



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월03일  
(11) 등록번호 10-1645232  
(24) 등록일자 2016년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/54 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)  
H05B 33/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2009-0042347  
(22) 출원일자 2009년05월15일  
심사청구일자 2014년05월12일  
(65) 공개번호 10-2009-0119731  
(43) 공개일자 2009년11월19일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2008-130012 2008년05월16일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005071735 A\*  
KR1020050039674 A\*  
US20070001587 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
우시쿠보 타카히로  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이  
세오 사토시  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이화익, 김홍두

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김효욱

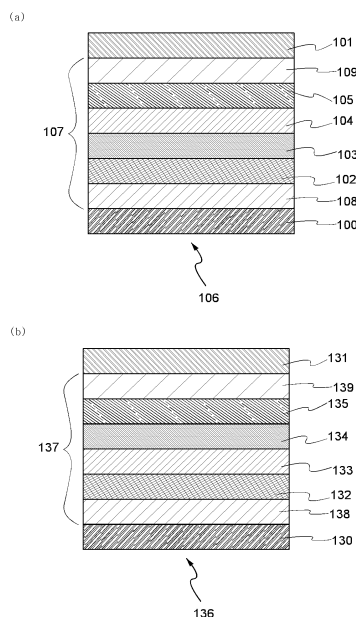
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 조명 장치, 발광 장치, 전자기기 및 디스플레이

(57) 요약

발광 효율이 향상된 발광 소자, 및 그것을 구비하는 조명 장치, 발광 장치, 전자기기 및 디스플레이를 제공하는 것을 과제로 한다. 그 발광 소자는 양극과 음극과, 상기 양극 및 상기 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 상기 양극 측으로부터 순차로 제 1 층, 제 2 층,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



제 3 층, 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 상기 제 1 층은 제 1 발광 물질을 함유하고, 상기 제 2 층은 제 2 발광 물질을 함유하고, 상기 제 3 층은 제 3 발광 물질을 함유하고, 상기 제 4 층은 제 4 발광 물질을 함유하고, 상기 제 1 발광 물질 및 상기 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 1 층, 상기 제 2 층 및 상기 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고, 상기 제 4 층은 전자 수송층을 갖는다.

(72) 발명자

**오사와 노부하루**

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시키가  
이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

**야마자키 순페이**

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부시키가  
이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

양극과;

음극과;

상기 양극과 상기 음극 사이의 층을 포함하고,

상기 층은 상기 양극 위에 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층의 순서로 적층된 발광층의 역할을 하는 층을 적어도 포함하고,

상기 제 1 층은 제 1 발광 물질을 포함하고,

상기 제 2 층은 제 2 발광 물질을 포함하고,

상기 제 3 층은 제 3 발광 물질을 포함하고,

상기 제 4 층은 제 4 발광 물질 및 제 4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제 1 발광 물질과 상기 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고,

상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고,

상기 제 4 층은 전자 수송성을 갖고,

상기 제 4 유기 화합물은 안트라센 유도체이고,

상기 제 4 발광 물질은 카르바졸 기를 포함하고,

상기 제 1 발광 물질 및 상기 제 4 발광 물질은 동일한 화합물인, 발광 소자.

#### 청구항 2

양극과;

음극과;

상기 양극과 상기 음극 사이의 층을 포함하고,

상기 층은 상기 양극 위에 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층의 순서로 적층된 발광층의 역할을 하는 층을 적어도 포함하고,

상기 제 1 층은 제 1 발광 물질을 포함하고,

상기 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 포함하고,

상기 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 포함하고,

상기 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 포함하고,

상기 제 2 층에 있어서의 상기 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고,

상기 제 3 층에 있어서의 상기 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고,

상기 제 4 층에 있어서의 상기 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고,

상기 제 1 발광 물질과 상기 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고,

상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고,

상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고,  
상기 제 4 층은 전자 수송성을 갖고,  
상기 제 4 유기 화합물은 안트라센 유도체이고,  
상기 제 4 발광 물질은 카르바졸 기를 포함하고,  
상기 제 1 발광 물질 및 상기 제 4 발광 물질은 동일한 화합물인, 발광 소자.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

제 2 항에 있어서,  
상기 제 2 유기 화합물과 상기 제 3 유기 화합물은 각각 3환 내지 6환의 축합 다환 방향족 화합물 중의 하나인,  
발광 소자.

**청구항 6**

제 2 항에 있어서,  
상기 제 2 유기 화합물과 상기 제 3 유기 화합물은 각각 안트라센 유도체인, 발광 소자.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 발광 소자의 발광 스펙트럼은 400nm 내지 480nm, 490nm 내지 560nm, 580nm 내지 700nm의 각 파장 범위에 적어도 하나의 피크를 포함하는, 발광 소자.

**청구항 12**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 발광 소자로부터 발해지는 광은 백색 광인, 발광 소자.

**청구항 13**

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 상기 발광 소자를 포함하는, 조명 장치.

**청구항 14**

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 상기 발광 소자와, 상기 발광 소자로부터의 발광을 제어하기 위한 수단을 포함하는, 발광 장치.

**청구항 15**

제 14 항에 따른 상기 발광 장치를 포함하는, 전자기기.

**청구항 16**

제 14 항에 따른 상기 발광 장치를 포함하는, 디스플레이.

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 적어도 일부분에 유기 화합물을 사용한 발광 소자에 관한 것이다. 또한, 상기 발광 소자를 구비한 조명 장치, 발광 장치, 전자기기 및 디스플레이에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 유기 화합물을 함유하는 층을 한 쌍의 전극 사이에 갖고, 상기 전극 사이에 전류가 흐름으로써 발광을 얻을 수 있는 발광 소자를 사용한 발광 장치의 개발이 진행되고 있다. 이러한 발광 장치는 현재 박형 표시 장치라고 불리는 표시 장치와 비교하여, 더욱 박형 경량화할 수 있다. 또한, 자체 발광(self-light emission)이므로 시인성도 양호하고, 응답 속도도 빠르다. 따라서, 차세대 표시 장치로서 활발히 개발되어 현재로서는 일부분이지만 실용화도 되어 있다.

[0003] 이러한 발광 소자는 유기 화합물을 함유하는 층에 함유되는 발광 중심이 되는 재료에 의하여 다양한 발광색을 제공할 수 있다. 또한, 상이한 발광색을 나타내는 발광 중심 재료를 함유하는 층을 적층함으로써 발광을 중첩하여, 더 많은 발광색의 베리에이션(variation)을 얻을 수도 있다. 특히, 적색, 녹색, 청색의 광을 중첩하거나, 서로 보색이 되는 발광색을 중첩함으로써 얻어지는 백색광은 디스플레이 등의 용도 외에, 백 라이트나 조명 등에 적합하며 중요시되고 있다(예를 들어, 비특허 문헌 1 및 비특허 문헌 2 참조).

[0004] 상술한 바와 같이 이점이 많은 상기 발광 소자를 사용한 발광 장치가 일부의 실용화에 머무르고 있는 큰 이유 중 하나로 발광 소자의 열화 문제가 있다. 발광 소자는 같은 전류량을 흘린다고 하여도, 구동 시간의 축적에 따라 그 휘도가 저하되는 열화를 일으킨다. 이 열화의 정도가 실제 제품으로서 허용되는 정도의 발광 소자를 얻는 것이, 상기 발광 장치가 널리 보급되기 위해서는 필요불가결하며, 구동 회로 면, 밀봉 면, 소자 구조 면이나 재료 면 등 많은 측면으로부터 연구되고 있다.

[0005] 또한, 상기 발광 소자의 발광 효율도 중요한 요소이다. 발광 효율이 향상됨으로써 같은 색의 광이면 원하는 밝기를 제공하기 위한 전력을 저감할 수 있다. 즉, 더 작은 에너지로 같은 밝기를 얻을 수 있으면, 에너지 문제가 심각화되어 가고 있는 요즘에, 더 부가 가치가 높은 제품을 제공할 수 있다. 또한, 발광 효율이 향상되면, 같은 색의 광이면 원하는 밝기를 얻기 위해서 발광 소자에 흘리는 전류가 작은 양으로 충분하므로, 열화의 저감에 기여한다. 상이한 색간의 비교는 단순히 비교할 수 없지만, 양자 효율이 하나의 기준이 된다.

[0006] [비특허 문헌 1] 아다치 치하야 감수, “유기 EL 디바이스 물리/재료 화학/디바이스 응용” CMC Publishing CO.,LTD., 2007년12월, p.257-267

[0007] [비특허 문헌 2] Yin-Jui Lu 외, “Achieving Three-Peak White Organic Light-Emitting Devices Using Wavelength-Selective Mirror Electrodes”, SID07 Digest, 2007년, p.1110-1113

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0008] 그래서, 본 발명의 일 형태에서는 발광 효율이 향상된 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또한, 본 발명의 일 형태는 구동 시간에 대한 열화의 정도가 개선된 발광 소자 또는 조명 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0009] 또한, 본 발명의 일 형태에서는 표시부에 있어서의 신뢰성이 높은 발광 장치 또는 전자기기를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0010] 또한, 본 발명의 일 형태에서는 발광색의 조정이 용이한 발광 소자 또는 조명 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0011] 또한, 본 발명의 일 형태에서는 표시 품질이 높은 발광 장치 또는 전자기기를 제공하는 것을 과제로 한다.

### 과제 해결수단

[0012] 본 발명의 일 형태는 양극과; 음극과; 상기 양극과 상기 음극 사이의 층을 포함하고, 상기 층은 상기 양극 위에 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층의 순서로 적층된 발광층의 역할을 하는 층을 적어도 포함하고, 상기 제 1 층은 제 1 발광 물질을 포함하고, 상기 제 2 층은 제 2 발광 물질을 포함하고, 상기 제 3 층은 제 3 발광 물질을 포함하고, 상기 제 4 층은 제 4 발광 물질 및 제 4 유기 화합물을 포함하고, 상기 제 1 발광

물질과 상기 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고, 상기 제 4 층은 전자 수송성을 갖고, 상기 제 4 유기 화합물은 안트라센 유도체이고, 상기 제 4 발광 물질은 카르바졸 기를 포함하고, 상기 제 1 발광 물질 및 상기 제 4 발광 물질은 동일한 화합물인, 발광 소자이다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과; 음극과; 상기 양극과 상기 음극 사이의 층을 포함하고, 상기 층은 상기 양극 위에 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층의 순서로 적층된 발광층의 역할을 하는 층을 적어도 포함하고, 상기 제 1 층은 제 1 발광 물질을 포함하고, 상기 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 포함하고, 상기 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 포함하고, 상기 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 포함하고, 상기 제 2 층에 있어서의 상기 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 상기 제 3 층에 있어서의 상기 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 상기 제 4 층에 있어서의 상기 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 상기 제 1 발광 물질과 상기 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 상기 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 상기 제 1 층, 상기 제 2 층, 및 상기 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고, 상기 제 4 층은 전자 수송성을 갖고, 상기 제 4 유기 화합물은 안트라센 유도체이고, 상기 제 4 발광 물질은 카르바졸 기를 포함하고, 상기 제 1 발광 물질 및 상기 제 4 발광 물질은 동일한 화합물인, 발광 소자이다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 2 층에 있어서의 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 3 층에 있어서의 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 4 층에 있어서의 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층, 제 2 층, 및 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고, 제 4 층은 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 유기 화합물과 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층, 제 2 층 및 제 3 층은 각각 정공 수송성을 갖고, 제 4 층은 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 유기 화합물과 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 층에 있어서의 제 1 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 2 층에 있어서의 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 3 층에 있어서의 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 4 층에 있어서의 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물 및 상기 제 3 유기 화합물은 각각 정공 수송성을 갖고, 제 4 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물이 모두 3환 이상 6환 이하의 축합 다환 방향족 화합물인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물이 모두 안트라



센 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 1 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있고, 제 2 층으로부터는 적색 광을 얻을 수 있고, 제 3 층으로부터는 녹색 광을 얻을 수 있고, 제 4 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있는 발광 소자이다.

[0020] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 1 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있고, 제 2 층이 발광하는 광의 피크 파장이 580nm 내지 700nm의 범위 내에 있고, 제 3 층이 발광하는 광의 피크 파장이 490nm 내지 560nm의 범위 내에 있고, 제 4 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있는 발광 소자이다.

[0021] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층은 정공 수송성을 갖고, 제 2 층, 제 3 층, 제 4 층은 각각 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0022] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층은 정공 수송성을 갖고, 제 2 층, 제 3 층 및 제 4 층은 각각 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 2 층에 있어서의 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 3 층에 있어서의 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 4 층에 있어서의 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층은 정공 수송성을 갖고, 제 2 유기 화합물, 제 3 유기 화합물 및 제 4 유기 화합물은 각각 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 유기 화합물과 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 2 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 파장보다 짧고, 제 1 층은 정공 수송성을 갖고, 제 2 층, 제 3 층 및 제 4 층은 각각 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 형태는 양극과 음극과, 양극 및 음극 사이에 위치하는 유기 화합물을 함유하는 층을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층은 양극 측에서 순차로 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층이 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖고, 제 1 층은 제 1 유기 화합물과 제 1 발광 물질을 함유하고, 제 2 층은 제 2 유기 화합물과 제 2 발광 물질을 함유하고, 제 3 층은 제 3 유기 화합물과 제 3 발광 물질을 함유하고, 제 4 층은 제 4 유기 화합물과 제 4 발광 물질을 함유하고, 제 1 층에 있어서의 제 1 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 2 층에 있어서의 제 2 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 3 층에 있어서의 제 3 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 4 층에 있어서의 제 4 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만이고, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 발광 피크 파장은 제 2 발광 물질의 발광 피

크 과장보다 짧고, 제 2 발광 물질의 발광 피크 과장은 제 3 발광 물질의 발광 피크 과장보다 짧고, 제 1 유기 화합물은 정공 수송성을 갖고, 제 2 유기 화합물, 제 3 유기 화합물 및 제 4 유기 화합물은 각각 전자 수송성을 갖는 발광 소자이다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물이 모두 3환 이상 6환 이하의 축합 다환 방향족 화합물인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0027] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물이 모두 안트라센 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0028] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 1 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있고, 제 2 층으로부터는 녹색 광을 얻을 수 있고, 제 3 층으로부터는 적색 광을 얻을 수 있고, 제 4 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있는 발광 소자이다.

[0029] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 제 1 층이 발광하는 광의 피크 과장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있고, 제 2 층이 발광하는 광의 피크 과장이 490nm 내지 560nm의 범위 내에 있고, 제 3 층이 발광하는 광의 피크 과장이 580nm 내지 700nm의 범위 내에 있고, 제 4 층이 발광하는 광의 피크 과장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있는 발광 소자이다.

[0030] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서, 발광 소자는 복수의 과장의 스펙트럼을 발하고, 이들 스펙트럼은 각각 400nm 내지 480nm의 범위, 490nm 내지 560nm의 범위 및 580nm 내지 700nm의 범위에 적어도 하나씩 피크를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0031] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 구성에 있어서 발광 소자가 발광하는 광이 백색 발광인 것을 특징으로 한다.

[0032] 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 발광 소자를 사용한 조명 장치다. 이러한 구성을 가짐으로써, 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하가 적고, 수명이 긴 조명 장치로 할 수 있다. 또한, 발광색의 조정이 용이하기 때문에 상기 조명의 용도에 맞춘 발광색을 용이하게 제공할 수 있다. 또한, 발광 효율이 향상된 발광 소자를 사용하므로 소비 전력이 저감된 조명 장치로 할 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 바와 같은 발광 소자와 발광 소자의 발광을 제어하는 수단을 구비한 발광 장치이다. 이러한 구성을 가짐으로써, 발광 장치는 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하가 적고 수명이 긴 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 발광색의 조정이 용이하므로 표시 품질이 높은 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 발광 효율이 향상된 발광 소자를 사용하므로 소비 전력이 저감된 발광 장치로 할 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 일 형태는, 상술한 바와 같은 발광 장치를 표시부에 탑재한 전자기기이다. 이러한 구성을 가짐으로써, 전자기기는 표시부의 수명이 긴 전자기기로 할 수 있다. 또한, 발광색의 조정이 용이하기 때문에 표시 품질이 높은 표시부를 갖는 전자기기로 할 수 있다. 또한, 발광 효율이 향상된 발광 소자를 사용하므로, 소비 전력이 저감된 전자기기로 할 수 있다.

## 효 과

[0035] 본 발명의 일 형태를 실시함으로써, 발광 효율이 향상된 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명의 일 형태를 실시함으로써, 구동 시간에 대한 열화의 정도가 개선된 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명의 일 형태를 실시함으로써, 구동 시간에 대한 열화의 정도가 개선된 조명 장치를 제공할 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명의 일 형태를 실시함으로써, 표시부에 있어서 신뢰성이 높은 발광 장치 또는 전자기기를 제공할 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명의 일 형태를 실시함으로써, 발광색의 조정이 용이한 발광 소자 또는 조명 장치를 제공할 수 있다.

[0040] 또한, 표시 품질이 높은 발광 장치 또는 전자기기를 제공할 수 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0041] 본 실시형태에서는 본 발명에 대하여 도면을 참조하면서 이하에 제시한다. 다만, 본 발명은 많은 다른 형태로 실시하는 것이 가능하고, 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 발명이 본 실시형태의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.
- [0042] (실시형태 1)
- [0043] 본 실시형태 1을 개시하는 데에 있어서, 본 실시형태와 대비하는 종래의 발광 소자(115)에 대하여, 그 개요를 도 2에 의거하여 제시한다. 발광 소자(115)는 양극(110)과 음극(111) 사이에 유기 화합물을 함유하는 층(116)이 형성된 구성이다. 유기 화합물을 함유하는 층(116) 중은 제 1 층(112), 제 2 층(113), 제 3 층(114)을 양극(110) 측에서 순차로 적층한 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖는다. 또한, 발광 기능을 갖는 층과 양극(110) 사이에 정공 수송층이나 정공 주입층 등의 기능층(118), 발광 기능을 갖는 층과 음극(111) 사이에 전자 주입층이나 전자 수송층 등의 기능층(119)이 적절히 형성되어도 좋다.
- [0044] 제 1 층(112)에는 발광 중심이 되는 제 1 발광 물질과 제 1 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서의 제 1 유기 화합물이 함유되고, 제 2 층(113)에는 발광 중심이 되는 제 2 발광 물질과 제 2 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서의 제 2 유기 화합물이 함유되고, 제 3 층(114)에는 발광 중심이 되는 제 3 발광 물질과 제 3 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서의 제 3 유기 화합물이 함유되고, 이 3층이 발광 소자(115)에 있어서 발광 기능을 갖는 층이다. 또한, 상술한 종래의 발광 소자에서는 제 1 층(112) 내지 제 3 층(114)은 모두 호스트-게스트형의 발광층이지만, 물론, 발광 물질 단독의 막으로 이루어진 발광층이라도 좋다.
- [0045] 발광 소자(115)는 양극(110)과 음극(111) 사이에 전압을 인가하여 전류를 흘리면, 음극(111)으로부터는 전자가, 양극(110)으로부터는 정공이 각각 유기 화합물을 함유하는 층(116)에 주입된다. 주입된 캐리어는 제 1 층(112) 내지 제 3 층(114) 중의 어느 계면 근방에서 그 대부분이 재결합하고, 제 1 발광 물질 내지 제 3 발광 물질이 발광함으로써, 이들 3개의 발광 스펙트럼이 중첩한 복수의 피크를 갖는 발광을 얻을 수 있다.
- [0046] 종래의 발광 소자(115)와 상이한 본 실시형태의 발광 소자의 개요에 대하여 도 1a에 도시한다. 본 실시형태의 발광 소자는 발광의 효율이 향상되고, 구동 시간에 대한 휘도 열화가 적다. 또한, 본 실시형태의 발광 소자는 색 조정이 용이하다. 본 실시형태 1은 이들에 대하여 도 1a에 의거하여 제시하는 것이고, 그것에 관하여 이하에 설명한다.
- [0047] 본 실시형태의 발광 소자는 도 1a에 기재하는 바와 같이, 양극(100)과 음극(101) 사이에 유기 화합물을 함유하는 층(107)을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층(107)은 양극(100) 측에서 제 1 층(102), 제 2 층(103), 제 3 층(104), 및 제 4 층(105)이 순차로 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖는다. 또한, 발광 기능을 갖는 층과 양극(100) 사이에 정공 수송층이나 정공 주입층 등의 기능층(108), 발광 기능을 갖는 층과 음극(101) 사이에 전자 주입층이나 전자 수송층 등의 기능층(109)이 적절히 형성되어도 좋다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(107)은 제 1 층(102), 제 2 층(103), 제 3 층(104), 및 제 4 층(105)이 순차로 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 포함하면 좋고, 기능층(108) 및 기능층(109)은 각각 반드시 형성할 필요는 없다. 또한, 기능층(108) 및 기능층(109)은 단층과 적층의 어느 쪽이라도 좋다.
- [0048] 또한, 제 1 층(102)에는 제 1 발광 물질이 함유되고, 제 2 층(103)에는 제 2 발광 물질이 함유되고, 제 3 층(104)에는 제 3 발광 물질이 함유되고, 제 4 층(105)에는 제 4 발광 물질이 함유되고, 제 1 층(102)과 제 4 층(105)에 함유되는 발광 물질은 동일 색의 발광을 나타내는 발광 물질이다. 또한, 제 1 층(102)에 함유되는 제 1 발광 물질과, 제 4 층(105)에 함유되는 제 4 발광 물질이 동일 발광 물질인 것이 바람직하다. 여기서, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질이 발광하는 광 피크 위치는 제 3 발광 물질이 발광하는 광 피크 위치보다 짧은 파장 영역에 있고, 제 3 발광 물질이 발광하는 광의 피크 위치는 제 2 발광 물질이 발광하는 광 피크 위치보다 짧은 파장 영역에 있는 물질을 사용한다.
- [0049] 또한, 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질의 발광은 형광 발광과 인광 발광의 어느 쪽이라도 좋다.
- [0050] 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질이 형광 발광인 경우는, 가장 에너지 갭이 큰 물질을 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질로 하고, 가장 에너지 갭이 작은 물질을 제 2 발광 물질로 한다. 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질이 인광 발광인 경우는, 가장 기저 상태와 3중항 여기 상태의 에너지 차이(3중항 에너지)가 큰 물질을 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질로 하고, 가장 3 중항 에너지가 작은 물질을 제 2 발광 물질로 한다.
- [0051] 또한, 상술한 바와 같이, 제 1 발광 물질과 제 4 발광 물질은 동일 색의 발광을 나타내기 때문에, 제 1

발광 물질과 제 4 발광 물질은 같은 정도의 에너지 갭 또는 3중항 에너지를 갖는다. 상술한 이유로, 제 1 발광 물질과 제 4 발광 물질의 양쪽 모두를 가장 에너지 갭이 큰 물질로 하지만, 그 경우에는 양쪽 모두의 발광 물질의 에너지 갭이 엄격하게 동일할 필요는 없고, 같은 정도면 좋은 것은 물론이고, 3중항 에너지의 경우에 대해서도 마찬가지다.

[0052] 또한, 형광 발광하는 물질과 인광 발광하는 물질을 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질로서 혼재시키는 경우도 논리는 마찬가지고, 제 2 층(장파장 측)이 인광, 제 3 층(단파장 측)이 형광인 경우, 제 3 층에 함유되는 제 3 발광 물질은 제 2 층에 함유되는 제 2 발광 물질의 3중항 에너지보다 큰 3중항 에너지를 갖는 물질을 선택하면 좋다.

[0053] 또한, 제 1 층(102) 내지 제 3 층(104)은 정공 수송성을 갖는 층으로 하고, 제 4 층(105)은 전자 수송성을 갖는 층으로 한다. 이로써, 제 3 층(104)과 제 4 층(105)의 계면 근방에서 정공과 전자가 재결합하고, 제 4 층(105)에 함유되는 제 4 발광 물질 및 제 3 층(104)에 함유되는 제 3 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다. 제 2 층(103)에 함유되는 제 2 발광 물질은 주로 제 3 층(104)으로부터의 에너지 이동에 의하여 발광한다. 이 때, 제 3 층(104)과 제 4 층(105)의 계면 근방에서 재결합에 관여하지 않았던 전자가 제 1 층(102)에서 포획되고, 제 1 층(102)에 함유되는 제 1 발광 물질이 발광함으로써 발광의 효율이 향상되는 효과를 갖는다. 따라서, 발광 소자(106)로부터 얻을 수 있는 광은 제 1 발광 물질, 제 2 발광 물질, 제 3 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 각각에서 발하는 광의 스펙트럼이 중첩된 스펙트럼을 갖는다.

[0054] 또한, 도 2의 발광 소자(115)에 있어서는 발광 기능을 갖는 층을 통과한 전자가 발광 기능을 갖는 층과 양극(110) 사이에 형성된 정공 수송층에 도달함으로써 구동 시간에 따른 휘도 열화가 일어나지만, 본 실시형태의 발광 소자(106)에 있어서는 발광 물질을 함유하는 제 1 층(102)이 형성됨으로써 정공 수송층에 도달하는 전자의 개수가 감소되고, 상기 열화의 정도를 저감시킬 수 있다.

[0055] 또한, 발광 물질의 여기 에너지는 에너지가 높은 쪽으로부터 에너지가 낮은 쪽으로 이동하는 성질이 있다. 따라서, 제 3 층(104)과 제 4 층(105)의 계면 근방에 재결합 영역을 형성한 경우, 제 4 층(105)에 함유되는 제 4 발광 물질의 여기 에너지가 제 3 층(104)에 함유되는 제 3 발광 물질로 이동해 버려 발광색의 조정, 특히 단파장의 광을 원하는 강도로 얻기 어려운 경우가 있다. 이러한 경우, 본 실시형태의 발광 소자는 제 1 층(102)을 갖고 상기 제 1 층(102)이 제 1 발광 물질을 함유하기 때문에, 재결합에 관여하지 않았던 전자가 제 1 층(102)에서 재결합하고, 제 1 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있으므로, 단파장의 광을 얻기 용이해진다. 이로써, 본 실시형태의 발광 소자의 구조를 실시함으로써, 원하는 발광색을 갖는 발광 소자를 용이하게 얻을 수 있다.

[0056] 또한, 제 1 층(102) 내지 제 4 층(105)은 층의 수송성만 상술한 바와 같으면, 발광 물질을 주된 구성 성분으로 하는, 소위 발광 물질 단독막으로 이루어진 발광층과, 발광 물질보다 에너지 갭(또는 3중항 에너지)이 큰 호스트 재료 중에 발광 물질을 분산하는, 소위 호스트-게스트형 발광층의 어느 쪽이라도 좋다. 또한, 제 1 층(102)이 발광 물질 단독막에 이루어진 발광층, 제 2 층 내지 제 4 층이 호스트-게스트형 발광층 등과 같이, 2 종류의 발광층의 형태가 제 1 층(102) 내지 제 4 층(105)에 있어서 혼재되어도 좋다. 호스트-게스트형의 발광층의 경우, 그 층의 수송성은 보통 최다(最多) 성분인 호스트의 수송성에 의존한다. 또한, 호스트-게스트형의 경우, 상기 층에 있어서의 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만으로 하는 것이 바람직하다.

[0057] 여기서, 제 1 층(102)이 제 1 발광 물질의 단독막으로 이루어진 발광층, 제 2 층이 제 2 발광 물질을 제 2 유기 화합물에 분산한 발광층, 제 3 층이 제 3 발광 물질을 제 3 유기 화합물로 분산한 발광층, 제 4 층이 제 4 발광 물질을 제 4 유기 화합물에 분산한 발광층인 경우, 본 실시형태의 발광 소자(106)는 제 1 층(102) 내지 제 3 층(104)이 정공 수송성을 갖고, 제 4 층이 전자 수송성을 갖기 때문에, 제 1 발광 물질, 제 2 유기 화합물, 제 3 유기 화합물이 정공 수송성을 갖고, 제 4 유기 화합물이 전자 수송성을 가지면 좋다. 제 2 층 내지 제 4 층을 통과한 전자를 발광에 기여시키기 위해서는 제 1 층은 전자가 통과하지 않도록 정공 수송성이 높은 것이 중요하다. 도핑을 행하면, 트랩 준위가 많이 생겨버려 홀 수송성이 저하되기 때문에, 제 1 층은 단독막의 층인 것이 바람직하다. 이 발광 소자의 구성 대신에 제 1 층(102)도 제 1 발광 물질을 제 1 유기 화합물에 분산한 호스트-게스트형의 발광층으로 한 경우는, 제 1 유기 화합물 내지 제 3 유기 화합물이 정공 수송성을 갖고, 제 4 유기 화합물이 전자 수송성을 가지면 좋다.

[0058] 그런데, 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서 적합한 물질로서, 안트라센 유도체로 대표되는 축합 다환 방향족 화합물 등의 축합 다환계의 재료가 있다. 이들 재료는 밴드 갭이 넓으므로 발광 물질로부터 여기 에너지가 쉽게 이동하지 않고, 발광 효율의 저하나 색 순도의 악화를 초래하기 어렵다. 또한, 치환기에 따라서는



전자 수송성과 정공 수송성의 어느 쪽이나 가질 수 있고, 다양한 구성의 발광 소자에 적용할 수 있다. 그러나, 축합 다환계의 재료는 정공 수송성이 높은 재료라고 하여도 어느 정도 전자를 수송하는 능력도 보유하므로, 조건에 따라서는, 전자의 통과로 인한 열화의 영향이 커져 버리는 경우가 있다. 이러한 경우에, 본 실시형태의 발광 소자인 발광 소자(106)의 구성을 사용하면, 유효하게 열화를 억제할 수 있다. 또한, 호스트 재료로서 사용하는 축합 다환계의 재료로서는 3환 이상 6환 이하의 축합 다환 방향족 화합물이 특히 유용하다.

[0059] 또한, 상술한 바와 같은 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(106)의 구성은 백색 발광을 얻을 경우에도 매우 유용하다. 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(106)의 구성을 사용함으로써, 원하는 화이트 밸런스(white balance)를 실현하고, 또 구동 시간에 대한 열화의 정도가 개선된 백색 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0060] 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(106)의 구성을 사용하여 백색 발광 소자를 제작하는 경우, 제 1 층으로부터는 청색 광, 제 2 층으로부터는 적색 광, 제 3 층으로부터는 녹색 광, 제 4 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있으면 좋다. 바꿔 말하면, 제 1 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있고, 제 2 층이 발광하는 광의 피크 파장이 580nm 내지 700nm의 범위 내에 있고, 제 3 층이 발광하는 광의 피크 파장이 490nm 내지 560nm의 범위 내에 있고, 제 4 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있으면 좋다. 발광 소자(106)의 발광 스펙트럼은 각 색의 파장 영역에 적어도 하나씩 피크가 관측되는 스펙트럼이다.

[0061] 또한, 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(106)의 구성은 음극(101)을 반사 전극으로 하고, 양극(100)으로부터 광을 추출하는 구조인 경우에 매우 유효한 구조이다. 이것은 파장이 긴 광을 발광하는 층(제 2 층(103))을 가능한 한 반사 전극에서 이격시킴으로써 반사에 의한 증폭 또는 색도 향상 효과를 유효하게 얻을 수 있기 때문이다. 제 2 층(103)에서 반사 전극 측에 제 3 층(104)이 형성되고, 제 3 층(104)에서 반사 전극 측에 제 4 층(105)이 형성되는 것도 같은 이유다.

[0062] (실시형태 2)

[0063] 본 실시형태에서는 실시형태 1과 상이한 구성을 갖는 발광 소자에 대하여 도 1b에 도시한다. 양극(130)과 음극(131) 사이에 유기 화합물을 함유하는 층(137)을 갖고, 유기 화합물을 함유하는 층(137)은 양극(130) 측에서 제 1 층(132), 제 2 층(133), 제 3 층(134), 제 4 층(135)이 순차로 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 갖는다. 또한, 발광 기능을 갖는 층과 양극(130) 사이에 정공 수송층이나 정공 주입층 등의 기능층(138), 발광 기능을 갖는 층과 음극(131) 사이에 전자 주입층이나 전자 수송층 등의 기능층(139)이 적절히 형성되어도 좋다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(137)은 제 1 층(132), 제 2 층(133), 제 3 층(134), 및 제 4 층(135)이 순차로 적층된 발광 기능을 갖는 층을 적어도 포함하면 좋고, 기능층(138) 및 기능층(139)은 각각 반드시 형성할 필요는 없다. 또한, 기능층(138) 및 기능층(139)은 단층과 적층의 어느 쪽이라도 좋다. 또한, 제 1 층(132)에는 제 1 발광 물질이 함유되고, 제 2 층(133)에는 제 2 발광 물질이 함유되고, 제 3 층(134)에는 제 3 발광 물질이 함유되고, 제 4 층(135)에는 제 4 발광 물질이 함유되고, 제 1 층(132)과 제 4 층(135)에 함유되는 발광 물질은 동일 색의 발광을 나타내는 발광 물질이다. 또한, 제 1 층(132)에 함유되는 제 1 발광 물질과, 제 4 층(135)에 함유되는 제 4 발광 물질은 동일 발광 물질인 것이 바람직하다.

[0064] 여기서, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질이 발광하는 광의 피크 위치는 제 2 발광 물질이 발광하는 피크 위치보다 짧은 파장 영역에 있고, 제 2 발광 물질이 발광하는 광의 피크 위치는 제 3 발광 물질이 발광하는 피크 위치보다 짧은 파장 영역에 있는 물질을 사용한다. 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질이 형광 발광인 경우는 가장 에너지 갭이 큰 물질을 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질로 하고, 가장 에너지 갭이 작은 물질을 제 3 발광 물질로 한다. 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질이 인광 발광인 경우는 가장 기저 상태와 3중항 여기 상태의 에너지 차이(3중항 에너지)가 큰 물질을 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질로 하고, 가장 3중항 에너지가 작은 물질을 제 3 발광 물질로 한다.

[0065] 또한, 상술한 바와 같이, 제 1 발광 물질과 제 4 발광 물질은 동일 색의 발광을 나타내기 때문에, 제 1 발광 물질과 제 4 발광 물질은 같은 정도의 에너지 갭 또는 3중항 에너지를 갖는다. 상술한 이유로, 제 1 발광 물질과 제 4 발광 물질의 양쪽 모두를 가장 에너지 갭이 큰 물질로 하지만, 그 경우에는 양쪽 모두의 발광 물질의 에너지 갭이 엄격하게 동일할 필요는 없고, 같은 정도면 좋은 것은 물론이고, 3중항 에너지의 경우에 대해서도 마찬가지다. 형광 발광하는 물질과 인광 발광하는 물질을 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질로서 혼재시키는 경우도 논리는 마찬가지다.

[0066] 또한, 제 1 층(132)은 정공 수송성을 갖는 층으로 하고, 제 2 층(133) 내지 제 4 층(135)은 전자 수송

성을 갖는 층으로 한다. 이로써, 제 1 층(132)과 제 2 층(133)의 계면 근방에서 정공과 전자가 재결합하고, 제 1 층(132)에 함유되는 제 1 발광 물질 및 제 2 층(133)에 함유되는 제 2 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다. 제 3 층(134)에 함유되는 제 3 발광 물질은 제 2 층(103)으로부터의 에너지 이동에 의하여 발광한다. 이때, 제 1 층(132)과 제 2 층(133)의 계면 근방에 있어서 재결합에 관여하지 않았던 정공이 제 4 층(135)에서 포획되고, 제 4 층(135)에 있어서의 제 4 발광 물질이 발광함으로써 발광의 효율이 향상되는 효과를 갖는다. 따라서, 발광 소자(136)로부터 얻을 수 있는 광은 제 1 발광 물질, 제 2 발광 물질, 제 3 발광 물질 및 제 4 발광 물질의 각각으로부터 발광하는 광의 스펙트럼이 중첩된 스펙트럼을 갖는다.

[0067]

또한, 발광 기능을 갖는 층을 통과한 정공이 발광 기능을 갖는 층과 음극(131) 사이에 형성된 전자 수송층에 도달해 버리면 구동 시간에 따른 휘도 열화가 발생되지만, 본 실시형태의 발광 소자(136)에 있어서는 제 4 층(135)이 형성됨으로써 정공 수송층에 도달하는 정공의 개수가 감소되고, 상기 열화의 정도를 저감시킬 수 있다.

[0068]

또한, 발광 물질의 여기 에너지는 에너지가 높은 쪽으로부터 에너지가 낮은 쪽으로 이동하는 성질이 있다. 따라서, 제 1 층(132)과 제 2 층(133)의 계면 근방에 재결합 영역을 형성한 경우, 제 1 층(132)에 함유되는 제 1 발광 물질의 여기 에너지가 제 2 층(133)에 함유되는 제 2 발광 물질에 이동해 버려 발광색의 조정, 특히 단파장의 광을 원하는 강도로 얻기 어려운 경우가 있다. 이러한 경우, 본 실시형태의 발광 소자는 제 4 층(135)을 갖고 상기 제 4 층(135)이 제 4 발광 물질을 함유하기 때문에, 재결합에 관여하지 않았던 정공이 제 4 층(135)에서 재결합할 때 제 4 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있으므로, 단파장의 광을 얻기 용이해진다. 이로써, 본 실시형태의 발광 소자의 구조를 실시함으로써, 원하는 발광색을 갖는 발광 소자를 용이하게 얻을 수 있다.

[0069]

또한, 제 1 층(132) 내지 제 4 층(135)은 층의 수송성만 상술한 바와 같으면, 발광 물질을 주된 구성 성분으로 하는, 소위 발광 물질 단독막으로 이루어진 발광층과, 발광 물질보다 에너지 갭(3중항 에너지)이 큰 호스트 재료 중에 발광 물질을 분산하는, 소위 호스트-게스트형의 발광층의 어느 쪽이라도 좋다. 또한, 제 1 층(132)이 발광 물질 단독막으로 이루어진 발광층, 제 2 층(133) 내지 제 4 층(135)이 호스트-게스트형 발광층 등, 2종류의 발광층의 형태가 제 1 층(132) 내지 제 4 층(135)에 있어서 혼재되어도 좋다. 호스트-게스트형의 발광층의 경우, 층의 수송성은 보통 최다 성분인 호스트의 수송성에 의존한다. 또한, 호스트-게스트형의 발광층의 경우, 상기 층에 있어서의 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만으로 하는 것이 바람직하다.

[0070]

여기서, 제 1 층(132)이 제 1 발광 물질의 단독막으로 이루어진 발광층, 제 2 층(133)이 제 2 발광 물질을 제 2 유기 화합물에 분산한 발광층, 제 3 층(134)이 제 3 발광 물질을 제 3 유기 화합물에 분산한 발광층, 제 4 층(135)이 제 4 발광 물질을 제 4 유기 화합물에 분산한 발광층인 경우, 본 실시형태의 발광 소자(136)는 제 1 층(132)이 정공 수송성을 갖고 제 2 층(133) 내지 제 4 층(135)이 전자 수송성을 가지기 때문에, 제 1 발광 물질이 정공 수송성을 갖고, 제 2 유기 화합물, 제 3 유기 화합물 및 제 4 유기 화합물이 전자 수송성을 가지면 좋다. 이 발광 소자의 구성 대신에 제 1 층(132)도 제 1 발광 물질을 제 1 유기 화합물에 분산한 호스트-게스트형의 발광층으로 한 경우는, 제 1 유기 화합물이 정공 수송성을 갖고 제 2 유기 화합물 내지 제 4 유기 화합물이 전자 수송성을 가지면 좋다.

[0071]

그런데, 발광 물질을 분산하는 호스트 재료로서 적합한 물질로서는, 안트라센 유도체로 대표되는 축합 다환 방향족 화합물 등의 축합 다환계의 재료가 있다. 이들 재료는 밴드 갭이 넓으므로 발광 물질로부터 여기 에너지가 쉽게 이동하지 않고, 발광 효율의 저하나 색 순도의 악화를 초래하기 어렵다. 또한, 치환기에 따라서는 전자 수송성과 정공 수송성의 어느 쪽이나 가질 수 있고, 다양한 구성의 발광 소자에 적용할 수 있다. 그러나, 축합 다환계의 재료는 전자 수송성이 높은 재료라도 어느 정도는 정공을 수송하는 능력도 보유하므로 정공의 통과로 인한 열화의 영향이 조건에 따라 커져 버리는 경우가 있다. 이러한 경우에, 본 실시형태의 발광 소자인 발광 소자(106)의 구성을 사용하면, 유효하게 열화를 억제할 수 있다. 또한, 호스트 재료로서 사용하는 축합 다환계의 재료로서는 3환 이상 6환 이하의 축합 다환 방향족 화합물이 특히 유용하다.

[0072]

또한, 상술한 바와 같은 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(136)의 구성은 백색 발광을 얻을 경우에도 매우 유용하다. 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(136)의 구성을 사용함으로써, 원하는 화이트 밸런스를 실현하고, 또 구동 시간에 대한 열화의 정도가 개선된 백색 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0073]

또한, 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(136)의 구성을 사용하여 백색 발광 소자를 제작하는 경우, 제 1 층으로부터는 청색 광, 제 2 층으로부터는 녹색 광, 제 3 층으로부터는 적색 광, 제 4 층으로부터는 청색 광을 얻을 수 있으면 좋다. 바꿔 말하면, 제 1 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에

있고, 제 2 층이 발광하는 광의 피크 파장이 490nm 내지 560nm의 범위 내에 있고, 제 3 층이 발광하는 광의 피크 파장이 580nm 내지 700nm의 범위 내에 있고, 제 4 층이 발광하는 광의 피크 파장이 400nm 내지 480nm의 범위 내에 있으면 좋다. 발광 소자(136)의 발광 스펙트럼은 각색의 파장 영역에 적어도 하나씩 피크가 관측되는 스펙트럼이다.

[0074] 또한, 본 실시형태에 있어서의 발광 소자(136)의 구성은 양극(130)을 반사 전극으로 하고, 음극(131)으로부터 광을 추출하는 구조인 경우에 매우 유효한 구조이다. 이것은 파장이 긴 광을 발광하는 층(제 3 층(134))을 가능한 한 반사 전극에서 이격시킴으로써 반사에 의한 증폭 또는 색도 향상 효과를 유효하게 얻을 수 있기 때문이다. 제 3 층(134)보다 반사 전극 측에 제 2 층(133)이 형성되고, 제 2 층(133)보다 반사 전극 측에 제 1 층(132)이 형성되는 것도 같은 이유다.

[0075] (실시형태 3)

[0076] 이어서, 본 실시형태 3을 제시한다. 여기서는 실시형태 1 및 실시형태 2에 기재한 발광 소자를 더 구체적으로 제작하는 방법과 함께 설명한다. 또한, 여기서 설명하는 소자 구성이나 제작 방법은 어디까지나 예시이며, 본 발명의 취지를 손상하지 않는 범위에 있어서, 그 외의 공지의 구성, 재료, 제작 방법을 적용할 수 있다. 또한, 본 실시형태에서는 실시형태 1에 기재한 발광 소자를 예로 들어 설명하지만, 본 실시형태에 있어서의 기제는 실시형태 2에 기재한 발광 소자에도 마찬가지로 적용할 수 있다.

[0077] 도 1a 및 도 1b에 본 실시형태에 있어서의 발광 소자의 소자 구성의 일례를 모식적으로 도시한다. 도 1a 및 도 1b에 도시하는 발광 소자는 양극(100)과 음극(101) 사이에 유기 화합물을 함유하는 층(107)을 갖는 구성이다. 유기 화합물을 함유하는 층(107)은 적어도 양극(100) 측에서 제 1 층(102), 제 2 층(103), 제 3 층(104) 및 제 4 층(105)을 순차로 적층한 적층체로 이루어지는 발광 기능을 갖는 층을 갖는다. 발광 기능을 갖는 층과 양극(100) 사이에 정공 수송층이나 정공 주입층 등의 기능층(108), 발광 기능을 갖는 층과 음극(101) 사이에 전자 주입층이나 전자 수송층 등의 기능층(109)이 적절히 형성되어도 좋다. 또한, 본 명세서 중에 있어서 양극이란 정공을 유기 화합물을 함유하는 층에 주입하는 전극을 가리키고, 음극이란 전자를 유기 화합물을 함유하는 층에 주입하는 전극을 가리킨다.

[0078] 우선, 절연 표면 위에 양극을 형성한다. 양극으로서는, 일 함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 인듐 주석 산화물(이하, ITO라고 표시함), 또는, 실리콘 또는 산화실리콘을 함유한 인듐주석산화물, 산화아연(ZnO)을 함유하는 산화인듐, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속 산화물막은 보통 스퍼터링에 의하여 형성되지만, 졸-겔(sol-gel)법 등을 응용하여 제작하여도 좋다. 예를 들어, 산화아연(ZnO)을 함유하는 산화인듐은 산화인듐에 대하여 1wt% 내지 20wt%의 산화아연을 가한 타겟(target)을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다. 또한 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO)은 산화인듐에 대하여 산화 텅스텐을 0.5wt% 내지 5wt%, 산화아연을 0.1wt% 내지 1wt% 함유한 타겟을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다. 이 외에, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티타늄) 등을 사용할 수도 있다.

[0079] 이어서, 유기 화합물을 함유하는 층을 형성한다. 유기 화합물을 함유하는 층(107)에는 저분자계 재료 및 고분자계 재료 중 어느 쪽이나 사용할 수도 있다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(107)을 구성하는 재료에는 유기 화합물 재료만으로 이루어지는 것뿐만 아니라, 무기 화합물을 일부에 함유하는 구성도 포함하는 것으로 한다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(107)은 보통 정공 주입층, 정공 수송층, 정공 저지층(홀 블로킹층), 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층 등, 각각의 기능을 갖는 기능층을 적절히 조합하여 구성된다. 각각의 층이 갖는 기능을 2개 이상 동시에 갖는 층을 포함하는 층이 형성되어도 좋고, 또한, 상술한 층 중에서 어느 층이 형성되지 않아도 좋다. 물론, 상술한 기능층 외의 층이 형성되어도 좋다. 본 실시형태에서는, 유기 화합물을 함유하는 층(107)으로서, 양극 측에서 순차로 정공 주입층, 정공 수송층, 발광 기능을 갖는 층(제 1 층(102), 제 2 층(103), 제 3 층(104) 및 제 4 층(105)으로 이루어지는 적층체), 전자 수송층, 전자 주입층의 적층 구조를 갖는 발광 소자를 예시하여 설명하기로 한다.

[0080] 정공 주입층을 사용하는 경우, 정공 주입층으로서 기능하는 재료로서는 산화바나듐이나 산화 몰리브덴, 산화 루테튬, 산화 알루미늄 등의 금속 산화물 등을 들 수 있다. 또는, 유기 화합물이면 포르피린계의 화합물이 유효하고, 프탈로시아닌(약칭: H<sub>2</sub>Pc), 구리프탈로시아닌(약칭: CuPc) 등을 사용할 수 있다. 또한, 정공 주입층으로서, 고분자화합물(올리고마, 덴드리마, 폴리머 등)을 사용할 수 있다. 예를 들어, 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-

N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약칭: PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 들 수 있다. 또한, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술폰산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스티렌술폰산)(PAni/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 정공 주입층은 양극에 접하여 형성되고, 정공 주입층을 사용함으로써 캐리어의 주입 장벽이 저감되고, 효율적으로 캐리어가 발광 기능을 갖는 층에 주입되고, 결과적으로 구동 전압의 저감을 도모할 수 있다.

[0081] 또한, 정공 주입층으로서 정공 수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 재료(이하, 복합 재료라고 함)를 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 재료를 사용함으로써, 전극과 음 접촉(ohmic contact)할 수 있고, 일 함수에 상관없이 전극을 형성하는 재료를 선택할 수 있다. 즉, 양극으로서 일 함수가 큰 재료뿐만 아니라 일 함수가 작은 재료를 사용할 수 있다. 엑셉터성 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 천이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 제 4 족 내지 제 8 족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자 수용성이 높으므로 바람직하다. 그 중에서도 특히, 산화 몰리브덴은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉬우므로 바람직하다.

[0082] 또한, 본 명세서 중에 있어서, 복합이란 단순히 2개의 재료를 혼합시킬 뿐만 아니라, 복수의 재료를 혼합시킴으로써 재료 사이에서 전하가 수수(授受)될 수 있는 상태가 되는 것을 가리킨다.

[0083] 복합 재료에 사용하는 정공 수송성이 높은 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고마, 덴드리마, 폴리머 등) 등, 각종 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용하는 정공 수송성이 높은 물질로서는, 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이면, 이들 외의 물질을 사용하여도 좋다. 이하에, 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.

[0084] 예를 들어, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 아민 화합물로서는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는 α-NPD), 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-{4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐}-N-페닐아미노)-비페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등을 들 수 있다.

[0085] 복합 재료에 사용할 수 있는 카르바졸 유도체로서는, 구체적으로는, 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.

[0086] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 카르바졸 유도체로서는, 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 사용할 수 있다.

[0087] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화 수소로서는, 예를 들어, 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-부틸-안트라센, 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, 이들 외에, 펜타센, 코로넨 등도 사용할 수 있다. 상술한 바와 같이, 1×10<sup>-6</sup>cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 정공 이동도를 갖고 탄소수가 14 내지 42인 방향족 탄화 수소를 사용하는 것이 더 바람직하다.

[0088] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화 수소는 비닐 골격을 가져도 좋다. 비닐기를 갖는 방향족 탄화 수소로서는, 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.



- [0089] 또한, 상술한 PVK, PVTTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물과, 상술한 엑셉터성 물질을 사용하여 복합 재료를 형성하고, 정공 주입층으로서 사용하여도 좋다.
- [0090] 이러한 복합 재료를 정공 주입층으로서 사용한 경우, 양극에는 일 함수의 대소에 상관없이 다양한 금속, 합금, 전기 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 따라서, 양극으로서는 상술한 재료 외에, 예를 들어, 알루미늄(Al), 은(Ag), 알루미늄을 포함하는 합금(AlSi) 등을 사용할 수 있다. 또한, 일 함수가 작은 재료인, 원소 주기율표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 즉 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토류 금속, 및 이들을 함유하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속 및 이들을 함유하는 합금 등을 사용할 수도 있다. 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 이들을 함유하는 합금의 막은 진공 증착법을 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속을 포함하는 합금의 막은 스퍼터링법에 의하여 형성할 수도 있다. 또한, 은 페이스트 등을 잉크젯법 등에 의하여 형성할 수도 있다.
- [0091] 정공 수송층은 N,N'-비스(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N,N'-디페닐벤지딘(약칭: BSPB), 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는  $\alpha$ -NPD), 4,4'-비스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: TPD), 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-[4-(N,N-디-m-톨릴아미노)페닐]-N-페닐아미노}비페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N,N-디(m-톨릴)아미노]벤젠(약칭: m-MTDAB), 4,4',4"-트리스(N-카르바졸릴)트리페닐아민(약칭: TCTA), 프탈로시아닌(약칭:  $H_2Pc$ ), 구리프탈로시아닌(약칭:  $CuPc$ ), 바나딜프탈로시아닌(약칭: VOPc) 등의 적당한 재료를 사용할 수 있다. 정공 수송층으로서는  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하지만, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이면, 정공 수송층으로서 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송층은 단층 구조뿐만 아니라, 상술한 조건에 해당되는 물질로 이루어지는 층을 2층 이상 조합한 다층 구조의 층이라도 좋다. 정공 수송층은 진공 증착법 등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0092] 또한, 정공 수송층으로서 PVK, PVTTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 이 경우에는, 잉크젯법이나 스핀코팅법 등 용액 프로세스를 사용할 수 있다.
- [0093] 또한, 발광 기능을 갖는 층과 접하는 정공 수송층에는 제 1 층(102)의 발광 중심 물질인 제 1 발광 물질의 여기 에너지보다 큰 여기 에너지를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 구성으로 함으로써 발광층으로부터 정공 수송층으로의 에너지 이동을 억제할 수 있고, 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다.
- [0094] 발광 기능을 갖는 층은 제 1 층(102), 제 2 층(103), 제 3 층(104) 및 제 4 층(105)이 양극(100) 측에서 적층되어 형성된다. 제 1 층(102) 내지 제 3 층(104)은 정공 수송성을 갖는 층으로 하고, 제 4 층(105)은 전자 수송성을 갖는 층이다. 본 실시형태에서는 제 1 층을 제 1 발광 물질의 단독막으로 이루어지는 발광층, 제 2 층(103) 내지 제 4 층(105)은 발광 물질과 그것을 분산하는 호스트 재료로 이루어지는 호스트-게스트형의 발광층인 경우를 설명한다. 물론, 본 실시형태의 발광 소자의 구성은 이 구성에 한정되지 않고, 제 1 층(102) 내지 제 4 층(105)의 모두가 호스트-게스트형의 발광층, 또는 단독막으로 이루어지는 발광층인 경우나, 단독막의 발광층과 호스트-게스트형의 발광층이 제 1 층(102) 내지 제 4 층(105)의 어느 층에 있어서 혼재하는 경우도 포함한다.
- [0095] 또한, 단독막의 발광층에 대해서는 발광 물질만을 함유하는 막이면 막 상태가 불안정적인 경우, 막질을 안정화시키는 첨가물을 함유하는 경우가 있다. 막질 안정화제의 정의로서는, 층 중에 있어서의 비율(wt%)이 발광 물질보다 적은 점, 발광 물질보다 에너지 갭(발광 물질의 발광이 인광인 경우는 3중항 에너지)이 큰 점을 들 수 있다. 층 중에 발광 물질 외에 이러한 조건에 해당되는 물질이 함유되는 경우도, 본 실시형태에 있어서는 단독막의 발광층으로 간주하기로 한다.
- [0096] 본 실시형태에서 설명하는 발광 소자는, 상술한 바와 같이, 제 1 층은 제 1 발광 물질로 이루어지고, 제 2 층은 제 2 발광 물질과 제 2 발광 물질을 분산하는 호스트 재료인 제 2 유기 화합물로 이루어지고, 제 3 층은 제 3 발광 물질과 제 3 발광 물질을 분산하는 호스트 재료인 제 3 유기 화합물로 이루어지고, 제 4 층은 제 4 발광 물질과 제 4 발광 물질을 분산하는 호스트 재료인 제 4 유기 화합물로 이루어진다. 호스트-게스트형 발광층에 있어서 발광 물질의 비율은 0.1wt% 이상 50wt% 미만으로 하면 좋다. 발광층은 진공 증착법을 사용하여 제작할 수 있고, 상이한 재료를 동시에 증착하는 동시 증착법에 의하여 제작할 수 있다.
- [0097] 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질은 발광 중심이 되는 물질이고, 실시형태 1에 기재한 발광 소자를 제작하는 경우에는 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장이 제 3 발광 물질이 발광하는

광의 피크 파장보다 짧고, 또 제 3 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장이 제 2 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장보다 짧게 되도록 선택한다. 또한, 실시형태 2에 기재한 발광 소자를 제작하는 경우에는, 제 1 발광 물질 및 제 4 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장이 제 2 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장보다 짧고, 또 제 2 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장이 제 3 발광 물질이 발광하는 광의 피크 파장보다 짧게 되도록 선택한다.

[0098]

제 1 층은 정공 수송성을 갖는 층으로 하기 위하여 제 1 발광 물질로서는 정공 수송성을 갖는 물질을 선택한다. 또한, 제 1 층을 호스트-게스트형 발광층으로 하는 경우에는 제 1 발광 물질의 선택에 있어서 수송성을 고려할 필요는 없다. 마찬가지로, 제 2 층 내지 제 4 층 중의 어느 층 또는 모든 층에 있어서 단독막의 발광층을 적용하는 경우에는 발광의 파장의 관계 외에 각각 층에 합치된 수송성을 갖는 발광 물질을 선택하는 것이 중요하다.

[0099]

제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질로서 사용할 수 있는 물질로서는 이하에 기재하는 바와 같은 물질을 들 수 있지만, 물론 이들에 한정되지 않는다. 형광 발광성 재료로서는 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) 등 외에, 발광 파장이 450nm 이상의 4-(9H-카르바졸-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-부틸페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-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-트리페닐안트라센-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), 7,13-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-(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. 인광 발광성 재료로서는 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6) 외에, 발광 파장이 470nm 내지 500nm의 범위에 있는, 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpilic), 비스[2-(3',5'-비스트리플루오로메틸페닐)피리디네이토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이토-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIracac), 발광 파장이 500nm(녹색 발광) 이상의 트리스(2-페닐피리디네이토)이리듐(약칭: Ir(ppy)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐피리디네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)), 비스(벤조[h]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2,4-디페닐-1,3-옥사졸레이토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(dpo)<sub>2</sub>(acac)), 비스[2-(4'-피플루오로페닐페닐)피리디네이토]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(p-PF-ph)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2-페닐벤조티아졸레이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bt)<sub>2</sub>(acac)), 비스[2-(2'-벤조[4,5-a]티에닐)피리디네이토-N,C<sup>3'</sup>]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭:

Ir(btp)<sub>2</sub>(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린백금(II)(약칭: PtOEP), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등을 들 수 있다. 상술한 바와 같은 재료 또는 이들 외의 공지의 재료 중에서 각각의 발광층에 있어서의 발광색(또는 발광 피크 파장)의 관계를 고려하여, 단독막의 발광층의 경우는 수송성을 더 고려하여 제 1 발광 물질 내지 제 4 발광 물질을 선택하면 좋다.

[0100]

제 2 층(102) 내지 제 4 층(105)에 있어서, 발광 물질을 분산하는 호스트 재료인 제 2 유기 화합물 내지 제 4 유기 화합물로서 사용할 수 있는 유기 화합물로서는, 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]-퀴놀리놀레이토)베릴륨(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페노레이토)알루미늄(III)(약칭: BAq), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페노레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페노레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체, 2-(4-비페닐)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-비페닐)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤조이미다졸)(약칭: TPBI), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]-9H-카르바졸(약칭: C011) 등의 복소환 화합물, NPB(또는 α-NPD), TPD, BSPB 등의 방향족 아민 화합물을 들 수 있다. 또한, 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 디벤조[g,p]크리센 유도체 등의 축합 다환 방향족 화합물을 들 수 있고, 구체적으로는, 9, 10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), N,N-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: CzAIPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: DPhPA), 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: YGAPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA), N,9-디페닐-N-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), N,9-디페닐-N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), 6,12-디메톡시-5,11-디페닐크리센, N,N,N',N',N'',N''',N''',N''''-옥타페닐 디벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: DPCzPA), 9, 10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,9'-비안트릴(약칭: BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-디일)디페난트렌(약칭: DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-디일)디페난트렌(약칭: DPNS2), 3,3',3''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리피렌(약칭: TPB3) 등을 들 수 있다. 이들 및 공지의 물질 중에서 각각 분산되는 발광 중심 물질의 에너지 갭(인광 발광의 경우는 3중항 에너지)보다 큰 에너지 갭(3중항 에너지)을 갖고, 또 각각의 층이 갖는 수송성에 합치된 수송성을 나타내는 물질을 선택하면 좋다.

[0101]

또한, 실시형태 1에 기재한 발광 소자의 경우는 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물로서 정공 수송성을 갖는 재료를 선택하고, 제 4 유기 화합물로서 전자 수송성을 갖는 재료를 선택한다. 또한, 실시형태 2에 기재한 발광 소자에 있어서는 제 2 유기 화합물 내지 제 4 유기 화합물로서 전자 수송성을 갖는 재료를 선택한다. 제 1 층을 제 1 발광 물질을 제 1 유기 화합물에 분산한 호스트-게스트형 발광층으로 한 경우에 있어서의 제 1 유기 화합물도 같은 방법으로 선택할 수 있다. 제 1 층은 실시형태 1의 발광 소자와 실시형태 2의 발광 소자의 어느 쪽이라도 정공 수송성을 가지므로, 제 1 유기 화합물은 상기 열거한 물질 및 그 외 공지의 물질 중에서 정공 수송성을 갖는 물질을 선택하면 좋다.

[0102]

또한, 정공 수송성의 재료로서는 상술한 방향족 아민 화합물, 및 DPAnth, CzAIPA, DPhPA, YGAPA, PCAPA, PCAPBA, 2PCAPA, DBC1 등의 축합 다환 방향족 화합물을 들 수 있다. 전자 수송성의 재료로서는 상술한 복소환 화합물, 및 CzPA, DPCzPA, DPPA, DNA, t-BuDNA, BANT, DPNS, DPNS2, TPB3 등의 축합 다환 방향족 화합물을 들 수 있다.

[0103]

상술한 중에서도 특히, 축합 다환 방향족 화합물은 밴드 갭이 넓고, 발광 중심 물질을 분산하기 위한 호스트 재료로서 바람직하게 사용할 수 있지만, 정공 수송성의 재료라고 하여도 어느 정도의 전자를 수송하는 능력도 보유하고, 전자가 발광 기능을 갖는 층과 양극 사이에 배치되는 정공 수송층까지 통과함으로써 열화를

촉진시킬 경우도 있다. 따라서, 제 1 유기 화합물, 제 2 유기 화합물 및 제 3 유기 화합물로서 정공 수송성의 축합 다환 방향족 화합물인 DPAnth, CzAlPA, DPhPA, YGAPA, PCAPA, PCAPBA, 2PCAPA, DBC1 등을 사용한 경우, 본 실시형태와 같은 발광 소자의 구성을 사용함으로써, 매우 유효하게 열화를 억제할 수 있다.

[0104] 발광 기능을 갖는 층과 음극 사이에 전자 수송성을 사용하는 경우, 발광층과 전자 주입층 사이에 설치된다. 적합한 재료로서는, 트리스(8-퀴놀리노레이토)알루미늄(약칭: Alq<sub>3</sub>), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리노레이토)알루미늄(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]-퀴놀리네이토)베릴륨(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리노레이토)-(4-하이드록시-비페닐)-알루미늄(약칭: BAAlq) 등 퀴놀린 골격 또는 벤조 퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 또한, 이 외에, 비스[2-(2-하이드록시페닐)-벤조옥사졸레이트]아연(약칭: Zn(BOX)<sub>2</sub>), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸레이트]아연(약칭: Zn(BTZ)<sub>2</sub>) 등의 옥사졸계, 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 외에도 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD)이나 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등도 사용할 수 있다. 전자 수송층으로서, 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하지만, 정공 수송성보다도 전자 수송성이 높은 물질이라면 전자 수송층으로서 사용할 수 있다. 또한, 전자 수송층은 단층 구조뿐만 아니라, 상술한 조건에 해당되는 물질로 이루어진 층을 2 층 이상 조합한 다층 구조의 층이라도 좋다. 전자 수송층은 진공 증착법 등을 사용하여 제작할 수 있다.

[0105] 또한, 전자 수송층으로서 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 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) 등을 사용할 수 있다. 이 경우, 잉크젯법이나 스펀코팅법 등의 용액 프로세스를 적용할 수 있다.

[0106] 또한, 발광 기능을 갖는 층과 접하는 전자 수송층에는 제 4 층(105)의 발광 중심 물질인 제 4 발광 물질보다 큰 여기 에너지를 갖는 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 구성으로 함으로써, 발광층으로부터 전자 수송층으로의 에너지 이동을 억제할 수 있고, 높은 발광 효율을 실현할 수 있다.

[0107] 전자 주입층을 사용하는 경우, 전자 주입층을 구성하는 전자 주입성 재료로서는, 특히 한정은 없고, 구체적으로는 불화칼슘이나 불화리튬, 산화리튬이나 염화리튬 등의 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토류 금속 화합물 등이 적합하다. 또는, 트리스(8-퀴놀리노레이토)알루미늄(약칭: Alq<sub>3</sub>)이나 바소큐프로인(약칭: BCP) 등의 소위 전자 수송성 재료에 리튬이나 마그네슘 등 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속을 조합한 층도 사용할 수 있다. 전자 주입층은 음극에 접하여 형성되고, 전자 주입층을 사용함으로써 캐리어의 주입 장벽이 저감하고, 효율적으로 캐리어가 발광 기능을 갖는 층에 주입되고, 결과적으로 구동 전압의 저감을 도모할 수 있다. 또한, 전자 주입층으로서 전자 수송성을 갖는 물질과 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속을 조합한 층을 사용하는 것은 음극으로부터의 전자 주입이 효율적으로 발생하기 때문에 더 바람직한 구성이다. 전자 주입층은 진공 증착법 등을 사용하여 제작할 수 있다.

[0108] 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(107)의 형성에는 상술한 제작 방법 외에 증착법, 잉크젯법, 스펀코팅법, 딥코팅법 등, 습식 및 건식을 불문하고 사용할 수 있다.

[0109] 또한, 음극과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 형성함으로써, 일 함수의 대소에 관계없이 Al, Ag, ITO, 실리콘, 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석 등 다양한 도전성 재료를 사용할 수 있다.

[0110] 그 후, 음극을 형성하여 발광 소자가 완성된다. 음극으로서 일 함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 원소 주기율표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 즉 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리 토류 금속, 및 이들을 함유하는 합금(MgAg, AlLi 등), 유토포(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속 및 이들을 함유하는 합금 등을 들 수 있다. 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 이들을 함유하는 합금의 막은 진공 증착법을 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 알칼리 금속 또는 알칼리 토류 금속을 함유하는 합금의 막은 스퍼터링법에 의하여 형성할 수도 있다. 또한, 은 페이스트 등을 잉크젯법에 의하여 성막할 수도 있다.

[0111] 또한, 양극 또는 음극으로서 도전성 고분자(도전성 폴리머라고도 함)를 함유하는 도전성 조성물을 사용할 수도 있다. 도전성 조성물은 양극 또는 음극으로서 형성하는 경우, 박막에 있어서의 시트 저항이 10000Ω/



□ 이하, 파장 550nm에 있어서의 투광률이 70% 이상인 것이 바람직하다. 또한, 함유되는 도전성 고분자의 저항률이  $0.1\Omega \cdot \text{cm}$  이하인 것이 바람직하다.

[0112] 도전성 고분자로서는 소위  $\pi$  전자 공액계 도전성 고분자를 사용할 수 있다. 예를 들어, 폴리아닐린 및/또는 그 유도체, 폴리피롤 및/또는 그 유도체, 폴리티오펜 및/또는 그 유도체, 이들 2종류 이상의 공중합체 등을 들 수 있다.

[0113] 공액 도전성 고분자의 구체적인 예로서는, 폴리피롤, 폴리(3-메틸피롤), 폴리(3-부틸피롤), 폴리(3-옥틸피롤), 폴리(3-데실피롤), 폴리(3,4-디메틸피롤), 폴리(3,4-디부틸피롤), 폴리(3-하이드록실피롤), 폴리(3-메틸-4-하이드록실피롤), 폴리(3-메톡시피롤), 폴리(3-에톡시피롤), 폴리(3-옥톡시피롤), 폴리(3-카르복실피롤), 폴리(3-메틸-4-카르복실피롤), 폴리(N-메틸피롤), 폴리티오펜, 폴리(3-메틸티오펜), 폴리(3-부틸티오펜), 폴리(3-옥틸티오펜), 폴리(3-데실티오펜), 폴리(3-도데실티오펜), 폴리(3-메톡시티오펜), 폴리(3-에톡시티오펜), 폴리(3-옥톡시티오펜), 폴리(3-카르복실티오펜), 폴리(3-메틸-4-카르복실티오펜), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜), 폴리아닐린, 폴리(2-메틸아닐린), 폴리(2-옥틸아닐린), 폴리(2-이소부틸아닐린), 폴리(3-이소부틸아닐린), 폴리(2-아닐린술폰산), 폴리(3-아닐린술폰산) 등을 들 수 있다.

[0114] 상기 도전성 고분자는 단독으로 양극 또는 음극에 사용하여도 좋고, 막의 특성을 조정하기 위하여 유기 수지를 첨가하여 도전성 조성물로서 사용할 수 있다.

[0115] 유기 수지로서는 도전성 고분자와 상용(相溶) 또는 혼합 분산이 가능하면, 열 경화성 수지와 열 가소성 수지와 광 경화성 수지 중의 어느 수지라도 좋다. 예를 들어, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트 등의 폴리에스테르계 수지, 폴리이미드, 폴리아미드이미드 등의 폴리이미드계 수지, 폴리아미드6, 폴리아미드6,6, 폴리아미드12, 폴리아미드11 등의 폴리아미드 수지, 폴리불화비닐리덴, 폴리플루오르화비닐, 폴리테트라플루오로에틸렌, 에틸렌테트라플루오로에틸렌코폴리머, 폴리클로로트리플루오로에틸렌 등의 불소 수지, 폴리비닐알코올, 폴리비닐에테르, 폴리비닐부티랄, 폴리초산비닐, 폴리염화비닐 등의 비닐 수지, 에폭시 수지, 크릴렌 수지, 아라미드 수지, 폴리우레탄계 수지, 폴리우레아계 수지, 멜라민 수지, 페놀계 수지, 폴리에테르, 아크릴계 수지 및 이들의 공중합체 등을 들 수 있다.

[0116] 또한, 상기 도전성 고분자 또는 도전성 조성물의 전기 전도도를 조정하기 위하여, 억제성 도펀트 또는 도너성의 도펀트를 도핑함으로써, 공액 도전성 고분자의 공액 전자의 산화 환원 전위를 변화시켜도 좋다.

[0117] 억제성 도펀트로서는 할로젠 화합물, 유기 시아노 화합물, 유기 금속 화합물 등을 사용할 수 있다. 할로젠 화합물로서는, 염소, 브롬, 요오드, 염화요오드, 브롬화 요오드, 불화요오드 등을 들 수 있다. 유기 시아노 화합물로서는 공액 결합에 2개 이상의 시아노기를 포함하는 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 테트라시아노에틸렌, 산화테트라시아노에틸렌, 테트라시아노벤젠, 테트라시아노퀴노디메탄, 테트라시아노아자나프탈렌 등을 들 수 있다. 또한, 억제성 도펀트로서는 그 외에도 오폐루오르화인, 오폐루오르화비소, 오폐루오르화안티몬, 삼플루오르화붕소, 삼염화붕소, 삼브롬화붕소 등이나, 염산, 황산, 질산, 인산, 붕불화수소산, 플루오르화수소산, 과염소산 등의 무기산과, 유기카르복실산, 유기술폰산 등의 유기산도 들 수 있다. 유기 카르복실산 및 유기 술폰산으로서의 상기 카르복실산화합물 및 술폰산화합물을 사용할 수 있다.

[0118] 또한, 도너성의 도펀트로서는 알칼리 금속, 알칼리 토류 금속, 3급 아민 화합물 등을 들 수 있다.

[0119] 상기 도전성 고분자 또는 도전성 조성물을 물 또는 유기 용제(알코올계 용제, 케톤계 용제, 에스테르계 용제, 탄화 수소계 용제, 방향족계 용제 등)에 용해시켜, 습식법에 의하여, 양극 또는 음극이 되는 박막을 형성할 수 있다.

[0120] 상기 도전성 고분자 또는 도전성 조성물을 용해하는 용매로서는 특히 한정하지 않고, 상술한 도전성 고분자 및 유기 수지 등의 고분자 수지 화합물을 용해하는 것을 사용하면 좋다. 예를 들어, 물, 메탄올, 에탄올, 프로필렌카보네이트, N-메틸피롤리돈, 디메틸포름아미드, 디메틸아세트아미드, 시클로헥산, 아세톤, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 톨루엔 등의 단독 또는 혼합 용제에 용해하면 좋다.

[0121] 도전성 조성물의 성막은 상술한 바와 같이 용매에 용해한 후, 도포법, 코팅법, 액적 토출법(잉크젯법이라고도 함), 인쇄법 등의 습식법을 사용하여 형성할 수 있다. 용매의 건조는 열 처리를 행하여도 좋고, 감압하에서 행하여도 좋다. 또한, 유기 수지가 열 경화성의 경우는 추가로 가열 처리를 행하고, 광 경화성의 경우는 광 조사 처리를 행하면 좋다.

[0122] (실시형태 4)

- [0123] 본 실시형태에서는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치의 일례에 대하여 제시한다. 또한, 본 발명의 발광 장치는 이하에 제시하는 장치에만 한정되지 않고 그 표시 기능을 갖는 부분(본 실시형태에서는 도 3a 및 도 3b에 있어서의 화소부(602)가 해당됨)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자가 포함되는 장치를 모두 포함하는 것으로 한다.
- [0124] 본 실시형태에서는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치의 일례에 대하여 도 3a 및 도 3b를 사용하여 설명한다. 또한, 도 3a는 발광 장치를 도시하는 상면도, 도 3b는 도 3a를 A-A' 및 B-B' 에서 절단한 단면도다. 이 발광 장치는 발광 소자의 발광을 제어하는 것으로서 점선으로 표시된 구동 회로부(소스측 구동 회로; 601), 화소부(602), 구동 회로부(게이트측 구동 회로; 603)를 포함한다. 또한, 부호(604)는 밀봉 기관, 부호(605)는 씰재이며, 씰재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)이다.
- [0125] 또한, 리드(lead) 배선(608)은 소스측 구동 회로(601) 및 게이트측 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이며, 외부 입력 단자가 되는 FPC(플렉시블 프린트 서킷)(609)로부터 비디오 신호, 클록 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 수신한다. 또한, 여기서는 FPC밖에 도시하지 않지만, 이 FPC에는 프린트 배선 기관(PWB)이 장착되어도 좋다. 본 명세서에 있어서의 발광 장치에는 발광 장치 본체뿐만 아니라, 본체에 FPC 또는 PWB가 장착된 상태도 포함하는 것으로 한다.
- [0126] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 3b를 사용하여 설명한다. 소자 기관(610) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되지만, 여기서는, 구동 회로부인 소스측 구동 회로(601)와 화소부(602) 중의 하나의 화소가 도시된다.
- [0127] 또한, 소스측 구동 회로(601)에는 n채널형 TFT(623)와 p채널형 TFT(624)를 조합한 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 각종 CMOS 회로, PMOS 회로 또는 NMOS 회로로 형성하여도 좋다. 또한, 본 실시형태에서는 기관 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내지만, 반드시 그럴 필요는 없고, 구동 회로를 기관 위가 아닌 외부에 형성할 수도 있다.
- [0128] 또한, 화소부(602)는 복수의 화소에 의하여 형성되고, 각 화소는 스위칭용 TFT(611)와, 전류 제어용 TFT(612)와, 그 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)과, 상기 제 1 전극(613), 유기 화합물을 함유하는 층(616), 제 2 전극(617)으로 이루어지는 발광 소자를 포함한다. 또한, 제 1 전극(613)의 단부를 덮어 절연물(614)이 형성된다. 여기서는, 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용함으로써 형성한다.
- [0129] 또한, 피복성을 양호하게 하기 위하여, 절연물(614)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면이 형성되도록 한다. 예를 들어, 절연물(614)의 재료로서 포지티브형 감광성 아크릴을 사용한 경우, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경(0.2 $\mu$ m 내지 3 $\mu$ m)을 갖는 곡면을 가지게 하는 것이 바람직하다. 또한, 절연물(614)로서, 광의 조사에 의하여 에칭트에 불용해성이 되는 네거티브형, 또는 광의 조사에 의하여 에칭트에 용해성이 되는 포지티브형의 어느 쪽이나 사용할 수 있다.
- [0130] 제 1 전극(613) 위에는 유기 화합물을 함유하는 층(616) 및 제 2 전극(617)이 적층됨으로써 발광 소자가 구성된다. 여기서 양극으로서 기능하는 제 1 전극(613)에 사용되는 재료로서는 일 함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 인듐주석산화물(이하, ITO라고 함), 또는 실리콘, 또는 산화실리콘을 함유한 인듐주석산화물, 산화아연(ZnO)을 포함하는 산화인듐, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO), 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 티타늄)의 단층막 외에, 적층 구조도 적용할 수 있고, 예를 들어, 질화티타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막의 적층, 질화티타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화티타늄막의 3층 구조 등을 사용할 수 있다. 또한, 적층 구조로 하면, 배선의 저항도 낮고, 양호한 옴릭 접촉을 얻을 수 있다.
- [0131] 유기 화합물을 함유하는 층(616)은 실시형태 1 내지 실시형태 3에 기재한 유기 화합물을 함유하는 층(107)과 같은 구성을 갖는다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616)을 구성하는 재료로서는 저분자 화합물과 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머를 포함함) 중 어느 쪽을 사용하여도 좋다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616)에 사용하는 재료로서는 유기 화합물뿐만 아니라, 무기 화합물을 그 일부분에 사용하여도 좋다. 유기 화합물을 함유하는 층(616)은 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등의 다양한 방법에 의하여 형성된다.
- [0132] 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616) 위에 형성되고, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(617)에 사용하는 재료로서는, 일 함수가 작은 재료(Al, Mg, Li, Ca, 또는 이들의 합금이나 화합물, MgAg, MgIn, AlLi, LiF,

CaF<sub>2</sub> 등)를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616)에서 생긴 광을 제 2 전극(617)을 투과시킬 경우에는, 제 2 전극(617)으로서 막 두께를 얇게 한 금속 박막과, 투명 도전막(ITO, 2wt% 내지 20wt%의 산화아연을 함유하는 산화인듐, 실리콘 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석, 산화아연(ZnO) 등)의 적층을 사용하는 것이 좋다.

[0133] 여기서, 제 1 전극(613), 유기 화합물을 함유하는 층(616), 제 2 전극(617)에 의하여 발광 소자가 구성되지만, 발광 소자의 자세한 구조 및 재료에 대해서는 실시형태 1 내지 실시형태 3에서 이미 설명했기 때문에 반복 설명은 생략하고, 실시형태 1 내지 실시형태 3을 참조한다. 또한, 본 실시형태에 있어서의 제 1 전극(613), 유기 화합물을 함유하는 층(616), 제 2 전극(617)은 각각 실시형태 1에 있어서의 양극(100), 유기 화합물을 함유하는 층(107), 음극(101)에 상당한다.

[0134] 상술한 구동 회로, 화소부의 TFT 및 발광 소자가 형성된 소자 기관(610)과, 밀봉 기관(604)을 쥘재(605)에 의하여 접착함으로써, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 쥘재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에서 제시한 발광 소자(618)가 구비된 구조의 발광 장치가 제공된다. 또한, 공간(607)에는 충전제가 충전되고, 불활성 기체(질소나 아르곤 등)가 충전될 경우 외에, 쥘재(605)로 충전될 경우도 있다.

[0135] 또한, 쥘재(605)에는 에폭시계 수지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 이들의 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한, 밀봉 기관(604)에 사용하는 재료로서 유리 기관이나 석영 기관 외에, FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐플로라이드), 폴리에스테르 또는 아크릴 등으로 이루어진 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.

[0136] 상술한 바와 같이, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 제작된 본 실시형태의 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0137] 본 실시형태의 발광 장치는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하고, 상기 발광 소자가 구동 시간의 축적에 대하여 열화의 정도가 저감된 발광 소자이므로, 신뢰성이 높은 발광 장치를 얻을 수 있다. 또한, 상기 발광 소자가 설계자가 의도하는 발광색을 용이하게 실현함으로써, 표시 품질이 우수한 발광 장치라고 할 수 있다.

[0138] 또한, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 백색 발광 소자로서 적합한 구성이므로, 조명 용도로서 바람직하게 사용할 수 있다.

[0139] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에서는 트랜지스터에 의하여 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형 발광 장치에 대하여 설명하였지만, 이 외에, 패시브 매트릭스형 발광 장치라도 좋다. 도 4a 및 도 4b에는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 적용하여 제작한 패시브 매트릭스형 발광 장치를 도시한다. 또한, 도 4a는 발광 장치를 도시하는 사시도, 도 4b는 도 4a를 X-Y에서 절단한 단면도이다. 도 4a 및 도 4b에 있어서, 기관(951) 위에는 스트라이프 형상의 전극(952)이 복수 형성되고, 전극(952)과 전극(956) 사이에는 유기 화합물을 함유하는 층(955)이 형성된다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮인다. 또한, 절연층(953)은 각 화소부에 대응하는 개구부를 갖는다. 그리고, 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 형성된다. 격벽층(954)의 측벽은 기관 면에 가까워질수록 한 쪽의 측벽과 다른 측벽의 간격이 좁아지는 경사를 갖는다. 즉, 격벽층(954)의 단면 방향의 단면은 사다리꼴 형상이고, 저변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(953)과 접하는 변)이 상변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(953)과 접하지 않는 변)보다 짧다. 이와 같이, 격벽층(954)을 형성함으로써, 정전기 등에 기인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다. 패시브 매트릭스형 발광 장치에 있어서도, 실시형태 1에 기재한 발광 소자 또는 실시형태 2에 기재한 발광 소자를 사용함으로써 발광 장치를 제작할 수 있다. 또한, 발광 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치는 소비 전력이 저감된 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1에 기재한 발광 소자 또는 실시형태 2에 기재한 발광 소자는 구동 시간에 따른 휘도 열화가 저감된 발광 소자이므로, 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치는 신뢰성이 향상된 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1에 기재한 발광 소자 또는 실시형태 2에 기재한 발광 소자는 색 밸런스를 조정하기 용이한 발광 소자이므로, 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치는 표시 품질이 높은 발광 장치로 할 수 있다.

[0140] (실시형태 5)

[0141] 여기서, 액티브형 표시 장치의 제작 공정의 일례를 도 5를 사용하여 제시한다.

[0142] 우선, 기관(1001) 위에 하지 절연막(1002)을 형성한다. 여기서, 발광 소자가 형성된 기관(1001) 면

의 이면을 표시 면으로 하여 발광을 추출하는 경우의 예를 설명하기 때문에, 기관(1001)으로서는 광 투과성을 갖는 유리 기관이나 석영 기관을 사용하면 좋다. 또한, 처리 온도에 견딜 수 있는 내열성을 갖는 광 투과성의 플라스틱 기관을 사용하여도 좋다.

[0143] 하지 절연막(1002)으로서는 산화실리콘막, 질화실리콘막 또는 산화질화실리콘막 등의 절연막으로 이루어지는 하지막을 형성한다. 여기서는 하지막으로서 2층 구조를 사용한 예를 제시하지만, 상기 절연막의 단층막 또는 2층 이상 적층시킨 구조를 사용하여도 좋다. 또한, 특별히 하지 절연막을 형성하지 않아도 좋다.

[0144] 다음에, 하지 절연막 위에 반도체층을 형성한다. 반도체층은 비정질 구조를 갖는 반도체막을 공지의 수단(예를 들어, 스퍼터링법, LPCVD법, 또는 플라즈마 CVD법 등)에 의하여 형성한 후, 공지의 결정화 처리(레이저 결정화법, 열 결정화법, 또는 니켈 등의 촉매를 사용한 열 결정화법 등)를 행하여 얻어진 결정질 반도체막을 제 1 포토 마스크를 사용하여 원하는 형상으로 패터닝함으로써 형성한다. 이 반도체층은 25nm 내지 80nm(바람직하게는 30nm 내지 70nm)의 두께로 형성한다. 결정질 반도체막의 재료에 대해서는 특별한 한정은 없지만, 바람직하게는 실리콘 또는 실리콘게르마늄(SiGe) 합금 등을 사용하여 형성하는 것이 바람직하다.

[0145] 또한, 비정질 구조를 갖는 반도체막의 결정화 처리에는 연속 발진의 레이저를 사용할 수 있고, 비정질 반도체막의 결정화시에 대입경의 결정을 얻기 위해서는, 연속 발진이 가능한 고체 레이저를 사용하여, 기본파의 제 2 고조파 내지 제 4 고조파를 적용하는 것이 바람직하다. 대표적으로는, Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저(기본파 1064nm)의 제 2 고조파(기본파 532nm)나 제 3 고조파(355nm)를 적용하면 좋다. 연속 발진의 레이저를 사용하는 경우에는, 출력이 10W의 연속 발진의 YVO<sub>4</sub> 레이저로부터 사출된 레이저 광을 비선형 광학 소자에 의하여 고조파로 변환한다. 또한, 공진기 안에 YVO<sub>4</sub> 결정과 비선형 광학 소자를 넣고, 고조파를 사출하는 방법도 있다. 그리고, 바람직하게는 광학계에 의하여 조사 면에서 직사각형상 또는 타원형상의 레이저 광으로 성형하고 피처리체에 조사한다. 이 때의 에너지 밀도는 0.01MW/cm<sup>2</sup> 내지 100MW/cm<sup>2</sup> 정도(바람직하게는 0.1MW/cm<sup>2</sup> 내지 10MW/cm<sup>2</sup>)가 필요하다. 그리고, 10cm/sec 내지 2000cm/sec 정도의 속도로 레이저 광에 대하여 상대적으로 반도체막을 이동시켜 조사하면 좋다.

[0146] 또한, 펄스 발진의 레이저광의 발진 주파수를 0.5MHz 이상으로 하여, 보통 사용되고 있는 수십Hz 내지 수백Hz의 주파수 대역보다 현저하게 높은 주파수 대역을 사용하여 레이저 결정화를 행할 수 있다. 펄스 발진으로 레이저 광을 반도체막에 조사하여 반도체막이 완전히 용융하고 나서 고화할 때까지의 시간은 수십nsec 내지 수백nsec이고, 상기 주파수 대역을 사용함으로써 반도체막이 레이저 광에 의하여 용융하고 나서 고화할 때까지 다음 펄스의 레이저 광을 조사할 수 있다. 따라서, 반도체막 중에서 고액(固液) 계면을 연속적으로 이동시킬 수 있기 때문에, 주사방향을 향하여 연속적으로 성장한 결정립을 갖는 반도체막이 형성된다. 구체적으로는 포함되는 결정립의 주사 방향에서의 폭이 10 $\mu$ m 내지 30 $\mu$ m, 주사 방향에 대하여 수직 방향에서의 폭이 1 $\mu$ m 내지 5 $\mu$ m 정도의 결정립의 집합을 형성할 수 있다. 상기 주사 방향을 따라 길게 연장된 단결정의 결정립을 형성함으로써, 적어도 박막 트랜지스터의 채널 방향에는 결정립계가 거의 존재하지 않는 반도체막을 형성할 수 있다.

[0147] 비정질 반도체막의 결정화는 열 처리와 레이저 광 조사에 의한 결정화를 조합하여도 좋고, 열 처리나 레이저 광 조사를 단독으로 복수회 행하여도 좋다.

[0148] 다음에, 레지스트 마스크를 제거한 후, 반도체층을 덮는 게이트 절연막(1003)을 형성한다. 게이트 절연막(1003)은 플라즈마 CVD법 또는 스퍼터링법을 사용하여 두께를 1nm 내지 200nm로 한다.

[0149] 또한, 게이트 절연막(1003) 위에 막 두께 100nm 내지 600nm의 도전막을 형성한다. 여기서는, 스퍼터링법을 사용하여 질화티타늄막과 텅스텐막을 적층하여 도전막을 형성한다. 또한, 여기서는 도전막을 질화티타늄막과 텅스텐막을 적층하는 예를 제시하지만, 특히 한정되지 않고, Ta, W, Ti, Mo, Al, Cu 중에서 선택된 원소, 또는 상기 원소를 주성분으로 하는 합금 재료 또는 화합물 재료의 단층, 또는 이들의 적층으로 형성하여도 좋다. 또한, 인 등의 불순물 원소를 도핑한 다결정 실리콘막으로 대표되는 반도체막을 사용하여도 좋다.

[0150] 다음에, 제 2 포토 마스크를 사용하여 레지스트 마스크를 형성하고, 드라이 에칭법 또는 웨트 에칭법을 사용하여 에칭을 행한다. 이 에칭 공정에 의하여 도전막을 에칭하여 도전층(1006 내지 1008)을 얻는다. 또한, 이 도전층은 TFT의 게이트 전극이 된다.

[0151] 다음에, 레지스트 마스크를 제거한 후, 제 3 포토 마스크를 사용하여 레지스트 마스크를 새로 형성하고, 구동 회로의 n채널형 TFT를 형성하기 위하여 반도체에 n형을 부여하는 불순물 원소(대표적으로는 인 또는 As)를 저농도로 도핑하기 위한 제1 도핑 공정을 행한다. 레지스트 마스크는 p채널형 TFT가 되는 영역과



도전층의 근방을 덮는다. 이 제 1 도핑 공정에 의하여 절연막(1003)을 통하여 도핑을 행하여, 저농도 불순물 영역(1009)을 형성한다. 하나의 발광 소자는 복수의 TFT를 사용하여 구동시키지만, p채널형 TFT만으로 구동시키는 경우에도, 화소와 구동 회로를 동일 기판 위에 형성하지 않는 경우에는 상기 도핑 공정은 특히 필요 없다.

[0152] 다음에, 레지스트 마스크를 제거한 후, 제 4 포토 마스크를 사용하여 레지스트 마스크를 새로 형성하고, 반도체에 p형을 부여하는 불순물 원소(대표적으로는 붕소)를 고농도로 도핑하기 위한 제 2 도핑 공정을 행한다. 이 제 2 도핑 공정에 의하여 게이트 절연막(1003)을 통하여 도핑을 행하여, p형 고농도 불순물 영역(1014, 1015)을 형성한다.

[0153] 다음에, 제 5 포토 마스크를 사용하여 레지스트 마스크를 새로 형성하고, 구동 회로의 n채널형 TFT를 형성하기 위하여, 반도체에 n형을 부여하는 불순물 원소(대표적으로는 인 또는 As)를 고농도로 도핑하기 위한 제 3 도핑 공정을 행한다. 제 3 도핑 공정에서의 이온 도핑법의 조건은 도즈량을  $1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$  내지  $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$  로 하고, 가속 전압을 60keV 내지 100keV로 하여 행한다. 레지스트 마스크는 p채널형 TFT가 되는 영역과 도전층의 근방을 덮는다. 이 제 3 도핑 공정에 의하여 게이트 절연막(1003)을 통하여 도핑을 행함으로써 n형 고농도 불순물 영역(1018)을 형성한다.

[0154] 그 후, 레지스트 마스크를 제거하고, 수소를 함유하는 제 1 층간 절연막(1020)을 성막 한 후, 반도체층에 첨가된 불순물 원소의 활성화 및 수소화를 행한다. 수소를 함유하는 제 1 층간 절연막(1020)은 PCVD법에 의하여 얻어지는 질화산화실리콘막(SiNO막)을 사용한다. 또한, 상술한 결정화에 있어서는 결정화를 촉진하는 금속 원소, 대표적으로는 니켈을 사용하여 반도체막을 결정화시킬 수 있고, 그 경우에는 함께 활성화와 채널 형성 영역에 있어서는 니켈의 저감을 행하는 게터링도 행할 수 있다.

[0155] 다음에, 평탄화를 위한 제 2 층간 절연막(1021)을 형성한다. 제 2 층간 절연막(1021)으로서는 도포법에 의하여 얻어지는 실리콘(Si)과 산소(O)의 결합으로 골격 구조가 구성되는 절연막을 사용한다. 또한, 제 2 층간 절연막(1021)으로서는 투광성을 갖는 유기 수지막을 사용할 수 있다. 제 2 층간 절연막으로서는 그 외 유기 재료나 무기 재료 등에 의한 절연막을 사용하여도 좋다.

[0156] 다음에, 제 6 마스크를 사용하여 에칭을 행하여 제 2 층간 절연막(1021)에 콘택트 홀을 형성함과 동시에 주연(周緣)부(1042)의 제 2 층간 절연막(1021)을 제거한다.

[0157] 다음에, 제 6 마스크를 그대로 마스크로 하여 에칭을 행함으로써 노출되는 게이트 절연막(1003), 및 제 1 층간 절연막(1020)을 선택적으로 제거한다.

[0158] 다음에, 제 6 마스크를 제거한 후, 콘택트 홀에서 반도체층과 접하는 3층 구조로 이루어지는 도전막을 형성한다. 또한, 각 층의 표면을 산화시키지 않도록 이들 3층을 같은 스퍼터링 장치로 연속하여 형성하는 것이 바람직하다. 다만, 도전막은 3층 구조에 한정되지 않고, 2층이나 단층이라도 좋고, 그 재료는 Ta, W, Ti, Mo, Al, Cu 중에서 선택된 원소, 또는 상기 원소를 주성분으로 하는 합금 재료 또는 화합물 재료를 사용하면 좋다.

[0159] 다음에, 제 7 마스크를 사용하여 도전막의 에칭을 행하여 배선 또는 전극을 형성한다. 이들 배선 또는 전극 중, 화소부(1040)에 있어서는, TFT와 발광 소자의 양극을 접속하는 접속 전극(1022)을 도시하고, 구동 회로부(1041)에 있어서는 n채널형 TFT와 p채널형 TFT를 전기적으로 접속하는 접속 전극(1023)을 도시한다.

[0160] 다음에, 상기 3층 구조를 갖는 배선 또는 전극에 접하여 투명 도전막을 형성한다. 그리고, 제 8 마스크를 사용하여 투명 도전막의 에칭을 행하여, 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B), 즉, 발광 소자의 양극을 형성한다.

[0161] 발광 소자의 양극의 재료는 실시형태 3에서 자세히 설명하였지만, ITO(산화인듐주석), 또는 ITSO(ITO에 산화실리콘이 2wt% 내지 10wt% 함유하는 타깃을 사용하여 스퍼터링법으로 얻을 수 있는 산화실리콘을 함유하는 산화인듐주석)를 사용한다. ITSO 외에 산화실리콘을 함유하고 산화인듐에 2% 내지 20%의 산화아연(ZnO)을 혼합한 투광성 산화물 도전막(IZO) 등의 투명 도전막을 사용하여도 좋다. 또한, ATO(Antimony Tin Oxide)의 투명 도전막을 사용하여도 좋다.

[0162] 또한, 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)으로서는 ITO를 사용하는 경우는 전기 저항값을 낮추기 위하여 결정화시키는 소성을 행한다. 또한, 반대로, ITSO나 IZO는 소성하여도 ITO와 같이 결정화되지 않고 비정질 상태인 채이다.

[0163] 다음에, 제 8 마스크를 사용하여 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)의 단부를 덮는 절연물(1025;

뱅크, 격벽, 장벽, 제방 등이라고 불림)을 선택적으로 형성한다. 절연물(1025)으로서는 스퍼터링법에 의하여 얻어지는 산화탄탈막, 산화티타늄( $\text{TiO}_2$ )막이나, 도포법에 의하여 얻어지는 유기 수지막을 막 두께  $0.8\mu\text{m}$  내지  $1\mu\text{m}$ 의 범위에서 사용한다.

[0164] 다음에, 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B) 및 절연물(1025) 위에 유기 화합물을 함유하는 층(1028)을 형성한다. 유기 화합물을 함유하는 층(1028)은 실시형태 1 내지 실시형태 3에서 설명한 바와 같은 구성 및 제작 방법에서 형성할 수 있다. 또한, 유기 발광 소자의 신뢰성을 향상시키기 위하여, 유기 화합물을 함유하는 층(1028)을 형성하기 전에 진공 가열을 행하여 탈기시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 유기 화합물 재료의 증착을 행하기 전에, 기판에 함유되는 가스를 제거하기 위하여 감압 분위기나 불활성 분위기에서  $200^\circ\text{C}$  내지  $300^\circ\text{C}$ 의 가열 처리를 행하는 것이 바람직하다. 본 실시형태에서는 유기 화합물을 함유하는 층(1028)에 있어서의 발광 기능을 갖는 층(제 1 층 내지 제 4 층)에는 적색, 녹색, 청색의 발광을 나타내는 발광 물질을 사용하여 백색 발광을 얻을 수 있도록 유기 화합물을 함유하는 층(1028)을 형성한다.

[0165] 다음에, 화소부 전면에 발광 소자의 제 2 전극(1029)을 형성한다. 제 2 전극(1029)은 음극으로서 기능한다. 발광 소자의 음극에 사용할 수 있는 물질은 실시형태 3에서 자세히 설명하였지만, 여기서는 제 2 전극(1029)으로서 알루미늄을 진공 증착법에 의하여  $200\text{nm}$ 의 막 두께로 형성한다. 본 실시형태에서는 발광 소자가 형성된 기판(1001) 면의 이면에서 발광을 추출하기 위하여 발광 소자의 음극인 제 2 전극(1029)이 반사 전극이다. 따라서, 유기 화합물을 함유하는 층(1028)에 있어서의 제 1 층 내지 제 4 층의 구성으로서는 실시형태 1에 기재한 구성을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 발광 소자의 한 쌍의 전극 중, 본 실시형태에서는 박막 트랜지스터 측의 전극을 양극으로 하지만, 박막 트랜지스터 측의 전극을 음극으로서 발광 소자를 형성하여도 좋다. 이 경우, 양극이 반사 전극인 것이 일반적이고, 유기 화합물을 함유하는 층(1028)의 제 1 층 내지 제 4 층의 구성으로서는 실시형태 2에 기재한 구성을 사용하는 것이 바람직하다. 발광 소자의 한 쌍의 전극 중 TFT측의 전극을 음극으로 하는 경우는, 상기 발광 소자에 직접 접속하는 TFT를 n채널형 TFT로 하여서 제작한다.

[0166] 다음에, 밀봉하기 위하여 밀봉 기판(1031)을 사용한다. 밀봉 기판(1031)의 재료는 금속 재료나 세라믹스 재료나 유리 기판 등을 사용할 수 있다. 밀봉 기판(1031)은 절재(1032)로 기판(1001)의 주연부(1042)에서 접착시킨다. 또한, 기판 간격을 일정하게 유지하기 위한 스페이서재나 충전재를 사용하여도 좋다. 또한, 한 쌍의 기판 사이의 틈(1030)은 불활성 가스로 충전하는 것이 바람직하다.

[0167] 또한, 풀 컬러 표시하기 위하여 발광 소자로부터의 광을 발광 장치의 외부로 추출하는 광로 위에 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))을 투명 기재(1033)에 형성한다. 또한, 흑색층(블랙 매트릭스; 1035)을 더 형성하여도 좋다. 착색층 및 흑색층이 형성된 투명 기재(1033)는 위치를 맞추면서 기판(1001)에 고정한다. 또한, 착색층, 및 흑색층은 오버 코트층(1036)으로 덮인다. 또한, 본 실시형태에 있어서는 광을 착색층을 투과시키지 않고 외부로 추출하는 발광층과, 각 색의 착색층을 투과시켜 외부로 광을 추출하는 발광층이 있고, 착색층을 투과하지 않는 광은 백색, 착색층을 투과하는 광은 적색, 청색, 녹색이 되므로, 4색의 화소로 영상을 표현할 수 있다.

[0168] 또한, 상술한 발광 장치는 TFT가 형성된 기판(1001) 면의 이면에서 광을 추출하는 구조(보텀 이미션형)의 발광 장치로 했지만, 밀봉 기판(1031) 측에서 발광을 추출하는 구조(탑 이미션형)의 발광 장치라도 좋다. 탑 이미션형의 발광 장치의 단면도를 도 6에 도시한다. 이 경우, 기판(1001)은 광을 투과하지 않는 기판을 사용할 수 있다. TFT와 발광 소자의 양극을 접속하는 접속 전극(1022)을 제작하는 단계까지는 보텀 이미션형의 발광 장치와 같은 방법으로 형성한다. 그 후, 제 3 층간 절연막(1037)을 접속 전극(1022)을 덮어 형성한다. 이 절연막은 평탄화의 역할을 하여도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막(1021)과 같은 재료 외, 다른 공지의 재료를 사용하여 형성할 수 있다.

[0169] 이어서, 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)을 형성한다. 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)은 여기서는 양극이지만 음극이라도 좋다. 또한, 탑 이미션형의 발광 장치인 경우, 제 1 전극을 반사 전극으로 하는 것이 바람직하다. 이들을 근거로 하여, 제 1 전극이 반사 전극이고 또 양극인 경우는, 유기 화합물을 함유하는 층(1028)의 구성으로서는 실시형태 2에 기재한 구성을 사용하는 것이 바람직하다. 반대로, 제 1 전극이 반사 전극이고 또 음극인 경우는 유기 화합물을 함유하는 층(1028)의 구성으로서는 실시형태 1에 기재한 구성을 사용하는 것이 바람직하다.

[0170] 그 후, 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B) 및 제 3 층간 절연막이 노출되는 부분을 덮고 유기 화합물을 함유하는 층(1028)을 형성한다. 유기 화합물을 함유하는 층(1028)의 구성은 실시형태 2에서 설명한 바와 같은 구성으로 형성한다. 이어서, 발광 소자의 제 2 전극(1029)을 발광 소자로부터의 광을 투과하도록 형성

한다.

[0171] 그 후, 발광 소자로부터 광을 외부로 추출하는 광로 위에 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))을 형성한 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 행하여 튜브 이미션형 발광 장치를 형성할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소와 화소 사이에 위치하도록 흑색층(블랙 매트릭스; 1035)을 형성하여도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))이나 흑색층(블랙 매트릭스; 1035)은 오버 코트층(도시하지 않음)에 의하여 덮여도 좋다. 또한, 밀봉 기관(1031)은 투광성을 갖는 기관을 사용하는 것으로 한다.

[0172] 상술한 바와 같이 하여 얻어진 유기 발광 소자의 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가하면 백색 발광 영역(1044W)을 얻을 수 있다. 또한, 착색층을 조합함으로써 적색 발광 영역(1044R)과, 청색 발광 영역(1044B)과, 녹색 발광 영역(1044G)을 얻을 수 있다. 본 실시형태에서는 실시형태 1 또는 실시형태 2에 기재한 발광 소자를 사용함으로써, 각 화소의 발광색에 따라 분할 도포할 필요가 없고, 가격이 저렴하고 또 간편하게 풀 컬러의 발광 장치를 얻을 수 있다. 또한, 착색층은 색깔이나 재질에 따라 그 투과율이 상이한데다가 색깔에 따라 인간의 시감도도 상이하므로 각각의 파장 성분에 있어서 원하는 휘도를 갖는 것이 바람직하다. 이 점에 있어서 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 컬러 밸런스를 조절하기 용이하기 때문에, 본 실시형태에 기재한 발광 장치는 색 재현성이 좋은 고품질의 표시를 제공할 수 있다.

[0173] 또한, 여기서는, 튜브 게이트형 구조로 하고, 폴리실리콘을 활성층으로 하는 TFT를 사용하지만 스위칭 소자로서 기능할 수 있는 것이면 특히 한정되지 않고, 보텀 게이트형(역 스택거형)TFT나, 순 스택거형 TFT를 사용할 수 있다. 또한, 비정질 실리콘막이나 ZnO막을 활성층으로 하는 TFT를 사용하여도 좋다. 또한, 싱글 게이트 구조나 더블게이트 구조의 TFT에 한정되지 않고, 3개 이상의 복수의 채널 형성 영역을 갖는 멀티 게이트형 TFT로 하여도 좋다.

[0174] 또한, 여기서는 적색, 녹색, 청색, 백색의 4색 구동으로 풀 컬러 표시하는 예를 제시하지만, 특히 한정되지 않고, 적색, 녹색, 청색의 3색 구동으로 풀 컬러 표시를 행하여도 좋다.

[0175] 또한, 본 실시형태는 실시형태 1 내지 실시형태 3의 발광 소자 및 실시형태 4의 발광 장치의 어느 하나와 자유로이 조합할 수 있다.

[0176] (실시형태 6)

[0177] 본 실시형태에서는 실시형태 4에 제시하는 발광 장치를 일부분에 포함하는 전자기기에 대하여 제시한다. 이들 전자기기는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 포함한 표시부를 갖는다.

[0178] 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 갖는 전자기기로서, 비디오 카메라, 디지털 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이, 네비게이션 시스템, 음향 재생 장치(카 오디오, 오디오 컴포넌트 시스템 등), 컴퓨터, 게임 기기, 휴대 정보단말(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 표시 장치를 구비한 장치) 등을 들 수 있다. 이들 전자기기의 구체적인 예를 도 7a 내지 도 7d에 도시한다.

[0179] 도 7a는 본 실시형태에 따른 텔레비전 장치이며, 케이스(9101), 지지대(9102), 표시부(9103), 스피커부(9104), 비디오 입력 단자(9105) 등을 포함한다. 이 텔레비전 장치는 표시부(9103)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 표시 소자로서 사용함으로써 제작된다. 또한, 구동 시간의 축적에 대하여 열화의 정도가 저감된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 텔레비전 장치는 표시부(9103)의 신뢰성이 높고, 이 표시부(9103)를 구비한 상기 텔레비전 장치는 신뢰성이 높은 텔레비전 장치다. 상기 발광 소자는 열화가 저감된 발광 소자이므로 텔레비전 장치에 탑재되는 열화 보상 기능 회로를 대폭으로 삭감 또는 축소할 수 있다. 또한, 발광의 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 텔레비전 장치는 소비 전력이 저감된 것으로 할 수 있다. 또한, 색 밸런스의 조정이 용이한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 텔레비전 장치는 표시 품질이 높은 것으로 할 수 있다.

[0180] 도 7b는 본 실시형태에 따른 컴퓨터이며, 본체(9201), 케이스(9202), 표시부(9203), 키보드(9204), 외부 접속 포트(9205), 포인팅 디바이스(9206) 등을 포함한다. 이 컴퓨터는 표시부(9203)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 표시 소자로서 사용함으로써 제작된다. 또한, 구동 시간의 축적에 대하여 열화의 정도가 저감된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 컴퓨터는 표시부(9203)의 신뢰성이 높고, 이 표시부(9203)를 구비한 상기 컴퓨터는 신뢰성이 높은 컴퓨터다. 상기 발광 소자는 열화가 저감된 발광 소자이므로 이 컴

퓨터에 탑재되는 열화 보상 기능 회로를 대폭으로 삭감 또는 축소할 수 있고, 컴퓨터의 소형 경량화를 도모할 수 있다. 또한, 발광의 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 컴퓨터는 소비 전력이 저감된 것으로 할 수 있다. 또한, 색 밸런스의 조정이 용이한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 컴퓨터는 표시 품질이 높은 것으로 할 수 있다.

[0181] 도 7c는 본 실시형태에 따른 휴대 전화이며, 본체(9401), 케이스(9402), 표시부(9403), 음성 입력부(9404), 음성 출력부(9405), 조작키(9406), 외부접속 포트(9407), 안테나(9408) 등을 포함한다. 이 휴대 전화는 표시부(9403)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 표시 소자로서 사용함으로써 제작된다. 또한, 구동 시간의 축적에 대하여 열화의 정도가 저감된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 휴대 전화는 표시부(9403)의 신뢰성이 높고, 이 표시부(9403)를 구비한 상기 휴대 전화는 신뢰성이 높은 휴대 전화다. 상기 발광 소자는 열화가 저감된 발광 소자이므로 이 휴대 전화에 탑재되는 열화 보상 기능 회로를 대폭으로 삭감 또는 축소할 수 있고, 휴대 전화의 소형 경량화를 더욱 더 도모할 수 있다. 소형 경량화가 도모된 본 실시형태의 휴대 전화는 다양한 부가 가치를 구비한 구조로서 휴대하기 적합한 크기, 중량으로 맞출 수 있고, 고기능의 휴대 전화로서도 적합한 구성이다. 또한, 발광의 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 휴대 전화는 소비 전력이 저감된 것으로 할 수 있다. 또한, 색 밸런스의 조정이 용이한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 휴대 전화는 표시 품질이 높은 것으로 할 수 있다.

[0182] 도 7d는 본 실시형태에 따른 카메라이며, 본체(9501), 표시부(9502), 케이스(9503), 외부 접속 포트(9504), 리모트 컨트롤 수신부(9505), 수상부(9506), 배터리(9507), 음성 입력부(9508), 조작키(9509), 접안부(9510) 등을 포함한다. 이 카메라는 표시부(9502)에 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 표시 소자로서 사용함으로써 제작된다. 또한, 구동 시간의 축적에 대하여 열화의 정도가 저감된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 카메라는 표시부(9502)의 신뢰성이 높고, 이 표시부(9502)를 구비한 상기 카메라는 신뢰성이 높은 카메라다. 상기 발광 소자는 열화가 저감된 발광 소자이므로, 이 카메라에 탑재되는 열화 보상 기능 회로를 대폭으로 삭감 또는 축소할 수 있고, 카메라의 소형 경량화를 도모할 수 있다. 또한, 발광의 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 카메라는 소비 전력이 저감된 것으로 할 수 있다. 또한, 색 밸런스의 조정이 용이한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 카메라는 표시 품질이 높은 것으로 할 수 있다.

[0183] 상술한 바와 같이, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치의 적용 범위는 극히 넓고, 이 발광 장치를 모든 분야의 전자기기에 적용할 수 있다. 또한, 구동 시간의 축적에 대한 열화의 정도가 저감된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 표시부는 신뢰성이 높고, 상기 표시부를 갖는 전자기기는 신뢰성이 높은 전자기기로 할 수 있다. 또한, 발광의 효율이 향상된 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 표시부는 저소비 전력화되고, 상기 표시부를 갖는 전자기기는 소비 전력이 작은 것으로 할 수 있다. 또한, 색 밸런스의 조정이 용이한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 표시부는 표시 품질이 높고, 상기 표시부를 갖는 전자기기는 표시 품질이 높은 것으로 할 수 있다.

[0184] 또한, 본 실시형태의 발광 장치로서, 조명 장치를 들 수도 있다. 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 조명 장치에 적용하는 일 형태를 도 8을 사용하여 설명한다.

[0185] 도 8은 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 백 라이트로서 적용한 액정 표시 장치의 일 레이다. 도 8에 도시한 액정 표시 장치는 케이스(901), 액정층(902), 백 라이트 유닛(903), 케이스(904)를 갖고, 액정층(902)은 드라이버 IC(905)와 접속된다. 또한, 백 라이트 유닛(903)은 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 형성되고, 단자(906)에 의하여 전류가 공급된다.

[0186] 여기서, 액정의 백 라이트 유닛(903)은 각 화소에 형성된 컬러 필터를 투과하고 실제로 인간이 액정 표시 장치를 시청할 때 최적의 광이 되는 발광색을 나타내는 것이 바람직하다. 즉, 컬러 필터는 보통 화소마다 적색, 청색, 또는 녹색 광을 투과하는 막이 형성되지만, 컬러 필터의 재료에 따라 광 투과율도 상이한 데다가 색깔에 따라 인간의 시인도도 상이하므로, 백 라이트는 적색, 청색, 녹색 각각의 파장 성분에 있어서 원하는 휘도를 갖는 것이 바람직하다. 이 점에서, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 컬러 밸런스를 조절하기 용이하기 때문에, 액정 백 라이트 유닛(903)으로서 매우 바람직하게 사용할 수 있다.

[0187] 또한, 백 라이트 유닛(903)은 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 하나만 사용하여도 좋고, 상기 발광 소자를 복수 사용하여도 좋다.

[0188] 상술한 바와 같이, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 액정 표시 장치의 백 라이트에 적용할 수 있다. 상기 백 라이트는 대면적화도 가능하므로, 액정 표시 장치의 대면적화도 가능하게 된다. 또



한, 구동 시간의 축적에 따른 열화의 정도가 작은 상기 발광 소자를 사용하여 제작함으로써, 신뢰성이 높은 백 라이트를 얻을 수 있다. 또한, 백 라이트는 박막이고, 원하는 발광색을 용이하게 얻을 수 있으므로 액정 표시 장치의 박형화, 영상의 고품질화도 가능하게 된다. 또한, 상기 백 라이트는 저소비 전력화된 백 라이트이므로, 액정 표시 장치의 저감도 실현된다.

[0189]

도 9는 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 조명 장치인 전기 스탠드에 사용한 예이다. 도 9에 도시하는 전기 스탠드는 케이스(2001)와 광원(2002)을 갖고, 광원(2002)으로서 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자가 형성된다. 광원(2002)은 상기 발광 소자 하나로 구성되어도 좋고, 복수의 상기 발광 소자로 구성되어도 좋다. 또한, 상이한 발광색을 나타내는 복수종의 발광 소자로 구성되어도 좋다. 이와 같이, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 광원(2002)을 제작할 수 있다. 구동 시간의 축적에 따른 열화의 정도가 작은 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 광원(2002)은 신뢰성이 높으므로, 이들을 구비한 전기 스탠드도 신뢰성이 높은 전기 스탠드로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 컬러 밸런스의 조절이 용이하므로 눈에 자극을 주지 않는 발광색을 나타내는 등, 용도에 맞춘 발광색을 갖는 전기 스탠드를 용이하게 제공할 수 있다. 또한, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 발광 효율이 향상된 발광 소자이므로, 소비 전력이 저감된 전기 스탠드로 할 수 있다.

[0190]

도 10은 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 실내의 조명 장치(3001)에 적용한 예이다. 조명 장치(3001)는 상기 발광 소자 하나로 구성되어도 좋고, 복수의 상기 발광 소자로 구성되어도 좋다. 또한, 상이한 발광색을 나타내는 복수종의 발광 소자로 구성되어도 좋다. 이와 같이, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자를 사용하여 조명 장치(3001)를 제작할 수 있다. 상기 발광 소자를 적용하여 제작된 조명 장치(3001)는 대면적화도 가능하므로 대면적의 조명 장치로서 사용할 수 있다. 또한, 발광 효율이 양호한 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 조명 장치(3001)는 박형이며 저소비 전력인 조명 장치로 할 수 있다. 또한, 구동 시간의 축적에 따른 열화의 정도가 작은 상기 발광 소자를 사용하여 제작된 조명 장치(3001)는 신뢰성이 높은 조명 장치로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 컬러 밸런스의 조절이 용이하므로 난색(暖色)계의 발광색부터 한색(寒色)계의 발광색까지 다양한 색의 발광을 용이하게 제공할 수 있다. 또한, 실시형태 1 내지 실시형태 3에 제시한 발광 소자는 발광 효율이 향상된 발광 소자이므로, 소비 전력이 저감된 조명 장치로 할 수 있다.

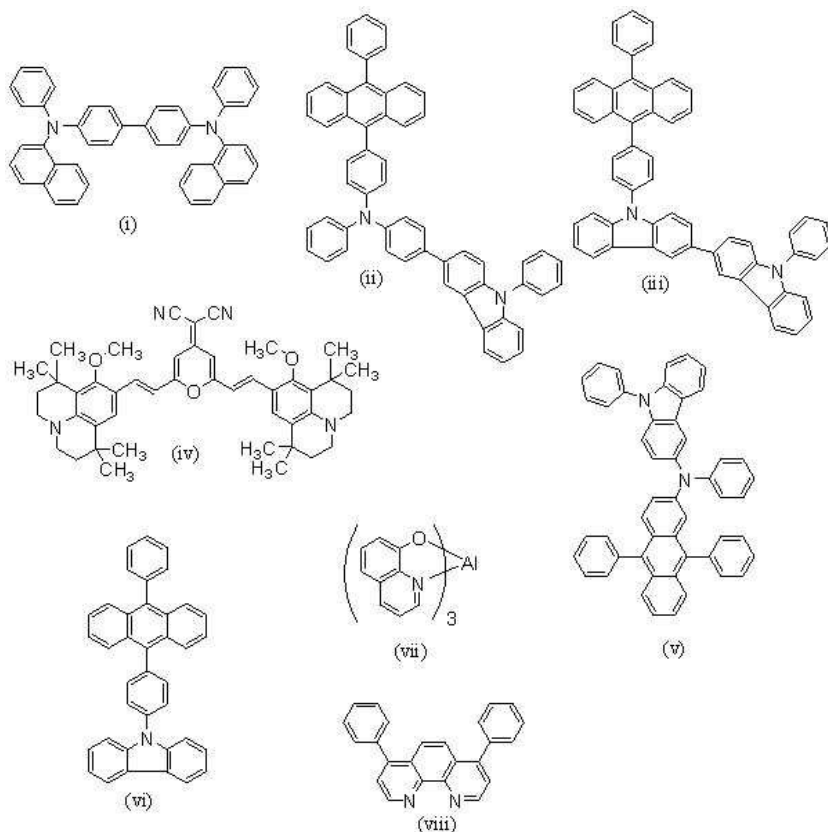
[0191]

[실시예 1]

[0192]

본 실시예에서는 실시형태 1의 발광 소자 및 비교 발광 소자를 각각 제작하고, 함께 이들의 소자 특성을 측정하였다. 이 제작 방법 및 소자 특성을 이하에 제시한다. 본 실시예에서는 백색 발광을 제공하는 발광 소자를 얻는 것을 목적으로 하여, 적색, 청색, 녹색 발광을 나타내는 물질을 사용하여 실험을 행하였다. 또한, 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자에서 사용한 유기 화합물의 구조를 이하에 제시한다.

[0193] [화학적 1]



[0194]

[0195] (발광 소자 1의 제작)

[0196] 유선, 유리 기판 위에 막 두께 110nm의 실리콘 또는 산화실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물을 스퍼터링 방법으로 형성하여 양극을 형성하였다(전극 면적 2mm×2mm).

[0197] 다음에, 제 1 전극이 형성된 면이 하방이 되도록 제 1 전극이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정시키고,  $10^{-4}$  Pa정도까지 감압한 후, 상기 구조식(i)으로 표시되는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB)과 산화몰리브덴(VI)을 동시 증착함으로써, 유기 화합물과 무기 화합물을 복합한 복합 재료를 함유하는 층을 형성하였다. 그 막 두께는 50nm로 하고, NPB와 산화 몰리브덴(VI)의 비율은 중량비로 4:1(=NPB: 산화몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 동시 증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.

[0198] 이어서, 저항 가열을 사용한 증착법에 의하여, NPB를 10nm의 막 두께가 되도록 형성하여 정공 수송층을 형성하였다.

[0199] 그 후, 제 1 층으로서 상기 구조식(ii)으로 표시되는 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBAPA)을 10nm 형성하였다. PCBAPA는 정공 수송성을 갖고, 청색 발광을 나타내는 물질이다.

[0200] 이어서, 상기 구조식(iii)으로 표시되는 9-페닐-9'-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-3,3'-비(9H-카르바졸)(약칭: PCCPA)와 상기 구조식(iv)로 표시되는 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[e]퀴놀리딘-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: BisDCJTM)을 PCCPA: BisDCJTM=1:0.005의 비율이 되도록 동시 증착함으로써 제 2 층을 형성하였다. PCCPA는 정공 수송성을 갖는 물질이며, BisDCJTM은 적색 발광을 나타내는 물질이다. 막 두께는 10nm로 하였다.

[0201] 다음에, PCCPA와 상기 구조식(v)로 표시되는 N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA)을 PCCPA: 2PCAPA=1:0.02가 되도록 동시 증착함으로써 제 3 층을 형성하였다. PCCPA는 정공 수송성을 갖는 물질이며, 2PCAPA는 녹색 발광을 나타내는 물질이다. 막 두께는 10nm로 하였다.

[0202] 그 후, 상기 구조식(vi)로 표시되는 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA)과, 제 1 층 형성에 사용한 PCBAPA를 CzPA: PCBAPA=1:0.1가 되도록 동시 증착함으로써 제 4 층을 형성하였다. CzPA는 전자 수송성을 갖는 물질이다. 막 두께는 30nm로 하였다.

[0203] 그 후, 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여, 상기 구조식(vii)으로 표시되는 트리스(8-퀴놀리노레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq)을 10nm의 막 두께가 되도록 형성하고, 이어서, 마찬가지로 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여 상기 구조식(viii)으로 표시되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 20nm의 막 두께가 되도록 형성함으로써 전자 수송층을 형성하였다.

[0204] 그리고, 저항 가열에 의한 증착법을 사용하여 불화리튬(LiF)을 1nm 정도 형성하고, 전자 주입층을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 형성하여 음극을 형성함으로써 발광 소자 1을 제작하였다.

[0205] (발광 소자 2의 제작)

[0206] 정공 수송층의 형성까지는 발광 소자 1과 같은 방법으로 제작하고, 그 후, 제 1 층으로서 PCBAPA를 30nm 형성하였다.

[0207] 이어서, 제 2 층, 제 3 층, 제 4 층, 전자 수송층, 전자 주입층 및 음극을 발광 소자 1과 같은 방법으로 형성함으로써 발광 소자 2를 제작하였다.

[0208] (비교 발광 소자의 제작)

[0209] 정공 수송층의 형성까지는 발광 소자 1 및 발광 소자 2와 마찬가지로 제작하였다. 그 후, 제 1 층을 형성하지 않고, 제 2 층, 제 3 층, 제 4 층, 전자 수송층, 전자 주입층 및 음극을 발광 소자 1 및 발광 소자 2와 같은 방법으로 형성함으로써 비교 발광 소자를 제작하였다.

[0210] 이하의 표 1에 상술한 방법으로 제작한 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 각 층의 구성을 제시한다.

[0211] [표 1]

	제 1 층	제 2 층	제 3 층	제 4 층
발광 소자 1	PCBAPA(10nm)	PCCPA:BisDCJTM (10nm 1:0.005)	PCCPA:2PCAPA (10nm 1:0.02)	CzPA:PCBAPA (30nm 1:0.1)
발광 소자 2	PCBAPA(30nm)			
비교 발광 소자	-			

[0212]

[0213] 상술한 바와 같은 방법으로 얻어진 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자를 질소 분위기의 글로브 박스 내에 있어서, 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이들 발광 소자의 동작 특성에 대하여 측정을 행하였다. 또한, 측정은 실온(25℃에 유지된 분위기)으로 행하였다.

[0214] 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 전류 밀도-휘도 특성을 도 11에 도시한다. 또한, 전압-휘도 특성을 도 12에 도시한다. 또한, 휘도-전류 효율 특성을 도 13에 도시한다. 또한, 발광 소자 1에 1mA의 전류를 흘렸을 때의 발광 스펙트럼을 도 14에 도시한다.

[0215] 또한, 1000cd/m<sup>2</sup> 부근에서의 각 소자의 주된 초기 특성값을 이하의 표에 정리하였다.

[0216] [표 2]

	전압(V)	색도(x,y)	전류 효율(cd/A)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 1	4.0	(0.34,0.37)	11.3	5.8
발광 소자 2	4.2	(0.32,0.35)	10.3	5.6
비교 발광 소자	4.2	(0.38,0.37)	9.83	5.0

[0217]

[0218] 도 11 및 도 12에 의거하면, 전류 밀도-휘도 특성, 전압-휘도 특성은 비교발광 소자, 발광 소자 1 및

발광 소자 2는 모두 큰 변화가 없는 것처럼 보이지만, 도 13에 의거하면, 휘도-전류 효율 특성은 비교 발광 소자와 비교하여 발광 소자 1, 발광 소자 2는 양호한 결과를 나타낸다. 또한, 도 14의 발광 스펙트럼을 보면, 비교 발광 소자, 발광 소자 1, 발광 소자 2에서 스펙트럼의 각 피크 강도에 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. 실제로, 표 2의 색도(CIE 색도 좌표)를 참조하며, 색도 좌표에도 큰 변화가 보인다. 즉, 발광에 따라 발광의 색조가 상이하므로 휘도나 전류 효율의 비교는 적당하지 않다. 그래서, 외부 양자 효율을 참조하면, 비교 발광 소자와 비교하여 발광 소자 1 및 발광 소자 2는 1할 이상의 외부 양자 효율의 상승을 보이고, 제 1 층이 제 3 층과 제 4 층의 계면 근방에서 재결합에 관여하지 않았던 전자를 포획하여 발광에 변환함으로써 발광 효율이 향상된 것을 알 수 있다. 또한, 이로써, 청색의 색미가 증가되고, 백색으로서의 색도가 향상된다. 특히, 발광 소자 1은 6% 가까운 외부 양자 효율을 실현하고 매우 양호한 결과를 보였다.

[0219] 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자에 있어서, 제 1 층 또는 제 4 층의 발광 물질인 PCBAPA는 청색의 발광을 나타내고, 제 2 층의 발광 물질인 BisDCJTM은 적색 광을 나타내고, 제 3 층의 발광 물질인 2PCAPA는 녹색의 발광을 나타내는 물질이다. 즉, 도 14에 있어서의 발광 스펙트럼에 있어서, 각각 466nm 부근의 피크는 PCBAPA의 발광, 620nm 부근의 피크는 BisDCJTM의 발광, 505nm 부근의 피크는 2PCAPA의 발광인 것을 알 수 있다.

[0220] 여기서, 비교 발광 소자의 스펙트럼에 있어서는, 가장 파장이 긴 620nm 부근의 광의 피크 강도가 가장 크고, 파장이 짧을수록 광의 피크 강도가 작은 것을 알 수 있다. 한편, 발광 소자 1 및 발광 소자 2는 녹색 또는 청색의 파장 범위에 있는 피크 강도도 밸런스 좋게 출현한다. 표 2에 제시한 색도 좌표에 의거해서도 발광 소자 1 및 발광 소자 2는 비교 발광 소자보다 양호한 백색 발광을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이 결과에 의거하여, 본 실시예의 발광 소자는 색 조정이 용이한 발광 소자인 것을 알 수 있다.

[0221] 이어서, 신뢰성에 관한 평가를 행한 결과를 제시한다. 도 15에 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자를 초기 휘도 1000cd/m<sup>2</sup>로 하고, 전류 밀도를 일정한 조건으로 구동시켰을 때의 규격화 휘도 시간 변화를 제시하였다. 도 15에 의거하여, 비교 발광 소자보다 발광 소자 1 및 발광 소자 2가 휘도 저하가 명확하게 억제된 것을 알 수 있다. 이것은 전자가 정공 수송층에 도달하는 것을 제 1 층이 억제함으로써 열화가 작아진 것이 요인이라고 생각된다. 이로써, 본 실시예의 발광 소자는 종래의 발광 소자와 비교하여 시간 경과에 따른 휘도 열화를 억제한 발광 소자인 것을 알 수 있다.

[0222] (참조예)

[0223] 실시예 1에서 사용한 구조식(ii)으로 표시되는 PCBAPA, 실시예 2에 사용한 구조식(iii)에 표시되는 PCAPA는 기지(既知)의 물질이 아니므로, 합성 방법에 대하여 이하에 제시한다.

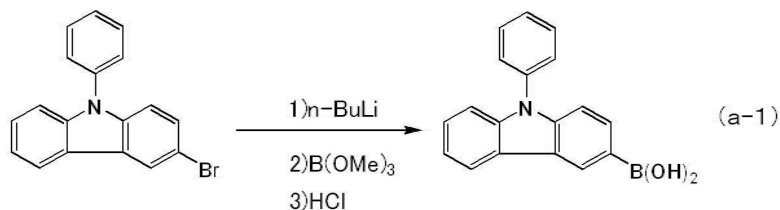
[0224] <<PCBAPA의 합성 방법>>

[0225] [단계 1: 9-페닐-9H-카르바졸-3-붕소산의 합성]

[0226] 3-브로모-9-페닐-9H-카르바졸 10g(31mmol)을 500mL의 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 치환 후, 용매의 테트라하이드로푸란(THF) 150mL을 플라스크에 넣고, 3-브로모-9-페닐-9H-카르바졸을 녹였다. 이 용액을 -80℃로 냉각하였다. 이 용액에 n-부틸리튬(1.58 mol/L 헥산 용액) 20mL(32mmol)를 시린지(syringe)에 의하여 적하하여 첨가하였다. 적하가 끝난 후, 용액을 같은 온도로 1시간 교반하였다. 교반 후, 이 용액에 붕산트리메틸 3.8mL(34mmol)를 첨가하고, 실온으로 되돌리면서 약 15시간 교반하였다. 교반 후, 이 용액에 희염산(1.0mol/L) 약 150mL을 첨가하고 1시간 더 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물로부터 유기층을 분리하고, 또한, 수층을 초산 에틸로 추출하고, 추출 용액과 유기층을 합하여 포화탄산수소나트륨으로 세정하였다. 유기층을 황산마그네슘에 의하여 건조시키고, 건조 후, 이 혼합물을 자연 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축한 결과, 담갈색의 유상물(油狀物)을 얻었다. 이 유상물을 감압 건조시킨 결과, 목적물인 담갈색 고체를 7.5g 수율 86%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 하기(a-1)에 제시한다.



[0227] [화학식 2]



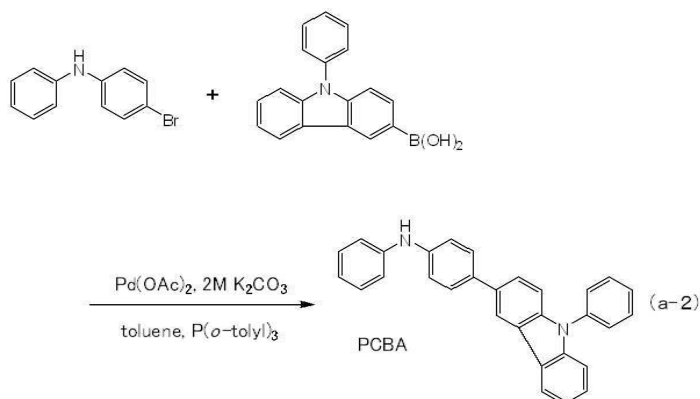
[0228]

[0229] [단계 2: 4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)디페닐아민(약칭: PCBA)의 합성]

[0230]

4-브로모디페닐아민 6.5g(26mmol), 단계 1에서 합성한 9-페닐-9H-카르바졸-3-붕소산 7.5g(26mmol), 트리(o-톨릴)포스핀 400mg(1.3mmol)을 500mL의 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물에 톨루엔 100mL, 에탄올 50mL, 탄산칼륨 수용액(0.2mol/L) 14mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 교반하면서 탈기하고, 탈기한 후, 초산팔라듐(II)을 67mg(30mmol)를 첨가하였다. 이 혼합물을 100℃로 10시간 환류하였다. 환류 후, 이 혼합물의 유기층을 분리하고 수층을 톨루엔으로 추출하고 추출 용액과 유기층을 합하여, 포화 식염수로 세정하였다. 유기층을 유산마그네슘에 의하여 건조하고, 건조한 후, 이 혼합물을 자연 여과하고, 얻어진 여과액을 농축시킨 결과, 담갈색의 유상물을 얻었다. 이 유상물을 실리카겔 컬럼 크로마토그래피(전개 용매: 톨루엔=4:6)에 의하여 정제하였다. 정제 후, 농축하여 얻어진 백색 고체를 디클로로메탄과 헥산의 혼합 용매에 의하여 재결정하고, 목적물의 백색 고체를 4.9g, 수율 45%로 얻었다. 스텝 2의 합성 스킴을 하기 (a-2)에 제시한다.

[0231] [화학식 3]



[0232]

[0233] 또한, 상기 스텝 2에서 얻어진 백색 고체를 핵자기 공명 분광법에 의하여, <sup>1</sup>H NMR을 측정하였다. 이하에 그 측정 데이터를 제시한다. 측정 결과로부터 PCBAPA를 합성하기 위한 원료인 PCBA가 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0234]

<sup>1</sup>H NMR(DMSO-d<sub>6</sub>, 300MHz): δ=6.81-6.86(m, 1H), 7.12(dd, J<sub>1</sub>=0.9Hz, J<sub>2</sub>=8.7Hz, 2H), 7.19(d, J=8.7Hz, 2H), 7.23-7.32(m, 3H), 7.37-7.47(m, 3H), 7.51-7.57(m, 1H), 7.61-7.73(m, 7H), 8.28(s, 1H), 8.33(d, J=7.2 Hz, 1H), 8.50(d, J=1.5Hz, 1H)

[0235] [단계 3: PCBAPA의 합성]

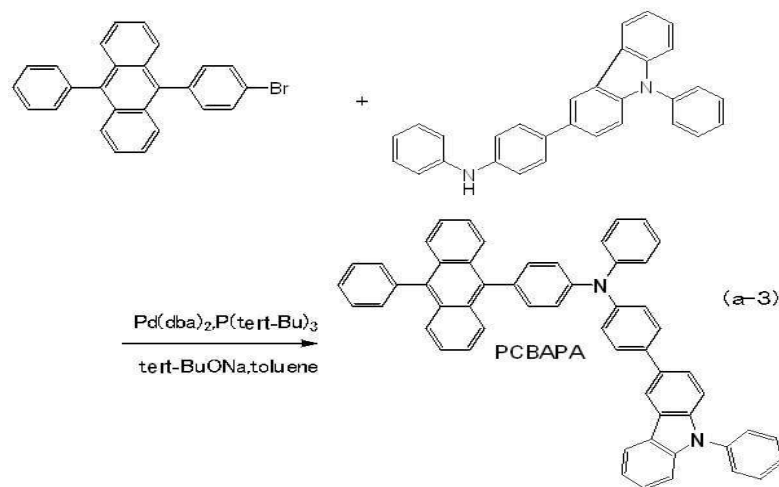
[0236]

9-(4-브로모페닐)-10-페닐안트라센 7.8g(12mmol), PCBA 4.8g(12mmol), 나트륨 tert-부톡사이드 5.2g(52mmol)을 300mL 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물에 톨루엔 60mL, 트리(tert-부틸)포스핀(10wt% 헥산 용액) 0.30mL을 첨가하였다. 이 혼합물을 감압 하에서 교반하면서 탈기하고, 탈기 후, 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 136mg(0.24mmol)을 첨가하였다. 이 혼합물을 100℃로 3시간 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물에 약 50mL의 톨루엔을 첨가하고, 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 531-16855), 알루미늄(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 540-00135)을 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 황색 고체를 얻었다. 이 고체를 톨루엔과 헥산의 혼합 용매로 재결정하고, 목적물의 PCBAPA의 담황색 고체를 6.6g, 수율 75%로 얻었다. 얻어진 담황색의 분말상 고체 3.0g을 트레인 서블리메이션(train sublimation)법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제 조건은 압

력 8.7Pa, 아르곤 가스를 유량 3.0mL/min로 흘리면서, 350℃로 PCBAPA를 가열하였다. 승화 정제 후, PCBAPA의 담황색 고체를 2.7g, 회수율 90%로 얻었다. 또한, 단계 3의 합성 스킴을 하기(a-3)에 제시한다.

[0237]

[화학식 4]



[0238]

[0239]

또한, 상기 단계 3에서 얻어진 고체의  $^1\text{H}$  NMR을 측정하였다. 이하에 측정 데이터를 제시한다. 측정 결과로부터 PCBAPA가 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0240]

$^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 300MHz):  $\delta$  = 7.09-7.14(m, 1H), 7.28-7.72(m, 33H), 7.88(d,  $J$ =8.4Hz, 2H), 8.19(d,  $J$ =7.2Hz, 1H), 8.37(d,  $J$ =1.5Hz, 1H).

[0241]

이어서, PCCPA의 합성 방법에 대하여 이하에 제시한다.

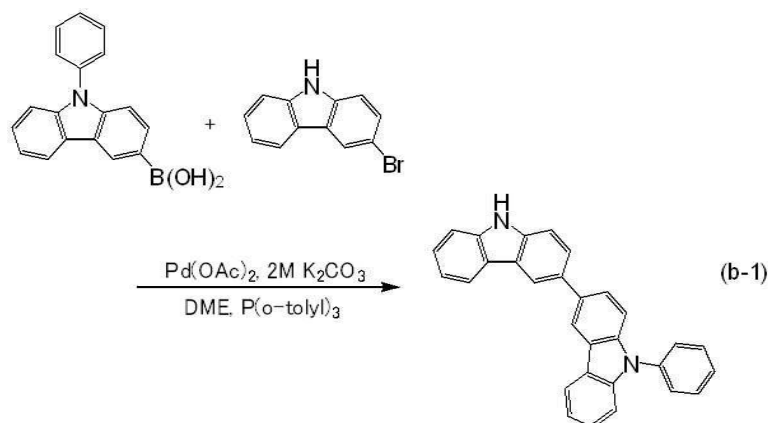
[0242]

[단계 1: 9-페닐-3,3'-비(9H-카르바졸)(약칭: PCC)의 합성]

[0243]

3-브로모카르바졸 2.5g(10mmol), N-페닐카르바졸-3-붕소산 2.9g(10mmol), 트리(오르토-톨릴)포스핀 152mg(0.50mmol)를 200mL를 3구 플라스크에 넣었다. 플라스크 내를 질소로 치환하고, 이 혼합물에 디메톡시에탄올(DME) 50mL, 탄산칼륨수용액(2mol/L) 10mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기한 후, 초산팔라듐 50mg(0.2mmol)를 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 기류하에서 80℃로 3시간 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물에 톨루엔 약 50mL를 첨가하고, 30분 정도 교반하고, 이 혼합물을 물, 포화식염수의 순서로 세정하였다. 세정 후, 유기층을 황산 마그네슘에 의하여 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과하여, 얻어진 여과액을 농축시킨 결과, 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 톨루엔에 용해시켜 이 용액을 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 540-00135), 알루미늄, 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 531-16855)를 통하여 여과하고, 얻어진 여과액을 농축한 결과, 목적물의 백색 고체를 3.3g, 수율 80%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 하기 (b-1)에 제시한다.

[0244] [화학식 5]



[0245]

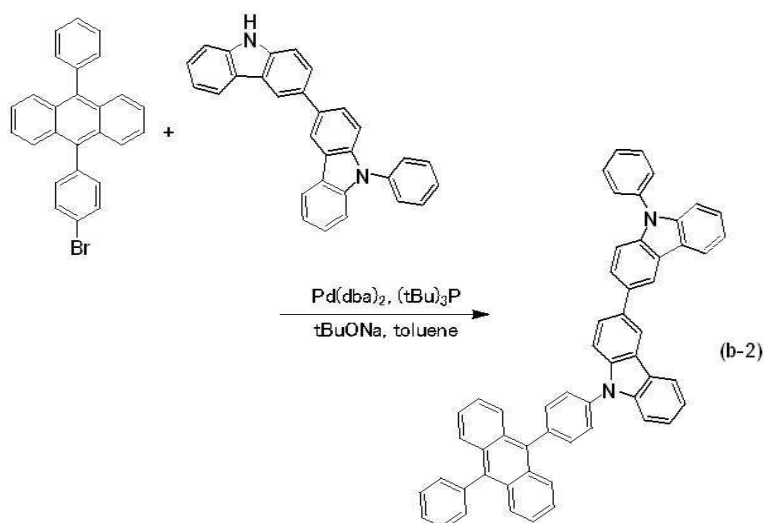
[0246] 또한, 상기 단계 1에서 얻어진 고체를 핵자기 공명 분광법에 의하여,  $^1\text{H}$  NMR을 측정하였다. 이하에 그 측정 데이터를 제시한다.

[0247]  $^1\text{H}$  NMR(DMSO- $d_6$ , 300MHz):  $\delta$ =7.16-7.21(m, 1H), 7.29-7.60(m, 8H), 7.67-7.74(m, 4H), 7.81-7.87(m, 2H), 8.24(d, J=7.8Hz, 1H), 8.83(d, J=7.8Hz, 1H), 8.54(d, J=1.5Hz, 1H), 8.65(d, J=1.5Hz, 1H), 11.30(s, 1H)

[0248] [단계 2: PCCPA의 합성]

[0249] 9-페닐-10-(4-브로모페닐)안트라센 1.2g(3.0mmol)과, PCC 1.2g(3.0mmol), *tert*-BuONa 1.0g(10mmol)를 100mL 3구 플라스크에 넣었다. 플라스크 내를 질소에 의하여 치환하고, 이 혼합물에 톨루엔 20mL, 트리(*tert*-부틸)포스핀(10wt% 헥산 용액)을 0.1mL 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하였다. 탈기한 후, 이 혼합물에 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 96mg(0.17mmol)를 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 기류하에서 110℃로 8시간 환류하였다. 환류 후, 이 혼합물에 톨루엔 약 50mL를 첨가하고 30분 정도 교반하고, 이 혼합물을 물, 포화식염수의 순서로 세정하였다. 세정한 후, 유기층을 황산마그네슘에 의하여 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과하여, 얻어진 여과액을 농축시킨 결과, 유상 물질을 얻었다. 얻어진 유상 물질을 실리카겔 칼럼 크로마토그래피(전개 용매 헥산: 톨루엔=1:1)에 의하여 정제하였다. 정제 후 농축하여 얻어진 담황색 고체를 클로로포름/헥산에 의하여 재결정한 결과, 목적물인 PCCPA의 담황색 분말 고체를 1.2g, 수율 54%로 얻었다. 얻어진 담황색 분말상 고체 2.4g을 트레인 서브리메이션법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제 조건은 압력 8.7Pa, 아르곤 가스를 유량 3.0mL/min로 흘리면서, 350℃로 PCCPA를 가열하였다. 승화 정제 후, PCCPA의 담황색 고체를 2.2g, 회수율 94%로 얻었다. 또한, 스텝 2의 합성 스킴을 하기 (b-2)에 제시한다.

[0250] [화학식 6]



[0251]

[0252] 또한, 상기 단계 2에서 얻어진 고체의  $^1\text{H}$  NMR을 측정하였다. 이하에 그 측정 데이터를 제시한다. 이로써 상술한 구조식(2)으로 표시되는 PCCA가 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0253]  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 300MHz):  $\delta$ =7.34-7.91(m, 32H), 8.27(d, J=7.2Hz, 1H), 8.31(d, J=7.5Hz, 1H), 8.52(dd,  $J_1$ =1.5Hz,  $J_2$ =5.4Hz, 2H)

### 도면의 간단한 설명

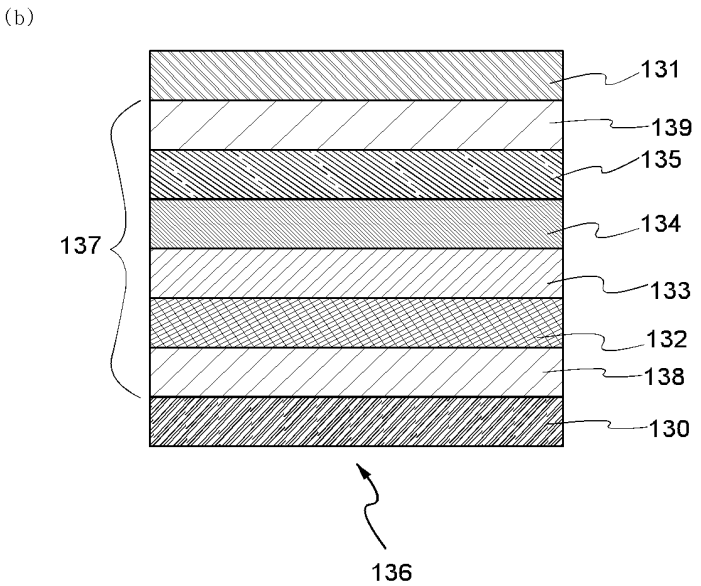
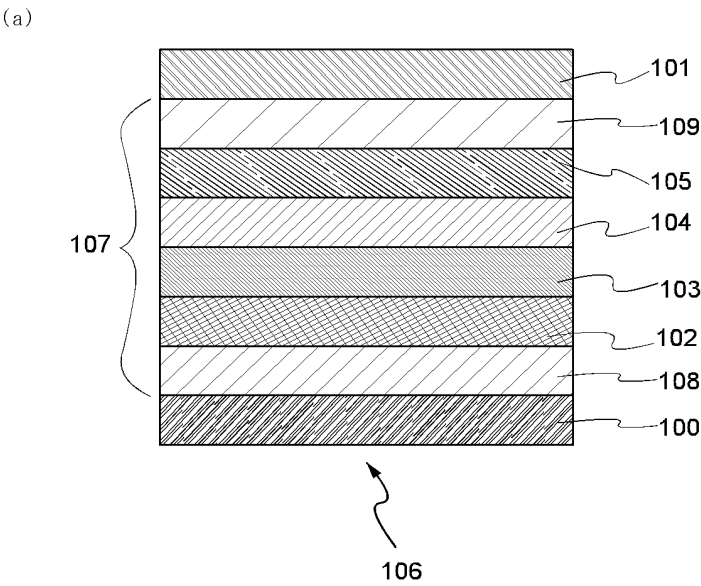
- [0254] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 개요를 도시하는 도면.
- [0255] 도 2는 종래의 발광 소자의 개요를 도시하는 도면.
- [0256] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 도시하는 상면도 및 단면도.
- [0257] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 도시하는 사시도 및 단면도.
- [0258] 도 5는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 도시하는 단면도.
- [0259] 도 6은 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 도시하는 단면도.
- [0260] 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 형태에 따른 전자기기를 도시하는 단면도.
- [0261] 도 8은 본 발명의 일 형태에 따른 전자기기를 도시하는 단면도.
- [0262] 도 9는 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시하는 단면도.
- [0263] 도 10은 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시하는 단면도.
- [0264] 도 11은 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 전류 밀도-휘도 특성을 도시하는 도면.
- [0265] 도 12는 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 전압-휘도 특성을 도시하는 도면.
- [0266] 도 13은 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 도시하는 도면.
- [0267] 도 14는 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 발광 스펙트럼을 도시하는 도면.
- [0268] 도 15는 발광 소자 1, 발광 소자 2 및 비교 발광 소자의 휘도 열화 곡선을 도시하는 도면.

[0269] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

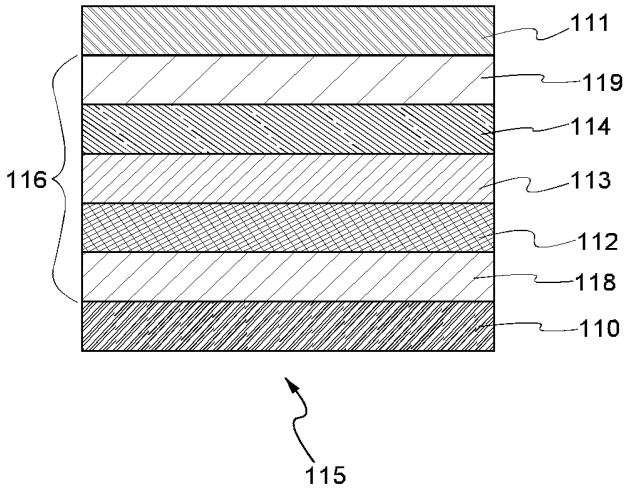
- |        |                     |                     |
|--------|---------------------|---------------------|
| [0270] | 100: 양극             | 101: 음극             |
| [0271] | 102: 제 1 층          | 103: 제 2 층          |
| [0272] | 104: 제 3 층          | 105: 제 4 층          |
| [0273] | 106: 발광 소자          | 107: 유기 화합물을 함유하는 층 |
| [0274] | 110: 양극             | 111: 음극             |
| [0275] | 112: 제 1 층          | 113: 제 2 층          |
| [0276] | 114: 제 3 층          | 115: 발광 소자          |
| [0277] | 116: 유기 화합물을 함유하는 층 |                     |
| [0278] | 130: 양극             | 131: 음극             |
| [0279] | 132: 제 1 층          | 133: 제 2 층          |
| [0280] | 134: 제 3 층          | 135: 제 4 층          |
| [0281] | 136: 발광 소자          | 137: 유기 화합물을 함유하는 층 |

도면

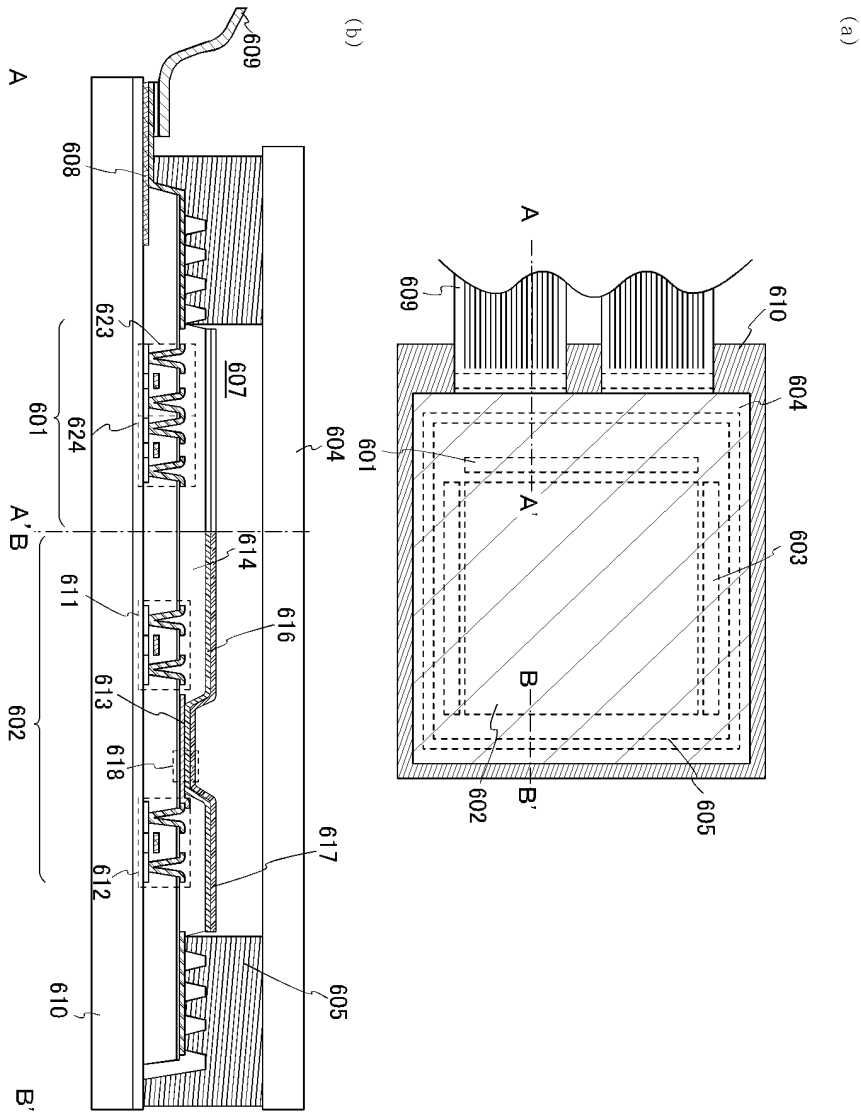
도면1



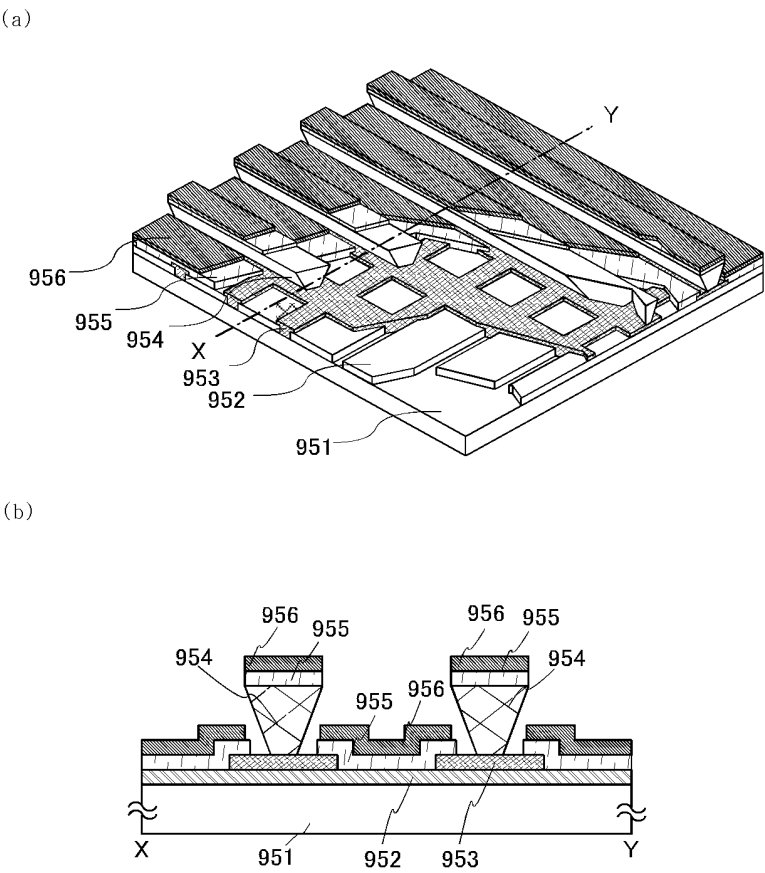
도면2



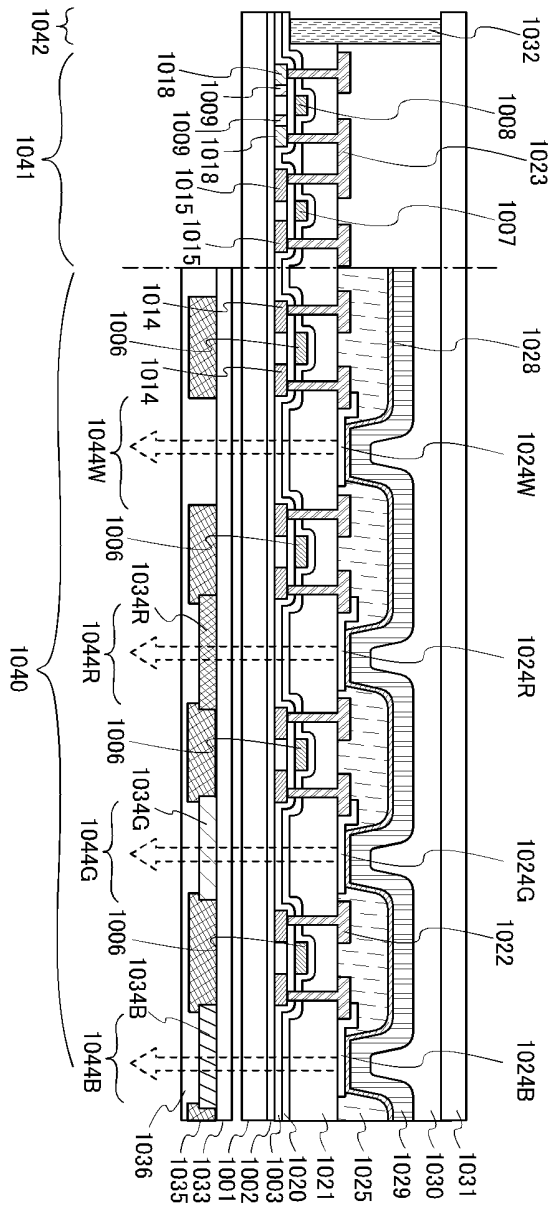
도면3



도면4

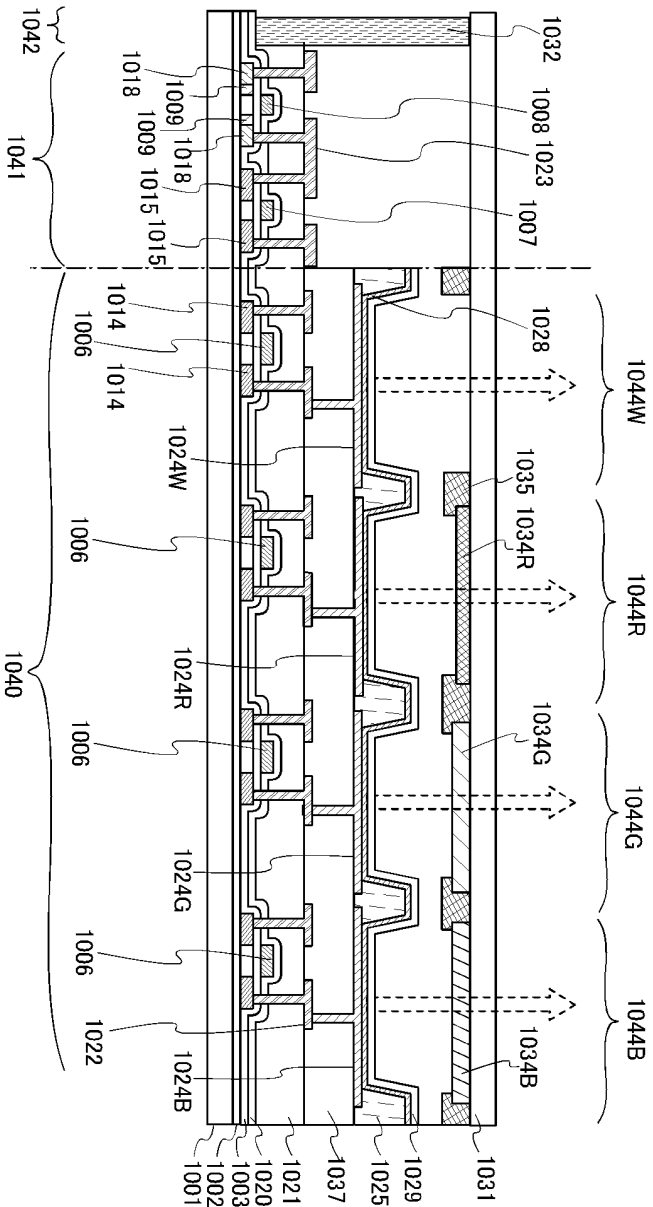


도면5



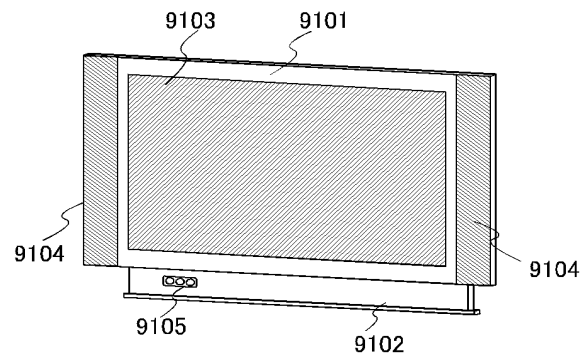


도면6

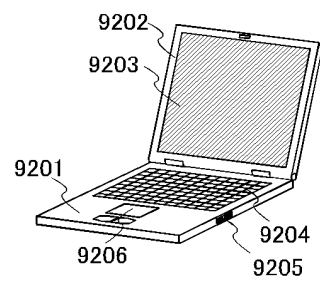


도면7

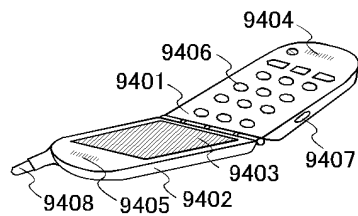
(a)



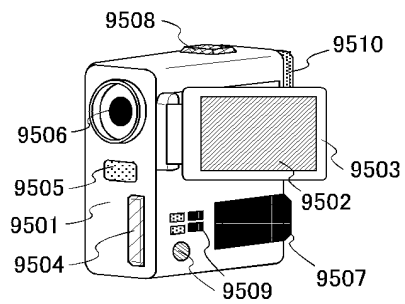
(b)



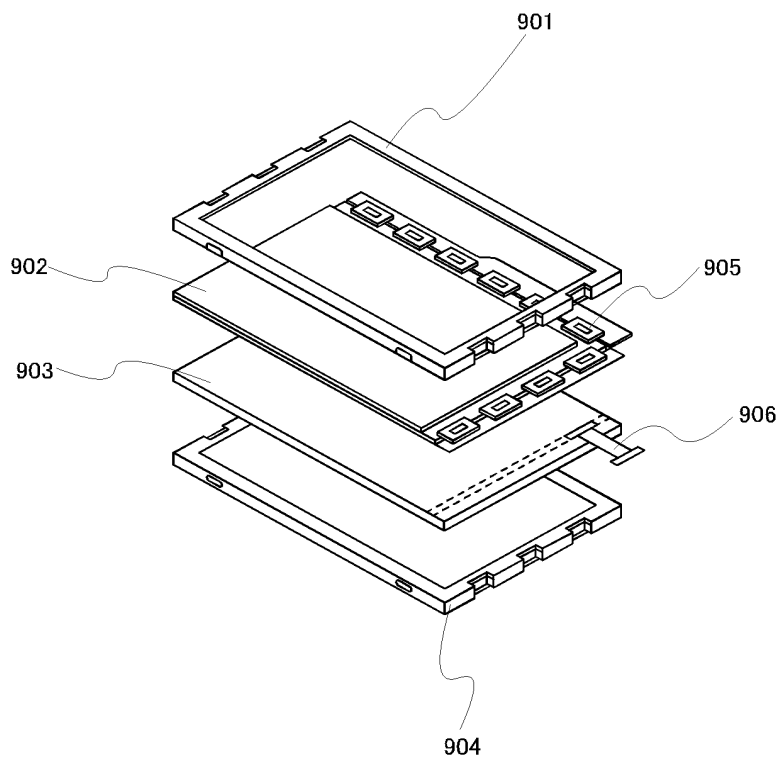
(c)



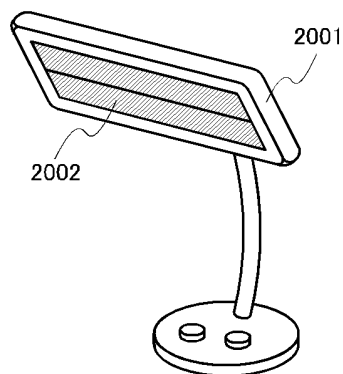
(d)



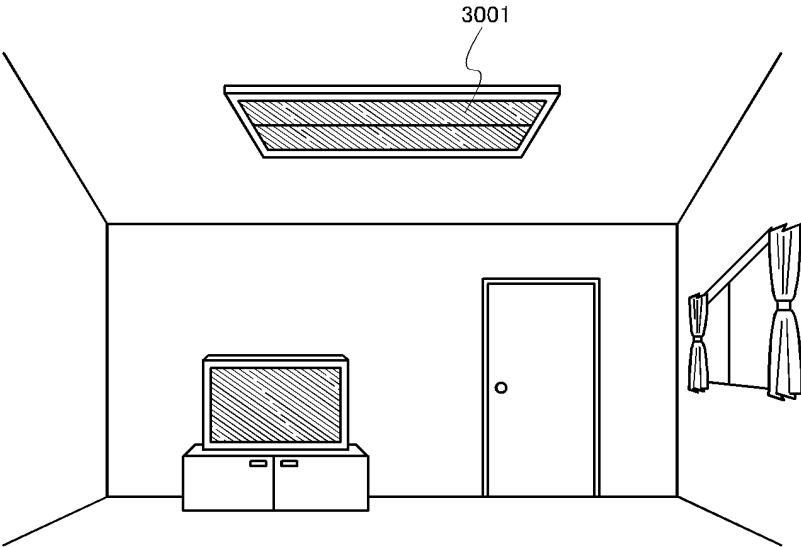
도면8



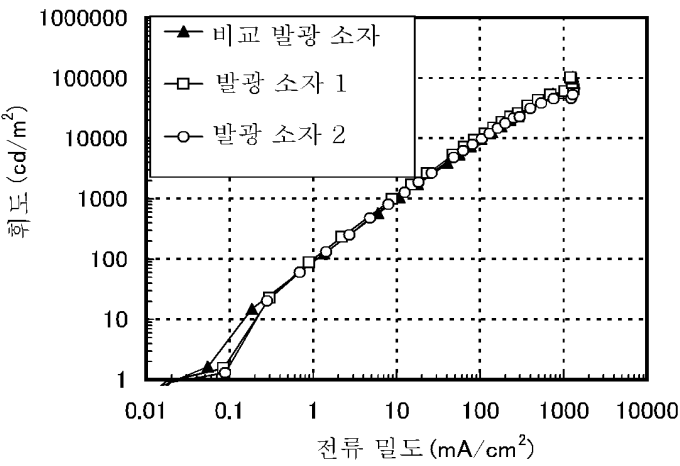
도면9



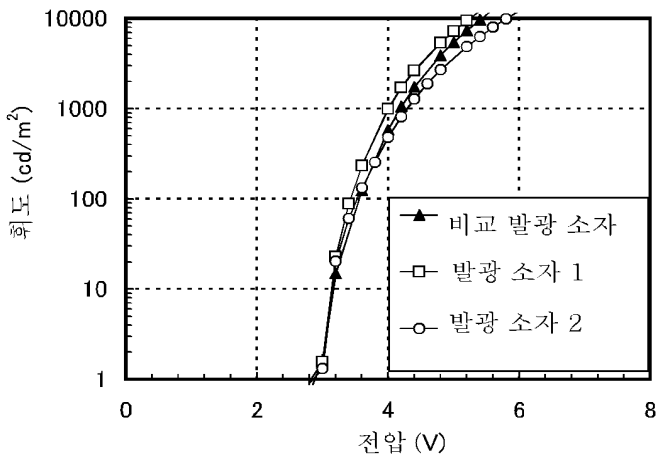
도면10



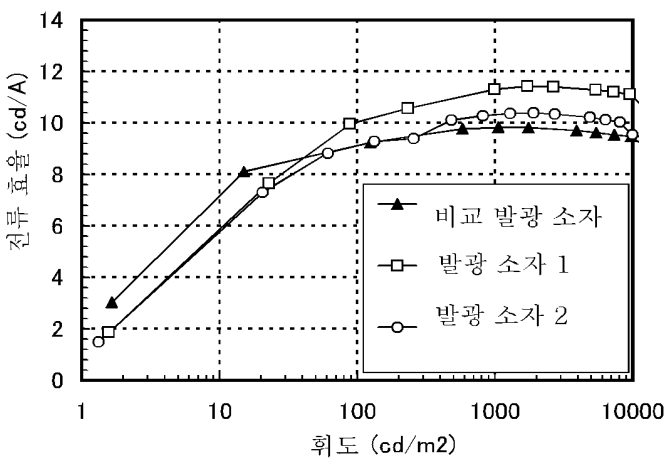
도면11



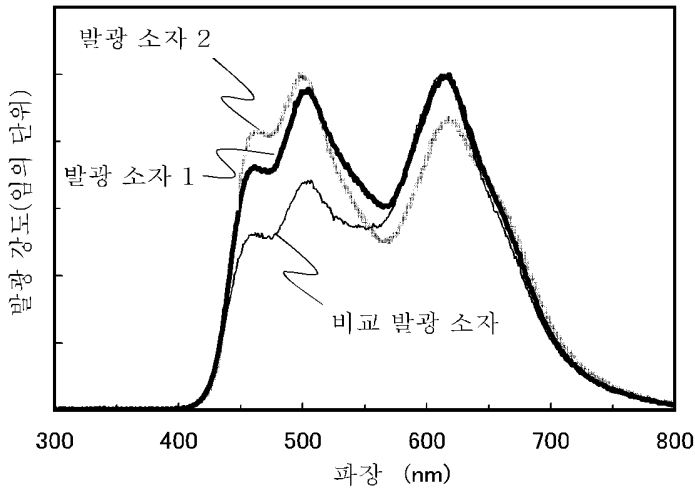
도면12



도면13



도면14





도면15

