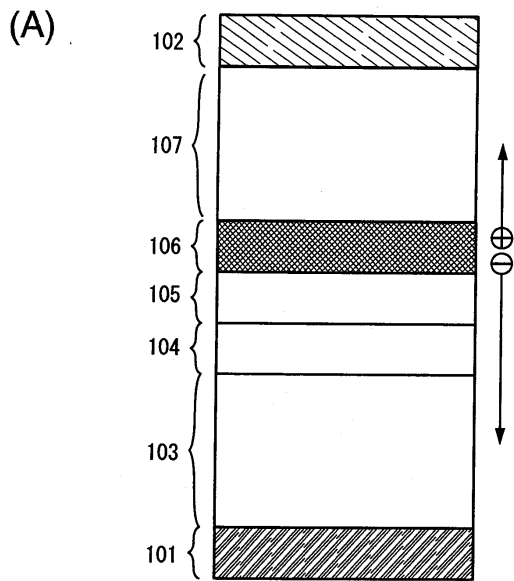
도면2



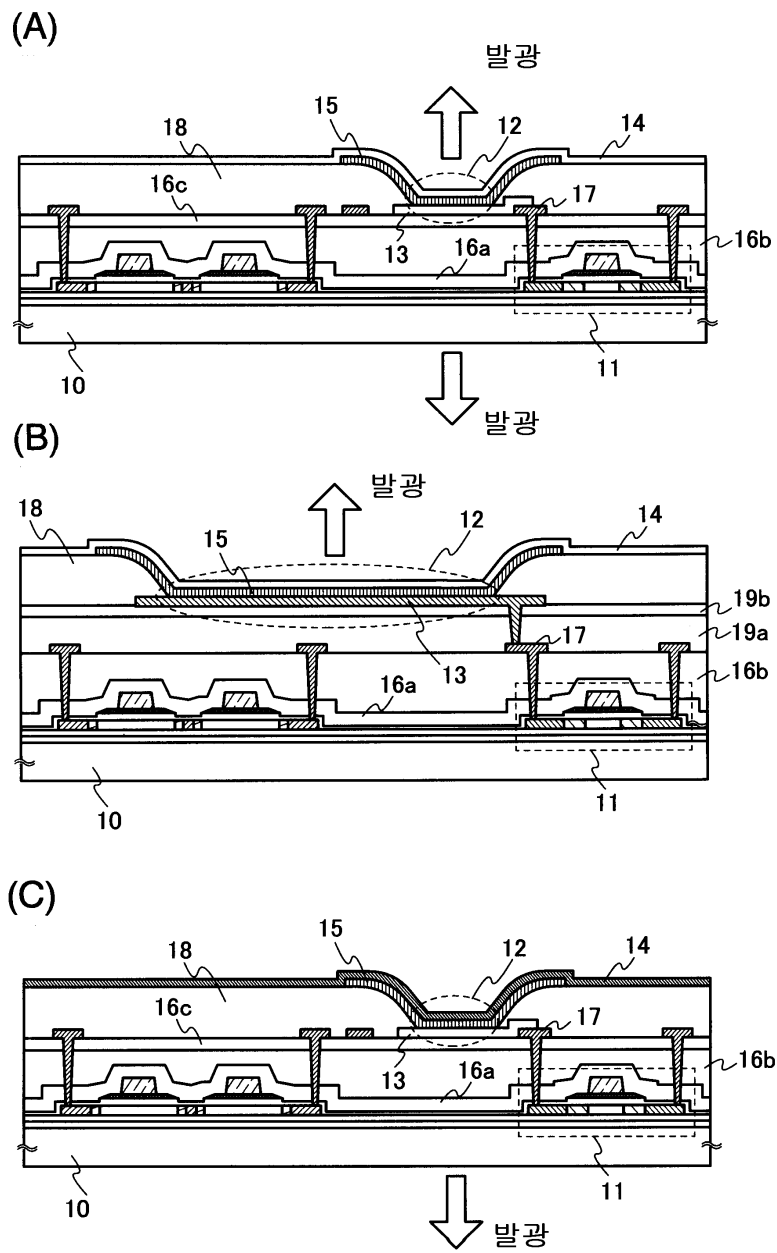
도면3



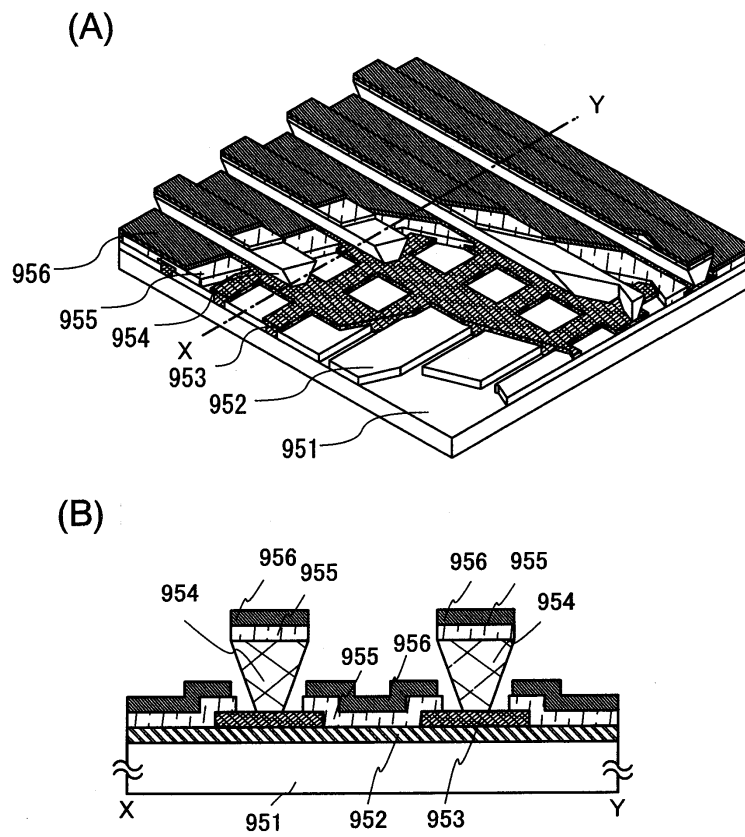
도면4



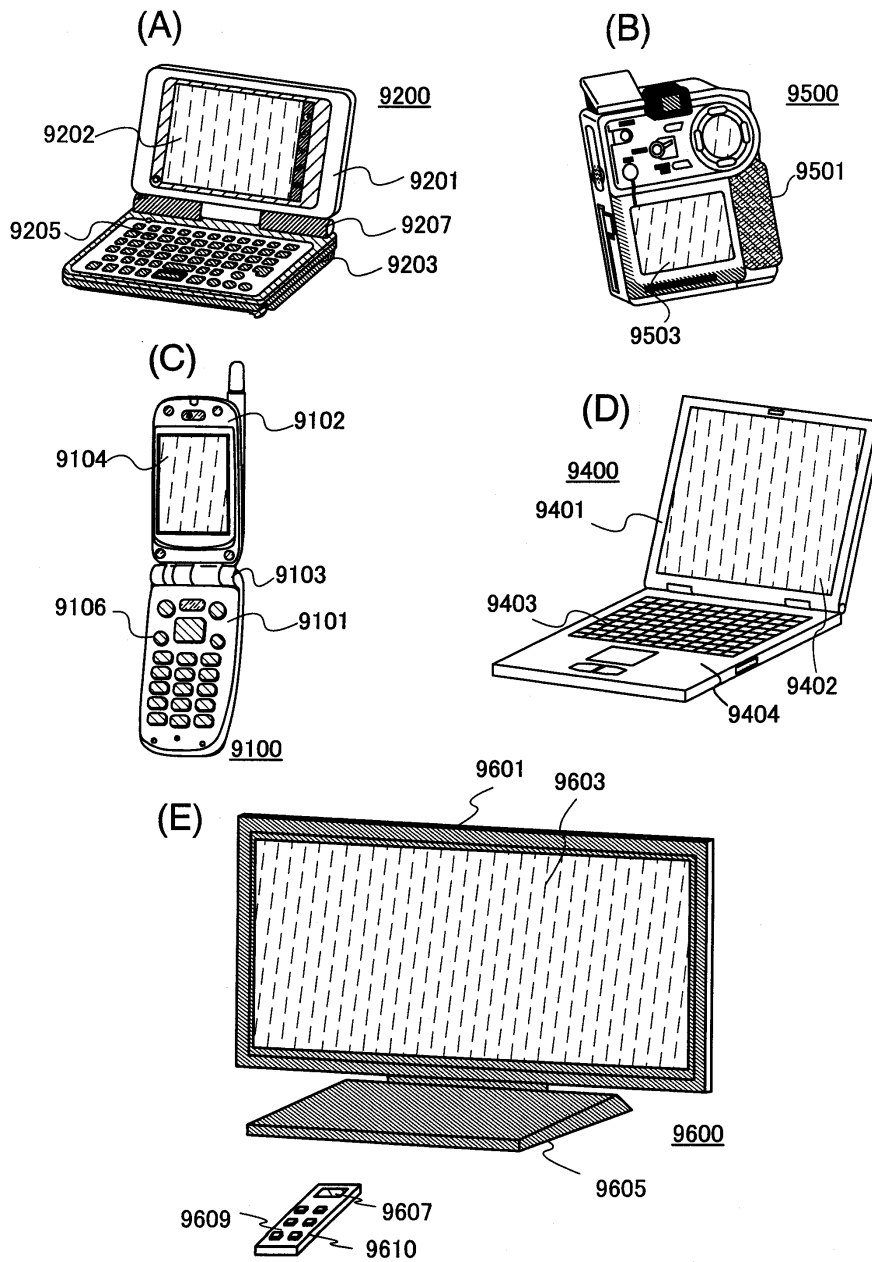
도면5



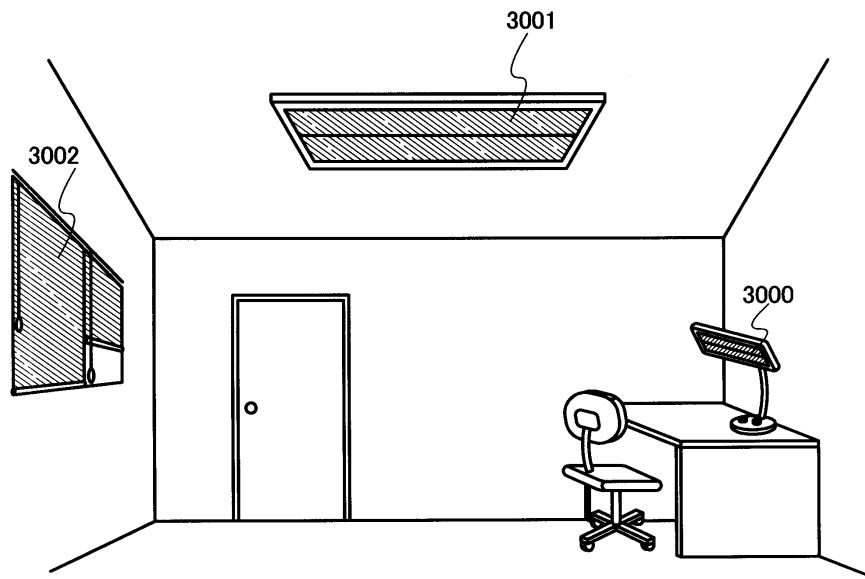
도면6



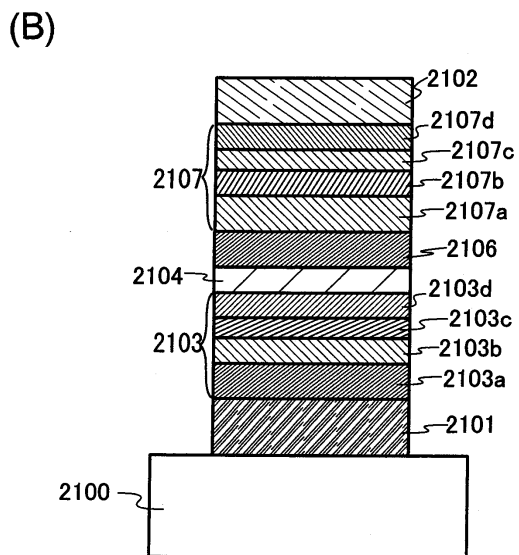
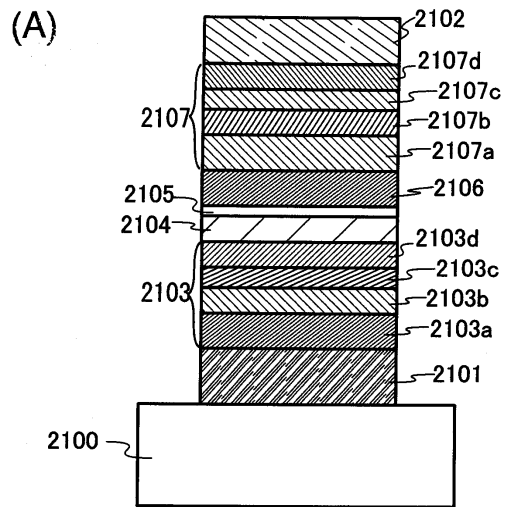
도면7



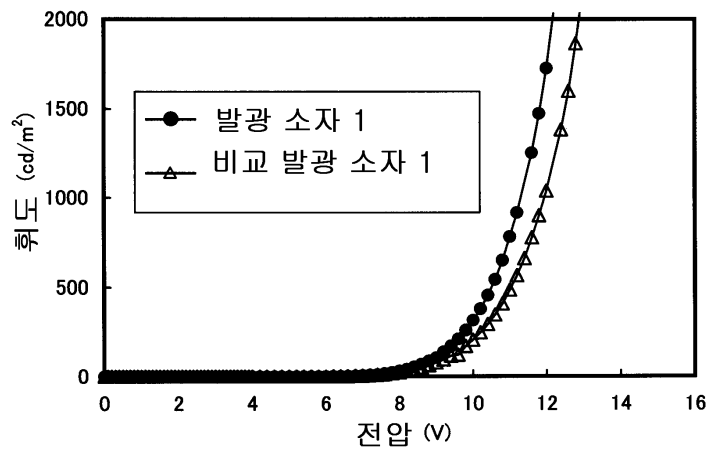
도면8



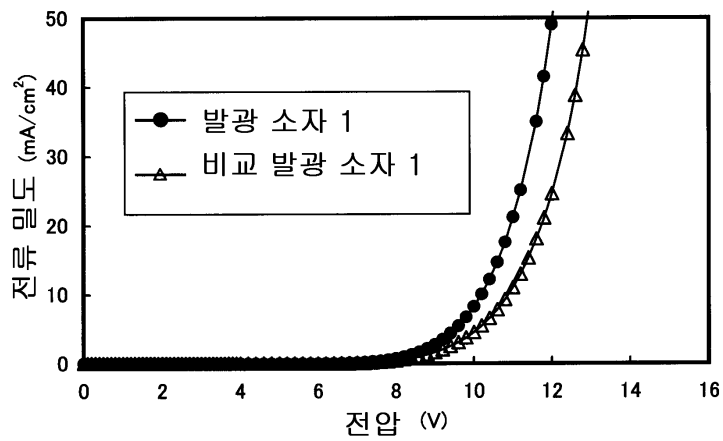
도면9



도면10

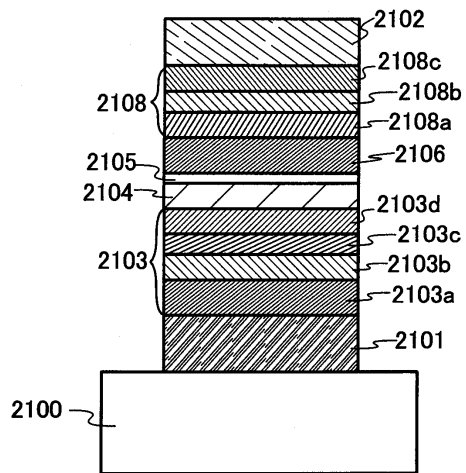


도면11

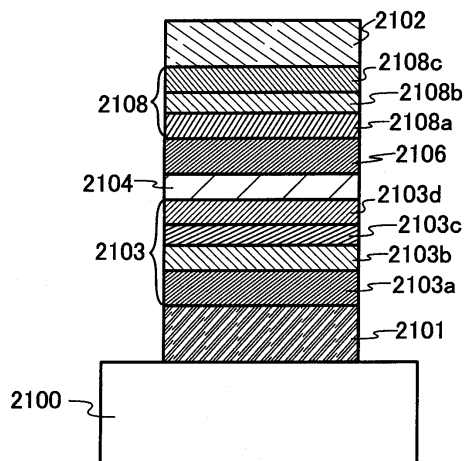


도면12

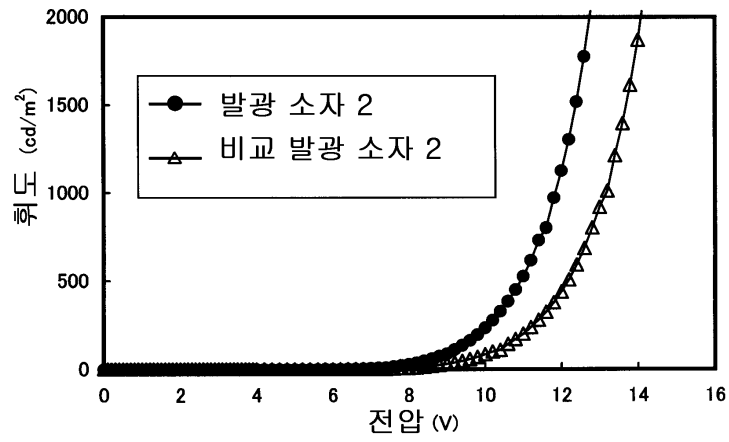
(A)



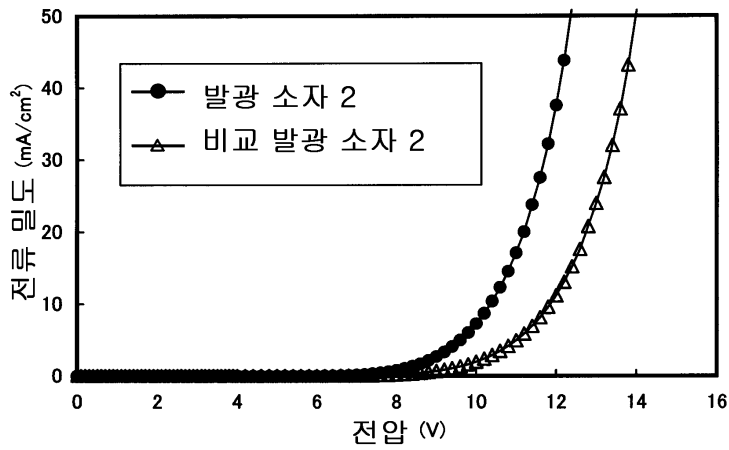
(B)



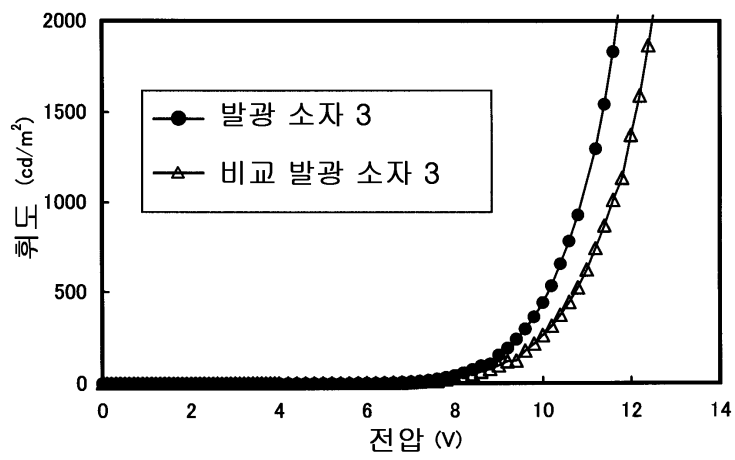
도면13



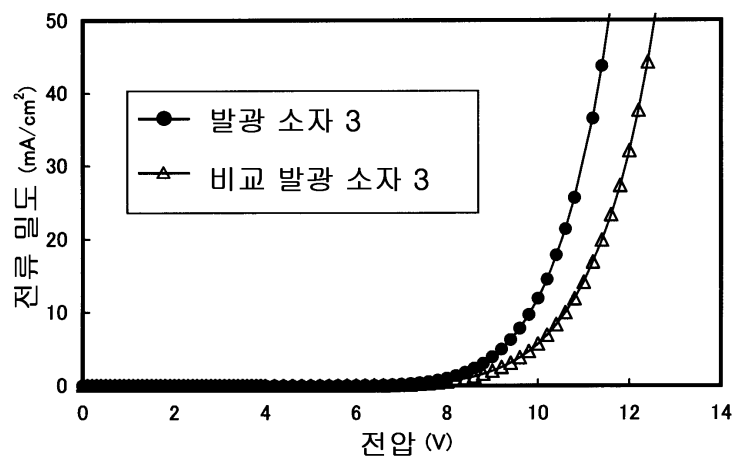
도면14



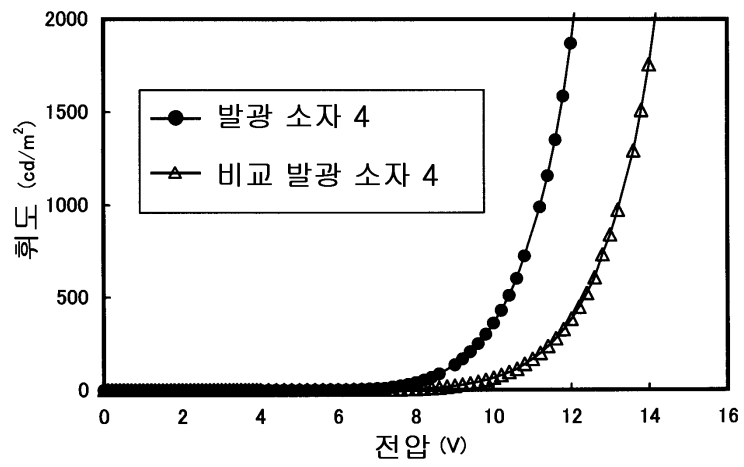
도면15



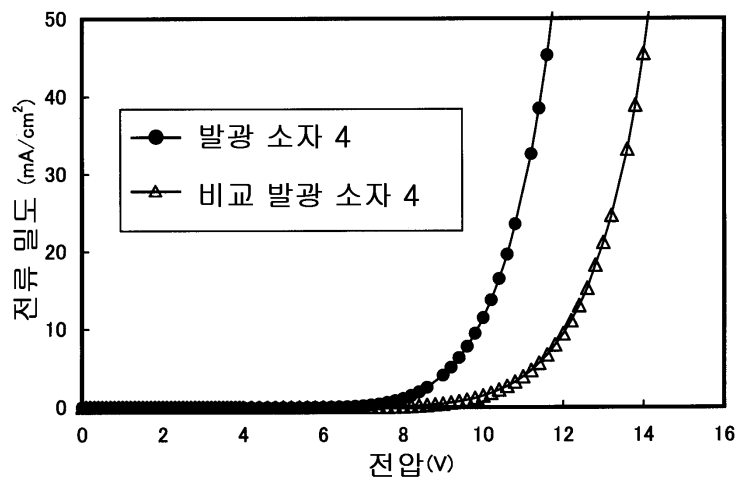
도면16



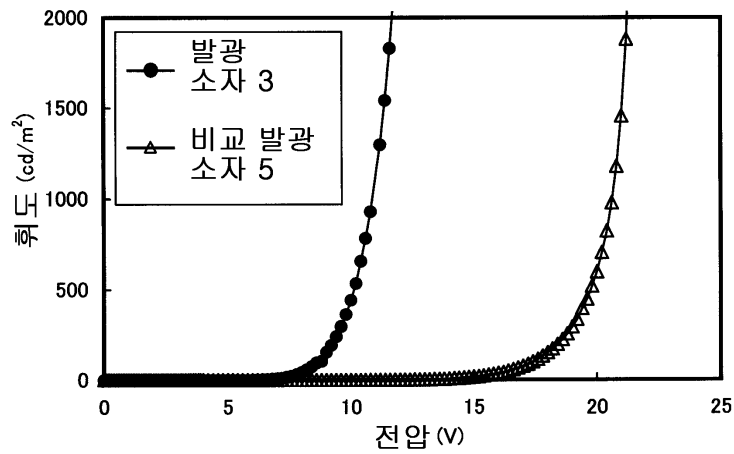
도면17



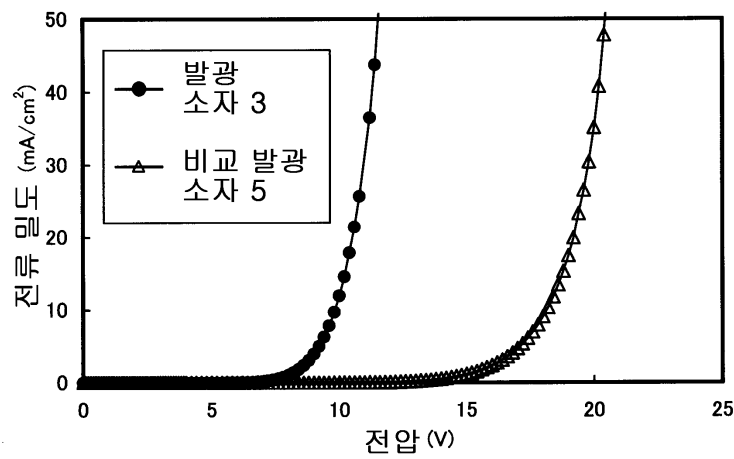
도면18



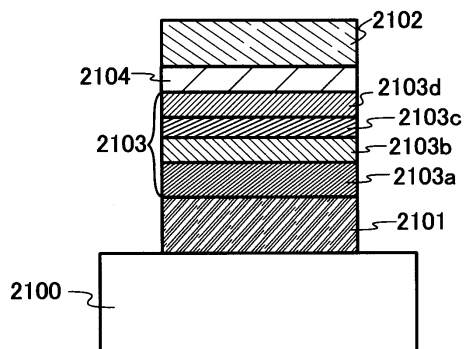
도면19



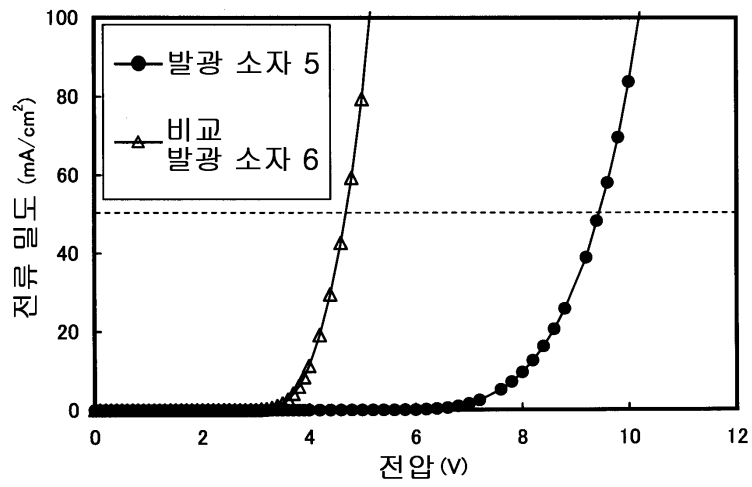
도면20



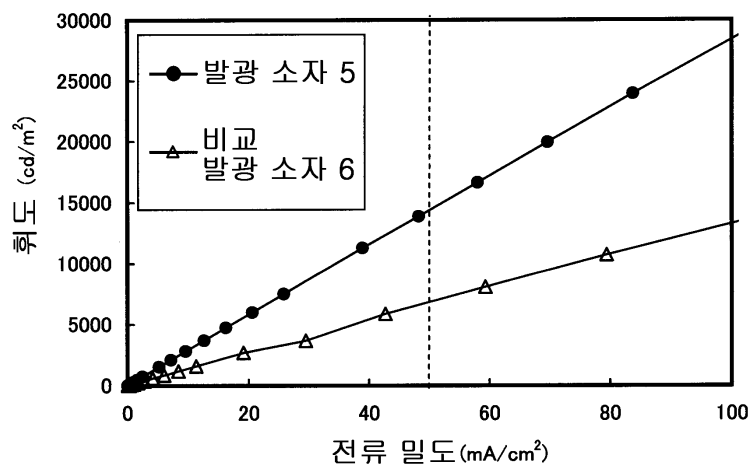
도면21



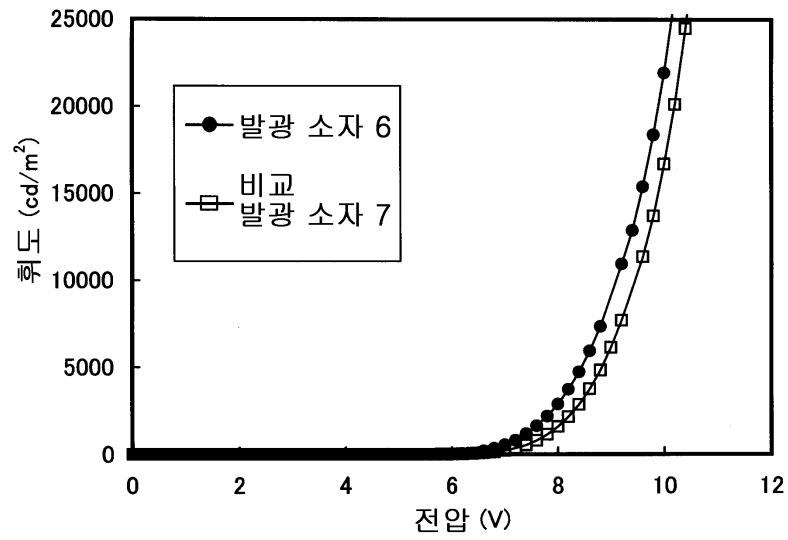
도면22



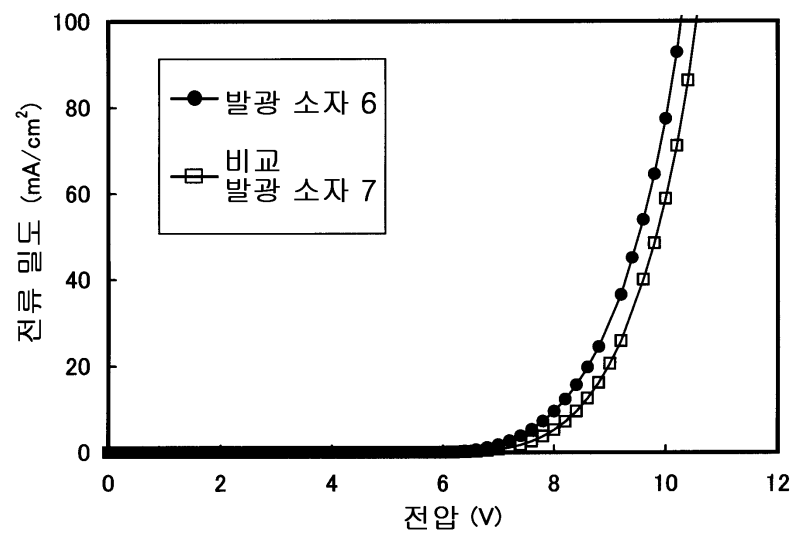
도면23



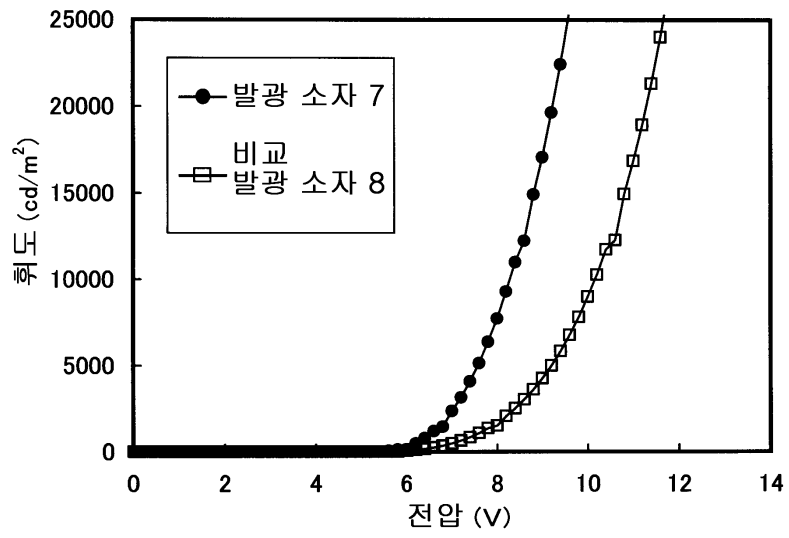
도면25



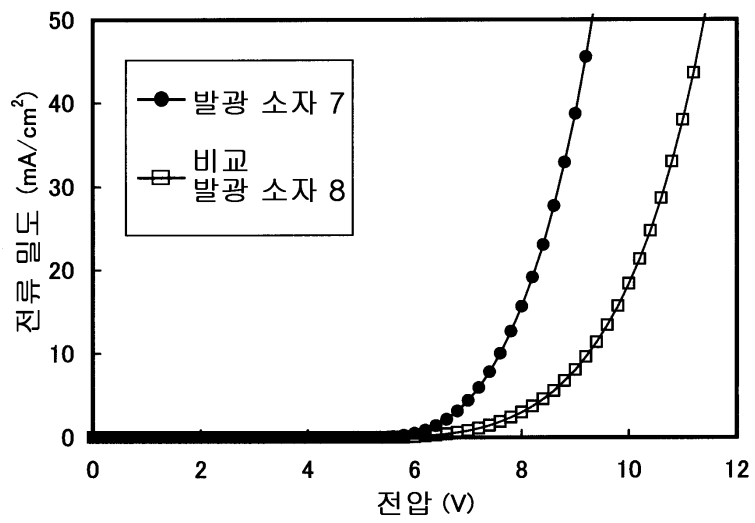
도면26



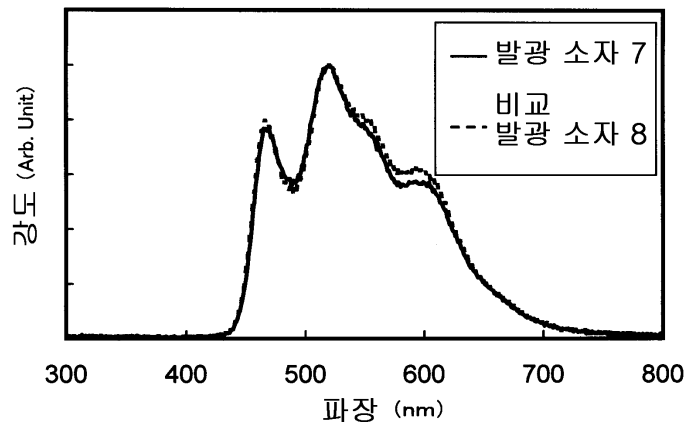
도면27



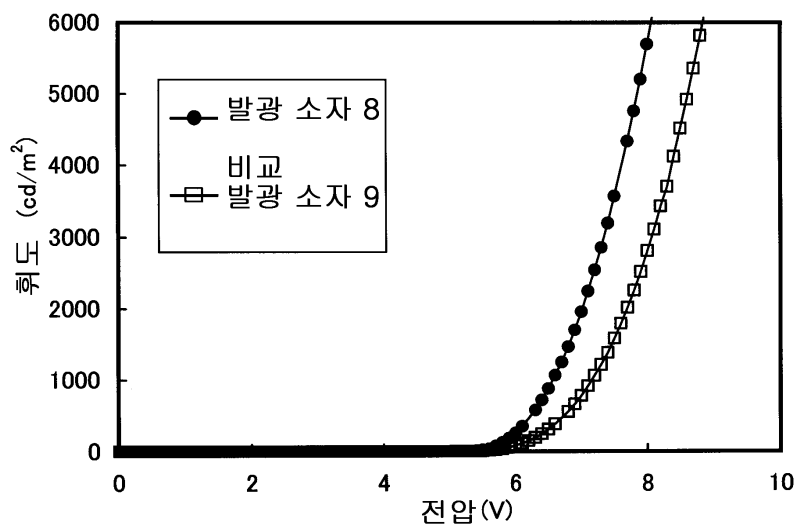
도면28



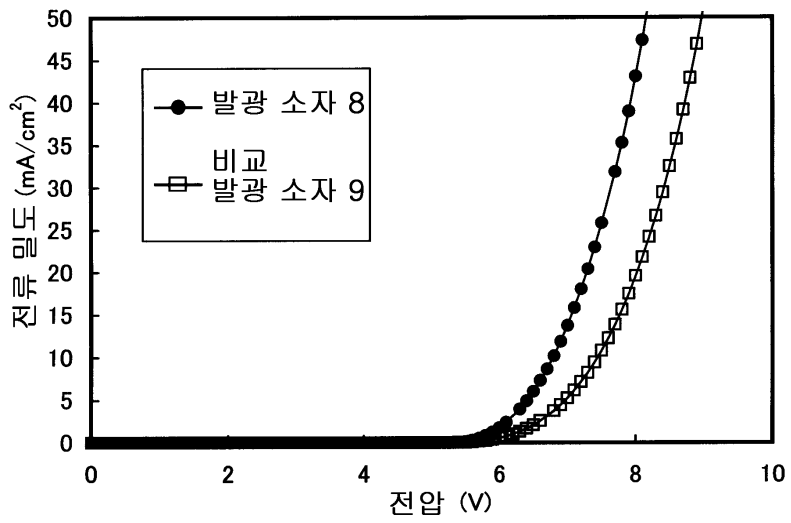
도면29



도면30



도면31



도면32

