



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월23일
(11) 등록번호 10-1750301
(24) 등록일자 2017년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
H05B 33/14 (2006.01) B82Y 10/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5044 (2013.01)
H01L 51/0048 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7002663(분할)
(22) 출원일자(국제) 2010년05월10일
심사청구일자 2017년02월23일
(85) 번역문제출일자 2017년01월31일
(65) 공개번호 10-2017-0015558
(43) 공개일자 2017년02월08일
(62) 원출원 특허 10-2011-7031401
원출원일자(국제) 2010년05월10일
심사청구일자 2015년05월08일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/058240
(87) 국제공개번호 WO 2010/137477
국제공개일자 2010년12월02일
(30) 우선권주장
JP-P-2009-131096 2009년05월29일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
US06967062 B2*
US20090085474 A1*
JP2006351398 A
WO2007220534 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
노와타리 히로미
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
세오 사토시
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 정명주

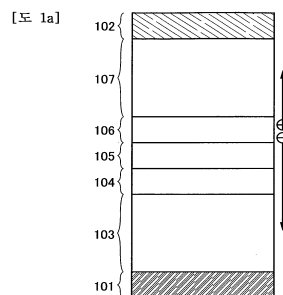
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 발광 장치, 전자기기 및 조명 장치

(57) 요약

낮은 전압에서도 높은 휘도를 갖는 광을 발광할 수 있고 장수명을 갖는 발광 소자를 제공하는 것을 하나의 목적으로 한다. 당해 발광 소자는 애노드와 캐소드 사이에 n개의 EL층(n은 2 이상의 자연수)을 포함하고, 또한 상기 애노드로부터 m번째 EL층과 (m+1)번째 EL층(m은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$) 사이에, 상기 m번째 EL층에 접촉하고 제

(뒷면에 계속)

대표도



1 도너성 재료를 포함하는 제1 층, 상기 제1 층에 접촉하고 전자 수송성 재료와 제2 도너성 재료를 포함하는 제2 층, 및 상기 제2 층과 상기 (m+1)번째 EL층에 접촉하고 정공 수송성 재료와 엑셉터성 재료를 포함하는 제3 층을 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/5004 (2013.01)

H05B 33/14 (2013.01)

B82Y 10/00 (2013.01)

(72) 발명자

오사와 노부하루

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

우시쿠보 다카히로

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

쓰쓰이 데쓰오

일본 816-0833 후쿠오카켄 가스가시 모미지가오카
히가시 8-66

명세서

청구범위

청구항 1

애노드;
상기 애노드 위의 제1 EL층;
상기 제1 EL층 위의 제2 EL층;
상기 제2 EL층 위의 제1 층;
상기 제1 층 위의 제2 층;
상기 제2 층 위의 제3 층;
상기 제3 층 위의 제3 EL층;
상기 제3 EL층 위의 제4 EL층; 및
상기 제4 EL층 위의 캐소드를 포함하며,
상기 제1 층은 제1 도너성 재료를 포함하고;
상기 제2 층은 전자 수송성 재료를 포함하고;
상기 제3 층은 정공 수송성 재료 및 억셉터 재료를 포함하는;
발광 소자.

청구항 2

애노드;
상기 애노드 위의 제1 EL층;
상기 제1 EL층 위의 제2 EL층;
상기 제2 EL층 위의 제1 층;
상기 제1 층 위의 제2 층;
상기 제2 층 위의 제3 층;
상기 제3 층 위의 제3 EL층;
상기 제3 EL층 위의 제4 EL층; 및
상기 제4 EL층 위의 캐소드를 포함하며,
상기 제1 층은 제1 도너성 재료를 포함하고;
상기 제2 층은 전자 수송성 재료를 포함하고;
상기 제3 층은 정공 수송성 재료 및 억셉터 재료를 포함하며;
상기 제2 층의 LUMO 준위는 상기 제2 EL층의 LUMO 준위와 상기 제3 층의 억셉터 재료의 억셉터 준위 사이에 존재하는,
발광 소자.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제2 층이 제2 도너성 재료를 추가로 포함하는, 발광 소자.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제1 도너성 재료가, 상기 제1 도너성 재료 대 상기 전자 수송성 재료의 중량비가 0.001:1 이상 0.1:1 이하가 되도록 첨가되는, 발광 소자.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제1 도너성 재료가 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물 및 희토류 금속 화합물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 발광 소자.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제3 층은, 상기 엑셉터 재료 대 상기 정공 수송성 재료의 중량비가 0.1:1 이상 4.0:1 이하가 되도록 상기 엑셉터 재료가 첨가된 층인, 발광 소자.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제3 층이, 상기 정공 수송성 재료를 포함하는 층과 상기 엑셉터 재료를 포함하는 층과의 적층인, 발광 소자.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 엑셉터 재료가 주기율표의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물인, 발광 소자.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 엑셉터 재료가 산화몰리브덴인, 발광 소자.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 제1 EL층 및 상기 제2 EL층의 적층으로부터 발광하는 발광색이 상기 제3 EL층 및 상기 제4 EL층의 적층으로부터 발광하는 발광색과 다른, 발광 소자.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 따른 발광 소자를 사용하여 제조한, 발광 장치.

청구항 12

제11항에 따른 발광 장치를 포함하는, 전자기기.

청구항 13

제11항에 따른 발광 장치를 포함하는, 조명 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 갖는 발광 소자에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 발광 소자를 사용한 발광 장치 및 상기 발광 장치를 사용한 전자기기 및 조명 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 최근, 발광성 유기 화합물 또는 발광성 무기 화합물을 발광 재료로서 사용한 발광 소자의 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 한 쌍의 전극 사이에 발광 재료를 함유한 발광층이 제공된 구조를 갖는 일렉트로루미네스스(electroluminescence)(이하, EL이라고 일컬음) 소자라 불리우는 발광 소자는 박형, 경량, 고속 응답성 및 직류 저전압 구동 등의 특성으로 인하여 차세대 플랫 패널 디스플레이 소자(flat panel display element)로서 주목받고 있다. 또한, EL 소자를 사용하는 디스플레이는 콘트라스트(contrast) 및 화상 품질이 우수하고 시야각(angle of view)이 넓다는 특징이 있다. 또한, EL 소자는 면상 광원이기 때문에, 액정 디스플레이의 백라이트(backlight) 및 조명과 같은 광원으로써 적용하는 것도 고려된다.
- [0003] EL 소자는 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이에 제공된, 발광 재료를 함유한 발광층을 포함한다. 상기 EL 소자는, 발광층에 전류가 흐를 때, 상기 발광 재료가 여기되고, 소정의 색을 발광할 수 있다. 상기 발광층에 다량의 전류를 흘리는 것은 EL 소자의 휘도를 증가시키는 데 효과적이다. 그러나, EL 소자에 다량의 전류를 인가하면 소비전력이 증대한다. 또한, 발광층에 다량의 전류를 인가하면 EL 소자의 열화가 가속화된다.
- [0004] 상기 관점에서, 복수의 발광층을 적층시킨 발광 소자가 제안되고 있다(예: 특허 문헌 1). 특허 문헌 1에는 복수의 발광 유닛(이하, 본 명세서에서 발광 유닛은 EL층이라고도 표기함)이 제공되고 상기 발광 유닛이 전하 발생층에 의해 분리되어 있는 발광 소자가 기재되어 있다. 더욱 구체적으로는, 상기 문헌에는 제1 발광 유닛의 전자 주입층으로서 기능하는 금속 도핑(doped)된 층 상에 오산화바나듐으로 형성된 전하 발생층이 제공되고, 추가로 상기 전하 발생층 위에 제2 발광 유닛이 제공되어 있는 발광 소자가 기재되어 있다. 특허 문헌 1에 기재된 발광 소자는 동일한 전류 밀도를 갖는 전류를 각 발광 소자에 공급하는 경우, 하나의 발광층을 갖는 발광 소자에 비해 고휘도 발광이 가능할 수 있다.
- [0005] [참조문헌]
- [0006] [특허 문헌]
- [0007] [특허 문헌 1] 일본 특허 공개 제2003-272860호

발명의 내용

- [0008] 본 발명의 한 양태는 고휘도 발광이 가능한 발광 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 본 발명의 한 양태는 장수명을 갖는 발광 소자를 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0010] 본 발명의 한 양태는 저전압 구동이 가능한 발광 소자를 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0011] 본 발명의 한 양태는 소비전력이 저감된 발광 장치를 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0012] 본 발명의 한 양태는 소비전력이 저감된 전자기기 또는 조명 장치를 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.
- [0013] 본 발명의 한 양태는, 애노드(anode)와 캐소드(cathode) 사이에 n 개의 EL층(n 은 2 이상의 자연수)을 포함하고, 상기 애노드로부터 m 번째 EL층과 $(m+1)$ 번째 EL층(m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$) 사이에, 상기 m 번째 EL층에 접촉하고 제1 도너성(donor) 재료를 포함하는 제1 층, 상기 제1 층에 접촉하고 전자 수송성 재료와 제2 도너성 재료를 포함하는 제2 층, 및 상기 제2 층과 상기 $(m+1)$ 번째 EL층에 접촉하고 정공(hole) 수송성 재료와 억셉터성(acceptor) 재료를 포함하는 제3 층을 포함하는 발광 소자이다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 양태는, 애노드와 캐소드 사이에 n 개의 EL층(n 은 2 이상의 자연수)을 포함하고, 상기 애노드로부터 m 번째 EL층과 $(m+1)$ 번째 EL층(m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$) 사이에, 상기 m 번째 EL층에 접촉하고 제1 전자 수송성 재료와 제1 도너성 재료를 포함하는 제1 층, 상기 제1 층에 접촉하고 상기 제1 전자 수송성 재료의 LUMO 준위보다 더 낮은 LUMO 준위를 갖는 제2 전자 수송성 재료 및 제2 도너성 재료를 포함하는 제2 층, 및 상기 제2 층과 상기 $(m+1)$ 번째 EL층에 접촉하고 정공 수송성 재료와 억셉터성 재료를 포함하는 제3 층을 포함하는 발광 소자이다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 양태는 상술된 발광 소자를 사용하여 제조된 발광 장치이다.
- [0016] 또한, 본 발명의 또 다른 양태는 상술된 발광 장치를 포함하는 전자기기이다.
- [0017] 또한, 본 발명의 또 다른 양태는 상술된 발광 장치를 포함하는 조명 장치이다. 본 명세서에서 용어 "조명 장치"는 점등과 소등을 제어할 수 있는 광원을 의미하며, 광으로 인간이 더 좋은 생활을 영위할 수 있도록 하는 것을 목적으로 함에 주목한다. 예를 들면, 광을 사용하여 풍경, 시각적 대상물 및 이의 주변을 더 잘 인식할

수 있도록 비추거나, 시각 신호에 의해 정보를 전달한다.

- [0018] 본 명세서에서 "제1" 및 "제2"와 같은 서수 번호는 편의상 사용되는 것이며 단계의 순서 및 층들의 적층 순서를 나타내는 것이 아님에 주목한다. 또한, 본 명세서에서 서수 번호는 발명을 명시하는 특정 명칭을 나타내는 것이 아니다.
- [0019] 본 발명의 한 양태의 발광 소자는 복수의 EL층을 가지며, 따라서, 고휘도 발광이 가능하다.
- [0020] 또한, 본 발명의 한 양태의 발광 소자는 복수의 EL층을 갖기 때문에, 상기 발광 소자가 고휘도 발광하는 경우 수명을 개선시킬 수 있다.
- [0021] 추가로, 본 발명의 한 양태의 발광 소자는 복수의 EL층 사이에 캐리어(carrier)를 양호하게 이동시킬 수 있는 구조를 갖는다. 따라서, 상기 발광 소자의 구동 전압이 저감될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 한 양태의 발광 장치는 구동 전압이 저감된 발광 소자를 포함하며, 이에 의해 상기 발광 장치의 소비 전력이 저감된다.
- [0023] 본 발명의 한 양태인 전자기기 또는 조명 장치는 소비전력이 저감된 발광 장치를 포함하며, 이에 의해 상기 전자기기 또는 상기 조명 장치의 소비전력이 저감될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 첨부된 도면들에서:
- 도 1a 및 1b는 양태 1에 기술된 발광 소자의 소자 구조의 일례와 상기 발광 소자의 밴드 다이어그램(band diagram)의 일례를 각각 도시하고;
- 도 2a 및 2b는 양태 2에 기술된 발광 소자의 소자 구조의 일례와 상기 발광 소자의 밴드 다이어그램의 일례를 각각 도시하고;
- 도 3a 및 3b는 양태 3에 기술된 발광 소자의 소자 구조의 일례와 상기 발광 소자의 밴드 다이어그램의 일례를 각각 도시하고;
- 도 4a 및 4b는 양태 4에 기술된 발광 소자의 소자 구조의 일례를 도시하고;
- 도 5a 및 5b는 양태 5에 기술된 발광 소자의 소자 구조의 일례와 이의 발광 스펙트럼을 각각 도시하고;
- 도 6a 내지 6c는 양태 6에 기술된 액티브-매트릭스형(active-matrix) 발광 장치를 도시하고;
- 도 7a 및 7b는 양태 6에 기술된 패시브-매트릭스형(passive-matrix) 발광 장치를 도시하고;
- 도 8a 내지 8e는 양태 7에 기술된 전자기기를 도시하고;
- 도 9는 양태 8에 기술된 조명 장치를 도시하고;
- 도 10a 내지 10e는 양태 8에 기술된 조명 장치를 도시하고;
- 도 11a 및 11b는 실시예 1 및 2에 기술된 발광 소자의 소자 구조를 도시하고;
- 도 12는 실시예 1에 기술된 발광 소자의 특성을 도시하고;
- 도 13은 실시예 1에 기술된 발광 소자의 특성을 도시하고;
- 도 14는 실시예 2에 기술된 발광 소자의 특성을 도시하고;
- 도 15는 실시예 2에 기술된 발광 소자의 특성을 도시하고;
- 도 16은 실시예 3에 기술된 발광 소자의 특성을 도시하고;
- 도 17은 실시예 3에 기술된 발광 소자의 특성을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명의 양태 및 실시예를 첨부 도면을 참조로 후술하겠다. 본 발명은 하기된 기술 내용에 제한되지 않으며, 본 발명의 취지 및 이의 범위로부터 벗어남 없이 이의 형태 및 세부 사항들은 다양한 방식으로 변화될 수 있다는 것을 당업자라면 쉽게 이해할 것임에 주목한다. 따라서, 본 발명은 하기된 양태들 및 실시예들의 기재 내용

에 한정해서 해석되어서는 안된다.

[0026] (양태 1)

[0027] 본 양태에서는, 발광 소자의 한 양태를 도 1a 및 1b를 참조로 설명하겠다.

[0028] 도 1a에 도시된 발광 소자는 한 쌍의 전극(애노드(101) 및 캐소드(102)) 사이에 각각 발광 영역을 포함하는 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)을 포함한다. 또한, 상기 발광 소자는 애노드(101) 측으로부터, 상기 제1 EL층(103)에 접촉하는 전자 주입 버퍼층(electron-injection buffer layer)(104), 상기 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하는 전자 릴레이 층(electron-relay layer)(105), 및 상기 전자 릴레이 층(105)과 상기 제2 EL층(107)에 접촉하는 전하 발생층(106)도 포함한다.

[0029] 전자 주입 버퍼층(104)의 목적은 상기 제1 EL층(103)에 전자를 주입함에 있어서의 주입 장벽을 감소시키고, 상기 제1 EL층(103)에 전자를 더욱 효율적으로 주입하기 위한 것이다. 본 양태에서, 전자 주입 버퍼층(104)은 도너성 재료를 포함하여 형성된다.

[0030] 전자 릴레이 층(105)의 목적은 전자 주입 버퍼층(104)에 전자를 즉시 이동시키기 위한 것이다. 본 양태에서, 전자 릴레이 층(105)은 전자 수송성 재료 및 도너성 재료를 포함하여 형성된다. 전자 릴레이 층(105)에 사용되는 전자 수송성 재료는 높은 전자 수송성을 갖고, 이의 LUMO(최저 비점유 분자 오비탈) 준위가 본 양태에 기술된 제1 EL층(103)의 LUMO 준위와 전하 발생층(106)에서의 엑셉터성 재료의 엑셉터 준위 사이에 존재하는 재료임에 주목한다. 구체적으로는, 전자 릴레이 층(105)에 사용되는 전자 수송성 재료로는 LUMO 준위가 -5.0eV 이상인 재료가 바람직하게 사용된다. 또한, 전자 릴레이 층(105)에 사용되는 전자 수송성 재료로는 LUMO 준위가 -5.0eV 이상 및 -3.0eV 이하인 재료가 더욱 바람직하게 사용된다. 첨가

[0031] 전하 발생층(106)의 목적은 발광 소자의 캐리어들인 정공 및 전자를 발생시키기 위한 것이다. 본 양태에서, 전하 발생층(106)은 정공 수송성 재료 및 엑셉터성 재료를 포함하여 형성된다.

[0032] 도 1b는 도 1a에 도시된 소자 구조의 밴드 다이어그램을 도시한 것이다. 도 1b에서, 참조 번호 111, 112, 113, 114, 115, 116 및 117은 각각 애노드(101)의 페르미 준위(Fermi level), 캐소드(102)의 페르미 준위(Fermi level), 제1 EL층(103)의 LUMO 준위, 전자 릴레이 층(105)에서의 도너성 재료의 도너 준위, 전자 릴레이 층(105)에서의 전자 수송성 재료의 LUMO 준위, 전하 발생층(106)에서의 엑셉터성 재료의 엑셉터 준위 및 제2 EL층(107)의 LUMO 준위를 나타낸다.

[0033] 도 1b에서, 전하 발생층(106)에서 발생한 전자는 전자 릴레이 층(105)에서의 전자 수송성 재료의 LUMO 준위로 이동한다. 또한, 이들은 전자 주입 버퍼층(104)을 개재하여 제1 EL층(103)의 LUMO 준위로 이동한다. 이후, 제1 EL층(103)에서, 애노드(101)로부터 주입된 정공과 전하 발생층(106)으로부터 주입된 전자가 재결합한다. 그 결과, 제1 EL층(103)이 발광한다. 제1 EL층(103)에서와 같이, 제2 EL층(107)에서는, 전하 발생층(106)으로부터 주입된 정공과 캐소드(102)로부터 주입된 전자가 재결합한다. 그 결과, 제2 EL층(107)이 발광한다.

[0034] 본 양태에 기술된 발광 소자는 전자 수송성 재료 및 도너성 재료를 함유하는 전자 릴레이 층(105)을 포함한다. 상기 도너성 재료는 전자 수송성 재료의 LUMO 준위를 더 낮은 에너지 준위 쪽으로 이동시킨다. 전자 릴레이 층(105)에서의 전자 수송성 재료의 LUMO 준위는 제1 EL층(103)의 LUMO 준위보다 더 낮기 때문에 초기에 비교적 낮은 LUMO 준위가 도너성 재료에 의해 추가로 감소된다. 그 결과, 전자 릴레이 층(105)이 전하 발생층(106)으로부터 전자를 수용함에 있어서의 장벽이 저감된다. 또한, 전자 릴레이 층(105)이 수용한 전자는 전자 주입 버퍼층(104)에 의해 커다란 주입 장벽의 발생 없이 제1 EL층(103)에 즉시 주입된다. 그 결과, 발광 소자의 저전압 구동이 가능해진다.

[0035] 다음으로, 상술된 각 재료의 구체예를 기재한다.

[0036] 전자 주입 버퍼층(104) 및 전자 릴레이 층(105)에 함유된 도너성 재료는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 또는 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 희토류 금속의 화합물(산화물, 할로겐화물 및 탄산염 포함). 구체예로는 리튬(Li), 세슘(Cs), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 유로퓸(Eu) 및 이테르븀(Yb)과 같은 금속 및 이들의 화합물들이 포함된다. 이들 금속 및 금속 화합물은 전자 주입성이 높기 때문에 바람직하다.

[0037] 전자 릴레이 층(105)에 함유된 전자 수송성 재료는 페릴렌 유도체, 질소-함유 축합 방향족 화합물 등일 수 있다.

[0038] 상기 페릴렌 유도체의 구체예로는 3,4,9,10-페릴렌테트라카복실산 이무수물(약어: PTCDA), 3,4,9,10-페릴렌테트

라카복실릭-비스-벤즈이미다졸(약어: PTCBI), N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페틸렌테트라카복실산 디이미드(약어: PTCDI-C8H), N,N'-디헥실-3,4,9,10-페틸렌테트라카복실산 디이미드(약어: HexPTC) 등이 포함된다.

[0039] 상기 질소-함유 축합 방향족 화합물의 구체예로는 피라지노[2,3-f][1,10]페난트롤린-2,3-디카보니트릴(약어: PPDN), 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트리페닐렌(약어: HAT(CN)₆), 2,3-디페닐피리도[2,3-b]피라진(약어: 2PYPR), 2,3-비스(4-플루오로페닐)피리도[2,3-b]피라진(약어: F2PYPR) 등이 포함된다. 질소-함유 축합 방향족 화합물은 이의 안정성으로 인해 전자 릴레이 층(105)에 함유되는 전자 수송성 재료로서 바람직하게 사용됨에 주목한다. 또한, 질소-함유 축합 방향족 화합물들 중, 시아노 그룹 또는 플루오로 그룹과 같은 전자 흡인 그룹을 갖는 화합물이 바람직하게 사용되며, 이 경우 전자 릴레이 층(105)에 전자가 용이하게 수용된다.

[0040] 달리, 전자 릴레이 층(105)에 함유되는 전자 수송성 재료로는 다음의 것들을 사용할 수도 있다: 퍼플루오로펜타센, 7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(약어: TCNQ), 1,4,5,8-나프탈렌테트라카복실산 이무수물(약어: NTCDA), 구리 헥사데카플루오로프탈로시아닌(약어: F₁₆CuPc), N,N'-비스(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-펜타데카플루오로옥틸-1,4,5,8-나프탈렌테트라카복실산 디이미드(약어: NTCDI-C8F), 3',4'-디부틸-5,5"-비스(디시아노메틸렌)-5,5"-디하이드로-2,2':5',2"-테르티오펜(약어: DCMT), 메타노플러렌(예를 들면, [6,6]-페닐 C₆₁ 부티르산 메틸 에스테르) 등.

[0041] 전하 발생층(106)에 함유되는 정공 수송성 재료는 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소 및 고분자량 화합물(예를 들면, 올리고머, 덴드리머 또는 폴리머)과 같은 각종 유기 화합물들 중 임의의 것일 수 있다. 본원에 기술된 대부분의 재료들은 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는다.

[0042] 상기 방향족 아민 화합물의 구체예로는 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약어: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(약어: TPD), 4,4',4"-트리스(카바졸-9-일)트리페닐아민(약어: TCTA), 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민(약어: TDATA), 4,4',4"-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약어: MTDATA), N,N'-비스(4-메틸페닐)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민(약어: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약어: DPAB), N,N'-비스[4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐]-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(약어: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약어: DPA3B) 등이 포함된다.

[0043] 상기 카바졸 유도체의 구체예로는 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약어: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약어: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약어: PCzPCN1) 등이 포함된다. 또한, 다음의 것들을 들 수 있다: 4,4'-디(N-카바졸릴)바이페닐(약어: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸릴)페닐]벤젠(약어: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센)페닐]-9H-카바졸(약어: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등.

[0044] 상기 방향족 탄화수소의 구체예로는 2-3급-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약어: t-BuDNA), 2-3급-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약어: DPPA), 2-3급-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약어: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약어: DNA), 9,10-디페닐안트라센(약어: DPAnth), 2-3급-부틸안트라센(약어: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약어: DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-3급-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'-바이안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센; 테트라센; 루브렌, 페틸렌; 2,5,8,11-테트라(3급-부틸)페틸렌 등이 포함된다. 또한, 상기 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가질 수 있다. 비닐 그룹을 갖는 방향족 탄화수소로는, 예를 들면, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)바이페닐(약어: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약어: DPVPA) 등을 들 수 있다.

[0045] 또한, 폴리(N-비닐카바졸)(약어: PVK) 또는 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약어: PVTPA)와 같은 고분자량 화합물도 정공 수송성 재료로서 사용될 수 있다.

[0046] 상술된 정공 수송성 재료는 바람직하게는 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는다. 전자 수송성보다 정공 수송성이 더 큰 임의의 기타 물질을 사용할 수 있음에 주목한다.

- [0047] 상기 방향족 탄화수소의 형성에 증착법을 사용하는 경우, 증착시의 증착성 또는 막 형성 후의 막 품질의 관점에서, 축합 환을 형성하는 탄소수는 14 내지 42인 것이 바람직하다.
- [0048] 전하 발생층(106)에 함유되는 액셉터성 재료로는, 전이 금속 산화물 및 주기율표의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간 및 산화레늄과 같은 금속 산화물을 들 수 있다. 이들 금속 산화물들은 높은 전자 수용성을 갖기 때문에 바람직하다. 특히, 산화몰리브덴은 액셉터성 재료로서 바람직하게 사용된다. 산화몰리브덴은 낮은 흡습성의 특성을 가짐에 주목한다.
- [0049] 또한, 전자 주입 버퍼층(104), 전자 릴레이 층(105) 및 전하 발생층(106)은 건식 공정(예: 진공 증착법 또는 스퍼터링법) 또는 습식 공정(예: 잉크-젯법, 스핀 코팅법 또는 도포법)을 불문하고 각종 방법들 중 임의의 것에 의해 형성될 수 있다.
- [0050] 다음으로, 상술된 애노드(101) 및 캐소드(102)의 구체예를 기재한다.
- [0051] 상기 애노드(101)는 높은 일 함수(work function)(구체적으로는, 4.0eV 이상의 일 함수가 바람직하다)를 갖는 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 이들 재료들의 혼합물 등을 사용하여 형성될 수 있다. 구체적으로는, 산화인듐-산화주석(ITO: indium tin oxide), 규소 또는 산화규소를 포함하는 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연(IZO: indium zinc oxide), 및 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐을 들 수 있다.
- [0052] 이들 전도성 금속 산화물의 박막은 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다. 달리, 상기 막은 졸-겔법 등에 의해 형성될 수도 있다. 예를 들면, 산화인듐-산화아연(IZO)의 막은 산화인듐에 1중량% 내지 20중량%의 산화아연을 가한 타겟을 사용하여 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다. 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐은 산화인듐에 0.5중량% 내지 5중량%의 산화텅스텐 및 0.1중량% 내지 1중량%의 산화아연을 가한 타겟을 사용하여 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다.
- [0053] 이 외에도, 애노드(101)에 다음의 것들을 사용할 수 있다: 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 티탄(Ti), 이의 질화물(예: 질화티탄), 및 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화루테튬, 산화텅스텐, 산화망간 또는 산화티탄과 같은 산화물. 달리, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌설포산)(약어: PEDOT/PSS) 또는 폴리아닐린/폴리(스티렌설포산)(약어: PAni/PSS)과 같은 전도성 중합체를 사용할 수도 있다. 제1 EL층(103)의 일부로서 애노드(101)에 접촉하여 전하 발생층을 제공하는 경우에는, 일 함수의 대소에 관계없이 각종 전도성 재료들을 애노드(101)에 사용할 수 있음에 주목한다. 상기 전하 발생층은 상술된 제1 EL층(103)과 제2 EL층(107) 사이에 제공된 전하 발생층(106)의 것과 동일한 구조를 가질 수 있음에 주목한다.
- [0054] 캐소드(102)는 낮은 일 함수(구체적으로는, 3.8eV 이하의 일 함수가 바람직하다)를 갖는 금속, 합금, 전기전도성 화합물, 이들 재료들의 혼합물 등을 사용하여 형성될 수 있다. 구체적으로는, 다음의 것들을 들 수 있다: 주기율표 제1족 또는 제2족에 속하는 원소, 즉, 리튬(Li) 또는 세슘(Cs)과 같은 알칼리 금속, 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca) 또는 스트론튬(Sr)과 같은 알칼리 토금속, 이들 원소들을 함유하는 합금(예: MgAg 또는 AlLi), 유로퓸(Eu) 또는 이테르븀(Yb)과 같은 희토류 금속, 이들 원소들을 함유하는 합금 등. 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 이들의 합금의 막은 진공 증착법에 의해 형성될 수 있음에 주목한다. 달리, 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유하는 합금은 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다.
- [0055] 달리, 캐소드(102)는 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물 또는 희토류 금속 화합물(예: 불화리튬(LiF), 산화리튬(LiOx), 불화세슘(CsF), 불화칼슘(CaF₂) 또는 불화에르븀(ErF₃))의 박막 및 알루미늄과 같은 금속 막의 적층물을 사용하여 형성될 수도 있다. 상기 제2 EL층(107)의 일부로서 캐소드(102)에 접촉하여 전하 발생층을 제공하는 경우에는, 일 함수의 대소에 관계없이 각종 전도성 재료들을 캐소드(102)에 사용할 수 있음에 주목한다. 상기 전하 발생층은 상술된 제1 EL층(103)과 제2 EL층(107) 사이에 제공된 전하 발생층(106)의 것과 동일한 구조를 가질 수 있음에 주목한다.
- [0056] 본 양태에 기술된 발광 소자에서, 애노드(101) 또는 캐소드(102) 중 적어도 어느 하나는 발광 과정을 투과할 수 있음에 주목한다. 투광성은 ITO와 같은 투명 전극을 사용하거나 전극의 두께를 감소시켜서 보장할 수 있다.
- [0057] 다음으로, 상술된 제1 EL층 및 제2 EL층의 구체예를 기재한다.
- [0058] 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)은 각각 적어도 발광 재료를 함유한 발광층을 포함할 수 있다. 즉, 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)은 발광층 및 발광층 이외의 층들이 적층된 구조를 가질 수 있다. 제1 EL층(103)에 포

함된 발광층은 제2 EL층(107)에 포함된 발광층과 상이할 수 있음에 주목한다. 달리, 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)은 독립적으로 발광층 및 발광층 이외의 층들이 적층된 구조를 가질 수도 있다.

[0059] 발광층 이외의 층들의 예로는 정공 주입성 재료를 함유하는 층(정공 주입층), 정공 수송성 재료를 함유하는 층(정공 수송층), 전자 수송성 재료를 함유하는 층(전자 수송층), 전자 주입성 재료를 함유하는 층(전자 주입층), 바이폴라성(bipolar property)(전자 수송성 및 정공 수송성) 재료를 함유하는 층 등이 포함된다. 이들 층들은 적절하게 조합될 수 있다.

[0060] 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)이 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층 및 전자 주입층을 포함하여 형성되는 경우, 층들에 함유되는 재료들의 구체예에 대해 후술한다.

[0061] 정공 주입층은 정공 주입성 재료를 함유한다. 정공 주입성 재료로는, 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화루테튬, 산화텅스텐, 산화망간 등을 사용할 수 있다. 달리, 프탈로시아닌(약어: H_2Pc) 또는 구리 프탈로시아닌(약어: $CuPc$)과 같은 프탈로시아닌계 화합물, PEDOT/PSS와 같은 중합체 등을 정공 주입성 재료로서 사용할 수도 있다.

[0062] 정공 수송층은 정공 수송성 재료를 함유한다. 상기 정공 수송성 재료로는, 다음의 것들을 들 수 있다: NPB, TPD, TCTA, TDATA, MTDATA 및 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약어: BSPB)과 같은 방향족 아민 화합물; 및 PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, CBP, TCPB 및 CzPA와 같은 카바졸 유도체. 달리, 정공 수송성 재료로는 다음의 것들을 사용할 수도 있다: PVK, PVTTPA, 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약어: PTPDMA) 또는 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘(약어: Poly-TPD)]. 본원에 열거된 대부분의 물질들은 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는다. 임의의 다른 재료도 전자 수송성보다 정공 수송성이 더 높은 물질이지만 하다면 사용될 수 있음에 주목한다. 또한, 정공 수송층은 단층에 한정되지 않고, 상기 재료들을 사용하여 형성된 층을 이층 이상 적층시킨 것일 수도 있다.

[0063] 발광층은 발광 재료를 함유한다. 상기 발광 재료는 이하에 설명하는 형광성 화합물 또는 인광성 화합물일 수 있다.

[0064] 상기 형광성 화합물의 예로는 다음의 것들이 포함된다: N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티렌-4,4'-디아민(약어: YGA2S); 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약어: YGAPA); 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-디페닐-2-안트릴)트리페닐아민(약어: 2YGAPPA); N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약어: PCAPA); 페릴렌; 2,5,8,11-테트라-3급-부틸페릴렌(약어: TBP); 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약어: PCBAPA); N,N''-(2-3급-부틸안트라센-9,10-디일디-4,1-페닐렌)비스[N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민](약어: DPABPA); N,9-디페닐-N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약어: 2PCAPPA); N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-N,N,N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약어: 2DPAPPA); N,N,N',N',N'',N''-옥타페닐디벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약어: DBC1); 쿠마린 30; N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카바졸-3-아민(약어: 2PCAPA); N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-디페닐-9H-카바졸-3-아민(약어: 2PCABPhA); N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약어: 2DPAPA); N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약어: 2DPABPhA); 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약어: 2YGABPhA); N,N,9-트리페닐안트라센-9-아민(약어: DPbAPhA); 쿠마린 545T; N,N'-디페닐퀴나크리돈(약어: DPQd); 루브렌; 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약어: BPT); 2-(2-{2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약어: DCM1); 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약어: DCM2); N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약어: p-mPhTD); 7,14-디페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-디아민(약어: p-mPhAFD); 2-{2-이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약어: DCJTI); 2-{2-3급-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약어: BisDCM); 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약어: BisDCJTM) 등.

[0065] 상기 인광성 화합물의 예로는 다음의 것들이 포함된다: 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐

(III) 테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약어: FIr6); 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약어: FIrpic); 비스[2-(3',5'-비스트리플루오로메틸페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약어: Ir(CF₃ppy)₂(pic)); 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III) 아세틸아세토네이트(약어: FIr(acac)); 트리스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약어: Ir(ppy)₃); 비스(2-페닐피리디나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(ppy)₂(acac)); 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(bzq)₂(acac)); 비스(2,4-디페닐-1,3-옥사졸라토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(dpo)₂(acac)); 비스[2-(4'-퍼플루오로페닐페닐)]피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(p-PF-ph)₂(acac)); 비스(2-페닐벤조티아졸라토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(bt)₂(acac)); 비스[2-(2'-벤조[4,5-α]티에닐)피리디나토-N,C^{3'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약어: Ir(btp)₂(acac)); 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III) 아세틸아세토네이트(약어: Ir(pi)₂(acac)); (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리나토]이리듐(III)(약어: Ir(Fdpq)₂(acac)); (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약어: Ir(tppr)₂(acac)); 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린)백금(II)(약어: PtOEP); 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약어: Tb(acac)₃(Phen)); 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약어: Eu(DBM)₃(Phen)); 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약어: Eu(TTA)₃(Phen)) 등.

[0066] 발광층은 바람직하게는 호스트 재료에 이들 발광 재료들이 분산되어 있는 구조를 가짐에 주목한다. 상기 호스트 재료로는, 다음의 것들이 사용될 수 있다. 예를 들면, 정공 수송성 재료: NPB, TPD, TCTA, TDATA, MTDATA 또는 BSPB와 같은 방향족 아민 화합물; PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, CBP, TCPB 또는 CzPA와 같은 카바졸 유도체; 또는 PVK, PVTBA, PTPDMA 또는 Poly-TPD와 같은 고분자량 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 전자 수송성 재료: 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약어: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약어: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약어: BeBq₂) 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(약어: BA1q)과 같은 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체; 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조사졸라토]아연(약어: Zn(BOX)₂) 또는 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약어: Zn(BTZ)₂)과 같은 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체; 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약어: PBD); 1,3-비스[5-(p-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약어: OXD-7); 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]카바졸(약어: CO11); 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-3급-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약어: TAZ); 바토펜트롤린(약어: BPhen); 바토크프로인(약어: BCP); 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-co-(피리딘-3,5-디일)](약어: PF-Py); 또는 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-co-(2,2'-바이피리딘-6,6'-디일)](약어: PF-BPy)을 사용할 수도 있다.

[0067] 전자 수송층은 전자 수송성 재료를 함유한다. 상기 전자 수송성 재료로는, Alq, Almq₃, BeBq₂ 또는 BA1q와 같은 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체를 사용할 수 있다. 상기된 것 이외에도, Zn(BOX)₂ 또는 Zn(BTZ)₂와 같은 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체를 사용할 수도 있다. 또한, 상기 금속 착체들 이외에도, PBD, OXD-7, CO11, TAZ, BPhen, BCP, PF-Py, PF-BPy 등을 전자 수송성 재료로서 사용할 수도 있다. 본원에 기술된 대부분의 물질은 1×10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는다. 임의의 다른 물질도 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이기만 하다면 사용될 수 있음에 주목한다. 또한, 상기 전자 수송층은 단층에 한정되지 않고, 상기 재료들을 사용하여 형성된 층을 이중 이상 적층시킨 것일 수도 있다.

[0068] 전자 주입층은 전자 주입성 재료를 함유한다. 상기 전자 주입성 재료로는 다음의 것들을 들 수 있다: 불화리튬(LiF), 불화세슘(CsF) 및 불화칼슘(CaF₂)과 같은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속 및 이들의 화합물. 달리, 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 이들의 화합물을 함유하는 전자 수송성 재료(예를 들면, 마그네슘(Mg)을 함유한 Alq 층)을 전자 주입성 재료로서 사용할 수도 있다. 이러한 구조에 의해, 캐소드(102)로부터의 전자의 주입 효율

율을 증가시키는 것이 가능해진다.

- [0069] 제1 EL층(103) 또는 제2 EL층(107)에 전하 발생층을 제공하는 경우, 전하 발생층은 정공 수송성 재료 및 엑셉터성 재료를 함유한다. 전하 발생층은 정공 수송성 재료와 엑셉터성 재료를 동일한 막 내에 함유하는 층뿐 아니라 정공 수송성 재료를 함유하는 층과 엑셉터성 재료를 함유하는 층의 적층물일 수 있다. 그러나, 적층 구조의 경우, 엑셉터성 재료를 함유하는 층이 애노드(101) 또는 캐소드(102)와 접촉하고 있다.
- [0070] 제1 EL층(103) 또는 제2 EL층(107)에 전하 발생층을 제공함에 의해, 전극을 형성하는 재료의 일 함수를 고려하지 않고서 애노드(101) 또는 캐소드(102)를 형성하는 것이 가능해진다. 제1 EL층(103) 또는 제2 EL층(107)에 제공되는 전하 발생층에는 상술된 제1 EL층(103)과 제2 EL층(107) 사이에 제공된 전하 발생층(106)의 것들과 동일한 재료들을 사용하여 형성될 수 있음에 주목한다. 따라서, 상기 설명을 참조하기 바란다.
- [0071] 이들 층들을 적절한 조합으로 적층시킴으로써, 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)을 형성할 수 있다. 또한, 제1 EL층(103) 또는 제2 EL층(107)의 형성 방법으로는, 사용되는 재료에 따라 각종 방법(예를 들면, 건식 공정 및 습식 공정)을 적절하게 선택할 수 있다. 예를 들면, 진공 증착법, 잉크-젯법, 스핀 코팅법 등을 사용할 수 있다. 각 층에 대해 상이한 형성 방법을 사용할 수 있음에 주목한다.
- [0072] 본 양태에 기술된 발광 소자는 상술된 재료들의 조합에 의해 제조될 수 있다. 당해 발광 소자에서는 상술된 발광 재료로부터의 발광이 수득될 수 있기 때문에, 상기 발광층에 사용되는 발광 재료의 종류를 변화시킴으로써 다양한 발광색을 형성할 수 있다. 또한, 발광 재료로서 상이한 발광색의 복수의 발광 재료들을 복수개 사용함으로써, 광범위한 스펙트럼을 갖는 발광 또는 백색 발광을 실현할 수도 있다.
- [0073] 본 양태에서는 2개의 EL층이 제공된 발광 소자에 대해 기술하고 있지만, EL층의 수는 2개에 한정되지 않고, 2개 이상, 예를 들면 3개일 수도 있다. n개의 EL층이 발광 소자에 제공된 경우(n은 2 이상의 자연수), m번째 EL층과 (m+1)번째 EL층(m은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$) 사이에, 애노드 측으로부터 이 순서로 전자 주입 버퍼층, 전자 릴레이 층 및 전하 발생층을 적층함으로써, 상기 발광 소자의 구동 전압이 감소될 수 있음에 주목한다.
- [0074] 또한, 본 양태에 기술된 발광 소자는 각종 기판 위에 제조될 수 있다. 기판으로는, 예를 들면, 유리, 플라스틱, 금속판, 금속 호일 등으로 만들어진 기판을 사용할 수 있다. 발광 소자의 발광을 기판 측으로부터 추출하는 경우, 투광성을 갖는 기판을 사용할 수 있다. 상기된 것 이외의 기판도 발광 소자의 제조 공정에서 지지체로서 작용할 수 있지만 하다면 사용될 수 있음에 주목한다.
- [0075] 본 양태에서의 구조는 다른 양태들에서의 구조들과 적절하게 조합될 수 있음에 주목한다.
- [0076] (양태 2)
- [0077] 본 양태에서는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 일례에 대해 설명한다. 구체적으로는, 양태 1에 기술된 발광 소자에 포함된 전자 주입 버퍼층(104)이 도너성 재료의 단층으로 형성된 경우에 대해 도 2a 및 2b를 참조로 설명한다.
- [0078] 본 양태의 발광 소자에서는, 도 2a에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 전극(애노드(101) 및 캐소드(102)) 사이에 발광 영역을 포함하는 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)이 개재되어 있다. 또한, 상기 발광 소자는, 애노드(101) 측으로부터, 제1 EL층(103)에 접촉하는 전자 주입 버퍼층(104), 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하는 전자 릴레이 층(105), 및 전자 릴레이 층(105) 및 제2 EL층(107)에 접촉하는 전하 발생층(106)을 포함한다.
- [0079] 본 양태에서 애노드(101), 캐소드(102), 제1 EL층(103), 전자 릴레이 층(105), 전하 발생층(106) 및 제2 EL층(107)은 양태 1에 기술된 것들과 유사한 재료들을 사용하여 형성될 수 있고, 양태 1에 기술된 것들과 유사한 구조들을 가질 수 있다. 따라서, 양태 1에서의 설명을 참조하기 바란다.
- [0080] 본 양태에서, 전자 주입 버퍼층(104)에 사용되는 재료의 예로는 높은 전자 주입성을 갖는 다음 재료들이 포함된다: 리튬(Li) 및 세슘(Cs)과 같은 알칼리 금속; 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca) 및 스트론튬(Sr)과 같은 알칼리 토금속; 유로퓸(Eu) 및 이테르븀(Yb)과 같은 희토류 금속; 알칼리 금속 화합물(산화리튬과 같은 산화물, 할로젠 화물, 및 탄산리튬 및 탄산세슘과 같은 탄산염 포함); 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물 및 탄산염 포함); 희토류 금속 화합물(산화물, 할로젠화물 및 탄산염 포함) 등. 높은 전자 주입성을 갖는 이들 재료들은 공기 중에서 안정하고, 따라서 높은 생산성을 제공하며 양산에 적합하기 때문에 바람직하다.
- [0081] 본 양태에 기술된 발광 소자는 전자 주입 버퍼층(104)으로서 상술된 금속 또는 이의 화합물의 단층을 포함한다. 전자 주입 버퍼층(104)의 두께는 구동 전압의 상승을 피하기 위해 극히 얇다(구체적으로는, 1nm 이하). 전자

수송층(108)을 형성한 후 전자 수송층(108) 위에 전자 주입 버퍼층(104)을 형성하는 경우에는, 전자 주입 버퍼층(104)을 형성하는 데 사용된 재료의 일부는 제1 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108)에도 존재할 수 있음에 주목한다. 즉, 극히 얇은 전자 주입 버퍼층(104)은 전자 릴레이 층(105)과 제1 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108) 사이의 계면에 존재한다. 본 양태에서, 제1 EL층(103)에서의 전자 수송층(108)은 바람직하게는 전자 주입 버퍼층(104)에 접하여 형성됨에 주목한다.

[0082] 도 2b는 도 2a에 도시된 소자 구조의 밴드 다이어그램을 도시한 것이다. 도 2b에서, 전자 릴레이 층(105)과 제1 EL층(103)(전자 수송층(108)) 사이의 계면에서의 전자 주입 버퍼층(104)은 전하 발생층(106)과 제1 EL층(103)(전자 수송층(108)) 사이의 주입 장벽을 감소시킬 수 있다. 이로 인해, 전하 발생층(106)에서 발생된 전자는 제1 EL층(103)에 용이하게 주입될 수 있다.

[0083] 또한, 본 양태에 기술된 전자 주입 버퍼층의 구조에 의해, 양태 3에 기술된 전자 주입 버퍼층(전자 수송성 재료에 도너성 재료를 첨가하여 형성된 층)의 구조에 비해 발광 소자의 구동 전압이 저감될 수 있다.

[0084] 본 양태에서의 구조는 다른 양태들에서의 구조들과 적절하게 조합될 수 있음에 주목한다.

[0085] (양태 3)

[0086] 본 양태에서는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 또 다른 예에 대해 설명한다. 구체적으로는, 양태 1에 기술된 발광 소자에 포함된 전자 주입 버퍼층(104)이 전자 수송성 재료 및 도너성 재료를 함유하는 경우에 대해 도 3a 및 3b를 참조로 설명한다.

[0087] 본 양태의 발광 소자에서는, 도 3a에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 전극(애노드(101) 및 캐소드(102)) 사이에 발광 영역을 포함하는 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)이 개재되어 있다. 또한, 상기 발광 소자는, 애노드(101) 측으로부터, 제1 EL층(103)에 접촉하는 전자 주입 버퍼층(104), 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하는 전자 릴레이 층(105), 및 전자 릴레이 층(105) 및 제2 EL층(107)에 접촉하는 전하 발생층(106)을 포함한다.

[0088] 전자 주입 버퍼층(104)은 전자 수송성 재료 및 도너성 재료를 함유한다. 본 양태에서, 도너성 재료는 바람직하게는 도너성 재료 대 전자 수송성 재료의 중량비가 0.001:1 내지 0.1:1이 되도록 첨가되며, 이 경우 상기 전자 주입 버퍼층(104)은 높은 막 품질 및 높은 반응성을 가질 수 있음에 주목한다.

[0089] 본 양태에서 애노드(101), 캐소드(102), 제1 EL층(103), 전자 릴레이 층(105), 전하 발생층(106) 및 제2 EL층(107)은 양태 1에 기술된 것들과 유사한 재료들을 사용하여 형성될 수 있고, 양태 1에 기술된 것들과 유사한 구조들을 가질 수 있다. 따라서, 양태 1에서의 설명을 참조하기 바란다.

[0090] 본 양태에서, 전자 주입 버퍼층(104)에 함유되는 전자 수송성 재료의 예로는 다음의 것들이 포함된다: Alq, Almq₃, BeBq₂ 및 BAq와 같은 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체; Zn(BOX)₂ 및 Zn(BTZ)₂와 같은 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체; PBD; OXD-7; C011; TAZ; BPhen; BCP 등. 본원에 열거된 대부분의 물질들은 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는다.

[0091] 상기 물질들 이외에도, PF-Py 및 PF-BPy와 같은 고분자량 화합물을 전자 주입 버퍼층(104)에 함유되는 전자 수송성 재료로서 들 수 있다.

[0092] 또한, 본 양태에서, 전자 주입 버퍼층(104)에 함유되는 도너성 재료로는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 이들의 화합물(산화물, 할로겐화물 및 탄산염 등 포함)을 사용할 수 있다. 달리, 테트라티아나프타센(약어: TTN), 니켈로센 또는 데카메틸니켈로센과 같은 유기 화합물을 전자 주입 버퍼층(104)에 함유되는 도너성 재료로서 사용할 수도 있다.

[0093] 본 양태에서, 제1 EL층(103)에서의 전자 수송층(108)은 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하여 형성될 수 있음에 주목한다. 전자 수송층(108)이 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하여 형성되는 경우, 전자 주입 버퍼층(104)에 사용되는 전자 수송성 재료와 제1 EL층(103)의 일부인 전자 수송층(108)에 사용되는 전자 수송성 재료는 동일하거나 상이할 수 있다.

[0094] 도 3a에 도시된 바와 같이, 제1 EL층(103)과 전자 릴레이 층(105) 사이에 전자 수송성 재료 및 도너성 재료를 함유하는 전자 주입 버퍼층(104)이 형성되어 있으며, 이는 본 양태에 기술된 발광 소자의 특징이다.

[0095] 도 3b는 도 3a에 도시된 소자 구조의 밴드 다이어그램을 도시한 것이다. 전자 주입 버퍼층(104)은 전자 릴레이 층(105)과 제1 EL층(103)(전자 수송층(108)) 사이의 주입 장벽을 감소시킬 수 있다. 이로 인해, 전하 발생층

(106)에서 발생된 전자는 제1 EL층(103)에 용이하게 주입될 수 있다.

- [0096] 본 양태에서의 구조는 다른 양태들에서의 구조들과 적절하게 조합될 수 있음에 주목한다.
- [0097] (양태 4)
- [0098] 본 양태에서는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 또 다른 예에 대해 설명한다. 구체적으로는, 양태 1에 기술된 발광 소자에서의 전하 발생층(106)의 구조에 대해 도 4a 및 4b를 참조로 설명한다.
- [0099] 본 양태의 발광 소자에서는, 도 4a 및 4b에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 전극(애노드(101) 및 캐소드(102)) 사이에 발광 영역을 포함하는 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)이 개재되어 있다. 또한, 상기 발광 소자는, 애노드(101) 측으로부터, 제1 EL층(103)에 접촉하는 전자 주입 버퍼층(104), 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하는 전자 릴레이 층(105), 및 전자 릴레이 층(105) 및 제2 EL층(107)에 접촉하는 전하 발생층(106)을 포함한다. 도 4a 및 4b에서, 애노드(101), 캐소드(102), 제1 EL층(103), 전자 주입 버퍼층(104), 전자 릴레이 층(105) 및 제2 EL층(107)은 양태 1 내지 3에 기술된 것들과 유사한 재료들을 사용하여 형성될 수 있고, 양태 1 내지 3에 기술된 것들과 유사한 구조들을 가질 수 있다. 따라서, 양태 1 내지 3에서의 설명을 참조하기 바란다.
- [0100] 도 4a 및 4b에 도시된 발광 소자에서, 전하 발생층(106)은 정공 수송성 재료 및 엑셉터성 재료를 함유한다. 전하 발생층(106)에는, 정공 수송성 재료로부터 엑셉터성 재료에 의해 전자가 인발되고, 이에 의해 정공과 전자가 발생됨에 주목한다.
- [0101] 도 4a에 도시된 전하 발생층(106)은 동일한 막 중에 정공 수송성 재료와 엑셉터성 재료가 함유되어 있는 구조를 갖는다. 이 경우, 상기 엑셉터성 재료는 바람직하게는 엑셉터성 재료 대 정공 수송성 재료의 중량비가 0.1:1 내지 4.0:1이 되도록 첨가되며, 이 경우 전하 발생층(106)에서 캐리어들이 용이하게 발생된다.
- [0102] 도 4a에서, 엑셉터성 재료가 정공 수송성 재료에 도핑되며, 이로 인해 전하 발생층(106)의 두께가 증가하는 경우에도 구동 전압의 상승이 억제될 수 있다. 구동 전압 상승의 억제는 광학 조정에 의한 색 순도의 개선을 실현시킬 수 있다. 또한, 전하 발생층(106) 두께의 증가는 발광 소자의 단락을 방지할 수 있다.
- [0103] 한편, 도 4b에 도시된 전하 발생층(106)은 제2 EL층(107)에 접촉하는, 정공 수송성 재료를 함유한 층(106a), 및 전자 릴레이 층(105)에 접촉하는 엑셉터성 재료를 함유한 층(106b)이 적층된 구조를 갖는다. 도 4b에 도시된 발광 소자의 전하 발생층(106)에서는, 정공 수송성 재료에 의한 전자의 공여와 엑셉터성 재료에 의한 전자의 수용의 결과로서, 전자 이동 착체가 정공 수송성 재료를 함유한 층(106a)과 엑셉터성 재료를 함유한 층(106b) 사이의 계면에서만 형성된다. 이로 인해, 도 4b에 도시된 발광 소자는 전하 발생층(106)의 두께가 증가하는 경우에도 가시광 영역에서의 흡수 밴드가 쉽게 형성되지 않기 때문에 바람직하다.
- [0104] 전하 발생층(106)에 함유되는 정공 수송성 재료는 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소 및 고분자 화합물(예를 들면, 올리고머, 덴드리머 또는 폴리머)과 같은 각종 유기 화합물들 중 임의의 것일 수 있다.
- [0105] 상기 방향족 아민 화합물의 구체예로는 NPB, TPD, TCTA, TDATA, MTDATA, DTDPPA, DPAB, DNTPD, DPA3B 등이 포함된다.
- [0106] 상기 카바졸 유도체의 구체예로는 PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1 등이 포함된다. 이 외에도, CBP, TCPB, CzPA, 1,4-비스[4-(N-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 들 수 있다.
- [0107] 상기 방향족 탄화수소의 구체예로는 t-BuDNA, DPPA, t-BuDBA, DNA, DPAnth, t-BuAnth, DMNA, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센; 테트라센; 루브렌, 페릴렌; 2,5,8,11-테트라(3급-부틸)페릴렌 등이 포함된다. 또한, 상기 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가질 수 있다. 비닐 그룹을 갖는 방향족 탄화수소로는, 예를 들면, DPVBi, DPVPA 등을 들 수 있다.
- [0108] 또한, PVK 또는 PVTFA와 같은 고분자량 화합물도 정공 수송성 재료로서 사용될 수 있다.
- [0109] 상술된 정공 수송성 재료는 바람직하게는 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는다. 전자 수송성보다 정공 수송성이 더 높은 물질이기만 하다면 임의의 다른 재료도 사용될 수 있음에 주목한다.
- [0110] 상기 방향족 탄화수소의 형성에 증착법을 사용하는 경우, 증착시의 증착성 또는 성막 후의 막 품질의 관점에서,

축합 환을 형성하는 탄소수는 14 내지 42인 것이 바람직하다.

- [0111] 전하 발생층(106)에 함유되는 엑셉터성 재료로는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약어: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 상기 엑셉터성 재료로는, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 추가로, 주기율표의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물도 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간 및 산화레늄은 이들의 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 또한, 산화몰리브덴은 엑셉터성 재료로서 바람직하게 사용된다. 산화몰리브덴은 낮은 흡습성의 특성을 가짐에 주목한다.
- [0112] 본 양태에서의 구조는 다른 양태들에서의 구조들과 적절하게 조합될 수 있음에 주목한다.
- [0113] (양태 5)
- [0114] 본 양태에서는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 또 다른 예에 대해 설명한다. 구체적으로는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 일례에 대해 도 5a 및 5b를 참조로 설명한다.
- [0115] 본 양태의 발광 소자에서는, 도 5a에 도시된 바와 같이, 한 쌍의 전극(애노드(101) 및 캐소드(102)) 사이에 발광 영역을 포함하는 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)이 개재되어 있다. 또한, 상기 발광 소자는, 애노드(101) 측으로부터, 제1 EL층(103)에 접촉하는 전자 주입 버퍼층(104), 전자 주입 버퍼층(104)에 접촉하는 전자 릴레이층(105), 및 전자 릴레이 층(105) 및 제2 EL층(107)에 접촉하는 전하 발생층(106)을 포함한다.
- [0116] 본 양태에서 애노드(101), 캐소드(102), 전자 주입 버퍼층(104), 전자 릴레이 층(105) 및 전하 발생층(106)은 양태 1 내지 4에 기술된 것들과 유사한 재료들을 사용하여 형성될 수 있고, 양태 1 내지 4에 기술된 것들과 유사한 구조들을 가질 수 있다. 따라서, 양태 1 내지 4에서의 설명을 참조하기 바란다.
- [0117] 본 양태에서, 제1 EL층(103)은 청색 내지 청록색 파장 범위에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제1 발광층(103a)과, 황색 내지 주황색 파장 범위에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제2 발광층(103b)을 포함한다. 또한, 제2 EL층(107)은 청록색 내지 녹색 파장 범위에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제3 발광층(107a)과, 주황색 내지 적색 파장 범위에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 제4 발광층(107b)을 포함한다. 제1 발광층(103a) 및 제2 발광층(103b)은 역순으로 적층될 수 있음에 주목한다. 또한, 제3 발광층(107a) 및 제4 발광층(107b)도 역순으로 적층될 수 있음에 주목한다.
- [0118] 이러한 발광 소자에서 애노드(101) 측을 양으로 바이어스를 인가(positively biased)하고 캐소드(102) 측을 음으로 바이어스를 인가(negatively biased)하는 경우, 애노드(101)로부터 주입된 정공과, 전하 발생층(106)에서 발생되고 전자 릴레이 층(105) 및 전자 주입 버퍼층(104)을 개재하여 주입된 전자가 제1 발광층(103a) 또는 제2 발광층(103b)에서 재결합하고, 이에 의해 제1 발광(330)이 수득된다. 또한, 캐소드(102)로부터 주입된 전자와, 전하 발생층(106)에서 발생되고 주입된 정공이 제3 발광층(107a) 또는 제4 발광층(107b)에서 재결합하고, 이에 의해 제2 발광(340)이 수득된다.
- [0119] 도 5b는 제1 발광(330) 및 제2 발광(340)의 발광 스펙트럼을 개략적으로 도시한 것이다. 제1 발광(330)은 제1 발광층(103a) 및 제2 발광층(103b) 둘 다로부터의 발광을 합한 것이고; 따라서, 제1 발광(330)은 청색 내지 청록색 파장 범위 및 황색 내지 주황색 파장 범위 둘 다에 피크들을 갖는 발광 스펙트럼을 나타낸다. 즉, 제1 EL층(103)은 2파장형의 백색 또는 백색에 가까운 색의 발광을 나타낸다. 또한, 제2 발광(340)은 제3 발광층(107a) 및 제4 발광층(107b) 둘 다로부터의 발광을 합한 것이고; 따라서, 제2 발광(340)은 청록색 내지 녹색 파장 범위 및 주황색 내지 적색 파장 범위 둘 다에 피크들을 갖는 발광 스펙트럼을 나타낸다. 즉, 제2 EL층(107)은 제1 EL층(103)의 발광과 상이한, 2파장형의 백색 또는 백색에 가까운 색의 발광을 나타낸다.
- [0120] 제1 발광(330) 및 제2 발광(340)이 합해진 결과, 본 양태의 발광 소자에 의해 청색 내지 청록색 파장 범위, 청록색 내지 녹색 파장 범위, 황색 내지 주황색 파장 범위, 및 주황색 내지 적색 파장 범위를 커버하는 발광이 수득된다.
- [0121] 예를 들면, 제1 발광층(103a)(이는 청색 내지 청록색 파장 범위에 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 나타냄)의 휘도가 경시적으로 열화되거나 진류 밀도로 인해 변하는 경우에도, 전체 발광 스펙트럼에 대한 제1 발광층(103a)의 기여는 대략 1/4이기 때문에, 색도의 편차가 비교적 작다.
- [0122] 제1 EL층(103)이 청색 내지 청록색 파장 범위 및 황색 내지 주황색 파장 범위 둘 다에 피크들을 갖는 발광 스펙트럼을 나타내고, 제2 EL층(107)이 청록색 내지 녹색 파장 범위 및 주황색 내지 적색 파장 범위 둘 다에 피크들

을 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 예에 대해 설명하였지만, 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107) 각각은 역의 발광 스펙트럼을 나타낼 수 있다. 환언하면, 제2 EL층(107)이 청색 내지 청록색 파장 범위 및 황색 내지 주황색 파장 범위 둘 다에 피크들을 갖는 발광 스펙트럼을 나타내고, 제1 EL층(103)이 청록색 내지 녹색 파장 범위 및 주황색 내지 적색 파장 범위 둘 다에 피크들을 갖는 발광 스펙트럼을 나타내는 구조를 사용할 수 있다. 달리, 제1 EL층(103) 및 제2 EL층(107)은 독립적으로, 발광층 이외의 층들이 적층된 구조를 가질 수 있다.

[0123] 다음으로, 본 양태에 기술된 발광 소자의 EL층을 위한 발광성 유기 화합물로서 사용될 수 있는 재료들에 대해 설명한다. 그러나, 본 양태에 기술된 발광 소자에 적용될 수 있는 재료들은 후술되는 것들에 한정되지 않는다.

[0124] 청색 내지 청록색 발광은, 예를 들면, 페릴렌, TBP, 9,10-디페닐안트라센 등을 게스트 재료로서 사용하고, 상기 게스트 재료를 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 수득될 수 있다. 달리, 청색 내지 청록색 발광은 DPVBi와 같은 스티릴아닐렌 유도체, 또는 DNA 또는 t-BuDNA와 같은 안트라센 유도체로부터 수득될 수도 있다. 또한, 달리, 폴리(9,9-디옥틸플루오렌)과 같은 중합체를 사용할 수도 있다. 또한, 청색 발광을 위한 게스트 재료로는, YGA2S 및 N,N'-디페닐-N,N'-비스(9-페닐-9H-카바졸-3-일)스티벤-4,4'-디아민(약어: PCA2S)과 같은 스티릴아민 유도체가 있다. 특히, YGA2S는 450nm 부근에 피크를 갖기 때문에 바람직하다. 또한, 호스트 재료로는, 안트라센 유도체가 바람직하다; t-BuDNA 및 CzPA가 적합하다. 특히, CzPA는 전기화학적으로 안정하기 때문에 바람직하다.

[0125] 청록색 내지 녹색 발광은, 예를 들면, 쿠마린 30 또는 쿠마린 6과 같은 쿠마린 염료; FIrpic; Ir(ppy)₂(acac) 등을 게스트 재료로서 사용하고, 상기 게스트 재료를 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 수득될 수 있다. 달리, 청록색 내지 녹색 발광은 BA1q, Zn(BTZ)₂ 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)갈로로갈륨(Ga(mq)₂Cl)과 같은 금속 착체로부터 수득될 수도 있다. 또한, 폴리(p-페닐렌비닐렌)과 같은 중합체를 사용할 수 있다. 달리, 청록색 내지 녹색 발광은 앞서 제시된 페릴렌 또는 TBP를 5중량% 이상의 고농도로 적절한 호스트 재료에 분산시킴으로써 수득될 수도 있다. 또한, 안트라센 유도체는 청록색 내지 녹색 발광층의 게스트 재료로서 바람직하게 사용되며, 이 경우 높은 발광 효율이 수득될 수 있다. 예를 들면, DPABPA를 사용하는 경우, 고효율의 청록색 발광이 수득될 수 있다. 또한, 아미노 그룹이 2-위치에 치환되어 있는 안트라센 유도체가 바람직하게 사용되며, 이 경우 고효율의 녹색 발광이 수득될 수 있다. 특히, 2PCAPA는 장수명을 갖기 때문에 적합하다. 이들 재료들에 대한 호스트 재료로는, 안트라센 유도체가 바람직하며; 앞서 제시된 CzPA가 전기화학적으로 안정하기 때문에 바람직하다. 또한, 녹색 발광과 청색 발광을 합하고 청색 내지 녹색 파장 범위에 2개의 피크를 갖는 발광 소자를 제조하는 경우, 청색 발광층을 위한 호스트 재료로는 CzPA와 같은 전자 수송성을 갖는 안트라센 유도체가 바람직하게 사용되고, 녹색 발광층을 위한 호스트 재료로는 NPB와 같은 정공 수송성을 갖는 방향족 아민 화합물이 바람직하게 사용되며, 이 경우 청색 발광층과 녹색 발광층 사이의 계면에서 발광이 수득될 수 있다. 환언하면, 이러한 경우, 2PCAPA와 같은 녹색 발광 재료를 위한 호스트 재료로는 NPB와 같은 방향족 아민 화합물이 바람직하다.

[0126] 황색 내지 주황색 발광은, 예를 들면, 루브렌, DCM1, DCM2, 비스[2-(2-티에닐)피리디나토]아세틸아세토나토이리듐(약어: Ir(thp)₂(acac)), 비스(2-페닐퀴놀리나토)아세틸아세토나토이리듐(약어: Ir(pq)₂(acac)) 등을 게스트 재료로서 사용하고, 상기 게스트 재료를 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 수득될 수 있다. 특히, 루브렌과 같은 테트라센 유도체는, 고효율이며 화학적으로 안정하기 때문에 게스트 재료로서 바람직하다. 이 경우 호스트 재료로는, NPB와 같은 방향족 아민 화합물이 바람직하다. 달리, 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(약어: Znq₂) 또는 비스[2-신나모일-8-퀴놀리놀라토]아연(약어: Znsq₂)과 같은 금속 착체가 호스트 재료로서 사용될 수도 있다. 또한, 달리, 폴리(2,5-디알콕시-1,4-페닐렌비닐렌)과 같은 중합체가 사용될 수도 있다.

[0127] 주황색 내지 적색 발광은, 예를 들면, BisDCM, 4-(디시아노메틸렌)-2,6-비스[2-(줄로리딘-9-일)에테닐]-4H-피란(약어: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리렌}프로판디니트릴(약어: DCM2), Ir(thp)₂(acac) 등을 게스트 재료로서 사용하고, 상기 게스트 재료를 적합한 호스트 재료에 분산시킴으로써 수득될 수 있다. 달리, 주황색 내지 적색 발광은 Znq₂ 또는 Znsq₂와 같은 금속 착체로부터 수득될 수도 있다. 또한, 달리, 폴리(3-알킬티오펜)과 같은 중합체를 사용할 수도 있다. 적색 발광을 나타내는 게스트 재료로는, BisDCM, DCM2, DCJTI 또는 BisDCJTM과 같은 4H-피란 유도체가 고효율이기 때문에 바람직하다. 특히, DCJTI 및 BisDCJTM은 대략 620nm에서 발광 피크를 갖기 때문에 바람직하다.

[0128] 상술된 구조에서 적절한 호스트 재료로는, 발광성 유기 화합물보다 더 짧은 파장의 발광색을 갖는 호스트 재료,

또는 큰 에너지 갭을 갖는 호스트 재료를 사용할 수 있다. 구체적으로는, 양태 1에 기재된 예들로 대표되는 정공 수송성 재료 또는 전자 수송성 재료를 적절하게 선택할 수 있다. 달리, CBP, TCTA, TCPB 등을 사용할 수도 있다.

- [0129] 제1 EL층의 발광 스펙트럼과 제2 EL층의 발광 스펙트럼이 합해진 결과, 본 양태의 발광 소자에 의해 청색 내지 청록색 파장 범위, 청록색 내지 녹색 파장 범위, 황색 내지 주황색 파장 범위, 및 주황색 내지 적색 파장 범위를 커버하는 발광이 수득된다.
- [0130] 각 적층의 막 두께를 조절하여 의도적으로 광을 약간 간섭시킴으로써 극도로 날카로운 피크의 발생을 억제시키고 사다리꼴의 발광 스펙트럼을 형성하도록 하는 방식으로, 발광된 광을 연속적인 스펙트럼을 갖는 자연광에 근접시킬 수 있음에 주목한다. 또한, 각 적층의 막 두께를 조절하여 의도적으로 광을 약간 간섭시킴으로써 발광 스펙트럼의 피크의 위치도 변화시킬 수 있다. 발광 스펙트럼에 나타나는 복수의 피크 강도를 거의 동일하도록 각 적층의 두께를 조절하고 피크들 사이의 간격을 감소시킴으로써, 사다리꼴 형상에 가까운 발광 스펙트럼을 갖는 백색 발광을 실현할 수 있다.
- [0131] 본 양태에서는, 복수의 발광층이 보색의 발광색을 나타내고 이들 색들이 합해져 백색 발광을 제공하는 EL층에 대해 설명함에 주목한다. 보색 관계를 사용하여 백색 발광을 나타내는 EL층의 구체적 구조를 이하에 설명한다.
- [0132] 본 양태에 기술된 발광 소자에 제공된 EL층은, 예를 들면, 애노드(101) 측으로부터, 정공 수송성 재료 및 제1 발광 재료를 함유하는 제1 층; 정공 수송성 재료 및 제2 발광 재료를 함유하는 제2 층; 및 전자 수송성 재료 및 제2 발광 재료를 함유하는 제3 층이 상기 순서로 적층되어 있는 구조를 갖는다.
- [0133] 본 양태에 기술된 발광 소자의 EL층에서 백색 발광을 수득하기 위해서는 제1 발광 재료와 제2 발광 재료가 둘 다 발광이어야 한다. 이러한 이유로, EL층 내에서 캐리어의 수송성을 조절하기 위해서는 정공 수송성 재료와 전자 수송성 재료를 둘 다 호스트 재료로서 사용하는 것이 바람직하다. EL층에 사용될 수 있는 정공 수송성 재료 또는 전자 수송성 재료로는, 양태 1에서 예시된 재료들을 적절하게 사용할 수 있음에 주목한다.
- [0134] 또한, 제1 발광 재료 및 제2 발광 재료로는, 보색을 발광하는 재료들을 선택하여 사용할 수 있다. 보색의 예로는 청색과 황색, 청록색과 적색 등이 있다. 청색, 황색, 청록색 또는 적색을 발광하는 재료는, 예를 들면, 앞서 제시된 발광 재료들로부터 적절하게 선택될 수 있다. 제1 발광 재료보다 더 짧은 발광 파장을 갖는 제2 발광 재료에 의해, 제2 발광 재료의 여기 에너지의 일부가 제1 발광 재료에 이동되어, 제1 발광 재료를 발광시킬 수 있음에 주목한다. 상기 이유로, 본 양태의 발광 소자에서는, 제2 발광 재료의 발광 피크 파장이 제1 발광 재료의 발광 피크 파장보다 더 짧은 것이 바람직하다.
- [0135] 본 양태에 기술된 발광 소자의 구조는, 제1 발광 재료로부터의 발광 및 제2 발광 재료로부터의 발광이 둘 다 수득될 수 있고, 제1 발광 재료의 발광색과 제2 발광 재료의 발광색은 보색이며, 따라서, 백색 발광이 수득될 수 있다. 또한, 본 양태에 기술된 발광 소자의 구조에 의해 장수명을 갖는 발광 소자가 수득될 수 있다.
- [0136] 본 양태에서의 구조는 다른 양태들에서의 구조들과 적절하게 조합될 수 있음에 주목한다.
- [0137] (양태 6)
- [0138] 본 양태에서는, 양태 1 내지 5에 기술된 발광 소자를 각각 포함하는 발광 장치들의 방식에 대해 도 6a 내지 6c를 참조로 설명한다. 도 6a 내지 6c는 당해 발광 장치의 단면도이다.
- [0139] 도 6a 내지 6c에서, 본 양태에서의 발광 장치는 기판(10), 기판(10) 위에 제공된 발광 소자(12) 및 트랜지스터(11)를 포함한다. 발광 소자(12)는 제1 전극(13)과 제2 전극(14) 사이에 유기 화합물을 함유한 층(15)을 포함한다. 유기 화합물을 함유한 층(15)은 n 개의 EL층(n 은 2 이상의 자연수)을 포함하고, 또한 m 번째 EL층과 $(m+1)$ 번째 EL층(m 은 자연수, $1 \leq m \leq n-1$) 사이에, m 번째 EL층에 접촉하는 전자 주입 버퍼층, 전자 주입 버퍼층에 접촉하는 전자 릴레이 층, 및 전자 릴레이 층 및 $(m+1)$ 번째 EL층에 접촉하는 전하 발생층을 포함한다. 또한, 각각의 EL층의 구조에는, 적어도 발광층이 제공되고, 발광층 이외에도, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층 또는 전자 주입층이 적절하게 제공된다. 즉, 발광 소자(12)는 양태 1 내지 5에 기술된 발광 소자이다. 트랜지스터(11)의 드레인 영역(drain region)은 제1 전극(13)에 제1 층간 절연막들(16a, 16b 및 16c)을 관통하는 배선(17)에 의해 전기적으로 접속되어 있다. 발광 소자(12)는 격벽층(18)에 의해 인접되어 제공된 다른 발광 소자로부터 분리되어 있다.
- [0140] 도 6a 내지 6c 각각에 도시된 트랜지스터(11)는 기판의 반대 측 위에 게이트 전극이 제공되고 상기 기판과 상기 게이트 전극 사이에 반도체층이 개재되어 있는 탑-게이트(top-gate)형 트랜지스터이다. 그러나, 트랜지스터

(11)의 구조에 대해서는 특별한 제한이 없으며; 예를 들면, 트랜지스터(11)는 바텀-게이트(bottom-gate)형의 것일 수 있다. 바텀-게이트형의 경우, 트랜지스터(11)는 채널을 형성하는 데 사용된 반도체층 위에 보호막이 형성되어 있는 구조(채널 보호형) 또는 채널을 형성하는 데 사용된 반도체층의 일부가 함몰부를 갖는 구조(채널 에칭형)를 가질 수 있다.

[0141] 트랜지스터(11)를 형성하기 위한 반도체층은 반도체 특성을 나타내는 재료라면 어떠한 재료를 사용하여도 형성될 수 있다; 예를 들면, 규소(Si) 및 게르마늄(Ge)과 같은 주기율표 제14족에 속하는 원소, 비소화갈륨 및 인화인듐과 같은 화합물, 산화아연 및 산화주석과 같은 산화물 등을 들 수 있다. 또한, 상기 반도체층은 결정성 또는 비-결정성일 수 있다.

[0142] 반도체 특성을 나타내는 산화물(산화물 반도체)로는, 인듐, 갈륨, 알루미늄, 아연 및 주석으로부터 선택되는 원소의 복합 산화물을 사용할 수 있다. 예를 들면, 산화아연(ZnO), 산화아연을 함유한 산화인듐(IZO: indium zinc oxide), 및 산화인듐, 산화갈륨 및 산화아연을 함유한 산화물(IGZO: indium gallium zinc oxide)을 들 수 있다. 결정성 반도체층을 위한 재료의 구체예로는, 단결정 반도체, 다결정성 반도체 및 미결정 반도체를 들 수 있다. 이러한 반도체층은 레이저 결정화에 의해 형성될 수 있거나, 예를 들면 니켈을 사용하는 고체상 성장법을 통한 결정화에 의해 형성될 수 있다.

[0143] 본 명세서에서 미결정 반도체는 깁스 자유 에너지(Gibbs free energy)를 고려할 때 무정형 상태와 단결정 상태의 중간인 준안정 상태에 속한다는 것에 주목한다. 즉, 미결정 반도체는 자유 에너지의 관점에서 안정한 제3의 상태를 갖고 단거리 질서 및 격자 비틀림을 갖는다. 미결정 반도체의 대표적 예인 미결정 규소의 라만 스펙트럼은 단결정 규소의 라만 스펙트럼의 피크를 나타내는 520cm^{-1} 보다 더 낮은 파수 쪽에 위치한다. 즉, 미결정 규소의 라만 스펙트럼의 피크는 단결정 규소를 나타내는 520cm^{-1} 과 무정형 규소를 나타내는 480cm^{-1} 사이에 존재한다. 또한, 미결정 규소는 땀글링 본드(dangling bond)를 종결시키기 위해 수소 또는 할로젠을 적어도 1원자% 또는 그 이상 함유한다. 또한, 헬륨, 아르곤, 크립톤 또는 네온과 같은 희가스 원소를 첨가하여 격자 뒤틀림을 한층 더 증진시킴으로써, 안정성이 향상되고 양호한 미결정 반도체층이 형성될 수 있다.

[0144] 반도체층이 무정형 재료, 예를 들면 무정형 규소를 사용하여 형성되는 경우, 트랜지스터(11) 및 기타 트랜지스터(발광 소자를 구동시키기 위한 회로를 구성하는 트랜지스터)가 모두 n-채널형 트랜지스터인 회로를 갖는 발광 장치가 바람직한데, 그 이유는 상기 발광 장치의 제조 공정이 간단하기 때문이다. 또한, 산화아연(ZnO), 산화아연을 함유한 산화인듐(IZO), 산화인듐, 산화갈륨 및 산화아연을 함유한 산화물(IGZO) 등은 n형 반도체이며; 따라서, 이들 산화물들 중 임의의 것을 반도체층에 함유시킨 트랜지스터는 n-채널형이다. 상기 발광 장치는 n-채널형 트랜지스터 또는 p-채널형 트랜지스터 중 어느 하나를 포함하는 회로를 가질 수 있거나, n-채널형 트랜지스터와 p-채널형 트랜지스터를 둘 다 포함하는 회로를 가질 수 있다.

[0145] 제1 층간 절연막들(16a 내지 16c)은 도 6a 및 6c에 도시된 바와 같이 다층 구조를 가질 수 있거나, 단층 구조를 가질 수 있다. 제1 층간 절연막(16a)은 산화규소 또는 질화규소와 같은 무기 재료로 형성되고; 제1 층간 절연막(16b)은 아크릴, 실록산(규소(Si)와 산소(O)의 결합의 골격 구조를 포함하고 치환체로서 적어도 수소를 함유하는 유기 그룹) 또는 도포법에 의해 막으로서 형성될 수 있는 산화규소와 같은 자기-평탄성(self-planarizing) 재료로 형성됨에 주목한다. 또한, 제1 층간 절연막(16c)은 아르곤(Ar)을 함유한 질화규소막으로 형성된다. 각 층을 형성하는 재료에 대해서는 특별한 제한이 없으며, 상기 재료들 이외의 재료도 사용될 수 있음에 주목한다. 상기 재료들 이외의 재료를 사용하여 형성된 층이 추가로 조합될 수 있다. 상술된 바와 같이, 제1 층간 절연막들(16a 내지 16c)은 무기 재료 또는 유기 재료 중 어느 하나 또는 이들 둘 다를 사용하여 형성될 수 있다.

[0146] 격벽층(18)에 관해서는, 엣지부의 곡률 반경이 바람직하게는 연속적으로 변화한다. 또한, 격벽층(18)은 아크릴, 실록산, 산화규소 등을 사용하여 형성될 수 있다. 격벽층(18)은 무기 재료 또는 유기 재료 중 어느 하나 또는 이들 둘 다를 사용하여 형성될 수 있음에 주목한다.

[0147] 제1 층간 절연막들(16a 내지 16c)만이 트랜지스터(11)와 발광 소자(12) 사이에 제공되어 있는 구조가 도 6a 및 6c에 각각 도시되어 있지만, 제1 층간 절연막들(16a 내지 16c) 이외에 도 6b에 도시된 바와 같이 제2 층간 절연막들(19a 및 19b)이 제공될 수 있다. 도 6b에 도시된 발광 장치에서, 제1 전극(13)은 제2 층간 절연막들(19a 및 19b)을 관통하여 배선(17)에 전기적으로 접속되어 있다.

[0148] 제2 층간 절연막들(19a 및 19b)은 제1 층간 절연막들(16a 내지 16c)의 것과 유사하게, 다층 구조를 가질 수 있거나, 단층 구조를 가질 수 있다. 제2 층간 절연막(19a)은 아크릴, 실록산, 또는 도포법에 의해 성막 가능한 산화규소와 같은 자기-평탄성 재료로 형성된다. 제2 층간 절연막(19b)은 아르곤(Ar)을 함유한 질화규소막으로

형성된다. 각 층을 형성하는 재료에 대해서는 특별한 제한이 없으며, 상기 재료들 이외의 재료도 사용될 수 있음에 주목한다. 상기 재료들 이외의 재료를 사용하여 형성된 층이 추가로 조합될 수 있다. 상술된 바와 같이, 제2 층간 절연막들(19a 및 19b)은 무기 재료 또는 유기 재료 중 어느 하나 또는 이들 둘 다를 사용하여 형성될 수 있다.

[0149] 발광 소자(12)에서 제1 전극(13)과 제2 전극(14)이 둘 다 투광성 재료를 사용하여 형성된 경우에는, 도 6a에서 화살표로 표시된 바와 같이 제1 전극(13)과 제2 전극(14) 둘 다로부터 발광을 취출시킬 수 있다. 또한, 제2 전극(14)만이 투광성 재료를 사용하여 형성된 경우에는, 도 6b에서 화살표로 표시된 바와 같이 제2 전극(14)으로부터만 발광을 취출시킬 수 있다. 이 경우에는, 제1 전극(13)을 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성하거나, 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성한 막(반사막)을 제1 전극(13) 아래에 제공하는 것이 바람직하다. 또한, 제1 전극(13)만이 투광성 재료를 사용하여 형성된 경우에는, 도 6c에서 화살표로 표시된 바와 같이 제1 전극(13)으로부터만 발광을 취출시킬 수 있다. 이 경우에는, 제2 전극(14)을 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성하거나, 반사막을 제2 전극(14) 위에 형성하는 것이 바람직하다.

[0150] 또한, 발광 소자(12)에서, 유기 화합물을 함유한 층(15)은, 발광 소자(12)가 전압이 인가될 때 제2 전극(14)의 전위가 제1 전극(13)의 전위보다 더 높아지도록, 또는 제2 전극(14)의 전위가 제1 전극(13)의 전위보다 더 낮아지도록 작용하도록 적층될 수 있다. 전자의 경우, 제1 전극(13)은 애노드이고, 제2 전극(14)은 캐소드이며, 트랜지스터(11)는 n-채널형 트랜지스터이고; 후자의 경우, 제1 전극(13)은 캐소드이고, 제2 전극(14)은 애노드이며, 트랜지스터(11)는 p-채널형 트랜지스터이다.

[0151] 본 양태에서는, 발광 소자의 구동이 트랜지스터에 의해 제어되는 액티브-매트릭스형(active-matrix) 발광 장치에 대해 설명한다. 또한, 트랜지스터 등의 구동용 소자를 발광 소자가 형성되어 있는 기판 상에 제공하지 않고서 발광 소자를 구동하는 패시브-매트릭스형(passive-matrix) 발광 장치도 제조될 수 있다. 도 7a는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자를 적용시켜 제조한 패시브-매트릭스형 발광 장치의 사시도이다. 또한, 도 7b는 도 7a의 점선 X-Y를 따라 절단한 단면도이다.

[0152] 도 7a 및 7b에서는, 기판(951) 위의 전극(952)과 전극(956) 사이에 발광 소자(955)가 제공되어 있다. 발광 소자(955)는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자이다. 전극(932)의 단부는 절연층(953)으로 덮여있다. 또한, 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)은 바람직하게는 기판 표면으로 갈수록 마주보는 측면 사이의 거리가 좁혀지도록 경사져 있는 테이퍼드(tapered) 측면을 갖는다. 즉, 격벽층(954)의 좁은 쪽 방향의 단면적은 사다리꼴이고, 기저부 쪽(절연층(953)의 면방향과 유사한 방향을 갖고 절연층(953)과 접촉하는 쪽)이 상부 쪽(절연층(953)의 면방향과 유사한 방향을 갖고 절연층(953)과 접촉하지 않는 쪽)보다 더 짧다. 격벽층(954)은 상술된 바와 같이 정전기 등으로 인한 발광 소자의 결함을 방지할 수 있다. 패시브-매트릭스형 발광 장치는 또한 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자를 포함하는 경우 낮은 소비전력으로 구동될 수 있다.

[0153] 본 양태에 기술된 발광 장치에는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 예시된 발광 소자가 사용되며; 따라서, 당해 발광 장치는 높은 휘도를 가질 수 있고, 낮은 전압에서 구동될 수 있으며, 낮은 전력을 소비한다.

[0154] (양태 7)

[0155] 본 양태에서는, 양태 6에 기술된 발광 장치의 예들을 포함하는 전자기기에 대해 설명한다.

[0156] 본 양태의 전자기기의 예로는, 다음의 것들을 들 수 있다: 텔레비전, 비디오 카메라 또는 디지털 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이, 내비게이션 시스템, 컴퓨터, 게임기, 휴대용 정보 단말기(예: 모바일 컴퓨터, 휴대 전화기, 휴대형 게임기 및 전자 서적), 기록 매체를 구비한 화상 재생 장치(구체적으로는, 디지털 다기능 디스크(DVD)와 같은 기록 매체를 재생시키고 그 화상을 표시할 수 있는 표시 장치를 갖춘 장치) 등. 이러한 전자기기의 구체예들이 도 8a 내지 도 8e에 도시되어 있다.

[0157] 도 8a는 휴대 정보 단말기기(800)의 일례를 도시한다. 휴대 정보 단말기기(800)는 컴퓨터를 내장하고 있으며, 따라서 각종 데이터를 처리할 수 있다. 휴대 정보 단말기기(800)의 일례로서, 퍼스널 디지털 어시스턴트(PDA: personal digital assistant)를 들 수 있다.

[0158] 휴대 정보 단말기기(800)는 2개의 하우징: 하우징(801) 및 하우징(803)을 갖는다. 하우징(801)과 하우징(803)은 휴대 정보 단말기기(800)를 접을 수 있도록 연결부(807)로 연결되어 있다. 하우징(801)에는 표시부(802)가 내장되어 있고, 하우징(803)에는 키보드(805)가 제공되어 있다. 물론, 휴대 정보 단말기기(800)의 구조는 상술된 것에 제한되지 않으며, 휴대 정보 단말기기(800)에는 기타의 부속 설비들이 적절하게 제공될 수 있다. 표시

부(802)에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 것들과 유사한 발광 소자들이 매트릭스 내에 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 표시부(802)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 휴대 정보 단말기기의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.

[0159] 도 8b는 본 양태의 디지털 비디오 카메라(810)의 일례를 도시한다. 디지털 비디오 카메라(810)는 하우징(811)에 내장된 표시부(812) 및 각종 조작부들을 포함한다. 디지털 비디오 카메라(810)의 구조에 대해서는 특별한 제한이 없으며, 디지털 비디오 카메라(810)에는 기타의 부속 설비들이 적절하게 제공될 수 있음에 주목한다.

[0160] 디지털 비디오 카메라(810)에서, 표시부(812)에는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 것들과 유사한 발광 소자들이 매트릭스 내에 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 낮은 구동 전압, 높은 휘도 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 표시부(812)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 디지털 비디오 카메라(810)의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.

[0161] 도 8c는 본 양태의 휴대 전화기(820)의 일례를 도시한다. 휴대 전화기(820)는 2개의 하우징: 하우징(821) 및 하우징(822)을 갖는다. 하우징(821) 및 하우징(822)은 당해 휴대 전화기를 접을 수 있도록 연결되어 있다. 하우징(822)에는 표시부(824)가 내장되어 있고, 하우징(821)에는 조작키(825)가 제공되어 있다. 휴대 전화기(820)의 구조에 대해서는 특별한 제한이 없으며, 휴대 전화기(820)에는 기타의 부속 설비들이 적절하게 제공될 수 있음에 주목한다.

[0162] 휴대 전화기(820)에서, 표시부(824)에는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 것들과 유사한 발광 소자들이 매트릭스 내에 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 표시부(824)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 휴대 전화기의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다. 휴대 전화기 등에 제공되는 디스플레이의 백라이트로서, 상기 양태들 중 임의의 것에 기술된 발광 소자가 사용될 수 있다.

[0163] 도 8d는 휴대용 컴퓨터(830)의 일례를 도시한다. 컴퓨터(830)는 컴퓨터(830)를 개폐할 수 있도록 연결되어 있는 2개의 하우징: 하우징(831) 및 하우징(834)을 갖는다. 하우징(831)에는 표시부(832)가 내장되어 있고, 하우징(834)에는 키보드(833) 등이 제공되어 있다. 컴퓨터(830)의 구조에 대해서는 특별한 제한이 없으며, 컴퓨터(830)에는 기타의 부속 설비들이 적절하게 제공될 수 있음에 주목한다.

[0164] 당해 컴퓨터(830)에서, 표시부(832)에는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 것들과 유사한 발광 소자들이 매트릭스 내에 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 표시부(832)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 컴퓨터의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.

[0165] 도 8e는 텔레비전 장치(840)의 일례를 도시한다. 텔레비전 장치(840)에서, 하우징(841)에는 표시부(842)가 내장되어 있다. 표시부(842)는 화상을 표시할 수 있다. 여기서, 하우징(841)은 스탠드(843)에 의해 지지된다.

[0166] 텔레비전 장치(840)는 하우징(841)의 조작 스위치(도시하지 않음) 또는 별도의 리모콘 조작기(850)로 조작될 수 있다. 리모콘 조작기(850)의 조작키(851)로 채널을 선택하고 음량을 조절할 수 있어서, 표시부(842) 상에 표시되는 화상을 조절할 수 있다. 또한, 리모콘 조작기(850)에는 리모콘 조작기(850)로부터 출력되는 정보를 표시하기 위한 표시부(852)가 제공될 수 있다.

[0167] 텔레비전 장치(840)에는 수신기, 모뎀 등이 제공됨에 주목한다. 수신기를 사용함으로써, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 텔레비전 장치를 모뎀을 통해 유선 또는 무선으로 통신망에 접속하는 경우, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자간, 또는 수신자들간)의 정보 통신이 실현될 수 있다.

[0168] 텔레비전 장치(840)의 표시부(842) 또는 표시부(852) 중 적어도 어느 하나에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 것들과 유사한 발광 소자들이 매트릭스 내에 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 표시부도 유사한 특징을 갖는다.

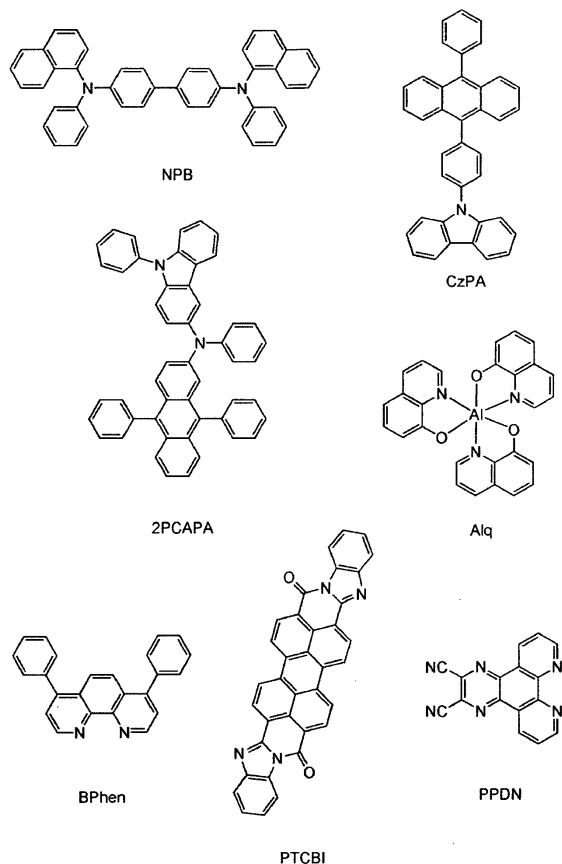
[0169] 상술한 바와 같이, 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓어서 당해 발광 장치를 모든 분야의 전자기기에 적용할 수 있다. 양태 1 내지 5에 기술된 발광 소자들을 포함하는 발광 장치들을 사용함으로써, 높은 휘도의 발광을 나타내는 낮은 소비전력의 표시부를 갖는 전자기기를 제공할 수 있다.

[0170] (양태 8)

- [0171] 본 양태에서는, 양태 6에 기술된 발광 장치의 예들을 포함하는 조명 장치에 대해 설명한다.
- [0172] 도 9는 실내 조명 장치를 도시한다. 도 9에서의 탁상 조명 장치(900)는 조명부(901)를 포함한다. 조명부(901)에는 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자들이 사용된다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 조명부(901)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 탁상 조명 장치(900)의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다. 상기 발광 소자는 대면적을 가질 수 있기 때문에, 상기 발광 소자는 천정용 조명 장치(910)의 조명부(911)에 적용될 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 플렉시화 가능해서(flexible), 롤(roll)형 조명 장치(920)의 조명부(921)에 적용될 수 있다.
- [0173] 도 10a는 신호등을 도시한다. 신호등(1000)은 녹색 조명부(1001), 황색 조명부(1002) 및 적색 조명부(1003)를 포함한다. 신호등(1000)은 녹색, 황색 및 적색에 상응하는 조명부들 중 적어도 하나에 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자를 포함한다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 녹색, 황색 또는 적색에 상응하는 조명부들도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 신호등의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.
- [0174] 도 10b는 비상구 유도등을 예시한다. 비상구 유도등(1010)은 조명부, 및 형광부가 제공된 형광관을 조합하여 형성될 수 있다. 비상구 유도등(1010)은 또한 특정 광을 발광하는 조명부와, 도 10b에 도시된 형상을 갖는 투과부가 제공된 차광관을 조합하여 형성될 수 있다. 비상구 유도등(1010)의 조명부에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자들이 사용된다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 조명부도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 비상구 유도등의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.
- [0175] 도 10c는 가로등을 도시한다. 가로등은 지지체(1021) 및 조명부(1022)를 포함한다. 조명부(1022)에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자들이 사용된다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 조명부도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 가로등의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.
- [0176] 도 10c에 도시된 바와 같이 전주(1023) 상의 송전선(1024)을 통해 가로등에 전원 전압을 공급할 수 있음에 주목한다. 전원 전압을 공급하는 방법은 당해 경우에 제한되지 않으며; 예를 들면, 광전 변환장치를 지지체(1021) 내에 제공할 수 있어서 상기 광전 변환장치로부터 수득된 전압을 전원 전압으로서 사용할 수 있음에 주목한다.
- [0177] 도 10d 및 10e는 조명 장치를 휴대용 조명에 적용시킨 예들을 예시한다. 도 10d는 장착용 라이트의 구조를 예시하고, 도 10e는 핸드헬드(handheld)형 라이트의 구조를 예시한다.
- [0178] 도 10d는 장착용 라이트를 도시한다. 장착용 라이트는 장착부(1031) 및 상기 장착부(1031)에 고정된 조명부(1032)를 포함한다. 조명부(1032)에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자들이 사용된다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 조명부도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 장착용 라이트의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.
- [0179] 상기 장착용 라이트의 구조는 도 10d에 도시된 것에 제한되지 않으며, 예를 들면, 다음의 구조가 사용될 수 있음에 주목한다: 장착부(1031)를 평줄(flat braid) 또는 고무줄의 환형 벨트로서 형성하고, 상기 벨트에 조명부(1032)를 고정시키고, 상기 벨트를 머리 둘레에 직접 두른다.
- [0180] 도 10e는 핸드헬드형 라이트를 도시한다. 핸드헬드형 라이트는 하우징(1041), 조명부(1042) 및 스위치(1043)를 포함한다. 조명부(1042)에는, 양태 1 내지 5 중 임의의 것에 기술된 발광 소자들이 사용된다. 상기 발광 소자들은 높은 휘도, 낮은 구동 전압 및 낮은 소비전력의 특징을 갖는다. 이들 발광 소자들을 포함하는 조명부(1042)도 유사한 특징을 가지며; 따라서, 당해 핸드헬드형 라이트의 낮은 소비전력이 달성될 수 있다.
- [0181] 스위치(1043)는 조명부(1042)의 발광 또는 비-발광을 제어하는 기능을 갖는다. 스위치(1043)는 또한, 예를 들면, 발광 동안 조명부(1042)의 휘도를 조절하는 기능도 가질 수 있다.
- [0182] 상술한 바와 같이, 발광 장치의 적용 범위는 매우 넓어서 당해 발광 장치를 모든 분야의 조명장치에 적용할 수 있다. 양태 1 내지 5에 기술된 발광 소자들을 포함하는 조명 장치를 사용함으로써, 높은 휘도의 발광을 나타내는 낮은 소비전력의 표시부를 갖는 조명 장치를 제공할 수 있다.
- [0183] [실시예 1]
- [0184] 본 실시예에서는, 본 발명의 한 양태인 발광 소자들에 대해 도 11a 및 11b를 참조로 설명한다. 본 실시예와 실

시예 2 및 3에서 사용된 재료의 화학식을 아래에 도시한다.

[0185] [화학식 1]



[0186]

이하, 본 실시예의 발광 소자 1 내지 4 및 비교 발광 소자 5의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0187]

먼저, 발광 소자 1에 대해 설명한다(도 11a 참조). 기판(2100) 위에 산화규소를 함유한 산화인듐주석을 스퍼터링법에 의해 침착시켜 제1 전극(2101)을 형성하였다. 제1 전극(2101)은 두께가 110nm이고 면적이 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 였다.

[0188]

다음으로, 제1 전극(2101)이 형성된 기판(2100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제1 전극(2101)이 형성된 면이 아래를 향하도록 하여 고정시킨 후, 압력을 대략 10^{-4}Pa 까지 감소시켰다. 이후, 제1 전극(2101) 상에 정공 수송성 재료인 NPB와 역셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착시켜 유기 화합물과 무기 화합물의 복합 재료를 함유한 제1 전하 발생층(2103a)을 형성하였다. 제1 전하 발생층(2103a)의 두께는 50nm였다. NPB 대 산화몰리브덴(VI)의 중량비는 4:1(= NPB:산화몰리브덴)로 조절하였다. 공증착법이란, 하나의 처리 챔버 내에서 복수의 증착원들을 동시에 사용하여 증착을 수행하는 증착법임에 주목한다.

[0189]

다음으로, 저항 가열을 사용하는 증착법에 의해 제1 전하 발생층(2103a) 상에 NPB를 10nm의 두께로 침착시켜 정공 수송층(2103b)을 형성하였다.

[0190]

또한, CzPA 및 2PCAPA를 공증착시켜 정공 수송층(2103b) 상에 두께 30nm의 발광층(2103c)을 형성하였다. 여기서, CzPA 대 2PCAPA의 중량비는 1:0.05(= CzPA:2PCAPA)로 조절하였다. CzPA는 전자 수송성 재료이고, 게스트 재료인 2PCAPA는 녹색 발광을 나타내는 재료임에 주목한다.

[0191]

이후, 저항 가열을 사용하는 증착법에 의해 발광층(2103c) 상에 Alq를 10nm의 두께로 침착시켜 전자 수송층(2103d)을 형성하였다. 이렇게 하여, 제1 전하 발생층(2103a), 정공 수송층(2103b), 발광층(2103c) 및 전자 수송층(2103d)을 포함하는 제1 EL층(2103)을 형성하였다.

[0192]

다음으로, BPhen 및 리튬(Li)을 공증착시켜 전자 수송층(2103d) 상에 두께 20nm의 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 여기서, BPhen 대 리튬(Li)의 중량비는 1:0.02(= BPhen:Li)로 조절하였다.

[0193]

- [0194] 다음으로, PTCBI 및 리튬(Li)을 공증착시켜 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 두께 3nm의 전자 릴레이 층(2105)을 형성하였다. 여기서, PTCBI 대 리튬(Li)의 중량비는 1:0.02(= PTCBI:Li)로 조절하였다. PTCBI의 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV: cyclic voltammetry)의 결과에 따르면 대략 -4.0eV임에 주목한다.
- [0195] 다음으로, 전자 릴레이 층(2105) 상에 정공 수송성 재료인 NBP와 엑셉터성 재료인 산화몰리브덴(VI)을 공증착시켜 제2 전하 발생층(2106)을 형성하였다. 제2 전하 발생층(2106)의 두께는 60nm였다. NBP 대 산화몰리브덴(VI)의 중량비는 4:1(= NBP:산화몰리브덴)로 조절하였다.
- [0196] 다음으로, 제2 전하 발생층(2106) 상에 제2 EL층(2107)을 형성하였다. 이하, 제2 EL층(2107)의 제조 방법에 대해 설명한다. 먼저, 저항 가열을 사용하는 증착법에 의해 제2 전하 발생층(2106) 상에 NBP를 10nm의 두께로 침착시켜 정공 수송층(2107a)을 형성하였다.
- [0197] 이후, CzPA 및 2PCAPA를 공증착시켜 정공 수송층(2107a) 상에 두께 30nm의 발광층(2107b)을 형성하였다. 여기서, CzPA 대 2PCAPA의 중량비는 1:0.05(= CzPA:2PCAPA)로 조절하였다. 즉, 제2 EL층(2107)에 포함된 발광층(2107b)의 구조는 제1 EL층(2103)에 포함된 발광층(2103c)의 구조와 동일하였다.
- [0198] 다음으로, 발광층(2107b) 상에 Alq를 두께 10nm, BPhen을 두께 20nm로 증착에 의해 적층시켜 전자 수송층(2107c)을 형성하였다. 이어서, 전자 수송층(2107c) 상에 불화리튬(LiF)을 두께 1nm로 증착시켜 전자 주입층(2107d)을 형성하였다. 이렇게 하여, 정공 수송층(2107a), 발광층(2107b), 전자 수송층(2107c) 및 전자 주입층(2107d)을 포함하는 제2 EL층(2107)을 형성하였다.
- [0199] 마지막으로, 저항 가열을 사용하는 증착법에 의해 전자 주입층(2107d) 상에 알루미늄(Al)을 200nm의 두께로 침착시켜 제2 전극(2102)을 형성하였다. 이렇게 하여, 발광 소자 1을 제조하였다.
- [0200] 다음으로, 발광 소자 2에 대해 설명한다. 발광 소자 2는 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고는 발광 소자 1의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고, 발광 소자 2의 구조 및 제조 방법에 대해서는 상기 설명을 참조하기 바란다. 발광 소자 2에 포함되는 전자 릴레이 층(2105)으로서, 전자 수송성 재료인 PPDN과 도너성 재료인 리튬(Li)을 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 3nm의 두께로 공증착시켰다. 여기서, PPDN 대 리튬(Li)의 중량비는 1:0.02(= PPDN:Li)로 조절하였다. PPDN의 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV)에 의한 측정 결과에 따르면 대략 -3.83eV임에 주목한다.
- [0201] 다음으로, 발광 소자 3에 대해 설명한다. 발광 소자 3은 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고는 발광 소자 1의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고, 발광 소자 3의 구조 및 제조 방법에 대해서는 상기 설명을 참조하기 바란다. 발광 소자 3에 포함되는 전자 릴레이 층(2105)으로서, 전자 수송성 재료인 PTCBI와 도너성 재료인 산화리튬(Li₂O)을 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 3nm의 두께로 공증착시켰다. 여기서, PTCBI 대 산화리튬(Li₂O)의 중량비는 1:0.02(= PTCBI:Li₂O)로 조절하였다.
- [0202] 다음으로, 발광 소자 4에 대해 설명한다. 발광 소자 4는 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고는 발광 소자 1의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 릴레이 층(2105)을 제외하고, 발광 소자 4의 구조 및 제조 방법에 대해서는 상기 설명을 참조하기 바란다. 발광 소자 4에 포함되는 전자 릴레이 층(2105)으로서, 전자 수송성 재료인 PPDN과 도너성 재료인 산화리튬(Li₂O)을 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 3nm의 두께로 공증착시켰다. 여기서, PPDN 대 산화리튬(Li₂O)의 중량비는 1:0.02(= PPDN:Li₂O)로 조절하였다.
- [0203] 다음으로, 비교 발광 소자 5에 대해 설명한다(도 11b 참조). 비교 발광 소자 5는 발광 소자 1 내지 4로부터 전자 릴레이 층(2105)이 제거된 구조를 갖는다. 다른 층들은 발광 소자 1 내지 4의 것들과 유사한 제조 방법에 의해 형성되었다. 즉, 비교 발광 소자 5에서는, 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성한 후, 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 제2 전하 발생층(2106)을 형성하였다. 이렇게 하여, 본 실시예의 비교 발광 소자 5를 형성하였다.
- [0204] 하기 표 1은 발광 소자 1 내지 4 및 비교 발광 소자 5의 소자 구조를 나타낸 것이다.

표 1

	발광 소자 1	발광 소자 2	발광 소자 3	발광 소자 4	비교 발광 소자 5
2101	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm
2103	NPB:MoOx (=4:1) 50nm	NPB:MoOx (=4:1) 50nm	NPB:MoOx (=4:1) 50nm	NPB:MoOx (=4:1) 50nm	NPB:MoOx (=4:1) 50nm
	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm
	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 1nm
2104	BPhen:Li (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li (=1:0.02) 20nm
2105	PTCBI:Li (=1:0.02) 3nm	PPDN:Li (=1:0.02) 3nm	PTCBI:Li2O (=1:0.02) 3nm	PPDN:Li2O (=1:0.02) 3nm	-
2106	NPB:MoOx (=4:1) 60nm	NPB:MoOx (=4:1) 60nm	NPB:MoOx (=4:1) 60nm	NPB:MoOx (=4:1) 60nm	NPB:MoOx (=4:1) 60nm
2107	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm
	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm
	BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm
	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm
2102	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm

[0205]

[0206]

상기된 바와 같이 수득된 발광 소자 1 내지 4 및 비교 발광 소자 5를 질소 분위기의 글로브 박스(glove box) 내에 밀봉시켜 대기에 노출되지 않도록 하였다. 이후, 이들 발광 소자들의 동작 특성을 측정하였다. 상기 측정은 실온(온도를 25℃로 유지시킨 분위기)에서 수행되었다.

[0207]

도 12는 발광 소자 1 내지 4 및 비교 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 도시한 것이다. 도 12에서, 가로축은 인가된 전압(V)을 나타내고, 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 도 13은 발광 소자 1 내지 4 및 비교 발광 소자 5의 전압-전류 밀도 특성을 도시한 것이다. 도 13에서, 가로축은 전압(V)을 나타내고, 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 추가로, 하기 표 2는 대략 1000cd/m²의 휘도에서의 발광 소자들의 전압을 나타낸 것이다.

표 2

	전압(V)
발광 소자 1	7.4
발광 소자 2	7.4
발광 소자 3	7.4
발광 소자 4	7.4
비교 발광 소자 5	8.0

[0208]

[0209]

도 12는 각각 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 1 내지 4는 비교 발광 소자 5에 비해 더 높은 휘도를 갖는 것을 나타낸다. 또한, 도 13은 각각 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 1 내지 4는 비교 발광 소자 5에 비해 더 높은 전류 밀도를 갖는 것을 나타낸다.

[0210]

이와 같이, 본 실시예의 발광 소자 1 내지 4는 발광 소자로서의 특성들을 가지며 충분하게 기능한다는 것을 확인하였다. 또한, 발광 소자 1 내지 4는 비교 발광 소자 5에 비해 더 낮은 전압에서 구동될 수 있는 발광 소자라는 것을 확인하였다.

[0211]

[실시예 2]

[0212]

본 실시예에서는, 본 발명의 한 양태인 발광 소자들에 대해 도 11a 및 11b를 참조로 설명한다. 본 실시예에서 발광 소자들 및 비교 발광 소자에 있어서, 실시예 1에 기술된 것과 동일하거나 유사한 부분에 대해서는 상기 설명을 참조하기 바란다는 것에 주목한다.

- [0213] 이하, 본 실시예의 발광 소자 6 내지 9 및 비교 발광 소자 10에 대해 설명한다.
- [0214] 먼저, 발광 소자 6에 대해 설명한다(도 11a 참조). 본 실시예의 발광 소자 6은 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 실시예 1에 기술된 발광 소자 1의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고, 발광 소자 6의 구조 및 제조 방법에 대해서는 실시예 1의 설명을 참조하기 바란다. 본 실시예의 발광 소자 6에서는, 전자 수송성 재료인 BPhen과 도너성 재료인 산화리튬(Li_2O)을 공증착시켜 전자 수송층(2103d) 상에 두께 20nm의 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 여기서, BPhen 대 산화리튬(Li_2O)의 중량비는 1:0.02(= BPhen: Li_2O)로 조절하였다.
- [0215] 다음으로, 발광 소자 7에 대해 설명한다. 본 실시예의 발광 소자 7은 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 실시예 1에 기술된 발광 소자 2의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 발광 소자 7의 구조 및 제조 방법에 대해서는 실시예 1의 설명을 참조하기 바란다. 본 실시예의 발광 소자 7에서는, 전자 수송성 재료인 BPhen과 도너성 재료인 산화리튬(Li_2O)을 공증착시켜 전자 수송층(2103d) 상에 두께 20nm의 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 여기서, BPhen 대 산화리튬(Li_2O)의 중량비는 1:0.02(= BPhen: Li_2O)로 조절하였다.
- [0216] 다음으로, 발광 소자 8에 대해 설명한다. 본 실시예의 발광 소자 8은 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 실시예 1에 기술된 발광 소자 3의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 발광 소자 8의 구조 및 제조 방법에 대해서는 실시예 1의 설명을 참조하기 바란다. 본 실시예의 발광 소자 8에서는, 전자 수송성 재료인 BPhen과 도너성 재료인 산화리튬(Li_2O)을 공증착시켜 전자 수송층(2103d) 상에 두께 20nm의 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 여기서, BPhen 대 산화리튬(Li_2O)의 중량비는 1:0.02(= BPhen: Li_2O)로 조절하였다.
- [0217] 다음으로, 발광 소자 9에 대해 설명한다. 본 실시예의 발광 소자 9는 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 실시예 1에 기술된 발광 소자 4의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 발광 소자 9의 구조 및 제조 방법에 대해서는 실시예 1의 설명을 참조하기 바란다. 본 실시예의 발광 소자 9에서는, 전자 수송성 재료인 BPhen과 도너성 재료인 산화리튬(Li_2O)을 공증착시켜 전자 수송층(2103d) 상에 두께 20nm의 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 여기서, BPhen 대 산화리튬(Li_2O)의 중량비는 1:0.02(= BPhen: Li_2O)로 조절하였다.
- [0218] 다음으로, 비교 발광 소자 10에 대해 설명한다(도 11b 참조). 비교 발광 소자 10은 발광 소자 6 내지 9로부터 전자 릴레이 층(2105)이 제거된 구조를 갖는다. 다른 층들은 발광 소자 6 내지 9의 것들과 유사한 제조 방법에 의해 형성되었다. 즉, 비교 발광 소자 10에서는, 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성한 후, 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 제2 전하 발생층(2106)을 형성하였다. 이렇게 하여, 본 실시예의 비교 발광 소자 10을 수득하였다.
- [0219] 하기 표 3은 발광 소자 6 내지 9 및 비교 발광 소자 10의 소자 구조를 나타낸 것이다.

표 3

	발광 소자 6	발광 소자 7	발광 소자 8	발광 소자 9	비교 발광 소자 10
2101	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm	ITO 110nm
2103	2103 a NPB:MoO _x (=4:1) 50nm	NPB:MoO _x (=4:1) 50nm	NPB:MoO _x (=4:1) 50nm	NPB:MoO _x (=4:1) 50nm	NPB:MoO _x (=4:1) 50nm
	2103 b NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm
	2103 c CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	2103 d Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 1nm
2104	BPhen:Li ₂ O (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li ₂ O (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li ₂ O (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li ₂ O (=1:0.02) 20nm	BPhen:Li ₂ O (=1:0.02) 20nm
2105	PTCBI:Li (=1:0.02) 3nm	PPDN:Li (=1:0.02) 3nm	PTCBI:Li ₂ O (=1:0.02) 3nm	PPDN:Li ₂ O (=1:0.02) 3nm	-
2106	NPB:MoO _x (=4:1) 60nm	NPB:MoO _x (=4:1) 60nm	NPB:MoO _x (=4:1) 60nm	NPB:MoO _x (=4:1) 60nm	NPB:MoO _x (=4:1) 60nm
2107	2107 a NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm	NPB 10nm
	2107 b CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	2107 c Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm	Alq 10nm
	2107 d BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm	BPhen 20nm
2102	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm	LiF 1nm
	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm	Al 200nm

[0220]

[0221]

상기된 바와 같이 수득된 발광 소자 6 내지 9 및 비교 발광 소자 10을 질소 분위기의 글로브 박스 내에 밀봉시켜 대기에 노출되지 않도록 하였다. 이후, 이들 발광 소자들의 동작 특성을 측정하였다. 상기 측정은 실온(온도를 25℃로 유지시킨 분위기)에서 수행되었다.

[0222]

도 14는 발광 소자 6 내지 9 및 비교 발광 소자 10의 전압-휘도 특성을 도시한 것이다. 도 14에서, 가로축은 인가된 전압(V)을 나타내고, 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 도 15는 발광 소자 6 내지 9 및 비교 발광 소자 10의 전압-전류 밀도 특성을 도시한 것이다. 도 15에서, 가로축은 전압(V)을 나타내고, 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 추가로, 하기 표 4는 대략 1000cd/m²의 휘도에서의 발광 소자들의 전압을 나타낸 것이다.

표 4

	전압(V)
발광 소자 6	7.6
발광 소자 7	7.6
발광 소자 8	7.6
발광 소자 9	7.6
비교 발광 소자 10	8.2

[0223]

[0224]

도 14는 각각 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 6 내지 9는 비교 발광 소자 10에 비해 더 높은 휘도를 갖는다는 것을 나타낸다. 또한, 도 15는 각각 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 6 내지 9는 비교 발광 소자 10에 비해 더 높은 전류 밀도를 갖는다는 것을 나타낸다.

[0225]

이와 같이, 본 실시예의 발광 소자 6 내지 9는 발광 소자로서의 특성들을 가지며 충분하게 기능한다는 것을 확인하였다. 또한, 발광 소자 6 내지 9는 낮은 전압에서 구동될 수 있는 발광 소자라는 것을 확인하였다.

[0226]

[실시예 3]

[0227]

본 실시예에서는, 본 발명의 한 양태인 발광 소자에 대해 도 11a 및 11b를 참조로 설명한다. 본 실시예에서 발광 소자 및 비교 발광 소자에 있어서, 실시예 1에 기술된 것과 동일하거나 유사한 부분에 대해서는 상기 설명을 참조하기 바란다는 것에 주목한다.

[0228]

이하, 본 실시예의 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12에 대해 설명한다.

- [0229] 먼저, 발광 소자 11에 대해 설명한다(도 11a 참조). 본 실시예의 발광 소자 11은 제1 EL층(2103)의 전자 수송층(2103d) 및 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고는, 실시예 1에 기술된 발광 소자 1의 것과 유사한 방식으로 제조되었다. 따라서, 전자 수송층(2103d) 및 전자 주입 버퍼층(2104)을 제외하고, 발광 소자 11의 구조 및 제조 방법에 대해서는 실시예 1의 설명을 참조하기 바란다. 본 실시예의 발광 소자 11에서는, 발광층(2103c) 상에 Alq를 두께 10nm, BPhen을 두께 20nm로 증착에 의해 적층시켜 전자 수송층(2103d)을 형성하였다. 또한, 전자 수송층(2103d) 상에 산화리튬(Li₂O)을 0.1nm의 두께로 증착시켜 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성하였다. 이렇게 하여, 본 실시예의 발광 소자 11을 수득하였다.
- [0230] 다음으로, 비교 발광 소자 12에 대해 설명한다(도 11b 참조). 본 실시예의 비교 발광 소자 12는 발광 소자 11로부터 전자 릴레이 층(2105)이 제거된 구조를 갖는다. 다른 층들은 발광 소자 11의 것들과 유사한 제조 방법에 의해 형성되었다. 비교 발광 소자 12에서는, 전자 주입 버퍼층(2104)을 형성한 후, 전자 주입 버퍼층(2104) 상에 제2 전하 발생층(2106)을 형성하였다. 이렇게 하여, 본 실시예의 비교 발광 소자 12를 수득하였다.
- [0231] 하기 표 5는 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12의 소자 구조를 나타낸 것이다.

표 5

	발광 소자 11	비교 발광 소자 12
2101	ITO 110nm	ITO 110nm
2103	2103a NPB:MoOx (=4:1) 50nm	NPB:MoOx (=4:1) 50nm
	2103b NPB 10nm	NPB 10nm
	2103c CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	2103d Alq 10nm	Alq 1nm
	BPhen 20nm	BPhen 20nm
2104	Li ₂ O 0.1nm	Li ₂ O 0.1nm
2105	PTCBI:Li (=1:0.02) 3nm	-
2106	NPB:MoOx (=4:1) 60nm	NPB:MoOx (=4:1) 60nm
2107	2107a NPB 10nm	NPB 10nm
	2107b CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm	CzPA:2PCAPA (=1:0.05) 30nm
	2107c Alq 10nm	Alq 10nm
	2107d BPhen 20nm	BPhen 20nm
	2107d LiF 1nm	LiF 1nm
2102	Al 200nm	Al 200nm

- [0232]
- [0233] 상기된 바와 같이 수득된 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12를 질소 분위기의 글로브 박스 내에 밀봉시켜 대기에 노출되지 않도록 하였다. 이후, 이들 발광 소자들의 동작 특성을 측정하였다. 상기 측정은 실온(온도를 25℃로 유지시킨 분위기)에서 수행되었다.
- [0234] 도 16은 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12의 전압-휘도 특성을 도시한 것이다. 도 16에서, 가로축은 인가된 전압(V)을 나타내고, 세로축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 도 17은 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12의 전압-전류 밀도 특성을 도시한 것이다. 도 17에서, 가로축은 전압(V)을 나타내고, 세로축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타낸다. 추가로, 하기 표 6은 대략 1000cd/m²의 휘도에서의 발광 소자들의 전압을 나타낸 것이다.

표 6

	전압(V)
발광 소자 11	7.2
비교 발광 소자 12	7.6

- [0235]
- [0236] 도 16은 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 11은 비교 발광 소자 12에 비해 더 높은 휘도를 갖는다는 것을 나

타낸다. 또한, 도 17은 전자 릴레이 층이 제공된 발광 소자 11은 비교 발광 소자 12에 비해 더 높은 전류 밀도를 갖는다는 것을 나타낸다.

[0237] 이와 같이, 본 실시예의 발광 소자 11은 발광 소자로서의 특성들을 가지며 충분하게 기능한다는 것을 확인하였다. 또한, 발광 소자 11은 낮은 전압에서 구동될 수 있는 발광 소자라는 것을 확인하였다.

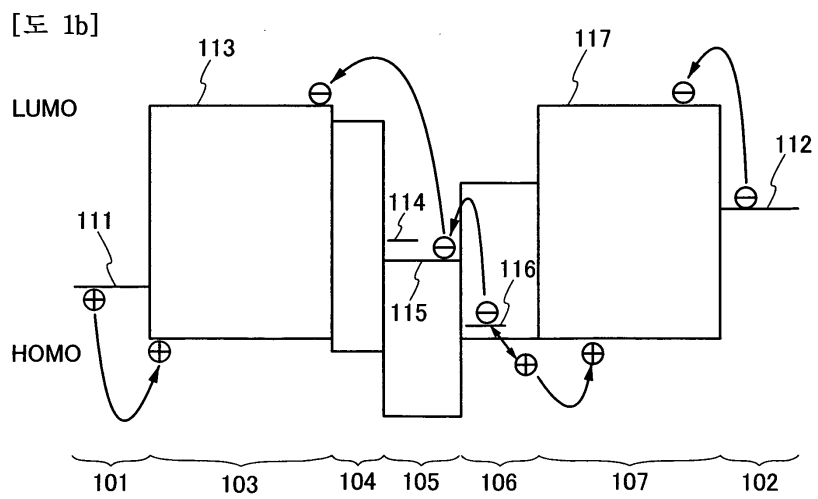
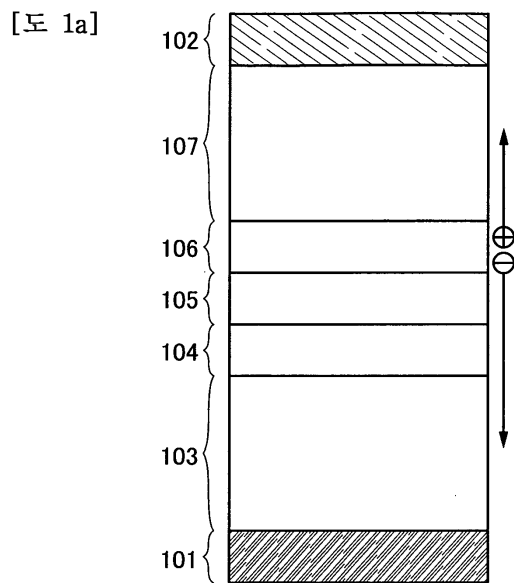
[0238] 본 출원은 2009년 5월 29일자로 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련 번호 제2009-131096호에 근거하며, 상기 출원의 전문은 본원에 참조로 인용된다.

[0239] <참조 부호의 설명>

[0240] 10: 기관, 11: 트랜지스터, 12: 발광 소자, 13: 전극, 14: 전극, 15: 유기 화합물을 함유한 층, 16a: 층간 절연막, 16b: 층간 절연막, 16c: 층간 절연막, 17: 배선, 18: 격벽층, 19a: 층간 절연막, 19b: 층간 절연막, 101: 애노드, 102: 캐소드, 103: EL층, 103a: 제1 발광층, 103b: 제2 발광층, 104: 전자 주입 버퍼층, 105: 전자 릴레이 층, 106: 전하 발생층, 106a: 정공 수송성 재료를 함유한 층, 106b: 엑셉터성 재료를 함유한 층, 107: EL층, 107a: 제3 발광층, 107b: 제4 발광층, 108: 전자 수송층, 111: 애노드의 페르미 준위, 112: 캐소드의 페르미 준위, 113: 제1 EL층의 LUMO 준위, 114: 전자 릴레이 층에서의 도너성 재료의 도너 준위, 115: 전자 릴레이 층에서의 전자 수송성 재료의 LUMO 준위, 116: 전하 발생층에서의 엑셉터성 재료의 엑셉터 준위, 117: 제2 EL층의 LUMO 준위, 330: 제1 발광, 340: 제2 발광, 800: 휴대 정보 단말기기, 801: 하우징, 802: 표시부, 803: 하우징, 805: 키보드, 807: 연결부, 810: 디지털 비디오 카메라, 811: 하우징, 812: 표시부, 820: 휴대 전화기, 821: 하우징, 822: 하우징, 823: 연결부, 824: 표시부, 825: 조작키, 830: 컴퓨터, 831: 하우징, 832: 표시부, 833: 키보드, 834: 하우징, 840: 텔레비전 장치, 841: 하우징, 842: 표시부, 843: 스탠드, 850: 리모콘 조작기, 851: 조작키, 852: 표시부, 900: 탁상 조명 장치, 901: 조명부, 910: 천정용 조명 장치, 911: 조명부, 920: 료형 조명 장치, 921: 조명부, 951: 기관, 952: 전극, 953: 절연층, 954: 격벽층, 955: 발광 소자, 956: 전극, 1000: 신호등, 1001: 조명부, 1002: 조명부, 1003: 조명부, 1010: 비상구 유도등, 1021: 지지체, 1022: 조명부, 1023: 전주, 1024: 송전선, 1031: 장착부, 1032: 조명부, 1041: 하우징, 1042: 조명부, 1043: 스위치, 2100: 기관, 2101: 전극, 2102: 전극, 2103: EL층, 2103a: 전하 발생층, 2103b: 정공 수송층, 2103c: 발광층, 2103d: 전자 수송층, 2104: 전자 주입 버퍼층, 2105: 전자 릴레이 층, 2106: 전하 발생층, 2107: EL층, 2107a: 정공 수송층, 2107b: 발광층, 2107c: 전자 수송층, 2107d: 전자 주입층.

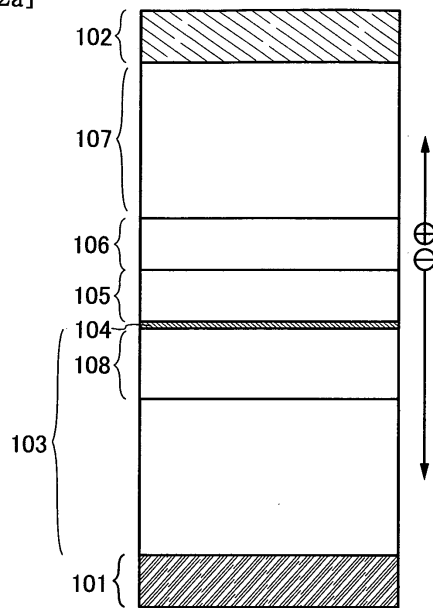
도면

도면1

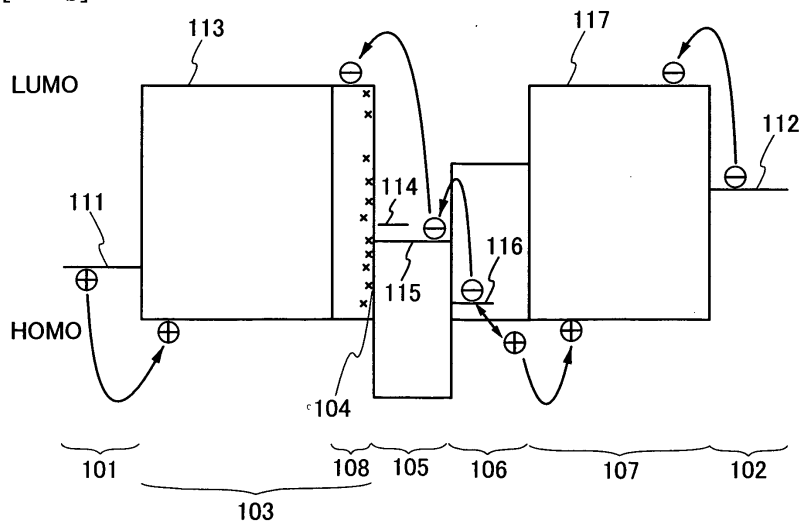


도면2

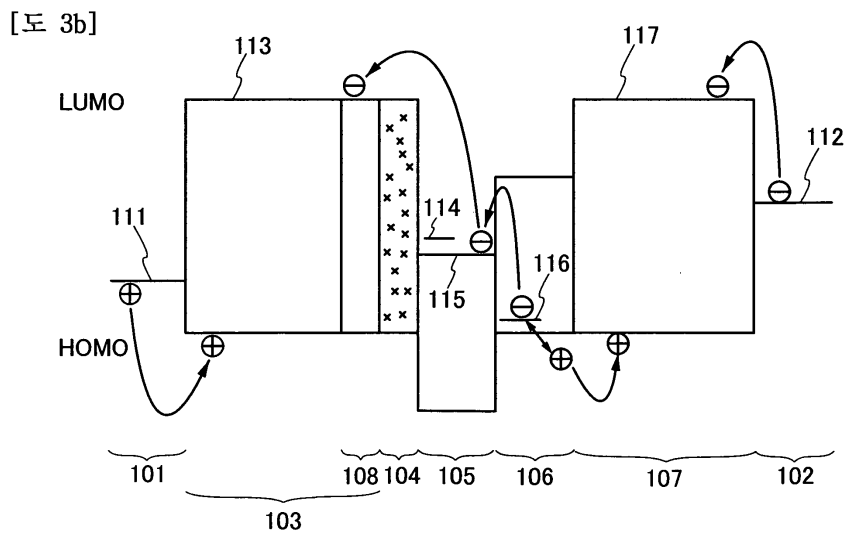
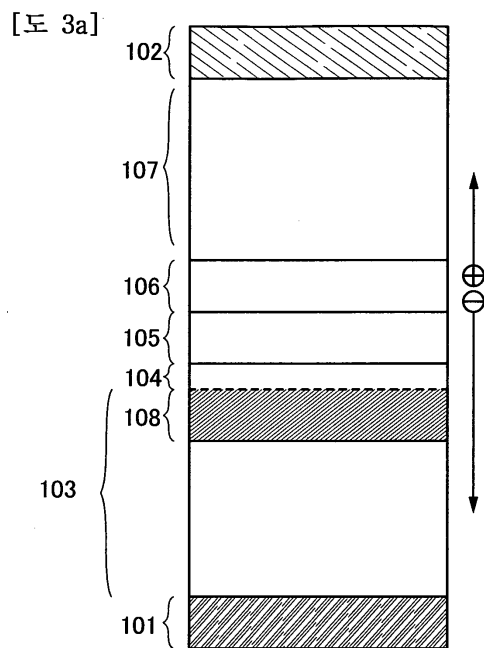
[도 2a]



[도 2b]

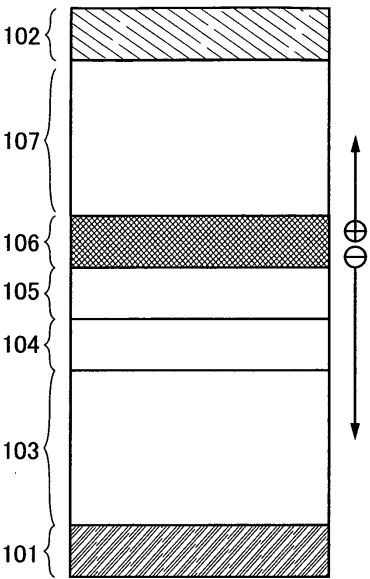


도면3

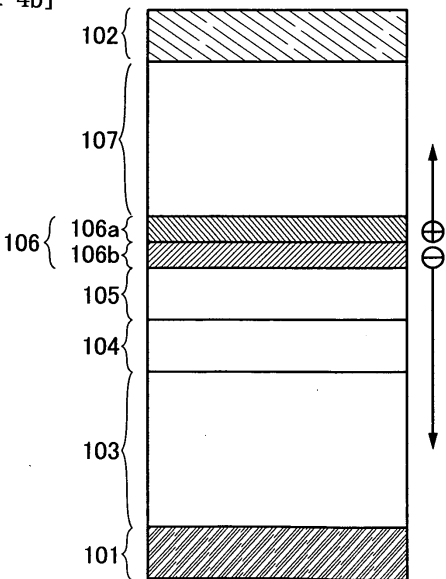


도면4

[도 4a]

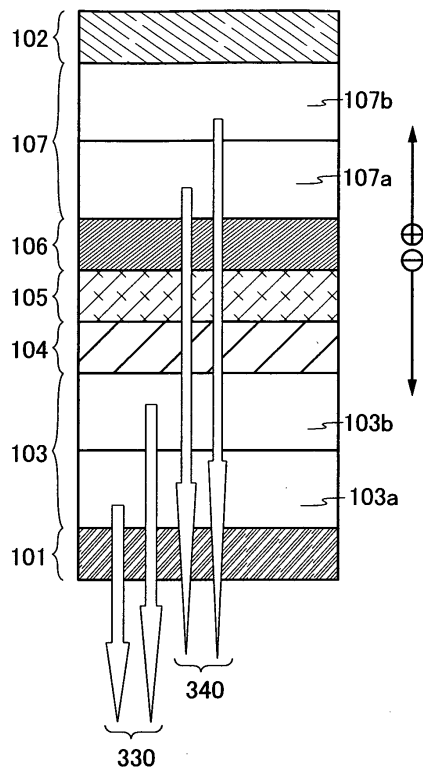


[도 4b]

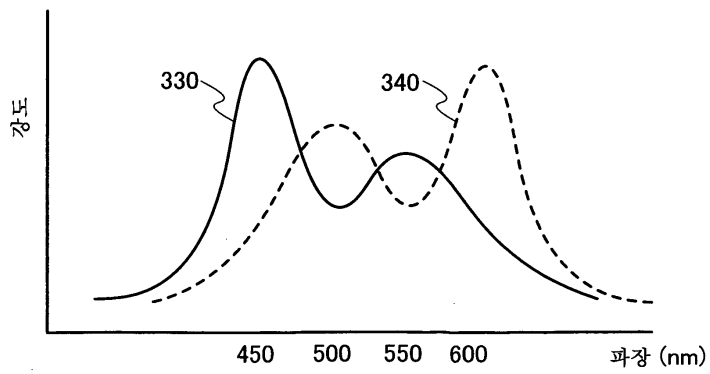


도면5

[도 5a]

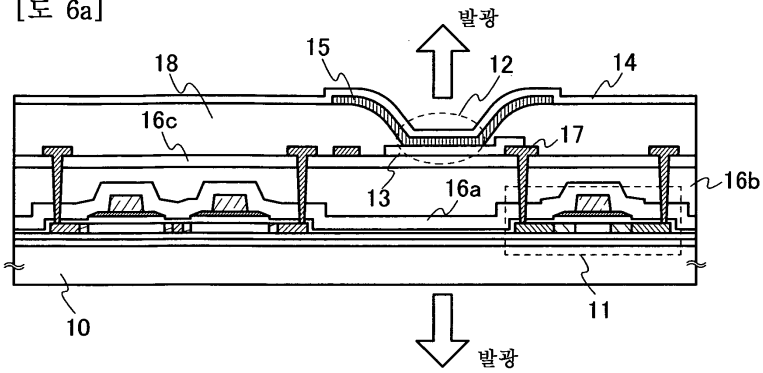


[도 5b]

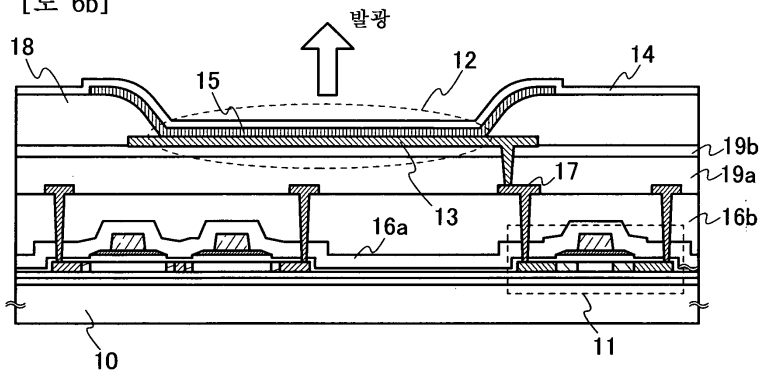


도면6

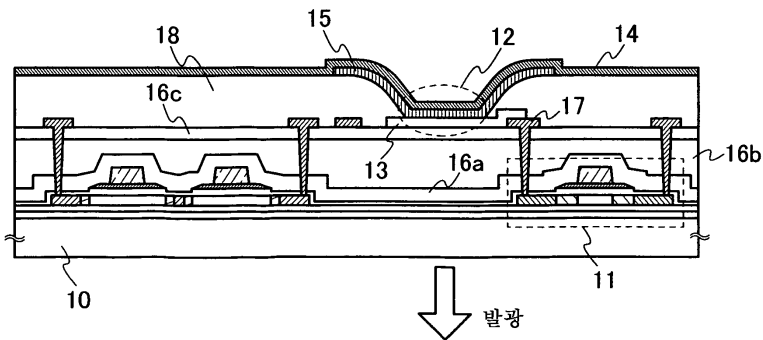
[도 6a]



[도 6b]

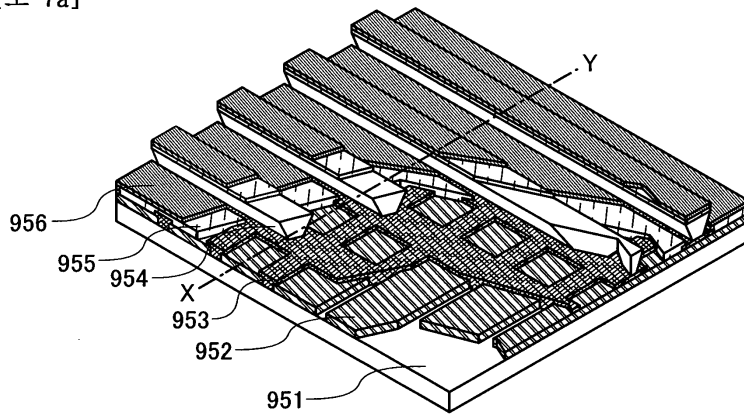


[도 6c]

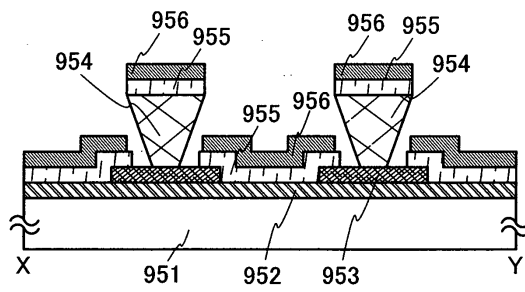


도면7

[도 7a]

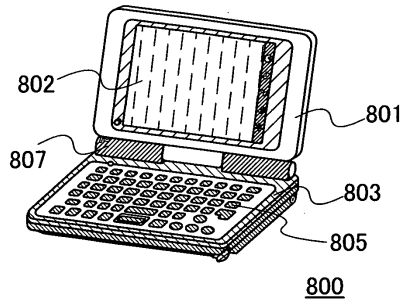


[도 7b]

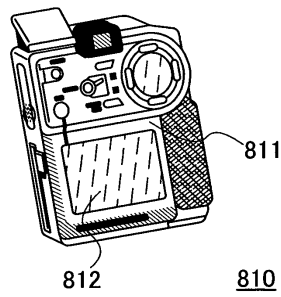


도면8

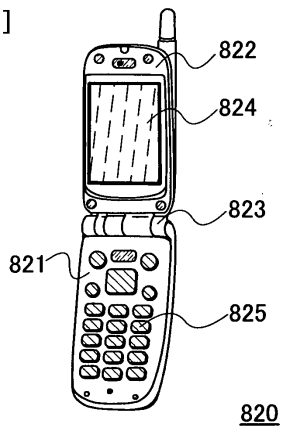
[도 8a]



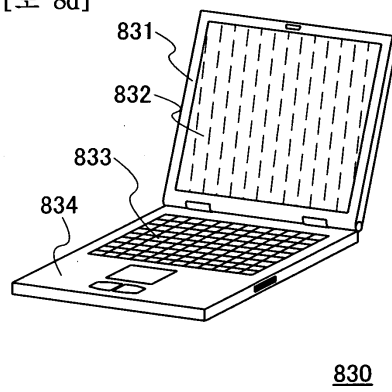
[도 8b]



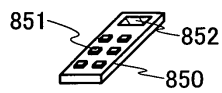
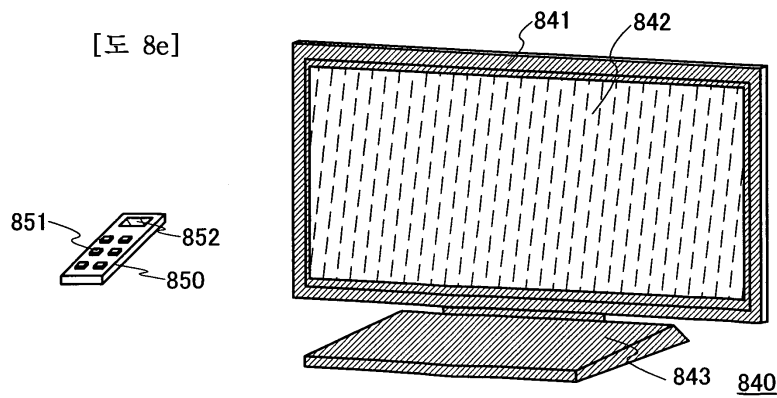
[도 8c]



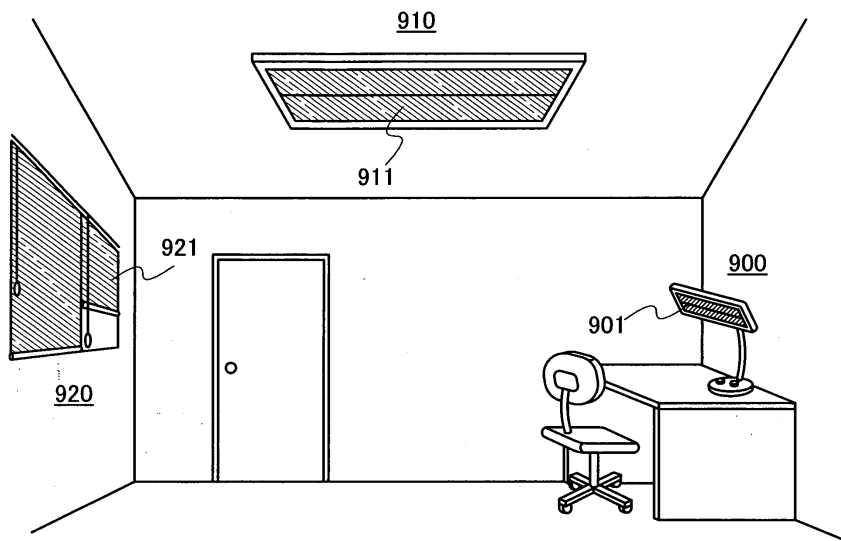
[도 8d]



[도 8e]

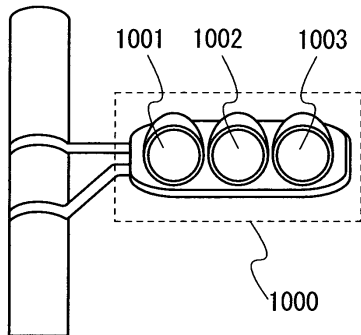


도면9

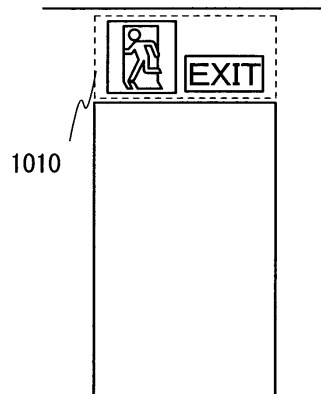


도면10

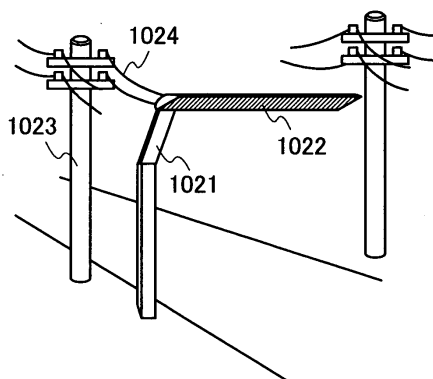
[도 10a]



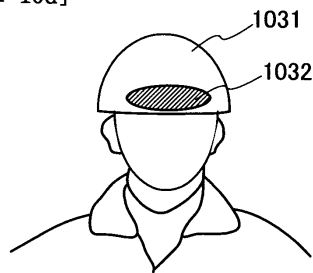
[도 10b]



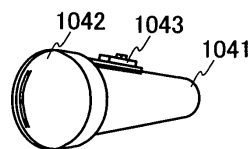
[도 10c]



[도 10d]

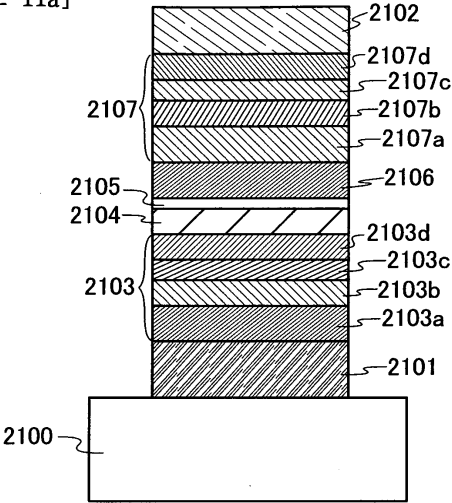


[도 10e]

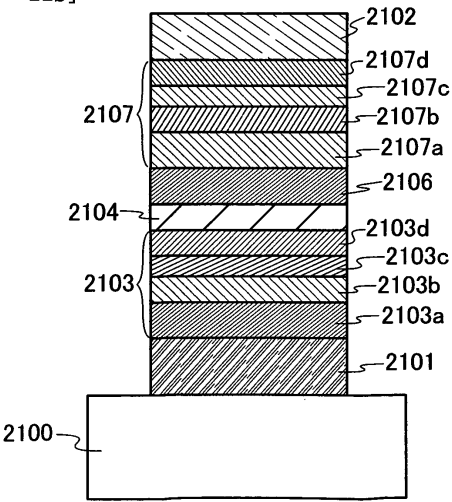


도면11

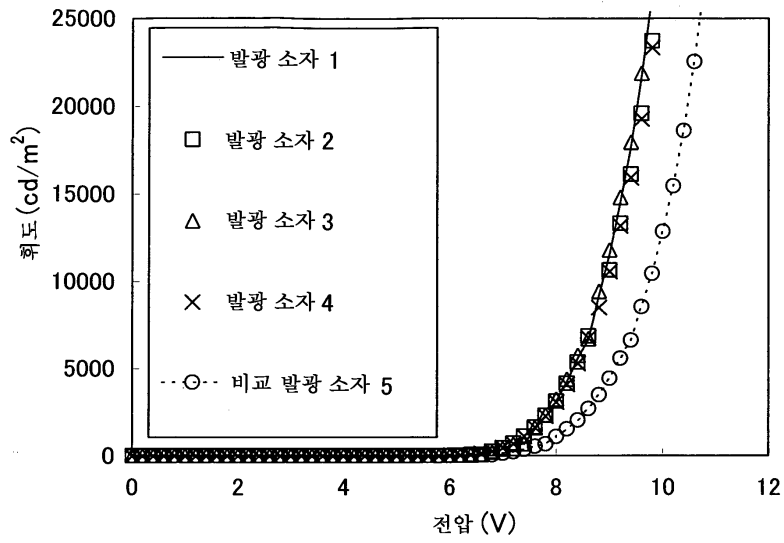
[도 11a]



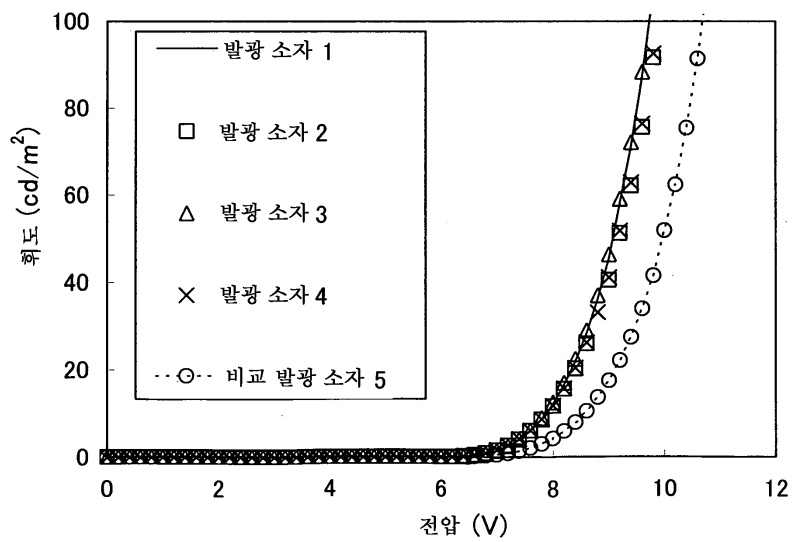
[도 11b]



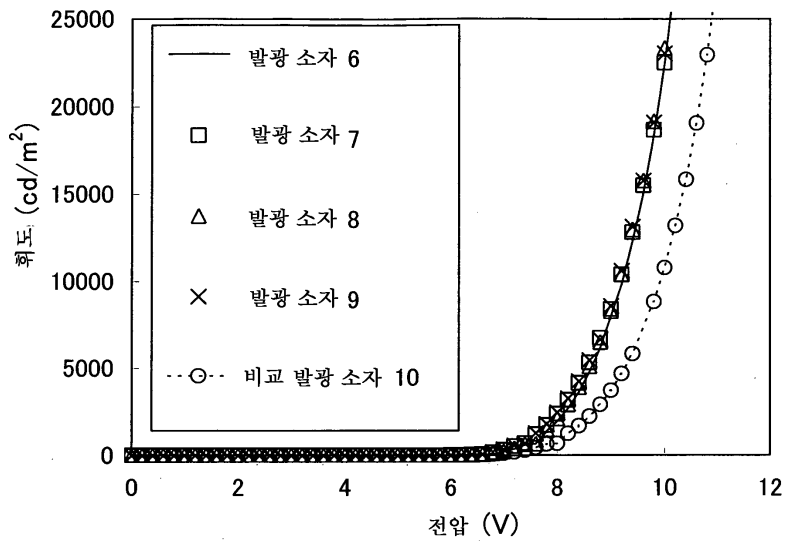
도면12



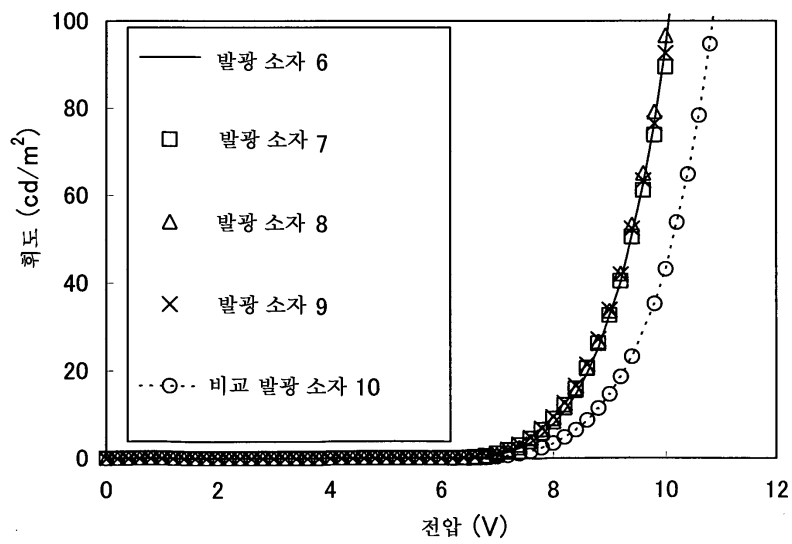
도면13



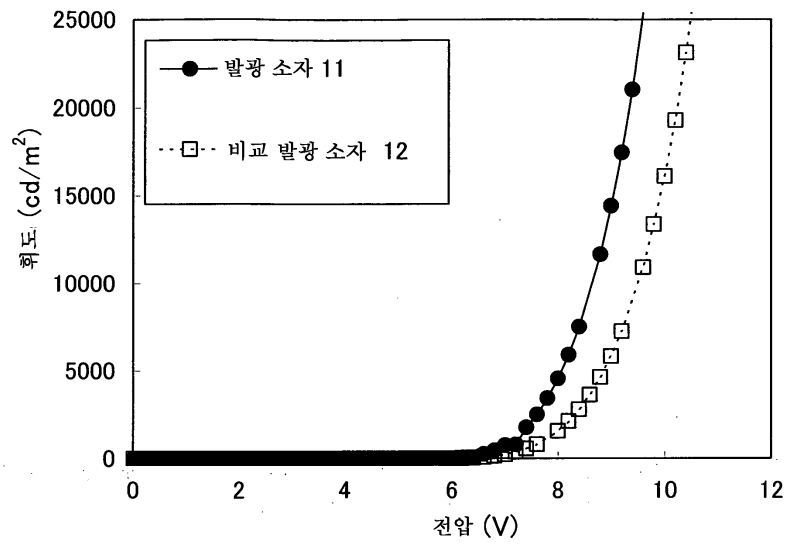
도면14



도면15



도면16



도면17

