



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월20일  
(11) 등록번호 10-2399864  
(24) 등록일자 2022년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C07D 307/91 (2006.01) C07D 333/76 (2006.01)  
C09K 11/06 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)  
H01L 51/50 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C07D 307/91 (2013.01)  
C07D 333/76 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-7016995(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2014년03월14일  
심사청구일자 2021년06월03일  
(85) 번역문제출일자 2021년06월03일  
(65) 공개번호 10-2021-0068630  
(43) 공개일자 2021년06월09일  
(62) 원출원 특허 10-2021-7004991  
원출원일자(국제) 2014년03월14일  
심사청구일자 2021년02월19일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/057944  
(87) 국제공개번호 WO 2014/157018  
국제공개일자 2014년10월02일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2013-064278 2013년03월26일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
W02012015265 A1  
(뒷면에 계속)  
전체 청구항 수 : 총 13 항

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
오기타 가오리  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내  
세오 사토시  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
양영준, 박충범

심사관 : 김영국

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

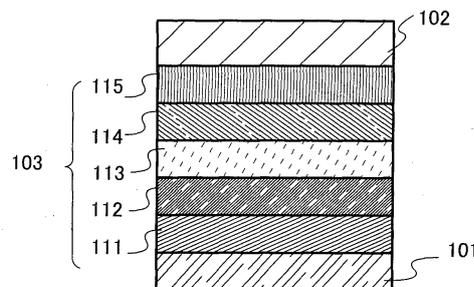
(57) 요약

높은 효율로 광을 방출하는 엑시플렉스를 형성하는 화학식 G1에 의해 나타내어진 신규 유기 화합물이 제공된다. 상기 유기 화합물 및 전자 수송성을 갖는 유기 화합물을 사용함으로써, 극도로 높은 효율로 광을 방출하는 엑시플렉스가 형성될 수 있다.

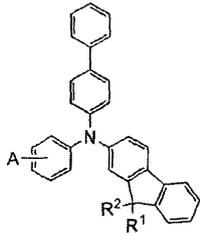
(뒷면에 계속)

대표도

도 1의 (A)



<화학식 G1>



[상기 화학식 G1에서, A, R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>는 청구범위에 정의된 바와 같음]

- |   |   |
|---|---|
| <p>(52) CPC특허분류</p> <p><b>C09K 11/06</b> (2022.01)</p> <p><b>H01L 51/0061</b> (2013.01)</p> <p><b>H01L 51/0072</b> (2013.01)</p> <p><b>H01L 51/0074</b> (2013.01)</p> <p><b>H01L 51/5016</b> (2013.01)</p> <p><b>C09K 2211/1003</b> (2013.01)</p> <p><b>C09K 2211/1088</b> (2013.01)</p> <p>(72) 발명자</p> <p><b>세오 히로미</b></p> <p>일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부<br/>시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내</p> <p><b>다카하시 다츠요시</b></p> <p>일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부<br/>시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내</p> | <p>(56) 선행기술조사문헌</p> <p>KR1020150036721 A</p> <p>KR1020150048137 A</p> <p>JP2012212879 A</p> <p>WO2012132809 A1</p> |
|---|---|
-

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

혼합 재료로서,

헤테로방향족 화합물과, 트리아릴아민 골격을 갖는 유기 화합물을 갖고,

상기 트리아릴아민 골격의 질소 원자는 페닐 기, p-비페닐 골격, 및 아릴 기와 결합하고 있고,

상기 페닐 기는 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오펜 기와 결합하고 있고,

상기 아릴 기는 탄소로 가교되어 있는 비페닐 골격을 갖고,

상기 헤테로방향족 화합물과 상기 유기 화합물은 여기 착체를 구성할 수 있는, 혼합 재료.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 아릴 기는 상기 탄소에 치환기를 갖고,

상기 치환기는 탄소 수 1 내지 6의 알킬 기 또는 페닐 기이고,

상기 치환기를 갖는 상기 아릴 기의 구조는 터페닐 골격을 포함하지 않는, 혼합 재료.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탄소로 가교되어 있는 비페닐 골격은 플루오렌 골격인, 혼합 재료.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 탄소로 가교되어 있는 비페닐 골격은 스피로플루오렌 골격인, 혼합 재료.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 헤테로방향족 화합물은 복수의 질소를 포함하는 고리를 포함하는, 혼합 재료.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 질소를 포함하는 고리는 퀴녹살린 고리, 디벤조퀴녹살린 고리, 디아진 고리 중 어느 하나인, 혼합 재료.

#### 청구항 7

발광 소자로서,

한 쌍의 전극과,

상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 발광층을 갖고,

상기 발광층은 제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 혼합 재료를 갖는, 발광 소자.

#### 청구항 8

발광 소자로서,  
 제1 전극과,  
 상기 제1 전극 위의, 제1 화합물과 제2 화합물을 포함하는 발광층과,  
 상기 발광층 위의 제2 전극을 포함하고,  
 상기 제1 화합물은 헤테로방향족 화합물이고,  
 상기 제2 화합물은 트리아릴아민 골격을 포함하고,  
 상기 트리아릴아민 골격의 질소 원자는 페닐 기, p-비페닐 골격, 및 아릴 기와 결합하고 있고,  
 상기 페닐 기는 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오펜닐 기와 결합하고 있고,  
 상기 아릴 기는 탄소로 가교되어 있는 비페닐 골격을 갖고,  
 상기 제1 화합물과 상기 제2 화합물은 여기 착체를 형성하는, 발광 소자.

**청구항 9**

제8항에 있어서,  
 상기 발광층은 제3 화합물을 더 포함하고,  
 상기 제3 화합물은 인광 발광 물질인, 발광 소자.

**청구항 10**

제9항에 있어서,  
 상기 여기 착체의 발광 스펙트럼은, 상기 인광 발광 물질의 최장파장 측의 흡수대와 중첩되는, 발광 소자.

**청구항 11**

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 헤테로방향족 화합물은 복수의 질소를 포함하는 고리를 포함하는, 발광 소자.

**청구항 12**

제11항에 있어서,  
 상기 복수의 질소를 포함하는 고리는 퀴녹살린 고리, 디벤조퀴녹살린 고리, 디아진 고리 중 어느 하나인, 발광 소자.

**청구항 13**

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자를 포함하는, 전자 기기.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 각각 유기 화합물을 발광 물질로서 포함하는, 발광 소자, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기 및 조명 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 유기 화합물을 발광 물질로서 사용한 전류 여기 유형의 발광 소자, 즉 유기 EL 소자는, 광원, 조명, 디스플레이 등으로의 응용이 진행되고 있다.

[0003] 공지된 바와 같이, 유기 EL 소자에서, 일중항 여기 상태의 엑시톤 대 삼중항 여기 상태의 엑시톤의 생성비는 1:3이다. 이에 따라, 일중항 여기 상태의 발광으로의 변환에 의해 방출되는 형광의 내부 양자 효율의 한계치는

25%이며, 삼중항 여기 상태의 발광으로의 변환에 의해 방출되는 인광은, 일중항 여기 상태로부터의 항간 교차를 통한 에너지 이동을 고려했을 때에 100%의 내부 양자 효율을 가질 수 있다. 상기 관점에서, 광이 효율적으로 방출되도록, 많은 경우에 인광 재료를 발광 물질로서 사용하는 유기 EL 소자 (인광 발광 소자로도 지칭됨)가 선택된다.

[0004] 삼중항 여기 상태의 발광으로의 변환을 유발하기 위해, 또한 지연 형광을 이용할 수 있다. 이러한 경우에는, 삼중항 여기 상태로부터 일중항 여기 상태로의 역 항간 교차가 이용되고, 발광이 일중항 여기 상태로부터 일어나기 때문에, 인광이 아니라 형광이 얻어진다. 이는 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 에너지 차이가 작은 경우에 용이하게 유발되며, 실제로 형광 발광 효율의 이론적 한계치를 초과하는 발광 효율도 보고되었다.

[0005] 또한, 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 에너지 차이가 작은 상태를 달성하기 위해 2종류의 물질에 의해 형성된 엑시플렉스 (여기 착체)를 이용하여, 고효율 발광 소자가 제공된 것도 보고되었다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0006] (비특허문헌 0001) K. Goushi et al., Applied Physics Letters, 101, pp. 023306/1-023306/4 (2012).

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 그러나, 엑시플렉스를 이용한 이러한 발광 소자에서, 특정 물질의 사용은 종종 효율적인 발광을 방해한다. 실제로, 유기 EL 소자의 개발 역사에서, 엑시플렉스는 효율을 저하시키는 것으로 고려되어 왔으며, 유기 EL 소자는 통상 엑시플렉스가 형성되지 않도록 설계되어 왔다.

[0008] 하물며, 효율적으로 광을 방출하는 엑시플렉스를 형성하기 위한 구조는 거의 밝혀지지 않았다.

[0009] 상기 관점에서, 본 발명의 한 실시형태의 목적은 효율적으로 광을 방출하는 엑시플렉스를 형성하는 신규 유기 화합물을 제공하는 것이다. 본 발명의 한 실시형태의 또 다른 목적은 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 한 실시형태의 추가의 목적은 엑시플렉스를 이용하며 높은 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 한 실시형태의 추가의 목적은 엑시플렉스로부터 광을 방출하며 높은 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 한 실시형태의 추가의 목적은, 각각 임의의 상기 발광 소자를 사용함으로써 높은 발광 효율을 갖는, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치를 제공하는 것이다.

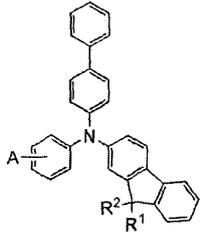
[0011] 단지 본 발명에서는 상기 기재된 목적 중 적어도 하나가 달성되는 것이 필요하다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 임의의 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 한 실시형태는, 트릴아릴아민 골격의 3개의 아릴 기가 p-비페닐 기, 플루오렌-2-일 기, 및 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오펜닐 기가 결합된 페닐 기인 트릴아릴아민 골격을 갖는 유기 화합물이다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시양태는 하기 화학식 G1에 의해 나타내어진 유기 화합물이다.

[0014] <화학식 G1>

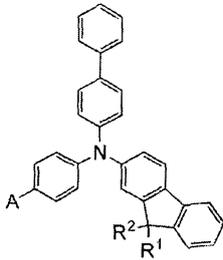


[0015]

[0016] 상기 화학식에서, A는 디벤조푸라닐 기 및 디벤조티오펜일 기 중 어느 하나를 나타내고, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 개별적으로 수소, 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬 기, 및 페닐 기 중 어느 하나를 나타낸다. R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup> 둘 다가 페닐 기인 경우에, 이들 페닐 기는 서로 결합하여 스피로플루오렌 골격을 형성할 수 있다는 것에 유의한다.

[0017] 본 발명의 추가 실시양태는 하기 화학식 G2에 의해 나타내어진 유기 화합물이다.

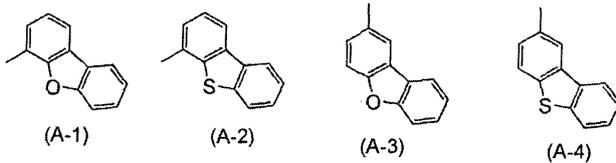
[0018] <화학식 G2>



[0019]

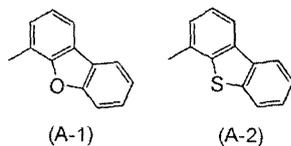
[0020] 상기 화학식에서, A는 디벤조푸라닐 기 및 디벤조티오펜일 기 중 어느 하나를 나타내고, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 개별적으로, 수소, 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬 기, 및 페닐 기 중 어느 하나를 나타낸다. R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup> 둘 다가 페닐 기인 경우에, 이들 페닐 기는 서로 결합하여 스피로플루오렌 골격을 형성할 수 있다는 것에 유의한다.

[0021] 본 발명의 추가 실시형태는 임의의 상기 구조에서의 A에 의해 나타내어진 기가 하기 구조 화학식 A-1 내지 A-4에 의해 나타내어진 기 중 어느 하나인 유기 화합물이다.



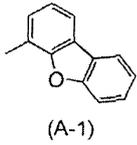
[0022]

[0023] 본 발명의 추가 실시형태는 임의의 상기 구조에서의 A에 의해 나타내어진 기가 하기 구조 화학식 A-1 또는 A-2에 의해 나타내어진 기인 유기 화합물이다.



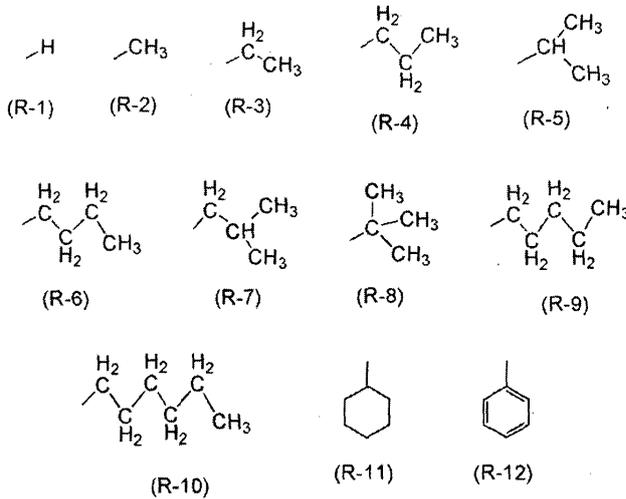
[0024]

[0025] 본 발명의 추가 실시형태는 임의의 상기 구조에서의 A에 의해 나타내어진 기가 하기 구조 화학식 A-1에 의해 나타내어진 기인 유기 화합물이다.



[0026]

[0027] 본 발명의 추가 실시형태는 임의의 상기 구조에서의 R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>가 개별적으로 하기 구조 화학식 R-1 내지 R-12에 의해 나타내어진 기 중 어느 하나를 나타내는 것인 유기 화합물이다.

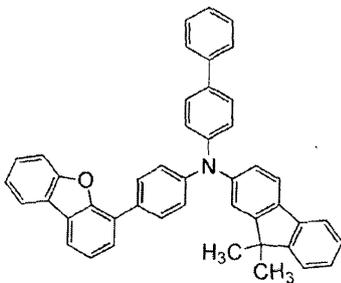


[0028]

[0029] 본 발명의 추가 실시형태는 임의의 상기 구조에서의 R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup> 둘 다가 메틸기인 유기 화합물이다.

[0030] 본 발명의 추가 실시형태는 하기 구조 화학식 100에 의해 나타내어진 유기 화합물이다.

[0031] <화학식 100>



[0032]

[0033] 본 발명의 추가 실시형태는, 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 유기 화합물을 함유하는 층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 임의의 상기 유기 화합물을 함유한다.

[0034] 본 발명의 추가 실시형태는, 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 유기 화합물을 함유하는 층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 적어도 발광층을 포함한다. 상기 발광층은 임의의 상기 유기 화합물을 함유한다.

[0035] 본 발명의 추가 실시형태는, 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 유기 화합물을 함유하는 층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 적어도 발광층을 포함한다. 상기 발광층은 적어도 제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물을 함유한다. 상기 제1 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는다. 상기 제2 유기 화합물은 임의의 상기 유기 화합물이다.

[0036] 본 발명의 추가 실시형태는, 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 유기 화합물을 함유하는 층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 적어도 발광층을 포함한다. 상기 발광층은 적어도 제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 인광 물질을 함유한다. 상기 제1 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는다.

상기 제2 유기 화합물은 임의의 상기 유기 화합물이다.

- [0037] 본 발명의 추가 실시형태는, 임의의 상기 구조를 갖는 발광 소자이며, 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물이 엑시플렉스를 형성하는 것인, 발광 소자이다.
- [0038] 본 발명의 추가 실시형태는, 임의의 상기 구조를 갖는 발광 소자이며, 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물 각각의 삼중항 여기 에너지가, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물에 의해 형성된 엑시플렉스가 방출하는 광의 파장에 대해 등가인 에너지 (즉, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물에 의해 형성된 엑시플렉스가 방출하는 광의 광 에너지)보다 더 높은 것인, 발광 소자이다.
- [0039] 본 발명의 추가 실시형태는, 임의의 상기 기재된 구조를 갖는 발광 소자를 포함하는 조명 장치이다.
- [0040] 본 발명의 추가 실시형태는, 임의의 상기 기재된 구조를 갖는 발광 소자, 및 상기 발광 소자를 제어하는 유닛을 포함하는 발광 장치이다.
- [0041] 본 발명의 추가 실시형태는, 표시부에서의 임의의 상기 기재된 구조를 갖는 발광 소자, 및 상기 발광 소자를 제어하는 유닛을 포함하는 표시 장치이다.
- [0042] 본 발명의 추가 실시형태는, 임의의 상기 기재된 구조를 갖는 발광 소자를 포함하는 전자 기기이다.
- [0043] 본 명세서에서의 발광 장치는 그의 범주에 발광 소자를 사용한 화상 표시 장치를 포함한다는 것에 유의한다. 또한, 본 명세서에서의 발광 장치의 범주는, 발광 소자에 커넥터, 예컨대 이방 도전성 필름 또는 테이프 캐리어 패키지 (TCP)가 제공된 모듈; 텅에 인쇄 배선판이 제공된 TCP를 갖는 모듈; 및 COG (칩 온 글래스) 방법에 의해 발광 소자 위에 IC (집적 회로)가 직접 실장된 모듈을 포함한다. 또한, 이러한 범주는 조명 기구 등에 사용되는 발광 장치를 포함한다.

**발명의 효과**

- [0044] 본 발명의 한 실시형태에서는, 효율적으로 광을 방출하는 엑시플렉스를 형성하는 신규 유기 화합물이 제공될 수 있다. 본 발명의 한 실시형태에서는, 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자가 제공될 수 있다. 본 발명의 한 실시형태에서는, 엑시플렉스를 이용하며 높은 효율을 갖는 발광 소자가 제공될 수 있다. 본 발명의 한 실시형태에서는, 엑시플렉스로부터 광을 방출하며 높은 효율을 갖는 발광 소자가 제공될 수 있다. 본 발명의 한 실시형태에서는, 엑시플렉스로부터의 에너지 이동을 통해 광을 방출하며 높은 효율을 갖는 인광 발광 소자가 제공될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 한 실시형태에서는, 각각 높은 발광 효율을 갖는, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치가 제공될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0046] 도 1의 (A) 및 (B)는 발광 소자의 개념도이다.
- 도 2의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.
- 도 3의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.
- 도 4는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.
- 도 5의 (A) 및 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.
- 도 6의 (A) 및 (B)는 조명 장치의 개념도이다.
- 도 7의 (A), (B1), (B2), (C) 및 (D)는 전자 기기를 도시한다.
- 도 8은 전자 기기를 도시한다.
- 도 9는 조명 장치를 도시한다.
- 도 10은 조명 장치를 도시한다.
- 도 11은 차량탑재용 표시 장치 및 조명 장치를 도시한다.
- 도 12의 (A) 내지 (C)는 전자 기기를 도시한다.

- 도 13의 (A) 및 (B)는 FrBBiF-II의 NMR 차트이다.
- 도 14의 (A) 및 (B)는 FrBBiF-II의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 15는 FrBBiF-II의 LC/MS 분석 결과를 나타낸다.
- 도 16은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 17은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸다.
- 도 18은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전압-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 19는 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전력 효율 특성을 나타낸다.
- 도 20은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸다.
- 도 21은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 22는 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 23은 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸다.
- 도 24는 발광 소자 2의 전압-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 25는 발광 소자 2의 휘도-전력 효율 특성을 나타낸다.
- 도 26은 발광 소자 2의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸다.
- 도 27은 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 28은 발광 소자 2의 정규화 휘도의 시간 의존성을 나타낸다.
- 도 29는 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸다.
- 도 30은 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 31은 발광 소자 3의 전압-전류 특성을 나타낸다.
- 도 32는 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 33은 발광 소자 3의 정규화 휘도의 시간 의존성을 나타낸다.
- 도 34의 (A) 및 (B)는 ThBBiF의 NMR 차트이다.
- 도 35는 ThBBiF의 LC/MS 분석 결과를 나타낸다.
- 도 36의 (A) 및 (B)는 ThBBiF의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 37은 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 38은 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸다.
- 도 39는 발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 40은 발광 소자 4의 휘도-전력 효율 특성을 나타낸다.
- 도 41은 발광 소자 4의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸다.
- 도 42는 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- 도 43은 발광 소자 4의 정규화 휘도의 시간 의존성을 나타낸다.
- 도 44는 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 45는 발광 소자 5의 휘도-전류 효율 특성을 나타낸다.
- 도 46은 발광 소자 5의 전압-휘도 특성을 나타낸다.
- 도 47은 발광 소자 5의 휘도-전력 효율 특성을 나타낸다.
- 도 48은 발광 소자 5의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타낸다.

도 49는 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0047] 본 발명의 실시형태에 대해 도면을 참조하여 상세하게 하기에 설명할 것이다. 본 발명은 하기 기재에 제한되지는 않으며, 통상의 기술자라면 본 발명의 취지 및 범위로부터 이탈하지 않고 다양한 변화 및 변경이 이루어질 수 있음을 용이하게 이해한다는 것에 유의한다. 따라서, 본 발명은 하기 실시형태의 내용에 제한되는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0048] (실시형태 1)

[0049] 임의의 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 한 실시형태로서, 본 실시형태에서는, 트릴아릴아민 골격의 3개의 아릴 기가 p-비페닐 기, 플루오렌-2-일 기, 및 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기가 결합된 페닐 기인 트릴아릴아민 골격을 갖는 신규 유기 화합물에 대해서 기재할 것이다.

[0050] 트릴아릴아민 골격의 질소에는 3개의 아릴 기가 결합되어 있으며, 본 실시형태의 유기 화합물에서는 3개의 아릴 기가 p-비페닐 기, 플루오렌-2-일 기, 및 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기가 결합된 페닐 기이다.

[0051] 플루오렌-2-일 기의 9-위치에서의 탄소는 1 또는 2개의 치환기를 가질 수 있으며, 이러한 치환기는 개별적으로 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬 기, 및 페닐 기 중 어느 하나이다. 치환기 둘 다가 페닐 기인 경우에, 이들 페닐 기는 서로 결합하여 스피로플루오렌 골격을 형성할 수 있다.

[0052] 또한, 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기는 페닐 기의 오르토-위치, 메타-위치 또는 파라-위치에 결합될 수 있지만, 신뢰성 관점에서 바람직하게는 페닐 기의 파라-위치에 결합된다. 또한, 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기는 합성의 관점에서 바람직하게는 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기의 4-위치 또는 2-위치에서 페닐 기에 결합되고, 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기는 더 바람직하게는 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기의 4-위치에서 페닐 기에 결합된다.

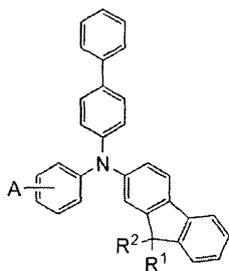
[0053] 본 실시형태에 기재된 유기 화합물에서는, 아민의 질소에 결합된 아릴 기인 각각의 p-비페닐 기 및 플루오렌-2-일 기가 비페닐 골격을 갖고, 터페닐 골격을 갖지는 않는다는 것에 유의한다. 플루오렌 골격은 가교된 비페닐 골격으로서 간주될 수 있다.

[0054] 여기서, 비페닐 골격이 터페닐 기 또는 3개 이상의 벤젠 골격을 포함하는 기로 대체되는 경우에는, 삼중항 여기 준위가 저하되어, 엑시플렉스로부터의 효율적인 발광이 억제된다. 또한, 플루오렌-2-일 기의 9-위치 이외의 위치에 치환기로서 페닐 기가 결합되는 경우에는, 터페닐 골격이 형성되어, 또한 문제가 있다. p-비페닐 기 및 플루오렌-2-일 기는 신뢰성 관점에서 치환기로서 바람직하다는 것에 유의한다.

[0055] 아민의 질소에 결합된 다른 아릴 기, 즉 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기가 결합된 페닐 기가 또한 중요한 역할을 한다. 페닐 기가 페닐 기보다 더 많은 벤젠 골격을 갖는 기, 예를 들어 비페닐 기로 대체되는 경우에, 비페닐 기, 및 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오페닐 기의 벤젠 고리 중 1개가 터페닐 골격을 형성하여, 또한 엑시플렉스로부터의 효율적인 발광이 억제된다.

[0056] 상기 기재된 유기 화합물은 보다 구체적으로 하기 화학식 G1에 의해 나타내어질 수 있다.

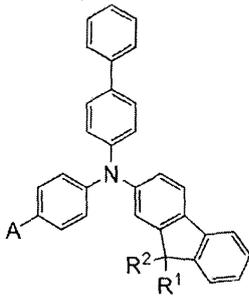
[0057] <화학식 G1>



[0058]

[0059] 화학식 G1에서, A에 의해 나타내어진 기가 결합된 페닐렌 기는 바람직하게는 p-페닐렌 기이다. 즉, 하기 화학식 G2에 의해 나타내어진 구조가 바람직하다.

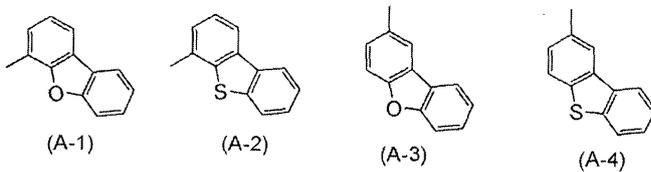
[0060] <화학식 G2>



[0061]

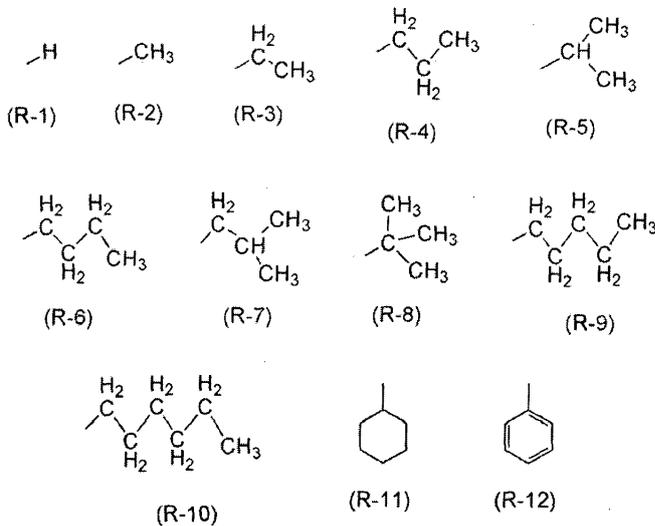
[0062] 화학식 G1 또는 G2에서, A는 디벤조푸라닐 기 및 디벤조티오펜일 기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0063] 디벤조푸라닐 기 또는 디벤조티오펜일 기는 바람직하게는 하기 구조 화학식 A-1 내지 A-4에 의해 나타내어진 기 중 어느 하나, 더 바람직하게는 구조 화학식 A-1 또는 A-2에 의해 나타내어진 기이다.



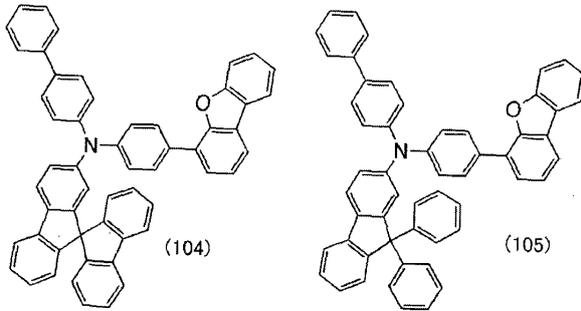
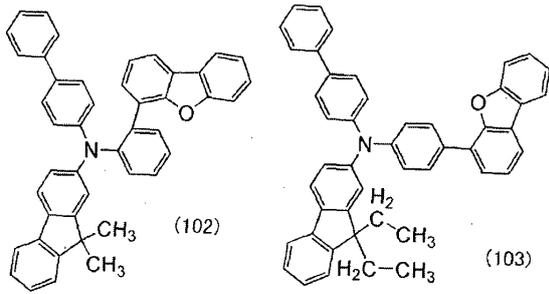
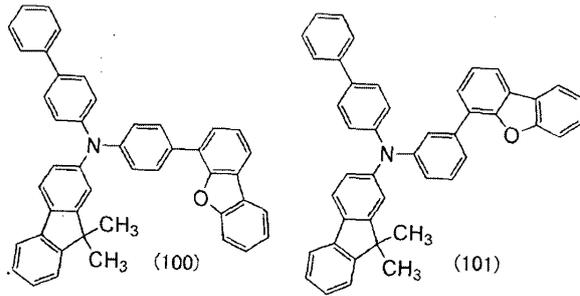
[0064]

[0065] R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 개별적으로 수소, 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬 기, 및 페닐 기 중 어느 하나를 나타낸다. R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup> 둘 다 페닐 기인 경우에, 이들 페닐 기는 서로 결합하여 스피로플루오렌 골격을 형성할 수 있다. R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>의 구체적 예는 하기 구조 화학식 R-1 내지 R-12에 의해 나타내어진 기를 포함한다.

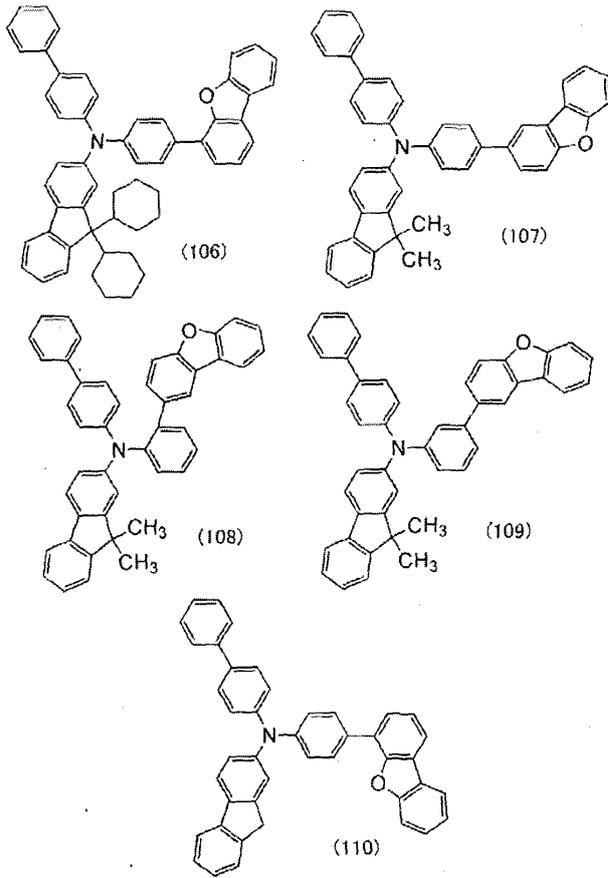


[0066]

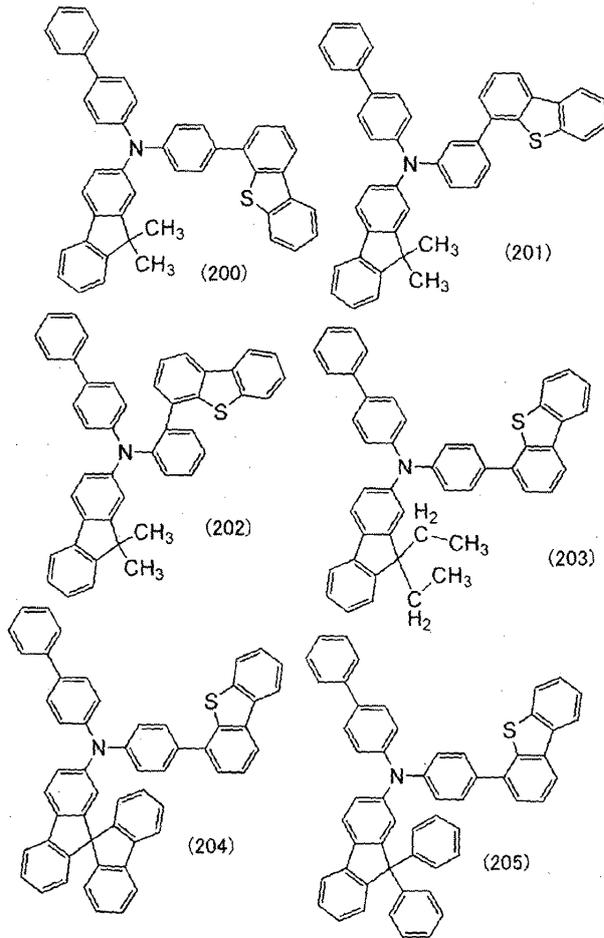
[0067] 상기 구조를 갖는 유기 화합물의 구체적 예는 하기 구조 화학식 100 내지 109 및 200 내지 209에 의해 나타내어진다. 본 발명의 한 실시형태의 유기 화합물은 하기 예에 제한되지는 않는다는 것에 유의한다.



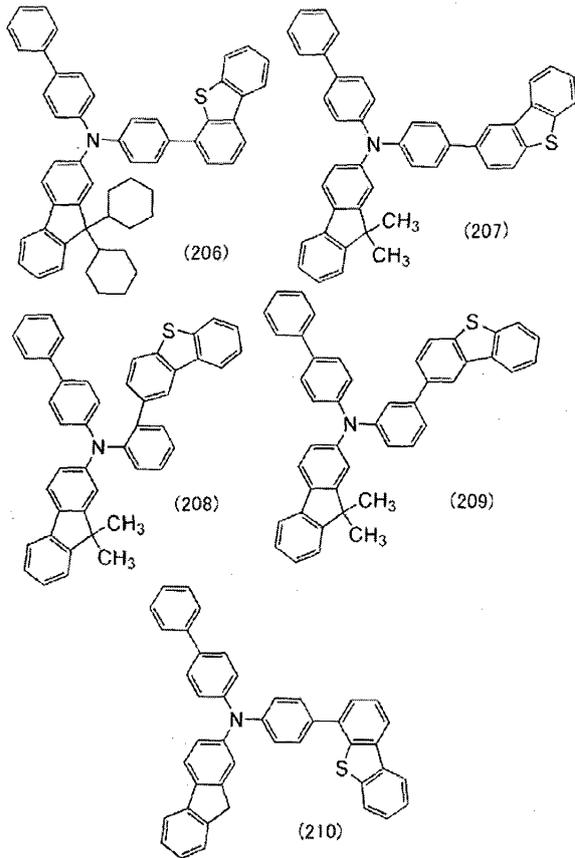
[0068]



[0069]



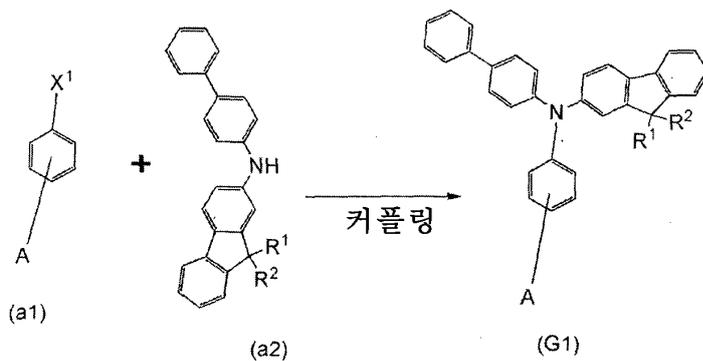
[0070]



[0071]

[0072]

상기 유기 화합물을 합성하는 방법에 대해서 기재한다. 하기 반응식에 나타낸 바와 같이, 할로젠 기를 갖는 아릴 화합물 (a1) 및 아민을 갖는 아릴 화합물 (a2)을 커플링시킴으로써 화학식 G1에 의해 나타내어진 유기 화합물을 얻을 수 있다.



[0073]

[0074]

상기 반응식에서, A는 디벤조푸라닐 기 및 디벤조티오펜일 기 중 어느 하나를 나타내고, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 개별적으로 수소, 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬 기, 및 페닐 기 중 어느 하나를 나타낸다. R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup> 둘 다 페닐 기인 경우에, 이들 페닐 기는 서로 결합하여 스피로플루오렌 골격을 형성할 수 있다는 것에 유의한다. X<sup>1</sup>은 할로젠, 바람직하게는 높은 반응성을 갖는 브로민 또는 아이오딘, 더 바람직하게는 아이오딘을 나타낸다.

[0075]

상기 반응식에서, 할로젠 기를 갖는 아릴 화합물 및 아민을 갖는 아릴 화합물 (2급 아릴아민 화합물)의 커플링 반응을 위한 다양한 반응 조건이 존재하며, 예를 들어 염기의 존재 하에 금속 촉매를 사용하는 합성 방법이 적용될 수 있다.

[0076]

반응식에서 하르트비히-부흐발트(Hartwig-Buchwald) 반응이 사용되는 경우에 대해서 기재한다. 금속 촉매로서는 팔라듐 촉매가 사용될 수 있고, 팔라듐 촉매로서는 팔라듐 착체 및 그의 리간드의 혼합물이 사용될 수 있다.

팔라듐 착체로서는, 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0), 아세트산팔라듐(II) 등이 제시된다. 리간드의 예는 트리(tert-부틸)포스핀, 트리(n-헥실)포스핀, 트리시클로헥실포스핀, 1,1'-비스(디페닐포스포노)페로센 (약칭: DPPP), 디(1-아다만틸)-n-부틸포스핀, 트리스(2,6-디메톡시페닐)포스핀 등을 포함한다. 염기로서 사용될 수 있는 물질의 예는 소듐 tert-부톡사이드 등의 유기 염기, 탄산칼륨, 인산삼칼륨, 탄산세슘 등의 무기 염기 등을 포함한다. 또한, 이러한 반응은 용액 중에서 행하는 것이 바람직하며, 사용될 수 있는 용매의 예로는 톨루엔, 크실렌, 벤젠, 메시틸렌 등이 있다. 단, 사용될 수 있는 촉매, 리간드, 염기 및 용매는 이들 예에 제한되지는 않는다. 또한, 이러한 반응은 질소, 아르곤 등의 불활성 분위기 하에 행하는 것이 바람직하다.

- [0077] 반응식에서 울만(Ullmann) 반응이 사용되는 경우에 대해서 기재한다. 금속 촉매로서는 구리 촉매가 사용될 수 있고, 아이오딘화구리(I) 또는 아세트산구리(II)가 구리 촉매로서 제시된다. 염기로서 사용될 수 있는 물질의 예로서는, 탄산칼륨 등의 무기 염기가 제시된다. 이러한 반응은 용액 중에서 행하는 것이 바람직하며, 사용될 수 있는 용매의 예로는 1,3-디메틸-3,4,5,6-테트라히드로-2(1H)피리미디논 (약칭: DMPU), 톨루엔, 크실렌, 벤젠, 메시틸렌 등이 있다. 단, 사용될 수 있는 촉매, 염기 및 용매는 이들 예에 제한되지는 않는다. 또한, 이러한 반응은 질소, 아르곤 등의 불활성 분위기 하에 행하는 것이 바람직하다.
- [0078] 울만 반응에서는, 반응 온도가 100℃ 이상인 경우에 목표 물질을 보다 짧은 시간 내에 보다 높은 수율로 얻을 수 있기 때문에, DMPU, 크실렌 또는 메시틸렌 등의 높은 비점을 갖는 용매가 바람직하게 사용된다는 것에 유의한다. 150℃보다 높은 반응 온도가 또한 바람직하며, 따라서 DMPU 또는 메시틸렌이 더 바람직하게 사용된다.
- [0079] 상기 기재된 수순을 통해, 본 실시형태에 기재된 유기 화합물이 합성될 수 있다.
- [0080] 본 실시형태에 기재된 유기 화합물을 사용함으로써, 엑시플렉스를 발광 중심으로서 사용한 발광 소자는 극도로 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다. 이러한 유기 화합물이 발광 중심인 엑시플렉스를 형성하는 물질 중 하나로서 사용된 발광 소자는, 낮은 전압에서 구동될 수 있다. 따라서, 발광 소자는 극도로 높은 전력 효율을 가질 수 있다. 본 실시형태에 기재된 유기 화합물은 정공 수송성을 가지며, 따라서 정공 수송층에 포함되는 재료로서 유리하게 사용될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0081] 이러한 엑시플렉스가 인광 물질에 에너지를 전달하는 기능을 갖는 물질로서 사용된 발광 소자는, 또한 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다. 이러한 발광 소자는 낮은 전압에서 구동될 수 있으며, 따라서 극도로 높은 전력 효율을 가질 수 있다.
- [0082] (실시형태 2)
- [0083] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에 기재된 유기 화합물이 엑시플렉스를 형성하는 2종류의 물질 중 하나로서 사용된 발광 소자의 구조에 대한 기재를 제시한다.
- [0084] 삼중항 여기 상태를 발광으로 변환하는 방법으로서, 삼중항 여기 상태에서부터의 직접 발광인 인광을 이용한 방법, 및 삼중항 여기 상태가 역 항간 교차를 통해 일중항 여기 상태로 바뀐 후에 일중항 여기 상태에서부터 발광하는 지연 형광을 이용하는 방법이 존재한다.
- [0085] 인광 재료를 사용하며 극도로 높은 효율로 광을 방출하는 발광 소자의 구조는 실제로 보고되었으며, 삼중항 여기 상태를 발광에 이용하는 것에 대한 이점을 증명한다.
- [0086] 지연 형광 재료를 사용한 발광 소자에서도 어느 정도의 성과가 최근 달성되었다. 그러나, 비교적 높은 효율로 지연 형광을 방출하는 물질은, 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태가 서로 근접하는 극도로 희귀한 상태를 갖고, 따라서 특수한 분자 구조를 가지며, 이에 따라 이러한 물질의 종류도 매우 제한된다.
- [0087] 엑시플렉스 (여기 착체로도 칭함)는 전하 이동 상호작용으로 인해 2종류의 분자에 의해 형성된 여기 상태의 착체이며, 엑시플렉스의 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태는 많은 경우에 서로 근접하는 것으로 보고되었다.
- [0088] 따라서, 엑시플렉스는 실온에서도 지연 형광을 용이하게 방출하고, 형광 발광 소자가 높은 효율을 갖는 것을 가능하게 할 수 있다. 엑시플렉스에 의해 방출되는 광은 착체를 형성하는 2종류의 물질의 보다 얇은 HOMO 준위와 보다 깊은 LUMO 준위 사이의 차이에 대해 등가인 파장을 갖는다. 따라서, 엑시플렉스를 형성하는 물질의 선택에 의해 원하는 파장을 갖는 광을 비교적 용이하게 얻을 수 있다.
- [0089] 그러나, 엑시플렉스로부터의 발광을 적극적으로 사용하는 것은 아직 조사 중이다. 높은 발광 효율을 달성하기 위한 물질의 선택 지침은 거의 없으며, 어떠한 지침도 없이 유리한 발광 소자가 제공되지는 않을 것이다.
- [0090] 상기 관점에서, 본 실시형태에서는, 엑시플렉스가 발광 중심으로서 사용되며 높은 효율로 광을 방출하는 발광

소자의 구조에 대해서 기재한다.

- [0091] 본 실시형태에서의 발광 소자는, 한 쌍의 전극 사이에, 유기 화합물을 함유하는 층 (이러한 층은 무기 화합물을 또한 함유할 수 있음)을 포함하며, 상기 유기 화합물을 함유하는 층은 적어도 발광층을 포함한다. 상기 발광층은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물 및 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물을 함유한다.
- [0092] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합은, 전류에 의해 여기되는 경우 또는 전류를 흐르게 한 경우에 엑시플렉스를 형성한다. 엑시플렉스를 형성하기 위해서는, 제1 유기 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위가 각각 제2 유기 화합물의 HOMO 준위 및 LUMO 준위보다 더 깊은 위치에 있는 것이 바람직하다.
- [0093] 엑시플렉스의 형성 과정은 하기 2가지 과정으로 크게 분류되는 것으로 고려된다.
- [0094] 하나의 형성 과정은, 캐리어를 갖는 상태 (양이온 또는 음이온)인 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물과 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물에 의해 엑시플렉스를 형성하는 과정이다.
- [0095] 다른 하나의 형성 과정은, 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물 및 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물 중 하나가 일중항 엑시톤을 형성하고, 이어서 상기 일중항 엑시톤이 기저 상태의 다른 하나와 상호작용하여 엑시플렉스를 형성하는 기본적 과정이다.
- [0096] 본 실시형태에서의 엑시플렉스는 어느 과정에 의해서나 형성될 수 있다.
- [0097] 여기서, 실시형태 1에 기재된 유기 화합물이 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물로서 사용되는 경우에, 엑시플렉스로부터의 효율적인 발광을 얻을 수 있다.
- [0098] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물 각각의 삼중항 여기 에너지 (삼중항 여기 준위와 일중항 여기 준위 사이의 차이에 대해 등가인 에너지)는 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지보다 더 높은 것이 바람직하다. 이는, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물 각각의 삼중항 여기 에너지가 엑시플렉스의 것보다 더 낮은 경우에, 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지가 이동하여 효율적인 발광이 억제되기 때문이다.
- [0099] 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태가 작은 에너지 차이를 갖는 엑시플렉스의 삼중항 여기 에너지는, 엑시플렉스의 발광 과정에 대해 등가인 것으로 고려할 수 있다는 것에 유의한다.
- [0100] 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물로서는, 주로  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 전자 수송성 재료가 사용될 수 있다. 구체적으로, 질소-함유 헤테로방향족 화합물과 같은  $\pi$  전자 부족형 헤테로방향족 화합물이 바람직하고, 예를 들어 하기 화합물: 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸 (약칭: PBD), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸 (약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠 (약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]-9H-카르바졸 (약칭: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸) (약칭: TPBI), 및 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸 (약칭: mDBTBI-m-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물; 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTPDBq-II), 7-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 6mDBTPDBq-II), 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTPDBq-II), 및 2-[3'-(9H-카르바졸-9-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mCzBPDBq) 등의 퀴놀살린 골격 또는 디벤조퀴놀살린 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물; 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-디벤조티오펜-4-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 및 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm) 등의 디아진 골격 (피리미딘 골격 또는 피라진 골격)을 갖는 헤테로시클릭 화합물; 및 3,5-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트리스[3-(3-피리딜)페닐]벤젠 (약칭: TmPyPB), 및 3,3',5,5'-테트라[(m-피리딜)-펜-3-일]비페닐 (약칭: BP4mPy) 등의 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물이 사용될 수 있다. 상기 기재된 화합물 중에서도, 퀴놀살린 골격 또는 디벤조퀴놀살린 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물은 높은 신뢰성을 가져서, 바람직하게 사용될 수 있다. 제1 유기 화합물로서는, 페닐-디(1-피레닐)포스핀 옥시드 (약칭: POPy<sub>2</sub>), 스피로-9,9'-비플루오렌-2-일-디페닐포스핀 옥시드 (약칭: SPP01), 2,8-비스(디페닐포스포릴)디벤조[b,d]티오펜 (약칭: PPT), 및 3-(디페닐포스포릴)-9-[4-(디페닐포스포릴)페닐]-9H-카르바졸 (약칭: PP021) 등의 트리아릴 포스핀 옥시드; 및 트리스[2,4,6-트리메틸-3-(3-피리딜)페닐]보란 (약칭: 3TPYMB) 등의 트리아릴 보란이 또한 제시될 수 있다. 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 구체적으로 피리미딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물이 바람직하게 사용되며, 이러한 경우에 광은 높은 효율로 방출될 수 있다는 것에 유의한다.

[0101] 상기 기재된 바와 같은 제1 유기 화합물 및 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 제2 유기 화합물에 의해 형성된 엑시플렉스는 극도로 높은 효율로 광을 방출할 수 있으며, 따라서 본 실시형태에서의 발광 소자는 높은 효율로 광을 방출할 수 있다. 추출 효율을 향상시키도록 설계되지 않은 경우에 형광 발광 소자의 외부 양자 효율의 이론적 한계치는 일반적으로 5% 내지 7%인 것으로 고려되지만, 본 실시형태에서의 발광 소자의 구조를 사용함으로써 이론적 한계치를 초과하는 외부 양자 효율을 갖는 발광 소자가 용이하게 제공될 수 있다.

[0102] 상기 기재된 바와 같이, 엑시플렉스의 발광 파장은, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의, 보다 얇은 HOMO 준위와 보다 깊은 LUMO 준위 사이의 차이에 대해 등가이기 때문에, 각각 적절한 준위를 갖는 물질을 선택함으로써 원하는 파장을 갖는 광을 방출하는 발광 소자가 용이하게 제공될 수 있다.

[0103] 이러한 방식으로, 본 실시형태에서의 구조는, 삼중항 여기 상태를 발광으로 변환할 수 있는 고효율 발광 소자를 제공하는 것을 가능하게 한다. 이외에도, 이러한 특징을 갖는 발광 소자는 그의 발광 파장에 대해 큰 제한 없이 제공될 수 있다.

[0104] 본 실시형태에 기재된 구조를 갖는 발광 소자의 발광층에는 형광 발광 물질이 첨가되어 형광 발광 물질로부터의 발광이 제공될 수 있다는 것에 유의한다. 발광 소자는 삼중항 여기 상태를 일중항 여기 상태로 변환할 수 있는 엑시플렉스를, 에너지를 이동시키는 기능을 갖는 물질로서 사용하기 때문에, 형광 물질은 높은 효율로 광을 방출할 수 있다. 또한, 안정성을 갖는 형광 발광 물질로부터 발광을 얻기 때문에, 발광 소자는 긴 수명을 가질 수 있다.

[0105] (실시형태 3)

[0106] 본 실시형태에서는, 발광층이 인광 물질을 추가로 함유하며 상기 인광 물질로부터 광을 방출하는 실시형태 2에서의 발광 소자에 대한 기재를 제시한다. 본 실시형태에서의 발광 소자는, 발광층이 인광 물질을 함유하는 것 이외에는, 실시형태 2에 기재된 발광 소자와 동일한 구조를 갖는다. 공통의 구조 및 재료에 대한 기재는 반복하지 않았다. 실시형태 2에서의 해당 기재를 참조하도록 한다.

[0107] 발광층이 인광 물질을 함유하기 때문에, 엑시플렉스로부터 인광 물질로의 효율적인 에너지 이동을 행할 수 있다.

[0108] 여기서, 인광 물질을 사용한 발광 소자의 높은 발광 효율을 달성하기 위해, 호스트 재료와 인광 물질 사이의 에너지 이동을 고려할 것이다. 캐리어 재결합은 호스트 재료 및 인광 물질 둘 다에서 일어나며, 따라서 발광 효율을 증가시키기 하기 위해서는 호스트 재료로부터 인광 물질로의 효율적인 에너지 이동이 필요하다.

[0109] 호스트 재료로부터 인광 물질로의 에너지 이동의 메카니즘으로서는, 2가지 메카니즘이 제안되었으며, 하나는 벅스터(Dexter) 메카니즘이고, 다른 하나는 뫼르스터(Foerster) 메카니즘이다. 하기에 각각의 메카니즘에 대해서 기재한다. 여기서, 여기 에너지를 제공하는 분자를 호스트 분자로서 지칭하며, 여기 에너지를 수용하는 분자를 게스트 분자로서 지칭한다.

[0110] <<뫼르스터 메카니즘 (쌍극자-쌍극자 상호작용)>>

[0111] 뫼르스터 메카니즘 (뫼르스터 공명 에너지 이동으로도 지칭됨)은 에너지 이동을 위해 분자들 사이의 직접 접촉을 필요로 하지 않는다. 호스트 분자와 게스트 분자 사이의 쌍극자 진동의 공명 현상을 통해 에너지 이동이 일어난다. 쌍극자 진동의 공명 현상에 의해, 호스트 분자는 게스트 분자에 에너지를 제공하여, 호스트 분자는 기저 상태로 되돌아가고, 게스트 분자는 여기 상태에 도달한다. 뫼르스터 메카니즘의 속도 상수  $k_{h \rightarrow g}$ 는 하기 수학적 식 1에 의해 표현된다.

[0112] <수학적 식 1>

$$k_{h \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \epsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu$$

[0113]

[0114] 수학적 식 1에서,  $\nu$ 는 진동수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 정규화된 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태에서부터의 에너지 이동에서는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 몰 흡수 계수를 나타내고,  $N$ 은 아보가드로수를 나타내고,  $n$ 은 매체의 굴절률

을 나타내고, R은 호스트 분자와 게스트 분자 사이의 분자간 거리를 나타내고,  $\tau$ 는 측정된 여기 상태의 수명 (형광 수명 또는 인광 수명)을 나타내고, c는 광속을 나타내고,  $\phi$ 는 발광 양자 수율 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 형광 양자 수율, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 인광 양자 수율)을 나타내고,  $K^2$ 는 호스트 분자와 게스트 분자 사이의 전이 쌍극자 모멘트의 배향에 대한 계수 (0 내지 4)를 나타낸다. 랜덤 배향에서는  $K^2 = 2/3$ 인 것에 유의한다.

[0115] <<텍스터 메카니즘 (전자 교환 상호작용)>>

[0116] 텍스터 메카니즘 (텍스터 전자 이동으로도 지칭됨)에서, 호스트 분자 및 게스트 분자는 그들의 궤도가 중첩될 수 있는 접촉 유효 범위에 근접하고, 여기 상태의 호스트 분자 및 기저 상태의 게스트 분자가 그들의 전자를 교환하여, 에너지 이동으로 이어진다. 텍스터 메카니즘의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 는 하기 수학적 식 2에 의해 표현된다.

[0117] <수학적 식 2>

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left( \frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left( -\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \epsilon'_g(\nu) d\nu$$

[0118]

[0119] 수학적 식 2에서, h는 플랑크(Planck) 상수를 나타내고, K는 에너지 차원을 갖는 상수를 나타내고,  $\nu$ 는 진동수를 나타내고,  $f'_h(\nu)$ 는 호스트 분자의 정규화된 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 인광 스펙트럼)을 나타내고,  $\epsilon'_g(\nu)$ 는 게스트 분자의 정규화된 흡수 스펙트럼을 나타내고, L은 유효 분자 반경을 나타내고, R은 호스트 분자와 게스트 분자 사이의 분자간 거리를 나타낸다.

[0120] 여기서, 호스트 분자로부터 게스트 분자로의 에너지 이동의 효율 (에너지 이동 효율  $\Phi_{ET}$ )은 하기 수학적 식 3에 의해 표현된다. 수학적 식에서,  $k_r$ 은 발광 과정 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 형광, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 인광)의 속도 상수를 나타내고,  $k_n$ 은 비-발광 과정 (열 실활 또는 항간 교차)의 속도 상수를 나타내고,  $\tau$ 는 측정된 여기 상태의 수명을 나타낸다.

[0121] <수학적 식 3>

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left( \frac{1}{\tau} \right) + k_{h^* \rightarrow g}}$$

[0122]

[0123] 먼저, 수학적 식 3에 따르면, 에너지 이동의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 또 다른 경합하는 속도 상수  $k_r + k_n (= 1/\tau)$ 에 비해 훨씬 증가시키므로써 에너지 이동 효율  $\Phi_{ET}$ 를 증가시킬 수 있는 것으로 이해된다. 이때, 에너지 이동의 속도 상수  $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 증가시키기 위해, 수학적 식 1 및 2를 기초로 하여, 피르스터 메카니즘 및 텍스터 메카니즘에서, 호스트 분자의 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는 인광 스펙트럼)은 게스트 분자의 흡수 스펙트럼과 크게 중첩되는 것이 바람직하다.

[0124] 여기서, 호스트 분자의 발광 스펙트럼과 게스트 분자의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 고려하는데 있어서, 게스트 분자의 흡수 스펙트럼에서의 최장파장측 (최저에너지측)의 흡수대가 중요하다.

[0125] 본 실시형태에서는, 인광 물질이 게스트 재료로서 사용된다. 인광 물질의 흡수 스펙트럼에서, 발광에 가장 크게 기여하는 것으로 고려되는 흡수대는, 기저 상태에서 삼중항 여기 상태로의 직접 전이에 상응하는 흡수 파장 및 상기 흡수 파장의 근방에 있으며, 이는 최장파장측에 있다. 따라서, 호스트 재료의 발광 스펙트럼 (형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼)은 인광 물질의 흡수 스펙트럼에서의 최장파장측의 흡수대와 중첩되는 것이 바람직한 것으로 고려된다.

[0126] 예를 들어, 대부분의 유기금속 착체, 특히 발광 이리듐 착체는 최장파장측의 흡수대로서 500 nm 내지 600 nm 부근에 넓은 흡수대를 갖는다. 이러한 흡수대는 주로 삼중항 MLCT (금속 대 리간드 전하 이동) 전이를 기초로 한

다. 흡수대는 또한 삼중항  $\pi-\pi^*$  전이 및 일중항 MLCT 전이를 기초로 하는 흡수를 포함하며, 이들 흡수는 서로 중첩되어 흡수 스펙트럼에서의 최장파장측에 넓은 흡수대를 형성하는 것으로 고려된다는 것에 유의한다. 따라서, 유기금속 착체 (특히 이리듐 착체)가 게스트 재료로서 사용되는 경우에는, 상기 기재된 바와 같이 최장파장측의 넓은 흡수대가 호스트 재료의 발광 스펙트럼과 크게 중첩되도록 하는 것이 바람직하다.

[0127] 여기서 먼저, 삼중항 여기 상태의 호스트 재료로부터의 에너지 이동을 고려할 것이다. 상기 기재된 논의를 볼 때, 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서는, 호스트 재료의 인광 스펙트럼 및 게스트 재료의 최장파장측의 흡수대가 크게 중첩되는 것이 바람직하다.

[0128] 그러나, 여기서 문제는, 일중항 여기 상태의 호스트 분자로부터의 에너지 이동이다. 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동 뿐만 아니라 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 효율적으로 행하기 위해서는, 상기 기재된 논의를 볼 때, 호스트 재료의 인광 스펙트럼 뿐만 아니라 그의 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장측의 흡수대와 중첩되도록 호스트 재료를 설계해야 함이 명백하다. 즉, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 그의 인광 스펙트럼과 유사한 위치에 있도록 호스트 재료를 설계하지 않는 한, 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태 둘 다의 호스트 재료로부터의 효율적인 에너지 이동을 달성하는 것은 가능하지 않다.

[0129] 그러나 일반적으로,  $S_1$  준위는  $T_1$  준위와 크게 차이가 나며 ( $S_1$  준위 >  $T_1$  준위), 따라서 형광 발광 파장도 인광 발광 파장과 크기 차이가 난다 (형광 발광 파장 < 인광 발광 파장). 예를 들어, 인광 물질을 함유하는 발광 소자에 통상적으로 사용되는 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약칭: CBP)은 500 nm 부근에 인광 스펙트럼을 갖고, 400 nm 부근에 형광 스펙트럼을 가져서, 이들은 대략 100 nm만큼 크게 차이가 난다. 이러한 예는 또한, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 그의 인광 스펙트럼과 유사한 위치에 있도록 호스트 재료를 설계하는 것이 극도로 곤란하다는 것을 나타낸다.

[0130] 또한,  $S_1$  준위는  $T_1$  준위보다 더 높기 때문에, 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장측의 흡수 스펙트럼에 근접하는 파장에 상응하는 호스트 재료의  $T_1$  준위는 게스트 재료의  $T_1$  준위보다 더 낮다.

[0131] 따라서, 본 실시형태에서와 같이 엑시플렉스를 이용하여, 에너지 이동의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0132] 엑시플렉스의 형광 스펙트럼은, 제1 유기 화합물 단독 또는 제2 유기 화합물 단독의 형광 스펙트럼보다 더 장파장측에 있다. 따라서, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의  $T_1$  준위를 게스트 재료의  $T_1$  준위보다 더 높게 유지하면서, 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 최대화할 수 있다. 또한, 엑시플렉스는  $T_1$  준위 및  $S_1$  준위가 서로 근접하는 상태이며, 따라서 형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼은 실질적으로 동일한 위치에 존재한다. 따라서, 엑시플렉스의 형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼 둘 다는 게스트 분자의 일중항 기저 상태로부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상응하는 흡수 (흡수 스펙트럼에서의 최장파장측에 존재하는 게스트 분자의 넓은 흡수대)와 크게 중첩될 수 있어서, 높은 에너지 이동 효율을 갖는 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0133] 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물 대 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물의 혼합비를 조정함으로써 캐리어 밸런스를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제1 유기 화합물 대 제2 유기 화합물 (또는 첨가제)의 비는 바람직하게는 1:9 내지 9:1이다. 이러한 경우에, 1종류의 인광 물질이 분산된 발광층을 2개의 층으로 분할하고, 이들 2개의 층이 제1 유기 화합물 대 제2 유기 화합물의 상이한 혼합비를 갖는 구조를 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 이러한 구조를 사용하면, 발광 소자에서의 캐리어 밸런스를 최적화할 수 있어서, 발광 소자의 수명을 개선할 수 있다. 또한 이러한 경우에, 발광층 중 하나는 정공 수송성 층일 수 있고, 발광층 중 다른 하나는 전자 수송성 층일 수 있다.

[0134] 인광 물질로서 사용될 수 있는 재료는 특별히 제한되지는 않는다. 청색 인광 물질의 예는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일- $\kappa$ N2]페닐- $\kappa$ C}이리듐(III) (약칭: Ir(mpztz-dmp)<sub>3</sub>), 트리스(5-메틸-3,4-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약칭: Ir(Mptz)<sub>3</sub>), 또는 트리스[4-(3-비페닐)-5-이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약칭: Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>) 등의 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약칭: Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>), 또는 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약칭: Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>) 등의 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; fac-트리스[1-(2,6-디이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III) (약칭: Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>), 또는 트리스[3-(2,6-디메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트

리디네이트]이리듐(III) (약칭: Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 및 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III) 테트라키스(1-피라졸릴)보레이트 (약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III) 피콜리네이트 (약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>}이리듐(III) 피콜리네이트 (약칭: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)), 또는 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>]이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 리간드로 하는 유기금속 이리듐 착체를 포함한다. 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 우수한 신뢰성 및 발광 효율을 가져서 특히 바람직하다는 것에 유의한다. 녹색 인광 물질의 예는 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(mppm)<sub>3</sub>), 트리스(4-t-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(tBuppm)<sub>3</sub>), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)), 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-펜탄디오네이트-κ<sup>2</sup>O,0')이리듐(III) (약칭: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[6-(2-노르보르닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (약칭: Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (약칭: Ir(mpmpm)<sub>2</sub>(acac)), 또는 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)), 또는 (아세틸아세토네이트)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) (약칭: Ir(ppy)<sub>3</sub>), 비스(2-페닐피리디네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(bzq)<sub>3</sub>), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) (약칭: Ir(pq)<sub>3</sub>), 또는 비스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)테르븀(III) (약칭: Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속 착체를 포함한다. 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 뚜렷하게 높은 신뢰성 및 발광 효율을 가져서 특히 바람직하다는 것에 유의한다. 적색 인광 물질의 예는 (디이소부틸메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리듐(III) (약칭: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)), 또는 비스[4,6-디(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(dlnpm)<sub>2</sub>(dpm)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)), 비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴논살리네이트]이리듐(III) (약칭: Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 트리스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) (약칭: Ir(piq)<sub>3</sub>), 또는 비스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II) (약칭: PtOEP) 등의 백금 착체; 및 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III) (약칭: Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)), 또는 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III) (약칭: Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)) 등의 희토류 금속 착체를 포함한다. 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 뚜렷하게 높은 신뢰성 및 발광 효율을 가져서 특히 바람직하다는 것에 유의한다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 유리한 색도를 갖는 적색 발광을 제공하기 때문에, 백색 발광 소자에서의 이러한 유기금속 이리듐 착체의 사용은 백색 발광 소자의 연색성을 개선한다. 벤조푸로피리미딘 골격을 갖는 유기 화합물은 또한 청색 내지 자외선 영역에서 광을 방출하여, 발광 중심 재료로서 사용될 수 있다는 것에 유의한다. 벤조푸로피리미딘 골격을 갖는 화합물이 또한 사용될 수

있다.

- [0135] 인광 물질로서 사용될 수 있는 재료는 상기 제시된 물질 대신에 다양한 다른 물질로부터 또한 선택될 수 있다.
- [0136] 상기 구조를 갖는 발광 소자는 높은 에너지 이동 효율을 가져서 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다. 엑시플렉스로부터의 에너지 이동을 이용함으로써 광을 방출하는 인광 발광 소자는, 낮은 전압에서 구동될 수 있다. 따라서, 본 실시형태에서의 발광 소자는 극도로 높은 전력 효율을 가질 수 있다.
- [0137] (실시형태 4)
- [0138] 본 실시형태에서는, 실시형태 2 또는 3에 기재된 발광 소자의 구조의 상세한 예에 대해서 도 1의 (A) 및 (B)를 참조하여 하기에 기재할 것이다.
- [0139] 도 1의 (A)에서, 발광 소자는 제1 전극(101), 제2 전극(102), 및 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이에 제공되고 유기 화합물을 함유하는 층(103)을 포함한다. 본 실시형태에서, 제1 전극(101)은 애노드로서 기능하고, 제2 전극(102)은 캐소드로서 기능한다는 것에 유의한다. 즉, 제1 전극(101)의 전위가 제2 전극(102)의 전위보다 더 높도록 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이에 전압을 인가했을 때에 발광을 얻을 수 있다. 유기 화합물을 함유하는 층(103)은 적어도 발광층(113)을 포함한다. 도 1의 (A)에 도시된 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(114) 및 전자 주입층(115)은 단지 예이며, 반드시 제공되는 것은 아니다. 임의의 다른 기능을 갖는 층이 또한 제공될 수 있다.
- [0140] 제1 전극(101)은 애노드로서 기능하며, 바람직하게는 높은 일함수 (구체적으로 4.0 eV 이상의 일함수)를 갖는 임의의 금속, 합금, 도전성 화합물, 그의 혼합물 등을 사용하여 형성된다. 구체적 예는 산화인듐-산화주석(ITO: 인듐 주석 산화물), 규소 또는 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐 (IWZO) 등이다. 이러한 도전성 금속 산화물 막은 통상 스퍼터링 방법에 의해 형성되지만, 졸-겔 방법 등의 응용에 의해 또한 형성될 수 있다. 형성 방법의 예에서, 산화인듐-산화아연은 산화인듐에 대해 1 중량% 내지 20 중량%의 산화아연을 첨가함으로써 얻어진 타겟을 사용하여 스퍼터링 방법에 의해 침착될 수 있다. 또한, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐 (IWZO)의 막은 산화인듐에 대해 각각 0.5 중량% 내지 5 중량% 및 0.1 중량% 내지 1 중량%의 산화텅스텐 및 산화아연이 첨가된 타겟을 사용하여 스퍼터링 방법에 의해 형성될 수 있다. 또한, 금 (Au), 백금 (Pt), 니켈 (Ni), 텅스텐 (W), 크로뮴 (Cr), 몰리브데넘 (Mo), 철 (Fe), 코발트 (Co), 구리 (Cu), 팔라듐 (Pd) 또는 금속 재료의 질화물 (예컨대 질화티타늄) 등이 사용될 수 있다. 그래핀이 또한 사용될 수 있다. 하기 기재된 복합 재료가 유기 화합물을 함유하는 층(103)에서의 제1 전극(101)과 접하는 층에 사용되는 경우에는, 전극 재료가 그의 일함수와 상관없이 선택될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0141] 유기 화합물을 함유하는 층(103)의 적층 구조는, 발광층(113)이 실시형태 2 또는 3에 기재된 구조를 갖는 한, 특별히 제한되지는 않는다. 예를 들어 도 1의 (A)에서, 유기 화합물을 함유하는 층(103)은 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층, 캐리어 차단층, 전하 생성층 등을 적절히 조합함으로써 형성될 수 있다. 본 실시형태에서, 유기 화합물을 함유하는 층(103)은 제1 전극(101) 위에 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114) 및 전자 주입층(115)이 이 순서로 적층된 구조를 갖는다. 층을 위한 재료를 하기에 구체적으로 제시한다.
- [0142] 정공 주입층(111)은 높은 정공 주입성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 산화몰리브데넘, 산화바나듐, 산화루테튬, 산화텅스텐, 산화망가니즈 등이 사용될 수 있다. 대안적으로, 프탈로시아닌 (약칭: H<sub>2</sub>Pc) 또는 구리 프탈로시아닌 (약칭: CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물, 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: DPAB), 또는 N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-디페닐-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민 (약칭: DNTPD) 등의 방향족 아민 화합물, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술폰산) (PEDOT/PSS) 등의 고분자 화합물 등을 사용하여 정공 주입층(111)을 형성할 수 있다.
- [0143] 대안적으로, 정공 수송성을 갖는 재료가 수용체 물질을 함유하는 것인 복합 재료가 정공 주입층(111)에 사용될 수 있다. 수용체 물질을 함유하는 정공 수송성을 갖는 재료의 사용은, 전극을 형성하기 위해 사용되는 재료가 그의 일함수와 상관없이 선택될 수 있게 한다는 것에 유의한다. 즉, 높은 일함수를 갖는 재료 이외에도, 낮은 일함수를 갖는 재료도 제1 전극(101)에 사용될 수 있다. 수용체 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄 (약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐 등이 제시될 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물이 제시될 수 있다. 또한, 주기율표에서의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물이 제시될 수 있다. 구체적으로, 산

화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈럼, 산화크로뮴, 산화몰리브데넘, 산화텅스텐, 산화망가니즈 및 산화레늄은 그의 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 이들 중에서도, 산화몰리브데넘은 공기 중에서 안정하고 흡습성이 낮고 용이하게 취급되기 때문에 특히 바람직하다.

- [0144] 복합 재료에 사용되는 정공 수송성을 갖는 재료로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소 및 고분자 화합물 (예를 들어, 올리고머, 덴드리머 또는 중합체) 등의 임의의 다양한 유기 화합물이 사용될 수 있다. 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은 바람직하게는 높은 정공 수송성을 갖는 유기 화합물이라는 것에 유의한다. 구체적으로,  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질이 바람직하게 사용된다. 복합 재료에서 정공 수송성을 갖는 재료로서 사용될 수 있는 유기 화합물을 하기에 구체적으로 제시한다.
- [0145] 방향족 아민 화합물의 예는 N,N'-디(p-톨릴)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민 (약칭: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: DPAB), N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-디페닐-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민 (약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠 (약칭: DPA3B) 등을 포함한다.
- [0146] 복합 재료에 사용될 수 있는 카르바졸 유도체로서는, 구체적으로 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) 등이 제시될 수 있다.
- [0147] 또한, 복합 재료에 사용될 수 있는 카르바졸 유도체의 예는 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 포함한다.
- [0148] 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소의 예는 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-부틸 안트라센 (약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센 (약칭: DMNA), 2-tert-부틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]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, 및 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌을 포함한다. 이외에도, 펜타센, 코로넨 등이 또한 사용될 수 있다.  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖고 14 내지 42 개의 탄소 원자를 갖는 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.
- [0149] 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가질 수 있다. 비닐 기를 갖는 방향족 탄화수소의 예는 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐 (약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센 (약칭: DPVPA) 등을 포함한다.
- [0150] 또한, 폴리(N-비닐카르바졸) (약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민) (약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드] (약칭: PTPDMA), 또는 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘] (약칭: 폴리-TPD) 등의 고분자 화합물이 또한 사용될 수 있다. 복합 재료에서의 정공 수송성을 갖는 재료로서, 실시형태 1에 기재된 유기 화합물이 또한 사용될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0151] 정공 주입층을 제공함으로써, 높은 정공 주입성이 달성될 수 있어서 발광 소자가 낮은 전압에서 구동되는 것이 가능하게 된다.
- [0152] 정공 수송층은 정공 수송성을 갖는 재료를 함유하는 층이다. 정공 수송성을 갖는 재료의 예는 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (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-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP) 등의 방향족 아민 화합물 등을 포함한다. 여기서 제시된 물질은 높은 정공 수송성을 가지며, 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 또한, 상기 기재된 복합 재료에서의 정공 수송성을 갖는 재료의 예로서 제시된 유기 화합물이 정공 수송층에 사용될 수 있다. 또한, 폴리(N-비닐카르바졸) (약칭: PVK) 또는 폴리(4-비닐트리페닐아민) (약칭: PVTPA)

등의 고분자 화합물이 사용될 수 있다. 또한, 실시형태 1에 기재된 유기 화합물이 사용될 수 있다. 정공 수송성을 갖는 재료를 함유하는 층은 단일 층에 제한되지는 않으며, 임의의 상기 물질을 함유하는 2개 이상의 층의 적층물일 수도 있다는 것에 유의한다.

[0153] 광을 방출하는 기능을 갖는 발광층(113)은 임의의 다양한 구조를 가질 수 있고 임의의 다양한 재료를 포함할 수 있지만, 발광층은 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물 및 정공 수송성을 갖는 제2 유기 화합물을 함유하는 것이 바람직하다. 발광층은 인광 물질 또는 형광 물질을 추가로 함유할 수도 있다. 보다 바람직한 재료, 구조 등은 실시형태 2 또는 3에 기재된 바와 같다. 이러한 구조를 가짐으로써, 본 실시형태에서의 발광 소자는 극도로 높은 외부 양자 효율을 갖는다. 발광 소자는 또한, 발광 과장이 용이하게 조정될 수 있어서, 효율을 높게 유지하면서 원하는 과장 범위의 광을 용이하게 얻을 수 있다는 이점을 갖는다.

[0154] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 갖는 재료를 함유하는 층이다. 예를 들어, 전자 수송층(114)은 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(약칭: Almq<sub>3</sub>), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리네이토)베릴륨(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(약칭: BA1q) 등의 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 사용하여 형성된다. 비스[2-(2-히드록시페닐)벤조사졸레이토]아연(약칭: Zn(BOX)<sub>2</sub>), 또는 비스[2-(2-히드록시페닐)벤조티아졸레이토]아연(약칭: Zn(BTZ)<sub>2</sub>) 등의 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체 등이 또한 사용될 수 있다. 금속 착체 이외에도, 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등이 또한 사용될 수 있다. 여기서 언급된 물질은 높은 전자 수송성을 가지며, 주로 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 상기 기재된 전자 수송성을 갖는 제1 유기 화합물이 전자 수송층(114)에 사용될 수 있다는 것에 유의한다.

[0155] 전자 수송층(114)은 단일 층에 제한되지는 않으며, 임의의 상기 물질을 함유하는 2개 이상의 층을 포함하는 적층물일 수 있다.

[0156] 전자 수송층과 발광층 사이에, 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층이 제공될 수 있다. 이는 상기 언급된 높은 전자 수송성을 갖는 재료에, 높은 전자 포획성을 갖는 물질을 소량 첨가함으로써 형성된 층이며, 이러한 층은 전자 캐리어의 이동을 지연시킴으로써 캐리어 밸런스를 조정할 수 있다. 이러한 구조는, 발광층을 통해 전자가 통과하는 경우에 초래되는 문제(예컨대, 소자 수명의 저하)를 방지하는데 매우 효과적이다.

[0157] 또한, 전자 주입층(115)은 전자 수송층(114)과 제2 전극(102) 사이에 제2 전극(102)과 접하여 제공될 수 있다. 전자 주입층(115)에는, 플루오린화리튬(LiF), 플루오린화세슘(CsF), 플루오린화칼슘(CaF<sub>2</sub>) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 그의 화합물이 사용될 수 있다. 예를 들어, 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 그의 화합물을 함유하는 층이 사용될 수 있다. 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유하는 층이 전자 주입층(115)으로서 바람직하게 사용되며, 이러한 경우에 제2 전극(102)로부터의 전자 주입이 효율적으로 행해진다는 것에 유의한다.

[0158] 제2 전극(102)에는, 낮은 일함수(구체적으로 3.8 eV 이하의 일함수)를 갖는 임의의 금속, 합금, 전기 전도성 화합물 및 그의 혼합물 등이 사용될 수 있다. 이러한 캐소드 재료의 구체적 예는, 알칼리 금속(예를 들어, 리튬(Li) 및 세슘(Cs)), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 주기율표의 제1족 또는 제2족에 속하는 원소, 그의 합금(예를 들어, MgAg 및 AlLi), 유로퓸(Eu) 및 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속, 그의 합금 등이다. 그러나, 제2 전극(102)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층이 제공된 경우에, 일함수와 상관없이 Al, Ag, ITO, 또는 구소 또는 산화구소를 함유한 산화인듐-산화주석 등의 임의의 다양한 도전성 재료가 제2 전극(102)에 사용될 수 있다. 이들 도전성 재료의 막은 스퍼터링 방법, 잉크젯 방법, 스핀 코팅 방법 등에 의해 형성될 수 있다.

[0159] 유기 화합물을 함유하는 층(103)을 형성하기 위해, 건식 공정인지 또는 습식 공정인지의 여부와 상관없이 임의의 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착 방법, 잉크젯 방법, 스핀 코팅 방법 등이 사용될 수 있다. 전극들 또는 층들에 대해 상이한 형성 방법이 사용될 수 있다.

[0160] 또한, 전극은 졸-겔 방법을 사용한 습식 방법에 의해, 또는 금속 재료의 페이스트를 사용한 습식 방법에 의해 형성될 수 있다. 대안적으로, 전극은 스퍼터링 방법 또는 진공 증착 방법 등의 건식 방법에 의해 형성될 수 있다.

다.

- [0161] 상기 기재된 구조를 갖는 발광 소자에서는, 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이의 전위차로 인해 전류가 흐르게 되고, 높은 발광성을 갖는 물질을 함유하는 발광층(113)에서 정공과 전자가 재결합하여 광이 방출된다. 즉, 발광층(113)에 발광 영역이 형성된다.
- [0162] 발광은 제1 전극(101) 및 제2 전극(102) 중 하나 또는 둘 다를 통해 추출된다. 따라서, 제1 전극(101) 및 제2 전극(102) 중 하나 또는 둘 다를 투광성 전극이다. 제1 전극(101)만이 투광성 전극인 경우에, 발광은 제1 전극(101)을 통해 추출된다. 제2 전극(102)만이 투광성 전극인 경우에, 발광은 제2 전극(102)을 통해 추출된다. 제1 전극(101) 및 제2 전극(102) 둘 다가 투광성 전극인 경우에, 발광은 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)을 통해 추출된다.
- [0163] 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이에 제공되는 층의 구조는 상기 기재된 구조에 제한되지는 않는다. 바람직하게는, 발광 영역과, 전극 및 캐리어 주입층에 사용되는 금속의 근접으로 인한 소광이 방지되도록, 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역은 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)으로부터 멀리 배치된다.
- [0164] 또한, 발광층에서 생성된 엑시톤으로부터의 에너지 이동을 억제하기 위해, 발광층(113)과 접하는 정공 수송층 및 전자 수송층, 특히 발광층(113)에서의 발광 영역에 보다 근접한 층과 접하는 캐리어 수송층은, 발광층에 포함된 엑시플렉스보다 더 넓은 밴드 갭을 갖는 물질을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다.
- [0165] 도 1의 (B)는 도 1의 (A)와 상이한 구조를 갖는 발광 소자를 나타낸다. 도 1의 (B)를 참조하여, 복수의 발광 유닛이 적층된 발광 소자 (이하, 적층 소자라고 지칭됨)의 한 실시형태를 기재할 것이다. 이러한 발광 소자는 제1 전극과 제2 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 포함하는 발광 소자이다. 1개의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 도시된 유기 화합물을 함유하는 층(103)과 유사한 구조를 갖는다. 즉, 도 1의 (A)에 도시된 발광 소자는 단일의 발광 유닛을 포함하고, 도 1의 (B)에 도시된 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 포함한다.
- [0166] 도 1의 (B)에서, 제1 전극(501)과 제2 전극(502) 사이에 제1 발광 유닛(511) 및 제2 발광 유닛(512)이 적층되어 있고, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512) 사이에 전하 생성층(513)이 제공되어 있다. 제1 전극(501) 및 제2 전극(502)은 각각 도 1의 (A)에 도시된 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)에 상응하며, 도 1의 (A)의 기재에 제시된 재료가 사용될 수 있다. 또한, 제1 발광 유닛(511) 및 제2 발광 유닛(512)은 동일한 구조 또는 상이한 구조를 가질 수 있다.
- [0167] 전하 생성층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함한다. 이러한 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료로서는, 도 1의 (A)에 나타난 정공 주입층에 사용될 수 있는 복합 재료가 사용될 수 있다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 화합물, 방향족 탄화수소 및 고분자 화합물 (예컨대, 올리고머, 덴드리머 또는 중합체) 등의 다양한 화합물이 사용될 수 있다.  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상의 정공 이동도를 갖는 유기 화합물이 바람직하게 사용된다. 전자 수송성보다는 정공 수송성이 높은 물질인 한, 임의의 다른 물질이 사용될 수 있다는 것에 유의한다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 우수한 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성 때문에, 저전압 구동 및 저전류 구동을 달성할 수 있다. 애노드측 표면이 전하 생성층과 접하는 발광 유닛에서는, 전하 생성층이 정공 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 정공 수송층이 반드시 제공되는 것은 아니라는 것에 유의한다.
- [0168] 전하 생성층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층, 및 또 다른 재료를 함유하는 층의 적층 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층, 및 전자 공여성 물질로부터 선택된 화합물 및 높은 전자 수송성을 갖는 화합물을 함유하는 층의 적층 구조가 형성될 수 있다. 또한, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층은 투명 도전막과 적층될 수 있다.
- [0169] 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512) 사이에 개재된 전하 생성층(513)은, 제1 전극(501)과 제2 전극(502) 사이에 전압을 인가했을 때에 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입할 수 있고 다른 쪽의 발광 유닛에 정공을 주입할 수 있는 한, 임의의 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 도 1의 (B)에서, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 더 높도록 전압을 인가했을 때에 전하 생성층(513)이 제1 발광 유닛(511)에 전자를 주입하고 제2 발광 유닛(512)에 정공을 주입하는 한, 임의의 층이 전하 생성층(513)으로서 사용될 수 있다.
- [0170] 도 1의 (B)에서는, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자가 기재되어 있지만, 본 발명의 한 실시형태는 3개 이상의 발광 유닛이 적층된 발광 소자에 대해서도 유사하게 적용될 수 있다. 도 1의 (B)에 도시된 발광 소자에서와 같이 한 쌍의 전극 사이의 전하 생성층에 의해 구획화된 복수의 발광 유닛을 사용하면, 전류 밀도를 낮게 유지하

면서 높은 휘도로 광을 방출할 수 있으며 긴 수명을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이 가능하다. 또한, 낮은 전압에서 구동될 수 있는 저소비전력 발광 장치가 달성될 수 있다.

- [0171] 발광 유닛이 서로 상이한 색을 갖는 광을 방출하여, 전체 발광 소자에서 원하는 색의 발광을 얻는다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에서는, 제1 발광 유닛이 적색 및 녹색 발광을 제공하고, 제2 발광 유닛이 청색 발광을 제공하여, 발광 소자가 전체 소자로서 백색 광을 방출할 수 있다.
- [0172] 상기 기재된 구조는 본 실시형태 및 다른 실시형태에서의 임의의 구조와 조합될 수 있다.
- [0173] 본 실시형태에서의 발광 소자는 유리, 플라스틱 등의 기판 위에 제작하는 것이 바람직하다. 기판 위에 층을 적층하는 방식으로, 층들을 제1 전극(101)측으로부터 순차적으로 적층하거나, 또는 제2 전극(102)측으로부터 순차적으로 적층할 수 있다. 발광 장치에서는, 1개의 기판 위에 1개의 발광 소자를 형성할 수 있지만, 1개의 기판 위에 복수의 발광 소자를 형성할 수도 있다. 1개의 기판 위에 형성된 상기 기재된 바와 같은 복수의 발광 소자를 사용하면, 소자가 분리된 조명 장치, 또는 패시브 매트릭스 발광 장치를 제작할 수 있다.
- [0174] 예를 들어 유리, 플라스틱 등 위에 형성된 기판 위에 형성된 박막 트랜지스터 (TFT)와 전기 접속된 전극 위에 발광 소자를 형성하여, TFT가 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 발광 장치를 제작할 수 있다. TFT의 구조는 특별히 제한되지는 않으며, 스테거형 TFT 또는 역 스테거형 TFT일 수 있다는 것에 유의한다. 또한, TFT에 사용하는 반도체의 결정화도는 특별히 제한되지는 않으며, 무정형 반도체 또는 결정질 반도체가 사용될 수 있다. 또한, TFT 기판에 형성되는 구동 회로는 n형 TFT와 p형 TFT, 또는 n형 TFT 또는 p형 TFT로 형성될 수 있다.
- [0175] 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0176] (실시형태 5)
- [0177] 본 실시형태에서는, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대해서 기재한다.
- [0178] 본 실시형태에서는, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치에 대해서 도 2의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재한다. 도 2의 (A)는 발광 장치를 도시하는 상면도이고, 도 2의 (B)는 선 A-B 및 C-D를 따라 절단한 도 2의 (A)의 단면도인 것에 유의한다. 이러한 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하며 점선에 의해 나타내어진 구동 회로부 (소스선 구동 회로)(601), 화소부(602) 및 구동 회로부 (게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 또한, 참조 부호 604는 밀봉 기판을 나타내고, 605는 밀봉 재료이고, 607은 밀봉 재료(605)에 의해 둘러싸인 공간이다.
- [0179] 리드 배선(608)은 소스선 구동 회로(601) 및 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 발신하기 위한 배선이고, 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC (가요성 인쇄 회로)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 수신한다는 것에 유의한다. 여기서는 FPC만이 도시되었지만, FPC에는 인쇄 배선 기판 (PWB)이 장착될 수 있다. 본 명세서에서의 발광 장치는 그의 범주 내에 발광 장치 본체, 뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 포함한다.
- [0180] 이어서, 단면 구조에 대해서 도 2의 (B)를 참조하여 기재한다. 소자 기판(610) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있으나, 여기서는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601), 및 화소부(602)에서의 1개의 화소가 도시되어 있다.
- [0181] 소스선 구동 회로(601)에서는, n-채널 TFT(623) 및 p-채널 TFT(624)가 조합된 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로 또는 NMOS 회로 등의 임의의 다양한 회로로 형성될 수 있다. 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성된 드라이버 일체형을 기재하였지만, 본 발명은 이러한 유형에 제한되지는 않으며, 구동 회로는 기판 외부에 형성될 수도 있다.
- [0182] 화소부(602)는 스위칭 TFT(611), 전류 제어 TFT(612), 및 전류 제어 TFT의 드레인과 전기 접속된 제1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소로 형성된다. 절연물(614)은 제1 전극(613)의 단부를 피복하도록 형성된다. 여기서, 절연물(614)은 포지티브형 감광성 아크릴 수지 막을 사용하여 형성된다.
- [0183] 피복성을 개선하기 위해, 절연물(614)은 그의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 예를 들어, 포지티브형 감광성 아크릴을 절연물(614)의 재료에 사용한 경우에, 절연물(614)의 상단부만이 곡률 반경 (0.2 μm 내지 3 μm)을 갖는 곡면을 갖는 것이 바람직하다. 절연물(614)로서, 네가티브형 감광성 수지 또

는 포지티브형 감광성 수지가 사용될 수 있다.

- [0184] 제1 전극(613) 위에는, 유기 화합물을 함유하는 층(616) 및 제2 전극(617)이 형성되어 있다. 애노드로서 기능하는 제1 전극(613)에 사용되는 재료로서는, 높은 일함수를 갖는 재료가 바람직하게 사용된다. 예를 들어, ITO 막, 규소를 함유한 인듐 주석 산화물 막, 2 중량% 내지 20 중량%의 산화아연을 함유한 산화인듐 막, 질화티타늄 막, 크로뮴 막, 텅스텐 막, Zn 막, Pt 막 등의 단일 층 막; 질화티타늄 막 및 알루미늄을 주성분으로 함유한 막을 포함하는 적층물; 질화티타늄 막, 알루미늄을 주성분으로 함유한 막 및 질화티타늄 막의 3개의 층을 포함하는 적층물 등이 사용될 수 있다. 적층 구조는, 낮은 배선 저항, 유리한 오믹 콘택트 및 애노드로서의 기능을 가능하게 한다.
- [0185] 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616)은, 증착 마스크를 사용한 증착 방법, 잉크젯 방법 및 스펀 코팅 방법 등의 임의의 다양한 방법에 의해 형성된다. 유기 화합물을 함유하는 층(616)은, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 구조를 갖는다. 또한, 유기 화합물을 함유하는 층(616)에 포함되는 또 다른 재료에는, 임의의 저분자량 화합물 및 중합체성 화합물 (올리고머 및 덴드리머 포함)이 사용될 수 있다.
- [0186] 유기 화합물을 함유하는 층(616) 위에 형성되고 캐소드로서 기능하는 제2 전극(617)에 사용되는 재료로서는, 낮은 일함수를 갖는 재료 (예를 들어, Al, Mg, Li, Ca, 또는 그의 합금 또는 화합물, 예컨대 MgAg, MgIn 또는 AlLi)가 바람직하게 사용된다. 유기 화합물을 함유하는 층(616)에서 생성된 광이 제2 전극(617)을 통해 투과하는 경우에는, 금속 박막 및 투명 도전막 (예를 들어, ITO, 2 중량% 내지 20 중량%의 산화아연을 함유한 산화인듐, 규소를 함유한 인듐 주석 산화물, 또는 산화아연 (ZnO))을 포함하는 적층물이 제2 전극(617)에 바람직하게 사용된다.
- [0187] 발광 소자는 제1 전극(613), 유기 화합물을 함유하는 층(616), 및 제2 전극(617)으로 형성된다는 것에 유의한다. 발광 소자는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 구조를 갖는다. 본 실시형태에서의 발광 장치에서, 복수의 발광 소자를 포함하는 화소부는, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자 및 상이한 구조를 갖는 발광 소자 둘 다를 포함할 수 있다.
- [0188] 또한, 밀봉 재료(605)는 소자 기관(610)을 밀봉 기관(604)과 부착시켜서, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604) 및 밀봉 재료(605)에 의해 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공되도록 한다. 공간(607)은 충전체로 충전될 수 있거나, 또는 불활성 기체 (예컨대, 질소 또는 아르곤) 또는 밀봉 재료(605)로 충전될 수 있다. 밀봉 기관에 오목부가 제공되고 상기 오목부에 건조제(625)가 제공되는 것이 바람직하며, 이러한 경우에 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있다.
- [0189] 밀봉 재료(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿이 바람직하게 사용된다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 많이 투과하지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(604)으로서는, 유리 기관, 석영 기관, 또는 섬유 강화 플라스틱 (FRP), 폴리(비닐 플루오라이드) (PVF), 폴리에스테르, 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관이 사용될 수 있다.
- [0190] 상기 기재된 바와 같이, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용하는 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0191] 본 실시형태에서의 발광 장치는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용하여 제작되며, 따라서 유리한 특성을 가질 수 있다. 구체적으로, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 유리한 발광 효율을 갖기 때문에, 발광 장치는 저감된 소비 전력을 가질 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자에 의해 원하는 파장 범위의 광이 용이하게 제공될 수 있으며, 이는 범용 발광 장치를 제공하는 것을 가능하게 한다.
- [0192] 도 3의 (A) 및 (B)는 각각 백색 발광을 나타내는 발광 소자의 형성 및 착색층 (컬러 필터) 등의 사용에 의해 풀 컬러 표시가 달성된 발광 장치의 예를 도시한다. 도 3의 (A)에서는, 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007 및 1008), 제1 층간 절연막(1020), 제2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제1 전극(1024W, 1024R, 1024G 및 1024B), 격벽(1025), 유기 화합물을 함유하는 층(1028), 발광 소자의 제2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 밀봉 재료(1032) 등이 도시되어 있다.
- [0193] 도 3의 (A)에서, 착색층 (적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))은 투명한 기재(1033) 위에 제공되어 있다. 흑색층 (블랙 매트릭스)(1035)이 추가로 제공될 수도 있다. 착색층 및 흑색층이 제공된 투명한 기재(1033)가 기관(1001)에 배치 및 고정된다. 착색층 및 흑색층은 오버코트층(1036)으로 피복

된다는 것에 유의한다. 도 3의 (A)에서, 발광층의 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과하지 않고, 발광층의 다른 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과할 수 있다. 착색층을 통과하지 않은 광은 백색이고, 착색층들 중 어느 하나를 통과한 광은 적색, 청색 또는 녹색이기 때문에, 이들 4가지 색의 화소를 사용하여 화상이 표시될 수 있다.

[0194] 도 3의 (B)에서는 착색층 (적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))이 게이트 절연막 (1003)과 제1 층간 절연막(1020) 사이에 제공된 예를 도시한다. 이러한 구조에서와 같이, 착색층은 기판(1001)과 밀봉 기판(1031) 사이에 제공될 수 있다.

[0195] 상기 기재된 발광 장치는 TFT가 형성된 기판(1001)측으로부터 광을 취출하는 구조 (보텀 에미션 구조)를 갖는 발광 장치이지만, 밀봉 기판(1031)측으로부터 광을 취출하는 구조 (탑 에미션 구조)를 갖는 발광 장치일 수도 있다. 도 4는 탑 에미션 구조를 갖는 발광 장치의 단면도이다. 이러한 경우에, 기판(1001)으로서 광을 투과하지 않는 기판이 사용될 수 있다. TFT 및 발광 소자의 애노드를 접속시키는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은, 보텀 에미션 구조를 갖는 발광 장치와 유사한 방식으로 행해진다. 이어서, 제3 층간 절연막(1037)이 전극(1022)을 피복하도록 형성된다. 이러한 절연막은 평탄화 기능을 가질 수도 있다. 제3 층간 절연막(1037)은 제2 층간 절연막과 유사한 재료를 사용하여 형성될 수 있으며, 대안적으로 임의의 다른 공지된 재료를 사용하여 형성될 수도 있다.

[0196] 발광 소자의 제1 전극(1024W, 1024R, 1024G 및 1024B)은 여기서는 각각 애노드로서 기능하지만, 캐소드로서 기능할 수도 있다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같은 탑 에미션 구조를 갖는 발광 장치인 경우에, 제1 전극은 바람직하게는 반사 전극이다. 유기 화합물을 함유하는 층(1028)은, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 유기 화합물을 함유하는 층(103)과 유사한 구조를 갖도록 형성되며, 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0197] 도 4에 도시된 바와 같은 탑 에미션 구조의 경우에는, 착색층 (적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))이 제공된 밀봉 기판(1031)으로 밀봉을 행할 수 있다. 밀봉 기판(1031)에는 화소들 사이에 배치된 흑색층 (블랙 매트릭스)(1035)이 제공될 수도 있다. 착색층 (적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B)) 및 흑색층 (블랙 매트릭스)(1035)은 오버코트층(1036)으로 피복될 수 있다. 밀봉 기판(1031)으로서 투광성 기판이 사용된다는 것에 유의한다.

[0198] 또한, 여기서는 적색, 녹색, 청색 및 백색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 행하는 예를 나타내었지만, 특별히 제한되지는 않으며, 적색, 녹색 및 청색의 3색을 사용하여 풀 컬러 표시를 행할 수도 있다.

[0199] 본 실시형태에서의 발광 장치는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용하여 제작되어, 유리한 특성을 가질 수 있다. 구체적으로, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 유리한 발광 효율을 갖기 때문에, 발광 소자는 저감된 소비 전력을 가질 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자에 의해 원하는 파장 범위의 광이 용이하게 제공될 수 있으며, 이는 범용 발광 장치를 제공하는 것을 가능하게 한다.

[0200] 상기에는 액티브 매트릭스 발광 장치에 대해서 기재하였지만, 여기에는 패시브 매트릭스 발광 장치에 대해서 기재한다. 도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명을 사용하여 제작된 패시브 매트릭스 발광 장치를 도시한다. 도 5의 (A)는 발광 장치의 사시도이고, 도 5의 (B)는 X-Y를 따라 절단한 도 5의 (A)의 단면도이다. 도 5의 (A) 및 (B)에서, 기판(951) 위에는, 전극(952)과 전극(956) 사이에 유기 화합물을 함유하는 층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 피복되어 있다. 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽은, 두 측벽 사이의 거리가 기판의 표면을 향해 점차 좁아지도록 하는 경사를 갖는다. 즉, 격벽층(954)의 짧은 측의 방향을 따라 절단한 단면은 사다리꼴이고, 하부 측 (절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향이며 절연층(953)과 접하는 측)이 상부 측 (절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향이며 절연층(953)과 접하지 않는 측)보다 더 짧다. 이렇게 제공된 격벽층(954)은 정전기 등으로 인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다. 또한, 패시브 매트릭스 발광 장치는 또한 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재되고 유리한 발광 효율을 갖는 발광 소자를 포함함으로써, 저감된 소비 전력을 가질 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자에 의해 원하는 파장 범위의 광이 용이하게 제공될 수 있으며, 이는 범용 발광 장치를 제공하는 것을 가능하게 한다.

[0201] 상기 기재된 발광 장치에서는 매트릭스로 배열된 다수의 미소한 발광 소자를 각각 제어할 수 있기 때문에, 발광 장치는 화상을 표시하기 위한 표시 장치로서 적합하게 사용될 수 있다.

[0202] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 자유롭게 조합될 수 있다.

- [0203] (실시형태 6)
- [0204] 본 실시형태에서는, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 조명 장치에 사용된 예를 도 6의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재한다. 도 6의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 6의 (A)는 선 e-f를 따라 절단한 도 6의 (B)의 단면도이다.
- [0205] 본 실시형태에서의 조명 장치에서, 지지체이며 투광성을 갖는 기관(400) 위에 제1 전극(401)이 형성되어 있다. 제1 전극(401)은 실시형태 4에서의 제1 전극(101)에 상응한다. 제1 전극(401)측을 통해 발광을 취출하는 경우에, 제1 전극(401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다.
- [0206] 제2 전극(404)에 전압을 인가하기 위한 패드(412)가 기관(400) 위에 제공된다.
- [0207] 제1 전극(401) 위에는 유기 화합물을 함유하는 층(403)이 형성되어 있다. 유기 화합물을 함유하는 층(403)의 구조는, 예를 들어 실시형태 4에서의 유기 화합물을 함유하는 층(103)의 구조, 또는 발광 유닛(511 및 512) 및 전하 생성층(513)이 조합된 구조에 상응한다. 이들 구조에 대해서는 실시형태 4에서의 기재를 참조할 수 있다.
- [0208] 제2 전극(404)은 유기 화합물을 함유하는 층(403)을 피복하도록 형성된다. 제2 전극(404)은 실시형태 4에서의 제2 전극(102)에 상응한다. 광을 제1 전극(401)측을 통해 취출하는 경우에, 제2 전극(404)은 높은 반사율을 갖는 재료를 사용하여 형성된다. 제2 전극(404)은 패드(412)와 접촉되어, 이에 대해 전압이 인가된다.
- [0209] 상기 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 제1 전극(401), 유기 화합물을 함유하는 층(403), 및 제2 전극(404)을 포함하는 발광 소자를 포함한다. 발광 소자는 저렴하며 내구성이 우수하기 때문에, 본 실시형태에서의 조명 장치는 높은 발광 효율을 가질 수 있다.
- [0210] 밀봉 재료(405)를 사용하여 상기 구조를 갖는 발광 소자를 밀봉 기관(407)에 고정하고, 밀봉을 행하여, 조명 장치가 완성된다. 또한, 밀봉 재료(405)를 건조제와 혼합할 수 있으며, 이는 수분을 흡착하여 신뢰성을 증가시키는 것을 가능하게 한다.
- [0211] 패드(412) 및 제1 전극(401)의 일부가 밀봉 재료(405)의 외부로 연장된 경우에는, 연장된 부분이 외부 입력 단자로서 기능할 수 있다. 외부 입력 단자 위에는 컨버터가 실장된 IC 칩(420) 등이 제공될 수 있다.
- [0212] 상기 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함하기 때문에, 조명 장치는 높은 발광 효율을 가질 수 있다.
- [0213] (실시형태 7)
- [0214] 본 실시형태에서는, 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함하는 전자 기기의 예에 대해서 기재한다. 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 높은 발광 효율을 가지며, 따라서 각각 상기 발광 소자를 포함하는 본 실시형태에서의 전자 기기는 낮은 소비 전력을 가질 수 있다.
- [0215] 상기 발광 소자가 적용된 전자 기기의 예는 텔레비전 장치 (TV 또는 텔레비전 수신기로도 지칭됨), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화 (휴대폰 또는 휴대 전화 장치로도 지칭됨), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 파칭코기 등의 대형 게임기 등을 포함한다. 이들 전자 기기의 구체적 예를 하기에 기재한다.
- [0216] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한다. 텔레비전 장치에서는, 표시부(7103)가 하우징(7101)에 내장되어 있다. 여기서는, 스탠드(7105)에 의해 하우징(7101)이 지지되어 있다. 표시부(7103) 위에 화상을 표시할 수 있으며, 표시부(7103)에서는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 매트릭스로 배열되어 있다. 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 따라서, 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부(7103)를 포함하는 텔레비전 장치는 낮은 소비 전력을 가질 수 있다.
- [0217] 텔레비전 장치는 하우징(7101)의 동작 스위치 또는 별도의 리모트 제어기(7110)에 의해 동작될 수 있다. 리모트 제어기(7110)의 동작 키(7109)로, 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103) 위에 표시된 화상을 제어할 수 있다. 또한, 리모트 제어기(7110)에는 리모트 제어기(7110)로부터 출력된 데이터를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공될 수 있다.
- [0218] 텔레비전 장치에는 수신기, 모뎀 등이 제공된다는 것에 유의한다. 수신기의 사용으로, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 텔레비전 장치를 모뎀을 통해 유선 또는 무선으로 통신 네트워크에 접속시키는 경우에는, 일방향 (송신자로부터 수신자에게) 또는 쌍방향 (송신자와 수신자 사이, 또는 수신자들 사이)의 정보 통신

을 행할 수 있다.

- [0219] 도 7의 (B1)은, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 장치(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 도시한다. 이러한 컴퓨터는 실시형태 2 내지 4의 어느 하나에 기재된 발광 소자와 동일하며 표시부(7203)에 매트릭스로 배열된 발광 소자를 사용하여 제작된다는 것에 유의한다. 도 7의 (B1)에 도시된 컴퓨터는 도 7의 (B2)에 도시된 구조를 가질 수 있다. 도 7의 (B2)에 도시된 컴퓨터에는 키보드(7204) 및 포인팅 장치(7206) 대신에, 제2의 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제2의 표시부(7210)는 터치스크린이며, 제2의 표시부(7210) 위의 입력용 표시를 손가락 또는 전용 펜으로 동작시킴으로써 입력을 행할 수 있다. 또한, 제2의 표시부(7210)는 입력용 표시 이외의 화상을 표시할 수 있다. 표시부(7203)는 또한 터치스크린일 수 있다. 두 스크린을 힌지로 접속시키는 것은 트러블을 방지할 수 있으며, 예를 들어 컴퓨터를 축적 또는 운반하는 동안에 스크린의 크랙 또는 파손을 방지할 수 있다. 이러한 컴퓨터는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자와 동일하며 표시부(7203)에 매트릭스로 배열된 발광 소자를 사용하여 제작된다는 것에 유의한다. 따라서, 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부(7203)를 갖는 이러한 컴퓨터는 보다 낮은 전력을 소비한다.
- [0220] 도 7의 (C)는, 휴대형 게임기를 개폐할 수 있도록 연결부(7303)를 사용하여 접속된 하우징(7301) 및 하우징(7302)인 2개의 하우징을 포함하는 휴대형 게임기를 도시한다. 하우징(7301)에는, 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재되고 매트릭스로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부(7304)가 내장되어 있고, 하우징(7302)에는 표시부(7305)가 내장되어 있다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 유닛 (동작 키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311) (힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 구배, 진동, 냄새 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰(7312)) 등을 포함한다. 물론, 휴대형 게임기의 구조는, 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재되고 매트릭스로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부가 적어도 표시부(7304) 및 표시부(7305) 중 어느 하나 또는 둘다로서 사용되는 한, 상기에 제한되지는 않으며, 구조는 다른 부속을 적절히 포함할 수 있다. 도 7의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 축적 매체에 축적된 프로그램 또는 데이터를 관독하여 표시부 위에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의해 또 다른 휴대형 게임기와 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 도 7의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 상기에 제한되지 않고 다양한 기능을 가질 수 있다. 표시부(7304)를 갖는 휴대형 게임기는, 표시부(7304)에서 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 사용되기 때문에, 낮은 소비 전력을 가질 수 있다.
- [0221] 도 7의 (D)는 휴대 전화의 예를 도시한다. 휴대 전화에는 하우징(7401)에 내장된 표시부(7402), 동작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크로폰(7406) 등이 제공되어 있다. 휴대 전화는, 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재되고 매트릭스로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부(7402)를 갖는다는 것에 유의한다. 따라서, 휴대 전화는 낮은 소비 전력을 가질 수 있다.
- [0222] 도 7의 (D)에 도시된 휴대 전화의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하는 경우에, 데이터가 휴대 전화에 입력될 수 있다. 이러한 경우에, 전화를 걸고 이메일을 작성하는 것 등의 동작은, 손가락 등으로의 표시부(7402) 위의 터치에 의해 행해질 수 있다.
- [0223] 주로 표시부(7402)의 3가지 스트린 모드가 존재한다. 제1 모드는 주로 화상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제2 모드는 주로 문자 등의 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제3 모드는, 표시 모드 및 입력 모드의 2가지 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.
- [0224] 예를 들어, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 경우에, 표시부(7402)에 대해 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드를 선택하여, 스크린 위에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이러한 경우에, 표시부(7402)의 거의 전체 스크린 위에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0225] 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 기울기를 검출하기 위한 센서를 포함하는 검출 장치가 휴대 전화 내부에 제공된 경우에는, 휴대 전화의 방향 (휴대 전화가 세로 모드 또는 가로 모드에 대해 수평으로 배치되어 있는지 또는 수직으로 배치되어 있는지)을 결정하여, 표시부(7402)의 스크린 위의 표시를 자동으로 스위칭될 수 있다.
- [0226] 스크린 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 또는 하우징(7401)의 동작 버튼(7403)의 동작시키는 것에 의해 스위칭된다. 대안적으로, 스크린 모드는 표시부(7402) 위에 표시된 화상의 종류에 따라 스위칭될 수 있다. 예를 들어, 표시부 위에 표시된 화상의 신호가 동화상 데이터의 신호인 경우에, 스크린 모드는 표시 모드로 스위칭된다. 상기 신호가 문자 데이터의 신호인 경우에, 스크린 모드는 입력 모드로 스위칭된다.

- [0227] 또한, 입력 모드에서, 표시부(7402)의 광 센서에 의해 검출되는 신호를 검출하는 동안에 표시부(7402)의 터치에 의한 입력을 특정 기간 내에 행하지 않았을 때에는, 스크린 모드가 입력 모드로부터 표시 모드로 스위칭되도록 제어될 수 있다.
- [0228] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 손바닥 또는 손가락으로의 표시부(7402) 위의 터치에 의해 장문, 지문 등의 화상을 촬영하여, 본인 인증을 행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 방출하는 백라이트 또는 센싱 광원을 제공함으로써, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등의 화상을 촬영할 수 있다.
- [0229] 도 8은 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 백라이트에 사용한 액정 표시 장치의 예를 도시한다. 도 8에 나타낸 액정 표시 장치는, 하우징(901), 액정 층(902), 백라이트 유닛(903) 및 하우징(904)을 포함한다. 액정 층(902)은 드라이버 IC(905)와 접속되어 있다. 백라이트 유닛(903)에는 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 사용되고, 단자(906)를 통해 전류가 공급된다.
- [0230] 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 액정 표시 장치의 백라이트에 사용되며, 따라서 백라이트는 저감된 소비 전력을 가질 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자의 사용은, 면 발광 조명 장치 및 또한 대면적 발광 조명 장치의 제작을 가능하게 하며, 따라서 백라이트가 대면적 백라이트일 수 있고, 액정 표시 장치가 또한 대면적 장치일 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용한 발광 장치는 종래의 것보다 더 얇아질 수 있으며, 따라서 표시 장치가 또한 더 얇아질 수 있다.
- [0231] 도 9는, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 조명 장치인 테이블 램프에 사용된 예를 도시한다. 도 9에 도시된 테이블 램프는 하우징(2001) 및 광원(2002)을 포함하며, 실시형태 6에 기재된 조명 장치가 광원(2002)에 사용된다.
- [0232] 도 10은 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 실내 조명 장치(3001)에 사용된 예를 도시한다. 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 낮은 소비 전력을 갖기 때문에, 낮은 소비 전력을 갖는 조명 장치를 얻을 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 대면적을 가질 수 있기 때문에, 발광 소자는 대면적의 조명 장치에 사용될 수 있다. 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 얇기 때문에, 발광 소자는 감소된 두께를 갖는 조명 장치에 사용될 수 있다.
- [0233] 또한, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 자동차 윈드쉴드 또는 자동차 대시보드에 사용될 수 있다. 도 11은 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 자동차 윈드쉴드 및 자동차 대시보드에 사용된 하나의 모드를 도시한다. 표시 영역(5000 내지 5005)은 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함한다.
- [0234] 표시 영역(5000) 및 표시 영역(5001)은 자동차 윈드쉴드에 제공되고 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자가 내장된 표시 장치이다. 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는, 투광성을 갖는 전극으로 형성된 제1 전극 및 제2 전극을 포함함으로써 반대측이 들여다 보일 수 있는, 소위 시쓰루(see-through) 표시 장치로 형성될 수 있다. 이러한 시쓰루 표시 장치는 자동차 윈드쉴드에도 시계의 차단 없이 제공될 수 있다. 구동을 위한 트랜지스터 등이 제공된 경우에, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등의 투광성을 갖는 트랜지스터가 바람직하게 사용된다는 것에 유의한다.
- [0235] 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 내장한 표시 장치가 필터 부분에 표시 영역(5002)으로 제공된다. 표시 영역(5002)은, 차체에 제공된 촬상 유닛에 의해 촬영된 화상을 나타냄으로써 필터 부분에 의해 차단된 시계를 보상할 수 있다. 유사하게, 대시보드에 제공된 표시 영역(5003)은, 자동차의 외부에 제공된 촬상 유닛에 의해 촬영된 화상을 나타냄으로써 차체에 의해 차단된 시계를 보상할 수 있으며, 이는 사각 영역의 제거 및 안전성의 향상으로 이어진다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보상하도록 화상을 나타내는 것은, 운전자가 용이하고 쾌적하게 안전성을 확보하는 것을 가능하게 한다.
- [0236] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 내비게이션 데이터, 속도계, 타코미터, 주행거리, 급유량, 기어시프트 표시기 및 에어컨디션 설정 등의 다양한 종류의 정보를 제공할 수 있다. 표시의 내용 또는 레이아웃은 사용자에 의해 적절히 자유롭게 변경될 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000 내지 5003)에 의해 또한 나타내어질 수 있다. 표시 영역(5000 내지 5005)은 또한 조명 장치로서 사용될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0237] 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자는 낮은 소비 전력을 가질 수 있다.
- [0238] 이로 인해, 표시 영역(5000 내지 5005)와 같이 다수의 대형 스크린이 제공된 경우에도 배터리에 대한 부하가 작

으며, 이는 쾌적한 사용을 제공한다. 이로 인해, 각각 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함하는 발광 장치 및 조명 장치는, 차량탑재용 발광 장치 및 차량탑재용 조명 장치로서 적합하게 사용될 수 있다.

- [0239] 도 12의 (A) 및 (B)는 절첩가능한 태블릿 단말기의 예를 도시한다. 도 12의 (A)에서 태블릿 단말기는 개방되어 있다. 태블릿 단말기는 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 전력 절약 스위치(9036), 고정구(9033) 및 동작 스위치(9038)를 포함한다. 태블릿 단말기에서는 표시부(9631a) 및 표시부(9631b) 중 하나 또는 둘 다가 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 사용하여 형성된다는 것에 유의한다.
- [0240] 표시부(9631a)의 일부는 터치스크린 영역(9632a)일 수 있고, 표시된 동작 키(9637)를 터치하는 경우에 데이터가 입력될 수 있다. 표시부(9631a)의 절반이 표시 기능만을 갖고, 나머지 절반이 터치스크린 기능을 갖지만, 본 발명의 한 실시형태는 이러한 구조에 제한되지는 않는다. 전체 표시부(9631a)는 터치스크린 기능을 가질 수 있다. 예를 들어, 표시부(9631a)의 전체 영역 위에 키보드를 표시하여, 표시부(9631a)를 터치스크린으로서 사용할 수 있고, 표시부(9631b)를 표시 스크린으로서 사용할 수 있다.
- [0241] 표시부(9631a)와 마찬가지로, 표시부(9631b)의 일부는 터치스크린 영역(9632b)일 수 있다. 터치스크린의 키보드 표시/은폐를 위한 스위칭 버튼(9639)을 손가락, 스타일러스 등으로 터치하여, 키보드 버튼을 표시부(9631b) 위에 표시할 수 있다.
- [0242] 터치스크린 영역(9632a) 및 터치스크린 영역(9632b)에서 동시에 터치 입력을 행할 수도 있다.
- [0243] 표시 모드 스위치(9034)는, 예를 들어 세로 표시, 가로 표시 등 사이에서, 및 흑백 표시와 컬러 표시 사이에서 표시를 스위칭할 수 있다. 전력 절약 스위치(9036)로, 태블릿 단말기를 사용할 때에 태블릿 단말기에 내장된 광 센서로 검출된 외광량에 따라 표시의 휘도를 최적화할 수 있다. 태블릿 단말기는 광 센서 이외에도, 배향을 검출하기 위한 센서 (예를 들어, 자이로스코프 또는 가속도 센서) 등의 또 다른 검출 장치를 포함할 수 있다.
- [0244] 도 12의 (A)는 표시부(9631b) 및 표시부(9631a)가 동일한 표시 면적을 갖는 예를 도시하였지만, 본 발명의 한 실시형태는 이러한 예에 제한되지는 않는다. 표시부(9631b) 및 표시부(9631a)는 상이한 표시 면적 및 상이한 표시 품질을 가질 수 있다. 예를 들어, 이들 중 하나는, 다른 하나보다 더 고정밀한 화상을 표시할 수 있는 표시 패널일 수 있다.
- [0245] 도 12의 (B)에서 태블릿 단말기는 절첩되어 있다. 태블릿 단말기는 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635) 및 DC-투-DC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 12의 (B)는 충방전 제어 회로(9634)가 배터리(9635) 및 DC-투-DC 컨버터(9636)를 포함하는 예를 도시한다는 것에 유의한다.
- [0246] 태블릿 단말기는 절첩될 수 있기 때문에, 미사용시에 하우징(9630)을 폐쇄할 수 있다. 따라서, 표시부(9631a 및 9631b)를 보호하여, 높은 내구성 및 장기간 사용 동안의 높은 신뢰성을 갖는 태블릿 단말기를 제공할 수 있다.
- [0247] 또한, 도 12의 (A) 및 (B)에 도시된 태블릿 단말기는 다양한 종류의 정보 (예를 들어, 정지 화상, 동화상 및 문자 화상 등)를 표시부 위에 표시하는 기능, 캘린더, 일자, 시간 등을 표시부 위에 표시하는 기능, 표시부 위에 표시된 정보를 터치 입력에 의해 동작시키거나 또는 편집하는 터치 입력 기능, 다양한 종류의 소프트웨어 (프로그램)에 의한 처리를 제어하는 기능 등을 가질 수 있다.
- [0248] 태블릿 단말기의 표면 위에 장착된 태양 전지(9633)는, 전력을 터치스크린, 표시부, 화상 신호 처리부 등에 공급한다. 태양 전지(9633)는 하우징(9630)의 하나 또는 두 표면 위에 제공되는 것이 바람직하며, 이러한 경우에 배터리(9635)는 효율적으로 충전될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0249] 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)의 구조 및 동작에 대해서 도 12의 (C)의 블록도를 참조하여 기재한다. 도 12의 (C)는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DC-투-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1 내지 SW3) 및 표시부(9631)를 포함한다. 배터리(9635), DC-투-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638) 및 스위치(SW1 내지 SW3)는 도 12의 (B)에서의 충방전 제어 회로(9634)에 상응한다.
- [0250] 먼저, 외광을 사용하여 태양 전지(9633)에 의해 전력이 생성되는 경우의 동작 예에 대해서 기재한다. 태양 전지에 의해 생성된 전력의 전압은, 전력이 배터리(9635)를 충전하기 위한 전압을 갖도록 DC-투-DC 컨버터(9636)에 의해 승압 또는 강압된다. 이어서, 태양 전지(9633)에 의해 충전된 배터리(9635)로부터 공급된 전력을 표시부(9631)의 동작에 사용하는 경우에는, 스위치(SW1)를 온으로 하고, 표시부(9631)에 필요한 전압이 되도록 컨버

터(9638)에 의해 승압 또는 강압시킨다. 또한, 표시부(9631) 위의 표시를 행하지 않는 경우에는, (SW1)을 오프로 하고, (SW2)를 온으로 하여, 배터리(9635)의 충전을 행할 수 있다.

[0251] 태양 전지(9633)를 발전 유닛의 예로서 기재하였지만, 발전 유닛은 특별히 제한되지는 않으며, 배터리(9635)는 압전 소자 또는 열전 변환 소자 (펠티어(Peltier) 소자) 등의 또 다른 발전 유닛에 의해 충전될 수도 있다. 배터리(9635)는 무선 (접촉 없음)으로 전력을 송수신함으로써 충전할 수 있는 무-접점 전력 전송 모듈, 또는 조합되어 사용되는 임의의 다른 충전 유닛에 의해 충전될 수 있으며, 발전 유닛은 반드시 제공되는 것은 아니다.

[0252] 본 발명의 한 실시형태는 표시부(9631)가 포함되는 한, 도 12의 (A) 내지 (C)에 도시된 형상을 갖는 태블릿 단말기에 제한되지는 않는다.

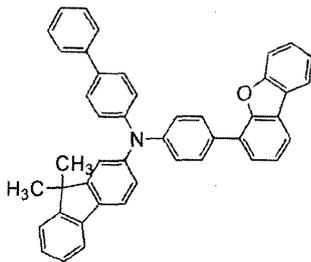
[0253] 본 실시형태에 기재된 구조는 실시형태 1 내지 6에 기재된 구조 중 어느 하나와 적절히 조합될 수 있다는 것에 유의한다.

[0254] 상기 기재된 바와 같이, 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자의 적용 범위는 매우 넓어서, 이러한 발광 소자는 다양한 분야의 전자 기기에 적용될 수 있다. 실시형태 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 발광 소자를 사용함으로써, 낮은 소비 전력을 갖는 전자 기기를 얻을 수 있다.

[0255] [실시예 1]

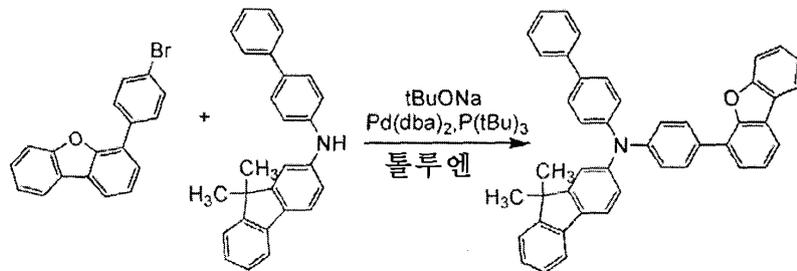
[0256] 본 실시예에서는, 하기 구조 화학식 100에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)의 합성 방법에 대해서 기재할 것이다.

[0257] <화학식 100>



[0258]

[0259] 먼저, 4-(4-브로모페닐)디벤조푸란 2.1 g (6.6 mmol), N-(1,1'-비페닐-4-일)-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 2.4 g (6.7 mmol) 및 소듐 tert-부톡사이드 1.9 g (20 mmol)을 200 mL 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환했다. 상기 혼합물에 톨루엔 33 mL, 트리(tert-부틸)포스핀에 10% 헥산 용액 0.30 mL, 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 48 mg (0.1 mmol)을 첨가하고, 90°C에서 7.5시간 동안 교반했다. 교반 후, 플로리실 (Florisil) (와코 퓨어 케미칼 인더스트리즈, 리미티드(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), 카탈로그 번호 540-00135), 셀라이트 (와코 퓨어 케미칼 인더스트리즈, 리미티드, 카탈로그 번호 531-16855) 및 알루미늄을 통해 흡인 여과하여, 여과액을 얻었다. 여과액을 농축시켜 고체를 얻었다. 고체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피 (전개 용매는 3:1 비의 헥산 및 톨루엔임)로 정제하여 고체를 얻었다. 고체를 톨루엔 및 헥산에서 재결정화시켜, 목적 고체 3.2 g을 수율 81%로 얻었다. 본 반응의 반응식을 하기에 나타낸다.



[0260]

[0261] 트레인 서블리메이션 방법을 사용하여, 얻어진 고체 1.0 g을 승화 정제했다. 승화 정제에서, 압력은 2.6 Pa이고, 아르곤 가스의 유량은 5.0 mL/min이고, 가열 온도는 289°C였다. 승화 정제 후, 합성의 목적물인 고체 0.99 g을 회수율 95%로 얻었다.

[0262] 얻어진 고체의 핵 자기 공명 (<sup>1</sup>H NMR)에 의한 측정 결과를 하기에 나타낸다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): δ = 1.46 (s, 6H), 7.18 (dd, J = 8.5 Hz, 2.5 Hz, 1H), 7.26–7.48 (m, 14H), 7.53–7.56 (m, 2H), 7.60–7.68 (m, 6H), 7.86–7.91 (m, 3H), 7.99 (d, J = 7.5 Hz, 1H).

[0263]

[0264] 얻어진 FrBBiF-II의 열중량측정-시차 열 분석 (TG-DTA)을 행했다. 측정은 고진공 차동형 시차 유형 열 저울 (브루커 AXS 가부시키가이샤(Bruker AXS K.K.) 제조의 TG-DTA2410SA)을 사용함으로써 수행했다. 질소 스트림 (유속 200 mL/min) 및 상압 하에 승온 속도 10°C/min로 측정을 행하였다. 중량과 온도 사이의 관계 (열중량측정)는 5% 중량 손실 온도가 393°C인 것을 나타내며, 이는 높은 내열성의 지표이다.

[0265]

도 13의 (A) 및 (B)는 NMR 차트이다. 도 13의 (B)는 도 13의 (A)의 7.00 ppm 내지 8.25 ppm 범위의 확대 부분을 나타낸다는 것에 유의한다. 측정 결과로부터, 목적 물질인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)이 얻어진 것을 확인했다.

[0266]

<<FrBBiF-II의 물리적 특성>>

[0267]

도 14의 (A)는 FrBBiF-II의 톨루엔 용액 중 FrBBiF-II의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 14의 (B)는 FrBBiF-II의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸다. 스펙트럼은 UV-가시 분광계 (JASCO 코포레이션 제조의 V550)를 사용하여 측정했다. FrBBiF-II의 톨루엔 용액 중 FrBBiF-II의 스펙트럼은, FrBBiF-II의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣어서 측정했다. 박막의 스펙트럼은, 증착에 의해 FrBBiF-II를 석영 기관 위에 침착시켜 제조된 샘플을 사용하여 측정했다. FrBBiF-II의 톨루엔 용액 중 FrBBiF-II의 흡수 스펙트럼의 경우에는, 측정된 스펙트럼으로부터 석영 셀 및 톨루엔의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 흡수 스펙트럼을 도면에 나타내고, FrBBiF-II의 박막의 흡수 스펙트럼의 경우에는, 측정된 스펙트럼으로부터 석영 기관의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 흡수 스펙트럼을 도면에 나타낸다는 것에 유의한다.

[0268]

도 14의 (A)에 나타낸 바와 같이, 톨루엔 용액 중 FrBBiF-II의 경우에는, 대략 360 nm에서 흡수 피크가 관찰되고, 발광 파장 피크는 대략 415 nm (여기 파장: 366 nm)에서 관찰되었다. 도 14의 (B)에 나타낸 바와 같이, FrBBiF-II의 박막의 경우에는, 대략 368 nm, 294 nm, 266 nm, 247 nm 및 209 nm에서 흡수 피크가 관찰되고, 발광 파장 피크는 대략 428 nm (여기 파장: 376 nm)에서 관찰되었다. 이에 따라, FrBBiF-II의 흡수 및 발광은 극도로 단파장인 영역에서 일어나는 것으로 밝혀졌다.

[0269]

박막 상태의 FrBBiF-II의 이온화 포텐셜을, 공기 중 광전자 분광분석법 (측정 기기: 리켄 게이키 캄파니, 리미티드(Riken Keiki, Co., Ltd.) 제조의 AC-2)에 의해 측정했다. 얻어진 이온화 포텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, FrBBiF-II의 HOMO 준위는 -5.61 eV인 것으로 결정되었다. 도 14의 (B)의 박막의 흡수 스펙트럼 데이터로부터, 직접 전이의 가정 하에 Tauc 플롯으로부터 얻어진 FrBBiF-II의 흡수단은 3.11 eV였다. 따라서, 고체 상태의 FrBBiF-II의 광학적 에너지 갭은 3.11 eV로 추정되고, 상기 얻어진 HOMO 준위 및 이러한 에너지 갭의 값으로부터, FrBBiF-II의 LUMO 준위는 -2.50 eV로 추정되었다. 이는, 고체 상태의 FrBBiF-II가 3.11 eV만큼 넓은 에너지 갭을 갖는 것을 알려준다.

[0270]

또한, FrBBiF-II를 액체 크로마토그래피 질량 분광분석법 (LC/MS)에 의해 분석했다.

[0271]

LC/MS에 의한 분석은 액쿼티 UPLC (워터스 코포레이션(Waters Corporation) 제조) 및 크세보 G2 Tof MS (워터스 코포레이션 제조)를 사용하여 행했다.

[0272]

MS 분석에서는, 전기분무 이온화 (ESI) 방법에 의해 이온화를 행했다. 모세관 전압 및 샘플 콘 전압은 각각 3.0 kV 및 30V로 설정했다. 검출은 포지티브 모드에서 행했다.

[0273]

상기 언급된 조건 하에 이온화를 행한 성분을 충돌 셀 내에서 아르곤 가스와 충돌시켜서 생성 이온으로 해리시켰다. 아르곤으로의 충돌을 위한 에너지 (충돌 에너지)는 50 eV였다. 측정을 위한 질량 범위는 m/z = 100 내지 1200였다. 도 15는 결과를 나타낸다.

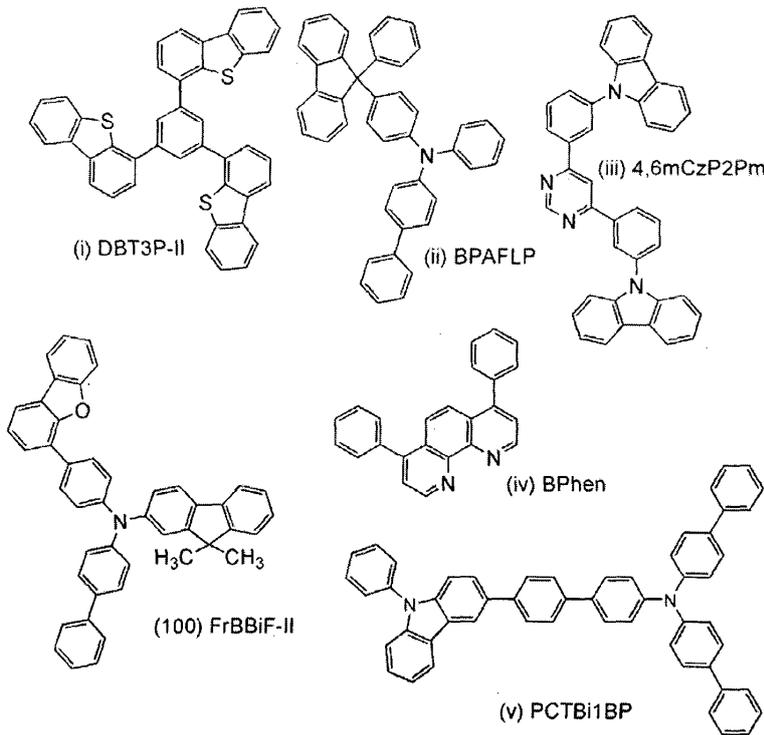
[0274]

[실시예 2]

[0275]

본 실시예에서는, 실시형태 2에 기재된 발광 소자 (발광 소자 1)에 대해서 기재할 것이다. 발광 소자 1에서, 발광층(113)에서의 제2 유기 화합물로서 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)을 사용하고, 제1 유기 화합물로서 4,6-비

스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm)을 사용했다는 것에 유의한다. 본 실시예에 사용된 재료의 화학식을 하기에 나타낸다.



[0276]

[0277]

(발광 소자 1의 제작 방법)

[0278]

먼저, 유리 기판 위에 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물 (ITSO)을 스퍼터링 방법에 의해 형성하여, 제1 전극 (101)을 형성했다. 그의 두께는 110 nm이고, 전극 면적은 2 mm × 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0279]

이어서, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200°C에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 행했다.

[0280]

그 후, 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 챔버 내에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 대략 30분 동안 냉각시켰다.

[0281]

이어서, 제1 전극(101)이 형성된 표면이 아래를 향하도록, 제1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 진공 증착 장치 내의 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 후, 제1 전극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의해 상기 구조 화학식 i에 의해 나타내어진 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브덴(VI)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입층(111)을 형성했다. 정공 주입층(111)의 두께는 20 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브덴의 중량비는 4:2로 조정했다. 공증착 방법은 1개의 처리 챔버 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착 방법을 지칭한다는 것에 유의한다.

[0282]

이어서, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조 화학식 ii에 의해 나타내어진 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)의 막을 20 nm 두께로 형성하여, 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0283]

또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조 화학식 iii에 의해 나타내어진 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm) 및 상기 구조 화학식 100에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)을 4,6mCzP2Pm 대 FrBBiF-II의 중량비가 0.8:0.2이도록 40 nm 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 발광층(113)을 형성했다.

[0284]

이어서, 발광층(113) 위에, 4,6mCzP2Pm의 15 nm 두께 막이 형성되고 상기 구조 화학식 iv에 의해 나타내어진 바소페난트롤린 (약칭: BPhen)의 15 nm 두께 막이 형성되도록, 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0285] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜, 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하여, 본 실시예에서의 발광 소자 1을 제작했다.

[0286] 모든 상기 증착 단계에서, 증착은 저항 가열 방법에 의해 행했다는 것에 유의한다.

[0287] (비교 발광 소자 1의 제작 방법)

[0288] 비교 발광 소자 1은, FrBBiF-II를 상기 구조 화학식 V에 의해 나타내어진 비스(비페닐-4-일)[4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)비페닐-4-일]아민 (약칭: PCTBi1BP)으로 대체하고, BPhen 막의 두께를 10 nm로 설정한 것 이외에는 발광 소자 1과 유사한 방식으로 제작했다.

[0289] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1을, 질소 분위기를 함유한 글로브 박스 내에서 공기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하고 (구체적으로는, 밀봉 재료를 소자의 외연부에 도포하고, 밀봉시에 80℃에서 1시간 동안 열처리함), 이어서 이들 발광 소자의 초기 특성을 측정했다. 측정은 실온 (25 ℃로 유지된 분위기)에서 행했다는 것에 유의한다.

[0290] 도 16은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고, 도 17은 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 18은 그의 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 19는 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고, 도 20은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고, 도 21은 그의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0291] 하기 표 1은 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 대략 1000 cd/m<sup>2</sup>에서의 주요 특성의 값을 나타낸다.

[0292] <표 1>

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 1	3.9	0.73	18.2	0.25	0.49	5.5	4.4	1.9
비교 발광 소자 1	4.4	0.93	23.2	0.23	0.45	3.8	2.7	1.4

[0293]

[0294] 상기 결과는 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 FrBBiF-II를 사용한 발광 소자 1가, 유리한 특성을 갖는다는 것을 나타낸다. 구체적으로, 외부 양자 효율을 나타내는 도 20에 따르면, 발광 소자 1은 저휘도 영역에서 5%를 크게 초과하는 효율을 갖는다. 추출 효율을 향상시키도록 설계되지 않은 본 실시예에서의 발광 소자와 같은 발광 소자의 추출 효율은 대략 20% 내지 30%인 것으로 언급되고 있다. 전류 여기에 의해 생성된 일중항 엑시톤의 생성비를 기준으로 한, 형광의 내부 양자 효율의 이론적 한계치는 25%이다. 이에 따라, 형광 발광 소자의 외부 양자 효율의 이론적 한계치는 5% 내지 7.5%인 것으로 계산되지만, 발광 소자 1의 저휘도 영역에서의 외부 양자 효율은 이러한 이론적 한계치를 크게 초과하는 것을 알 수 있다.

[0295] 상기 결과는 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물 (4,6mCzP2Pm과 FrBBiF-II)에 의해 형성되는 엑시플렉스가, 높은 효율로 광을 방출하며, 이러한 광이 지연 형광 성분을 포함한다는 것을 시사하고 있다. 삼중항 여기 상태에서부터 일중항 여기 상태로의 역 항간 교차를 통해 효율적으로 일어나는 지연 형광으로 인해, 발광 소자 1은 높은 발광 효율로 광을 방출할 수 있었다.

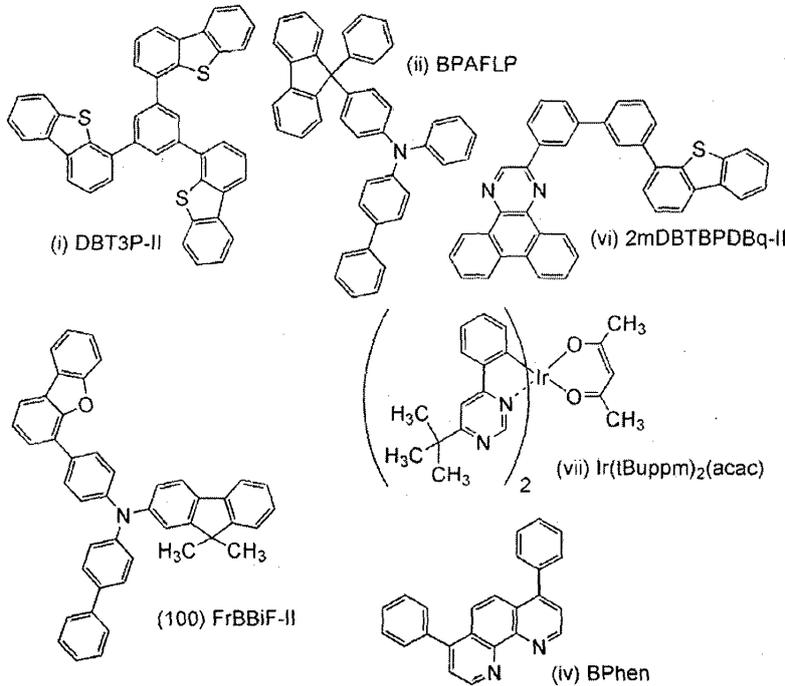
[0296] 또한, 발광 소자 1은 낮은 구동 전압을 갖는 발광 소자인 것으로 밝혀졌다.

[0297] 반면에, FrBBiF-II와 유사한 구조를 갖는 PCTBi1BP를 포함하는 비교 발광 소자 1은 낮은 효율을 갖는다. 이는 아마도, 비페닐디일 기가 9-페닐카르바졸-3-일 기 및 아민의 질소 원자를 접속시키는 구조, 즉 페닐 기의 수가 비페닐 골격에서의 페닐 기의 수보다 1개 더 많은 터페닐 골격을 포함하는 구조로 인해 PCTBi1BP의 T<sub>1</sub> 준위가 저하되기 때문일 것이다. 이에 따라, PCTBi1BP의 T<sub>1</sub> 준위가 엑시플렉스의 T<sub>1</sub> 준위보다 낮아지고, 엑시플렉스의 여기 에너지가 실활되어, 이러한 불충분한 효율을 초래하는 것으로 고려할 수 있다.

[0298] [실시예 3]

[0299] 본 실시예에서는, 실시형태 3에 기재된 발광 소자 (발광 소자 2)에 대해서 기재할 것이다. 발광 소자 2에서, 발광층(113)에서의 제2 유기 화합물로서 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)을 사용하고, 제1 유기 화합물로서 2-[3'-

(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II)을 사용하고, 인광을 방출하는 발광 중심 물질로서 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-펜탄디오네이토-κ<sup>2</sup>O,O')이리듐(III) (약칭: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])을 사용했다는 것에 유의한다. 본 실시예에 사용된 재료의 화학식을 하기에 나타낸다.



[0300]

[0301]

[0302]

[0303]

[0304]

[0305]

[0306]

[0307]

(발광 소자 2의 제작 방법)

먼저, 유리 기판 위에 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링 방법에 의해 형성하여, 제1 전극(101)을 형성했다. 그의 두께는 110 nm이고, 전극 면적은 2 mm × 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

이어서, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200°C에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 행했다.

그 후, 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 챔버 내에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 대략 30분 동안 냉각시켰다.

이어서, 제1 전극(101)이 형성된 표면이 아래를 향하도록, 제1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 진공 증착 장치 내의 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 후, 제1 전극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의해 상기 구조 화학식 i에 의해 나타내어진 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘(VI)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입층(111)을 형성했다. 정공 주입층(111)의 두께는 20 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브데넘의 중량비는 4:2로 조정했다. 공증착 방법은 1개의 처리 챔버 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착 방법을 지칭한다는 것에 유의한다.

이어서, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조 화학식 ii에 의해 나타내어진 4-페닐-4''-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)의 막을 20 nm 두께로 형성하여, 정공 수송층(112)을 형성했다.

또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조 화학식 vi에 의해 나타내어진 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II), 상기 구조 화학식 100에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II) 및 상기 구조 화학식 vii에 의해 나타내어진 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-펜탄디오네이토-κ<sup>2</sup>O,O')이리듐(III) (약칭: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 FrBBiF-II 대 [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가

0.7:0.3:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키고, 이어서 2mDBTBPDq-II, FrBBiF-II 및 [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]를 2mDBTBPDq-II 대 FrBBiF-II 대 [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키는 방식으로, 발광층(113)을 형성했다.

[0308] 이어서, 발광층(113) 위에, 2mDBTBPDq-II의 10 nm 두께 막이 형성되고 상기 구조 화학식 iv에 의해 나타내어진 바소페난트롤린 (약칭: BPhen)의 20 nm 두께 막이 형성되도록, 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0309] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜, 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하여, 본 실시예에서의 발광 소자 2를 제작했다.

[0310] 모든 상기 증착 단계에서, 증착은 저항 가열 방법에 의해 행했다는 것에 유의한다.

[0311] 발광 소자 2를, 질소 분위기를 함유한 글로브 박스 내에서 공기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하고 (구체적으로는, 밀봉 재료를 소자의 외연부에 도포하고, 밀봉시에 80℃에서 1시간 동안 열처리함), 이어서 이들 발광 소자의 초기 특성을 측정했다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행했다는 것에 유의한다.

[0312] 도 22는 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고, 도 23은 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 24는 그의 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 25는 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고, 도 26은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고, 도 27은 그의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0313] 하기 표 2는 발광 소자 2의 대략 1000 cd/m<sup>2</sup>에서의 주요 특성의 값을 나타낸다.

[0314] <표 2>

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자2	2.8	0.04	0.9	0.42	0.57	105.2	118.0	27.9

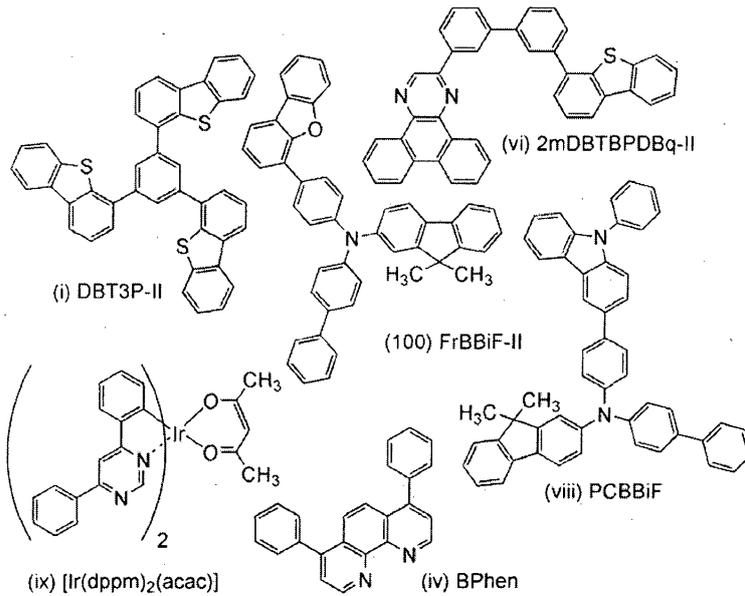
[0315] 상기 결과는 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 FrBBiF-II를 사용한 발광 소자 2가, 황록색 인광을 방출하는 발광 물질을 발광 중심 물질로서 사용한 경우에도 극도로 유리한 특성을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0317] 특히, 외부 양자 효율이 우수하고, 그 값은 고휘도 영역에서도 높게 유지되었다. 이외에도, 구동 전압이 낮고, 그 결과 120 lm/W 이상의 극도로 높은 전력 효율이 달성되었다.

[0318] 신뢰성 시험을 행하고, 그 결과를 도 28에 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 초기 휘도가 5000 cd/m<sup>2</sup>로 설정되고 전류 밀도가 일정한 조건 하에 발광 소자 2를 구동시켰다. 도 28은 초기 휘도를 100%로 한 정규화 휘도의 변화를 나타낸다. 상기 결과는 발광 소자 2의 구동 시간에 비해 휘도의 저하가 작으며, 따라서 발광 소자 2가 유리한 신뢰성을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0319] [실시예 4]

[0320] 본 실시예에서는, N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)을 정공 수송층에 사용한 발광 소자 (발광 소자 3)에 대해서 기재할 것이다. 본 실시예에서 사용한 물질의 화학식을 하기에 나타낸다.



[0321]

[0322]

(발광 소자 3의 제작 방법)

[0323]

먼저, 유리 기판 위에 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링 방법에 의해 형성하여, 제1 전극(101)을 형성했다. 그의 두께는 110 nm이고, 전극 면적은 2 mm × 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0324]

이어서, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200°C에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 행했다.

[0325]

그 후, 압력을 대략  $10^{-4}$  Pa로 감압시킨 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 챔버 내에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 대략 30분 동안 냉각시켰다.

[0326]

이어서, 제1 전극(101)이 형성된 표면이 아래를 향하도록, 제1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 진공 증착 장치 내의 압력을 대략  $10^{-4}$  Pa로 감압시킨 후, 제1 전극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의해 상기 구조 화학식 i에 의해 나타내어진 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘(VI)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입층(111)을 형성했다. 정공 주입층(111)의 두께는 20 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브데넘의 중량비는 4:2로 조정했다. 공증착 방법은 1개의 처리 챔버 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착 방법을 지칭한다는 것에 유의한다.

[0327]

이어서, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조 화학식 100에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조푸란-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: FrBBiF-II)의 막을 20 nm 두께로 형성하여, 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0328]

또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조 화학식 vi에 의해 나타내어진 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II), 상기 구조 화학식 viii에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBBiF) 및 상기 구조 화학식 ix에 의해 나타내어진 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])을 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키고, 이어서 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF 및 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]를 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키는 방식으로, 발광층(113)을 형성했다.

[0329]

이어서, 발광층(113) 위에, 2mDBTBPDBq-II의 20 nm 두께 막이 형성되고 상기 구조 화학식 iv에 의해 나타내어진 바소페난트롤린 (약칭: BPhen)의 10 nm 두께 막이 형성되도록, 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0330] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜, 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하여, 본 실시예에서의 발광 소자 3을 제작했다.

[0331] 모든 상기 증착 단계에서, 증착은 저항 가열 방법에 의해 행했다는 것에 유의한다.

[0332] 발광 소자 3을, 질소 분위기를 함유한 글로브 박스 내에서 공기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하고 (구체적으로는, 밀봉 재료를 소자의 외연부에 도포하고, 밀봉시에 80℃에서 1시간 동안 열처리함), 이어서 이들 발광 소자의 초기 특성을 측정했다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행했다는 것에 유의한다.

[0333] 도 29는 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 30은 그의 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 31은 그의 전압-전류 특성을 나타내고, 도 32는 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0334] 하기 표 3은 발광 소자 3의 대략 1000 cd/m<sup>2</sup>에서의 주요 특성의 값을 나타낸다.

[0335] <표 3>

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자3	2.9	0.06	1.4	0.56	0.44	81	88	30

[0336] 상기 결과는 정공 수송층이 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 FrBBiF-II를 포함하는 것인 발광 소자 3이, 주황색 인광을 방출하는 발광 물질을 발광 중심 물질로서 사용한 경우에도 극도로 유리한 특성을 갖는다는 것을 나타낸다.

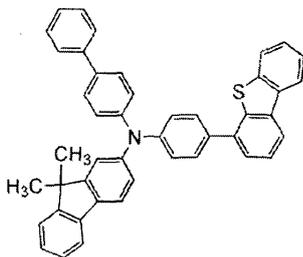
[0338] 특히, 외부 양자 효율이 우수하고, 그 값은 고휘도 영역에서도 높게 유지되었다.

[0339] 신뢰성 시험을 행하고, 그 결과를 도 33에 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 초기 휘도가 5000 cd/m<sup>2</sup>로 설정되고 전류 밀도가 일정한 조건 하에 발광 소자 3을 구동시켰다. 도 33은 초기 휘도를 100%로 한 정규화 휘도의 변화를 나타낸다. 상기 결과는 발광 소자 3의 구동 시간에 비해 휘도의 저하가 작으며, 따라서 발광 소자 3이 유리한 신뢰성을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0340] [실시예 5]

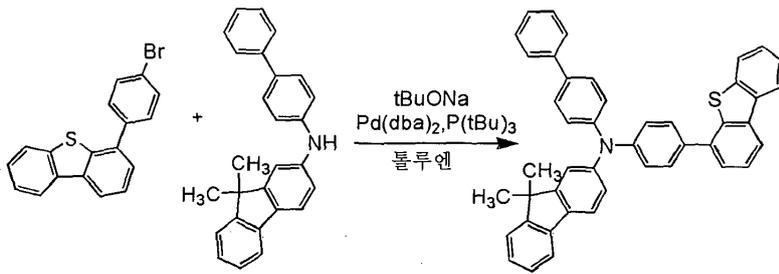
[0341] 본 실시예에서는, 하기 구조 화학식 200에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF)의 합성 방법에 대해서 기재할 것이다.

[0342] <화학식 200>



[0343]

[0344] 먼저, 4-(4-브로모페닐)디벤조티오펜 2.2 g (6.4 mmol), N-(1,1'-비페닐-4-일)-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 2.5 g (6.8 mmol) 및 소듐 tert-부톡사이드 1.9 g (19.4 mmol)을 200 mL 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환했다. 상기 혼합물에 톨루엔 33.0 mL, 트리(tert-부틸)포스핀에 10% 헥산 용액 0.4 mL를 첨가하고, 60℃에서 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 37 mg (0.1 mmol)을 첨가한 후, 80℃에서 2.0시간 동안 교반했다. 교반 후, 플로리실, 셀라이트 및 알루미늄을 통해 흡인 여과하여, 여과액을 얻었다. 여과액을 농축시켜 고체를 얻었다. 고체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피 (전개 용매는 3:1 비의 헥산 및 톨루엔임)로 정제하고, 고체를 얻었다. 고체를 톨루엔 및 헥산에서 재결정화시켜, 원하는 고체 3.4 g을 수율 85%로 얻었다.



[0345]

[0346]

트레인 서블리메이션 방법을 사용하여, 얻어진 고체 1.5 g을 승화 정제했다. 승화 정제에서, 2.8 Pa의 압력 및 5.0 mL/min의 아르곤 가스의 유량 하에 256°C에서 16.0시간 동안, 이어서 265°C에서 2.0시간 동안 고체를 가열했다. 승화 정제 후, 합성의 목적물인 고체 1.4 g을 회수율 95%로 얻었다.

[0347]

얻어진 고체의 핵 자기 공명 (1H NMR)에 의한 측정 결과를 하기에 나타낸다.

<sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): δ = 1.47 (s, 6H), 7.18 (dd, J = 8.3 Hz, 2.5 Hz, 1H), 7.27–7.35 (m, 8H), 7.41–7.50 (m, 5H), 7.51–7.57 (m, 4H), 7.61–7.68 (m, 6H), 7.84–7.88 (m, 1H), 8.14 (dd, J = 7.5 Hz, 1.0 Hz, 1H), 8.17–8.21 (m, 1H).

[0348]

[0349]

도 34의 (A) 및 (B)는 NMR 차트이다. 도 34의 (B)는 도 34의 (A)의 7.00 ppm 내지 8.25 ppm 범위의 확대 부분을 나타낸다는 것에 유의한다. 측정 결과로부터, 목적 물질인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF)이 얻어진 것을 확인했다.

[0350]

얻어진 ThBBiF의 열중량측정-시차 열 분석 (TG-DTA)을 행했다. 측정은 고진공 차동형 시차 열 저울 (브루커 AXS 가부시키가이샤 제조의 TG-DTA2410SA)을 사용함으로써 수행했다. 질소 스트림 (유속 200 mL/min) 및 상압 하에 승온 속도 10°C/min로 측정을 행하였다. 중량과 온도 사이의 관계 (열중량측정)는 5% 중량 손실 온도가 403°C인 것을 나타내며, 이는 높은 내열성의 지표이다.

[0351]

또한, ThBBiF를 액체 크로마토그래피 질량 분광분석법 (LC/MS)에 의해 분석했다.

[0352]

LC/MS에 의한 분석은 액유티 UPLC (워터스 코포레이션 제조) 및 크세보(Xevo) G2 Tof MS (워터스 코포레이션 제조)를 사용하여 행했다.

[0353]

MS 분석에서는, 전기분무 이온화 (ESI) 방법에 의해 이온화를 행했다. 모세관 전압 및 샘플 콘 전압은 각각 3.0 kV 및 30V로 설정했다. 검출은 포지티브 모드에서 행했다.

[0354]

상기 언급된 조건 하에 이온화를 행한 성분을 충돌 셀 내에서 아르곤 가스와 충돌시켜서 생성 이온으로 해리시켰다. 아르곤으로의 충돌을 위한 에너지 (충돌 에너지)는 50 eV였다. 측정을 위한 질량 범위는 m/z = 100 내지 1200였다. 도 35는 결과를 나타낸다.

[0355]

<<ThBBiF의 물리적 특성>>

[0356]

도 36의 (A)는 ThBBiF의 톨루엔 용액 중 ThBBiF의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 36의 (B)는 ThBBiF의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸다. 스펙트럼은 UV-가시 분광계 (JASCO 코포레이션 제조의 V550)를 사용하여 측정했다. ThBBiF의 톨루엔 용액 중 ThBBiF의 스펙트럼은, ThBBiF의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣어서 측정했다. 박막의 스펙트럼은, 증착에 의해 ThBBiF를 석영 기관 위에 침착시켜 제조된 샘플을 사용하여 측정했다. ThBBiF의 톨루엔 용액 중 ThBBiF의 흡수 스펙트럼의 경우에는, 측정된 스펙트럼으로부터 석영 셀 및 톨루엔의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 흡수 스펙트럼을 도면에 나타내고, ThBBiF의 박막의 흡수 스펙트럼의 경우에는, 측정된 스펙트럼으로부터 석영 기관의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 흡수 스펙트럼을 도면에 나타낸다는 것에 유의한다.

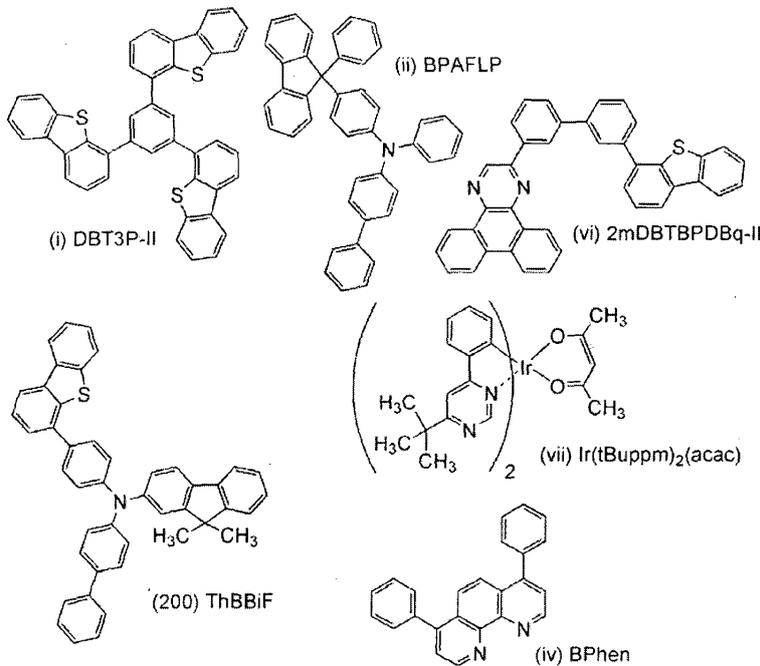
[0357]

도 36의 (A)에 나타낸 바와 같이, 톨루엔 용액 중 ThBBiF의 경우에는, 대략 358 nm에서 흡수 피크가 관찰되고, 발광 파장 피크는 대략 411 nm (여기 파장: 362 nm)에서 관찰되었다. 도 36의 (B)에 나타낸 바와 같이, ThBBiF의 박막의 경우에는, 대략 362 nm, 289 nm, 242 nm 및 210 nm에서 흡수 피크가 관찰되고, 발광 파장 피크는 대략 431 nm (여기 파장: 363 nm)에서 관찰되었다. 이에 따라, ThBBiF의 흡수 및 발광은 극도로 단파장인 영역에서 일어나는 것으로 밝혀졌다.

[0358] 박막 상태의 ThBBiF의 이온화 포텐셜을, 공기 중 광전자 분광분석법 (측정 기기: 리켄 게이키 캄파니, 리미티드 제조의 AC-2)에 의해 측정했다. 얻어진 이온화 포텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, ThBBiF의 HOMO 준위는 -5.60 eV인 것으로 결정되었다. 도 36의 (B)의 박막의 흡수 스펙트럼 데이터로부터, 직접 전이의 가정 하에 Tauc 플롯으로부터 얻어진 ThBBiF의 흡수단은 3.15 eV였다. 따라서, 고체 상태의 ThBBiF의 광학적 에너지 갭은 3.15 eV로 추정되고, 상기 얻어진 HOMO 준위 및 이러한 에너지 갭의 값으로부터, ThBBiF의 LUMO 준위는 -2.45 eV로 추정되었다. 이는, 고체 상태의 ThBBiF가 3.15 eV만큼 넓은 에너지 갭을 갖는 것을 알려준다.

[0359] [실시에 6]

[0360] 본 실시예에서는, 실시형태 3에 기재된 발광 소자 (발광 소자 4)에 대해서 기재할 것이다. 발광 소자 4에서, 발광층(113)에서의 제2 유기 화합물로서 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF)을 사용하고, 제1 유기 화합물로서 2-[3'-(디벤조티오오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II)을 사용하고, 인광을 방출하는 발광 중심 물질로서 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-펜탄디오네이트-κ<sup>2</sup>O,0')이리듐 (III) (약칭: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])을 사용했다는 것에 유의한다. 본 실시예에 사용된 재료의 화학식을 하기에 나타낸다.



[0361] (발광 소자 4의 제작 방법)

[0362] 먼저, 유리 기판 위에 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링 방법에 의해 형성하여, 제1 전극(101)을 형성했다. 그의 두께는 110 nm이고, 전극 면적은 2 mm × 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0364] 이어서, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200℃에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 행했다.

[0365] 그 후, 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 챔버 내에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 대략 30분 동안 냉각시켰다.

[0366] 이어서, 제1 전극(101)이 형성된 표면이 아래를 향하도록, 제1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 진공 증착 장치 내의 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 후, 제1 전극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의해 상기 구조 화학식 i에 의해 나타내어진 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오오펜) (약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브덴(VI)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입층(111)을 형성했다. 정공 주입층(111)의 두께는 20 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브덴(VI)의 중량비는 4:2로 조정했다.

[0367] 이어서, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조 화학식 ii에 의해 나타내어진 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)의 막을 20 nm 두께로 형성하여, 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0368] 또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조 화학식 vi에 의해 나타내어진 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴논살린 (약칭: 2mDBTBPDq-II), 상기 구조 화학식 200에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF) 및 상기 구조 화학식 vii에 의해 나타내어진 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-벤탄디오네이트-κ<sup>2</sup>O,0')이리듐 (III) (약칭: [Ir(tBupp)<sub>2</sub>(acac)])을 2mDBTBPDq-II 대 ThBBiF 대 [Ir(tBupp)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키고, 이어서 2mDBTBPDq-II, ThBBiF 및 [Ir(tBupp)<sub>2</sub>(acac)]를 2mDBTBPDq-II 대 ThBBiF 대 [Ir(tBupp)<sub>2</sub>(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05이도록 20 nm 두께로 공증착에 의해 침착시키는 방식으로, 발광층(113)을 형성했다.

[0369] 이어서, 발광층(113) 위에, 2mDBTBPDq-II의 20 nm 두께 막이 형성되고, 상기 구조 화학식 iv에 의해 나타내어진 바소페난트롤린 (약칭: BPhen)의 10 nm 두께 막이 형성되도록, 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0370] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜, 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하여, 본 실시예에서의 발광 소자 4를 제작했다.

[0371] 모든 상기 증착 단계에서, 증착은 저항 가열 방법에 의해 행했다는 것에 유의한다.

[0372] 발광 소자 4를, 질소 분위기를 함유한 글로브 박스 내에서 공기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하고 (구체적으로는, 밀봉 재료를 소자의 외연부에 도포하고, 밀봉시에 80℃에서 1시간 동안 열처리함), 이어서 이들 발광 소자의 초기 특성을 측정했다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행했다는 것에 유의한다.

[0373] 도 37은 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고, 도 38은 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 39는 그의 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 40은 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고, 도 41은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고, 도 42는 그의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0374] 하기 표 4는 발광 소자 4의 대략 1000 cd/m<sup>2</sup>에서의 주요 특성의 값을 나타낸다.

[0375] <표 4>

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 <sub>x</sub>	색도 <sub>y</sub>	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 4	3.1	0.04	1.1	0.42	0.56	103	104	28

[0376]

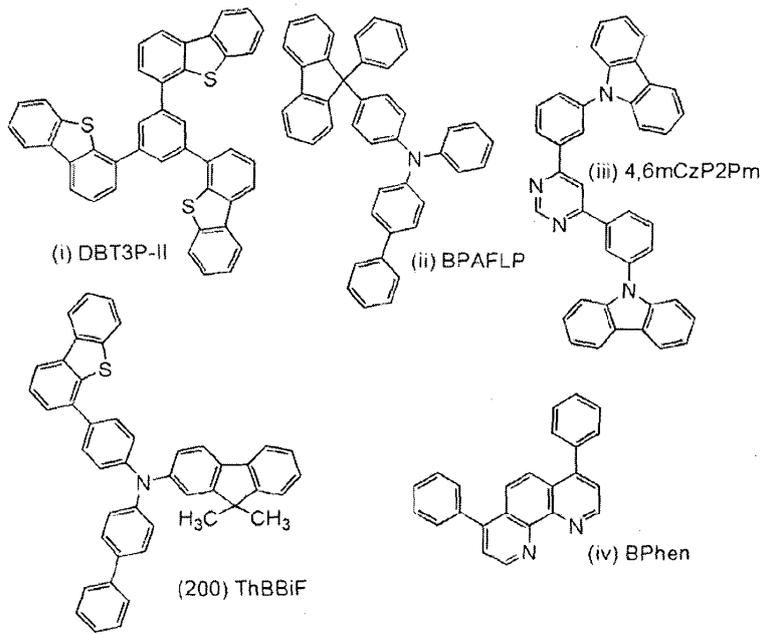
[0377] 상기 결과는 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 ThBBiF를 사용한 발광 소자 4가, 황록색 인광을 방출하는 발광 물질을 발광 중심 물질로서 사용한 경우에도 극도로 유리한 특성을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0378] 특히, 외부 양자 효율이 우수하고, 그 값은 고휘도 영역에서도 높게 유지되었다. 이외에도, 구동 전압이 낮고, 그 결과 120 lm/W 이상의 극도로 높은 전력 효율이 달성되었다.

[0379] 신뢰성 시험을 행하고, 그 결과를 도 43에 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 초기 휘도가 5000 cd/m<sup>2</sup>로 설정되고 전류 밀도가 일정한 조건 하에 발광 소자 4를 구동시켰다. 도 43은 초기 휘도를 100%로 한 정규화 휘도의 변화를 나타낸다. 상기 결과는 발광 소자 4의 구동 시간에 비해 휘도의 저하가 작으며, 따라서 발광 소자 4가 유리한 신뢰성을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0380] [실시예 7]

[0381] 본 실시예에서는, 실시형태 2에 기재된 발광 소자 (발광 소자 5)에 대해서 기재할 것이다. 발광 소자 5에서, 발광층(113)에서의 제2 유기 화합물로서 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF)을 사용하고, 제1 유기 화합물로서 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm)을 사용했다는 것에 유의한다. 본 실시예에 사용된 재료의 화학식을 하기에 나타낸다.



[0382]

[0383] (발광 소자 5의 제작 방법)

[0384] 먼저, 유리 기판 위에 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링 방법에 의해 형성하여, 제1 전극(101)을 형성했다. 그의 두께는 110 nm이고, 전극 면적은 2 mm × 2 mm였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0385] 이어서, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200°C에서 1시간 동안 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 행했다.

[0386] 그 후, 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 챔버 내에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 대략 30분 동안 냉각시켰다.

[0387] 이어서, 제1 전극(101)이 형성된 표면이 아래를 향하도록, 제1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하고, 진공 증착 장치 내의 압력을 대략 10<sup>-4</sup> Pa로 감압시킨 후, 제1 전극(101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의해 상기 구조 화학식 i에 의해 나타내어진 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘(VI)을 공증착에 의해 침착시켜, 정공 주입층(111)을 형성했다. 정공 주입층(111)의 두께는 20 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브데넘의 중량비는 4:2로 조정했다. 공증착 방법은 1개의 처리 챔버 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착 방법을 지칭한다는 것에 유의한다.

[0388] 이어서, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조 화학식 ii에 의해 나타내어진 4-페닐-4''-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)의 막을 20 nm 두께로 형성하여, 정공 수송층(112)을 형성했다.

[0389] 또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조 화학식 iii에 의해 나타내어진 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm) 및 상기 구조 화학식 200에 의해 나타내어진 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: ThBBiF)을 4,6mCzP2Pm 대 ThBBiF의 중량비가 0.8:0.2 이도록 40 nm 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 발광층(113)을 형성했다.

[0390] 이어서, 발광층(113) 위에, 4,6mCzP2Pm의 20 nm 두께 막이 형성되고 상기 구조 화학식 iv에 의해 나타내어진 바소페난트롤린 (약칭: BPhen)의 10 nm 두께 막이 형성되도록, 전자 수송층(114)을 형성했다.

[0391] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜, 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막으로 알루미늄을 200 nm 두께로 증착에 의해 침착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하여, 본 실시예에서의 발광 소자 5를 제작했다.

[0392] 모든 상기 증착 단계에서, 증착은 저항 가열 방법에 의해 행했다는 것에 유의한다.

[0393] 발광 소자 5를, 질소 분위기를 함유한 글로브 박스 내에서 공기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하고 (구체적으로는, 밀봉 재료를 소자의 외연부에 도포하고, 밀봉시에 80℃에서 1시간 동안 열처리함), 이어서 이들 발광 소자의 초기 특성을 측정했다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행했다는 것에 유의한다.

[0394] 도 44는 발광 소자 5의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고, 도 45는 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고, 도 46은 그의 전압-휘도 특성을 나타내고, 도 47은 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고, 도 48은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고, 도 49는 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0395] 하기 표 5는 발광 소자 5의 대략 1000 cd/m<sup>2</sup>에서의 주요 특성의 값을 나타낸다.

[0396] <표 5>

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm <sup>2</sup> )	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자5	4.6	0.97	24.2	0.25	0.46	4.5	3.1	1.5

[0397]

[0398] 상기 결과는 실시형태 1에 기재된 유기 화합물인 ThBBiF를 사용한 발광 소자 5가, 유리한 특성을 갖는다는 것을 나타낸다. 구체적으로, 외부 양자 효율을 나타내는 도 48에 따르면, 발광 소자 5는 저휘도 영역에서 5%를 크게 초과하는 효율을 갖는다. 추출 효율을 향상시키도록 설계되지 않은 본 실시예에서의 발광 소자와 같은 발광 소자의 추출 효율은 대략 20% 내지 30%인 것으로 언급되고 있다. 전류 여기에 의해 생성된 일중항 엑시톤의 생성비를 기준으로 한, 형광의 내부 양자 효율의 이론적 한계치는 25%이다. 이에 따라, 형광 발광 소자의 외부 양자 효율의 이론적 한계치는 5% 내지 7.5%인 것으로 계산되지만, 발광 소자 5의 저휘도 영역에서의 외부 양자 효율은 이러한 이론적 한계치를 크게 초과하는 것을 알 수 있다.

[0399] 상기 결과는 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물 (4,6mCzP2Pm과 ThBBiF)에 의해 형성되는 엑시플렉스가, 높은 효율로 광을 방출하며, 이러한 광이 지연 형광 성분을 포함한다는 것을 시사하고 있다. 삼중항 여기 상태에서부터 일중항 여기 상태로의 역 항간 교차를 통해 효율적으로 일어나는 지연 형광으로 인해, 발광 소자 5는 높은 발광 효율로 광을 방출할 수 있었다.

**부호의 설명**

[0400] 101: 제1 전극, 102: 제2 전극, 103: 유기 화합물을 함유하는 층, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 113: 발광층, 114: 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 400: 기판, 401: 제1 전극, 403: 유기 화합물을 함유하는 층, 404: 제2 전극, 405: 밀봉 재료, 407: 밀봉 기판, 412: 패드, 420: IC 칩, 501: 제1 전극, 502: 제2 전극, 511: 제1 발광 유닛, 512: 제2 발광 유닛, 513: 전하 생성층, 601: 구동 회로부 (소스선 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부 (게이트선 구동 회로), 604: 밀봉 기판, 605: 밀봉 재료, 607: 공간, 608: 배선, 609: FPC (가요성 인쇄 회로), 610: 소자 기판, 611: 스위칭 TFT, 612: 전류 제어 TFT, 613: 제1 전극, 614: 절연물, 616: 유기 화합물을 함유하는 층, 617: 제2 전극, 618: 발광 소자, 623: n-채널 TFT, 624: p-채널 TFT, 625: 건조제, 901: 하우징, 902: 액정 층, 903: 백라이트 유닛, 904: 하우징, 905: 드라이버 IC, 906: 단자, 951: 기판, 952: 전극, 953: 절연층, 954: 격벽층, 955: 유기 화합물을 함유하는 층, 956: 전극, 1001: 기판, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 제1 층간 절연막, 1021: 제2 층간 절연막, 1022: 전극, 1024W: 발광 소자의 제1 전극, 1024R: 발광 소자의 제1 전극, 1024G: 발광 소자의 제1 전극, 1024B: 발광 소자의 제1 전극, 1025: 격벽, 1028: 유기 화합물을 함유하는 층, 1029: 발광 소자의 제2 전극, 1031: 밀봉 기판, 1032: 밀봉 재료, 1033: 투명한 기재, 1034R: 적색 착색층, 1034G: 녹색 착색층, 1034B: 청색 착색층, 1035: 흑색층 (블랙 매트릭스), 1036: 오버코트층, 1037: 제3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 2001: 하우징, 2002: 광원, 3001: 조명 장치, 5000: 표시 영역, 5001: 표시 영역, 5002: 표시 영역, 5003: 표시 영역, 5004: 표시 영역, 5005: 표시 영역, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 동작 키, 7110: 리모트 제어기, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 장치, 7210: 제2의 표시부, 7301: 하우징, 7302: 하우징, 7303: 연결부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커부, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 동작 키, 7310: 접속 단자, 7311: 센서, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크, 9033: 고정구, 9034: 스위치, 9035: 전원 스위치, 9036: 전력 절약 스위치, 9038: 동작 스위치, 9630: 하우징, 9631: 표시부, 9631a: 표시부, 9631b: 표시부,

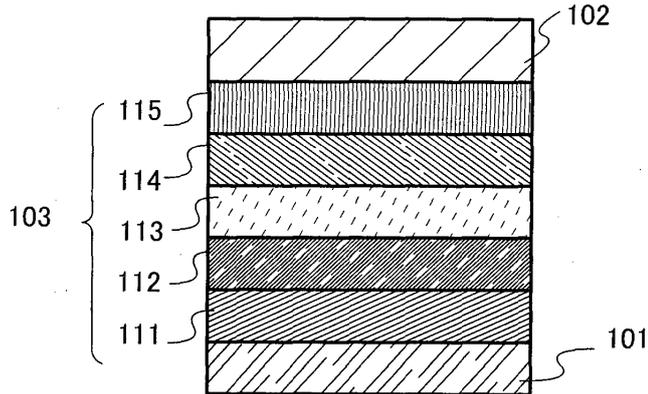
9632a: 터치스크린 영역, 9632b: 터치스크린 영역, 9633: 태양 전지, 9634: 충방전 제어 회로, 9635: 배터리, 9636: DC-투-DC 컨버터, 9637: 동작 키, 9638: 컨버터, 9639: 버튼.

본 출원은 2013년 3월 26일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련 번호 2013-064278을 기초로 하며, 그의 전체 내용은 본원에 참조로 포함된다.

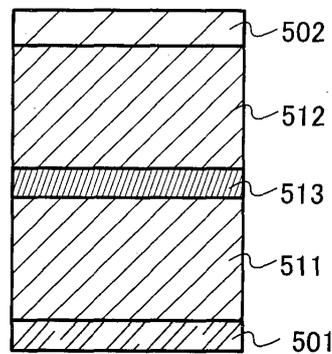
도면

도면1

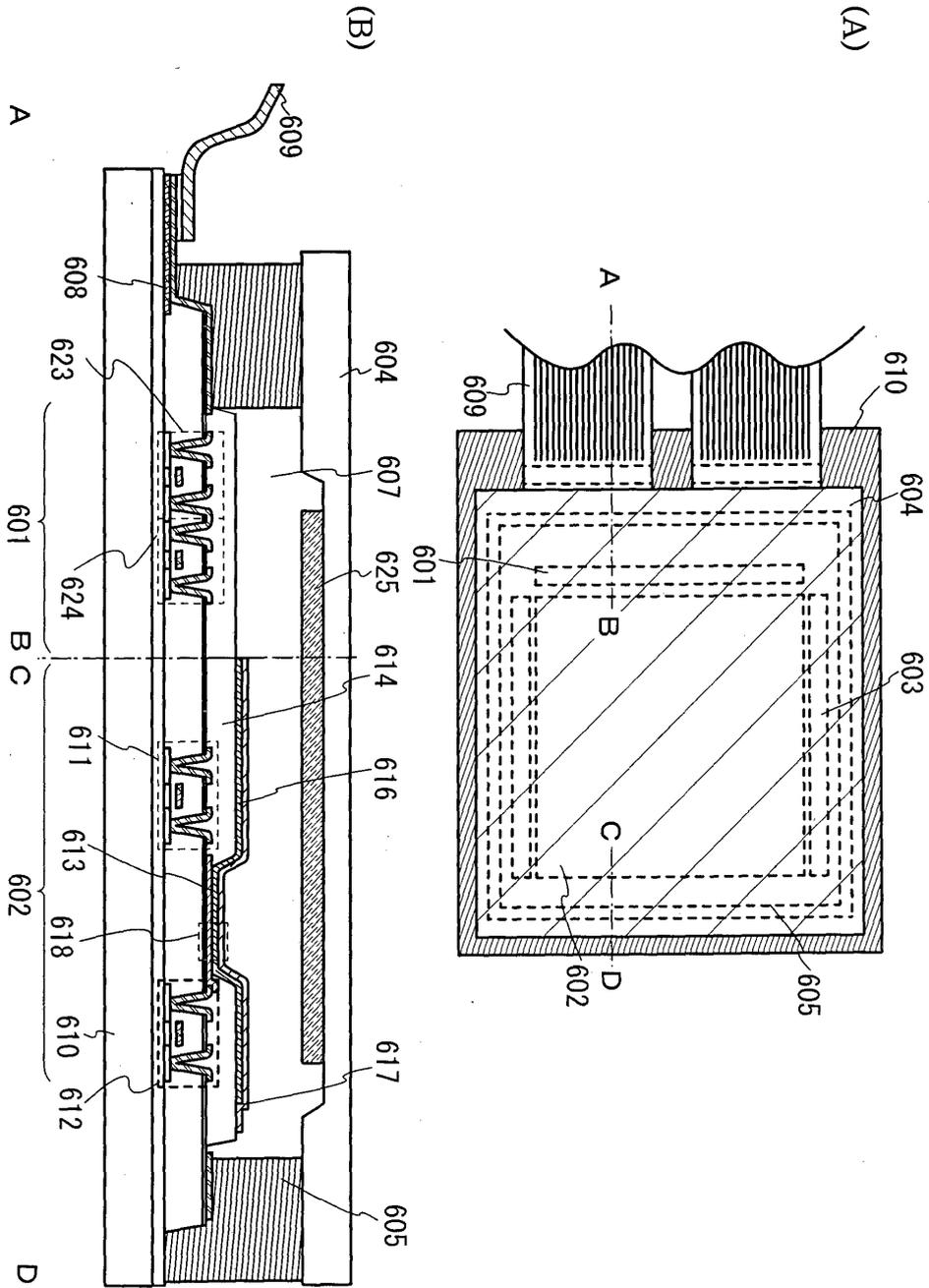
(A)



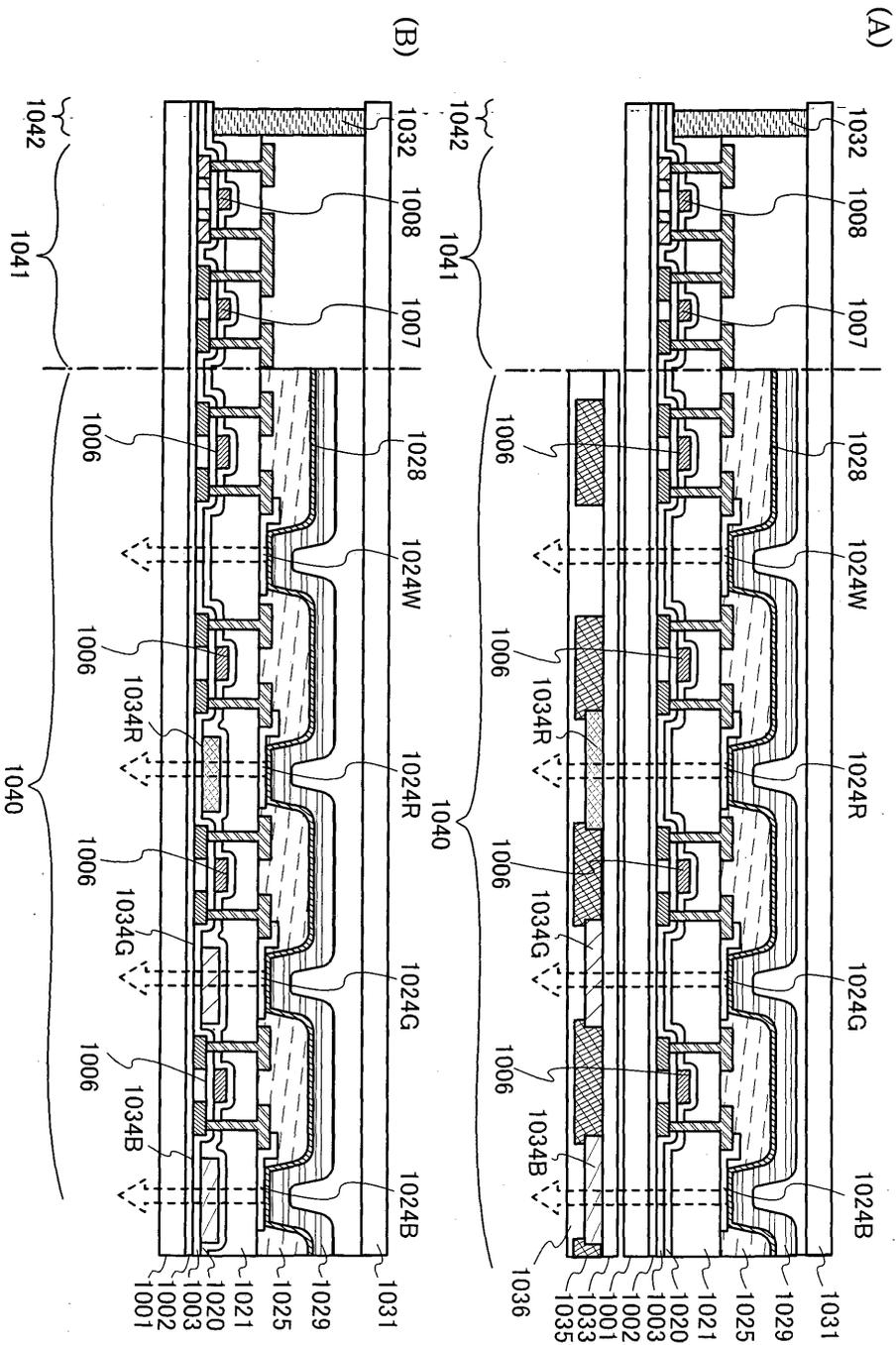
(B)



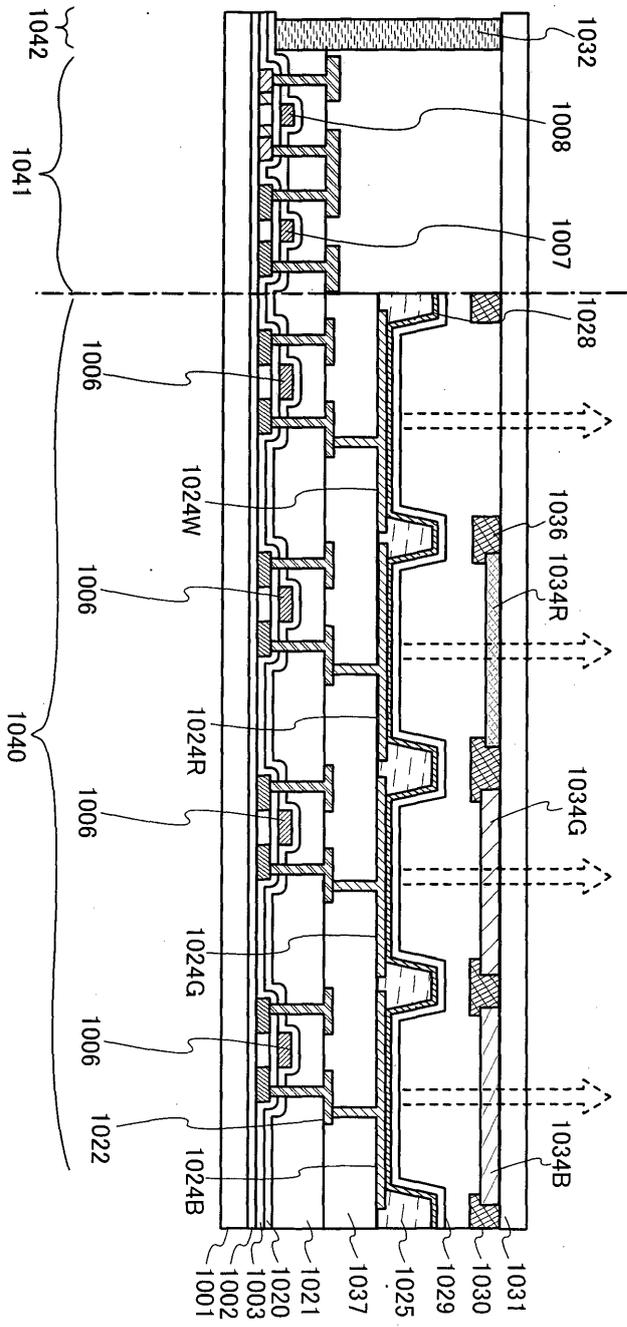
도면2



도면3

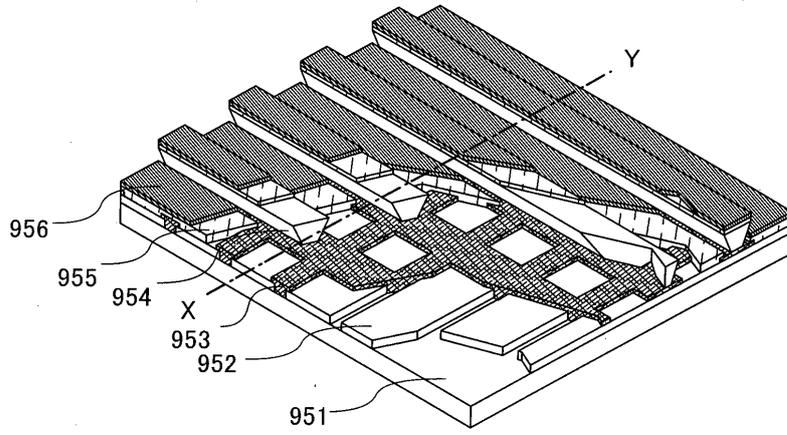


도면4

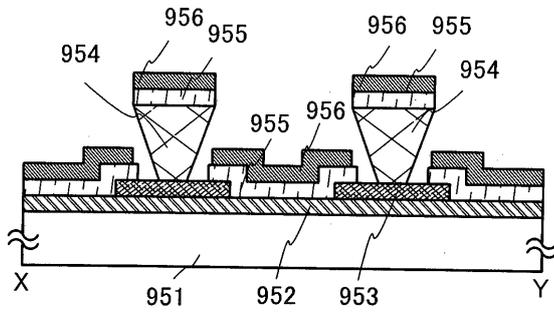


도면5

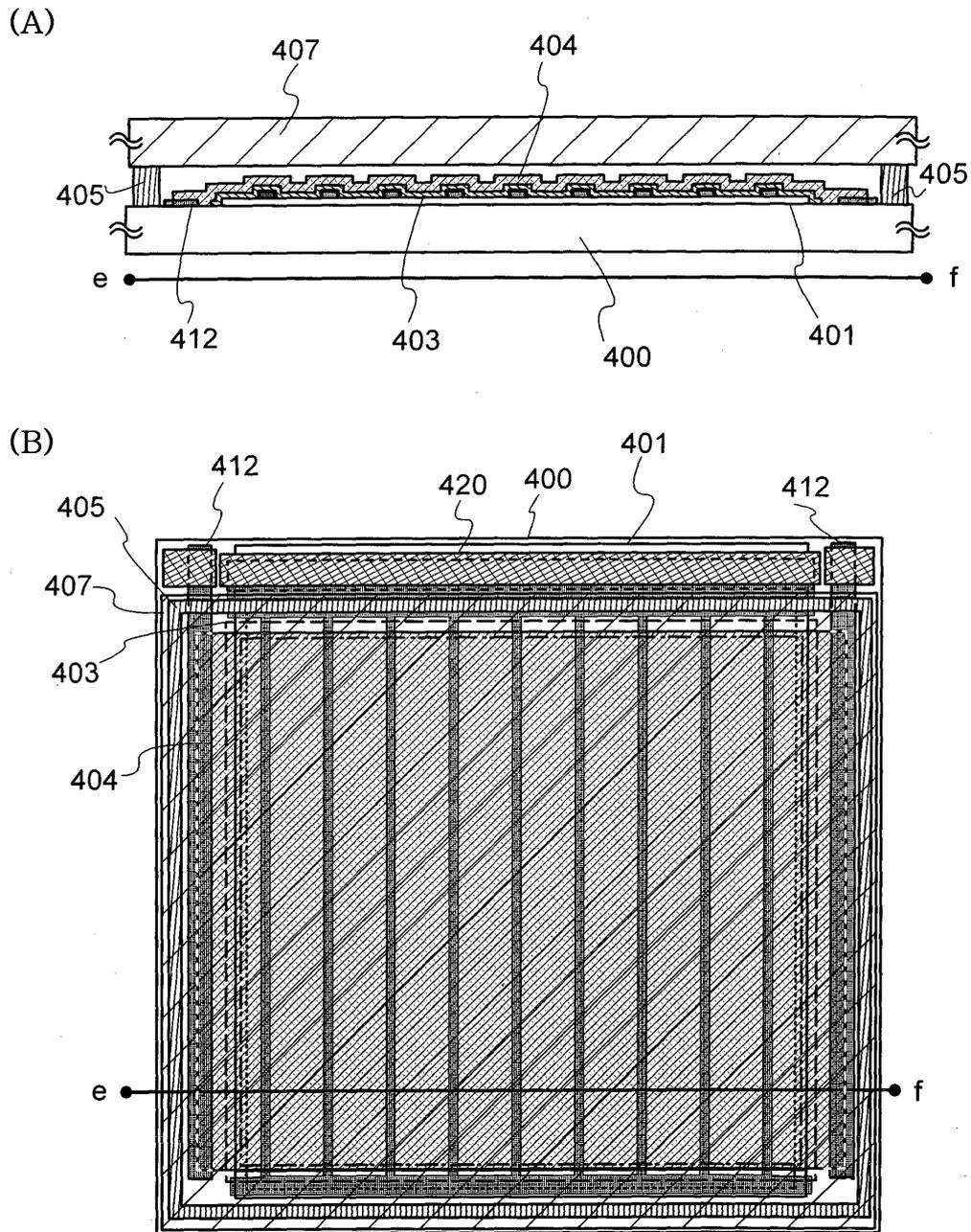
(A)



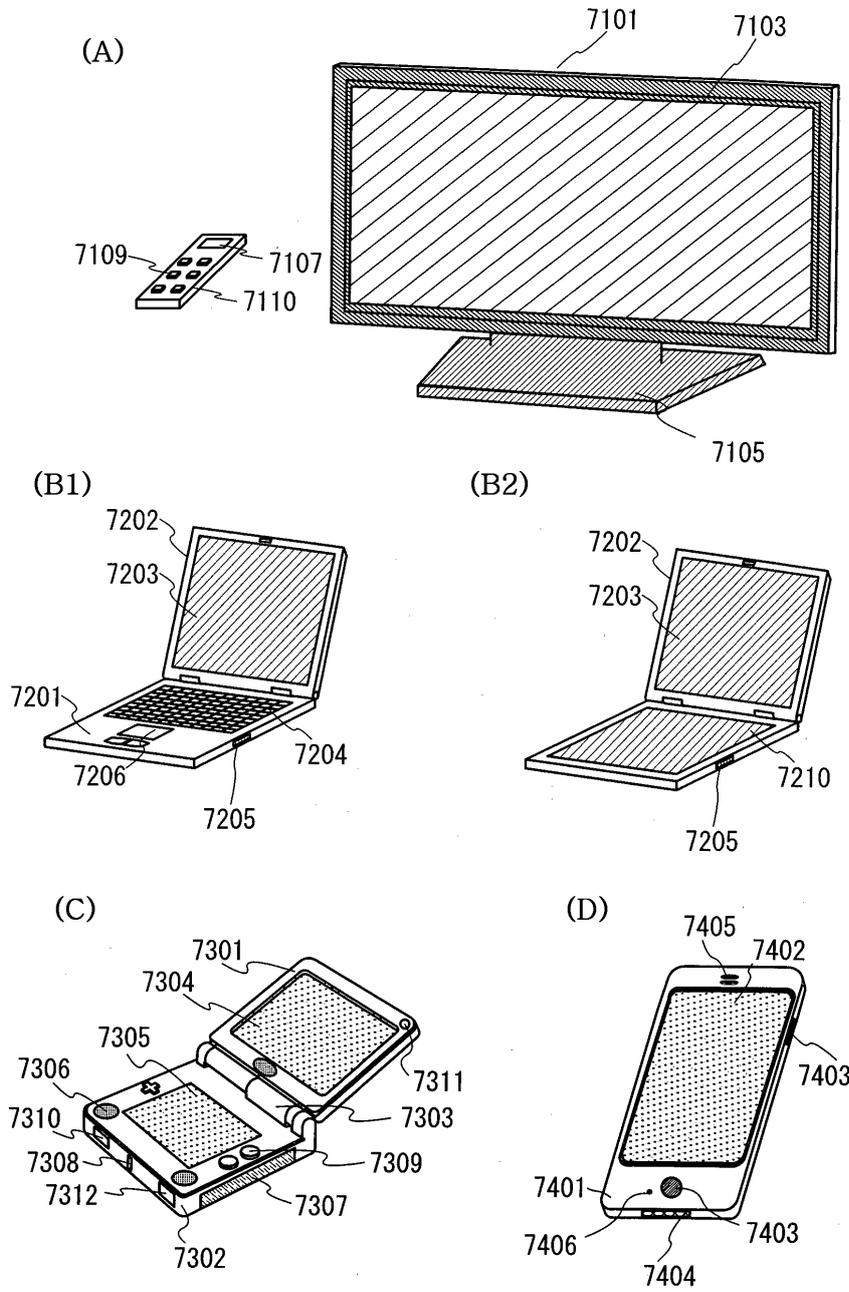
(B)



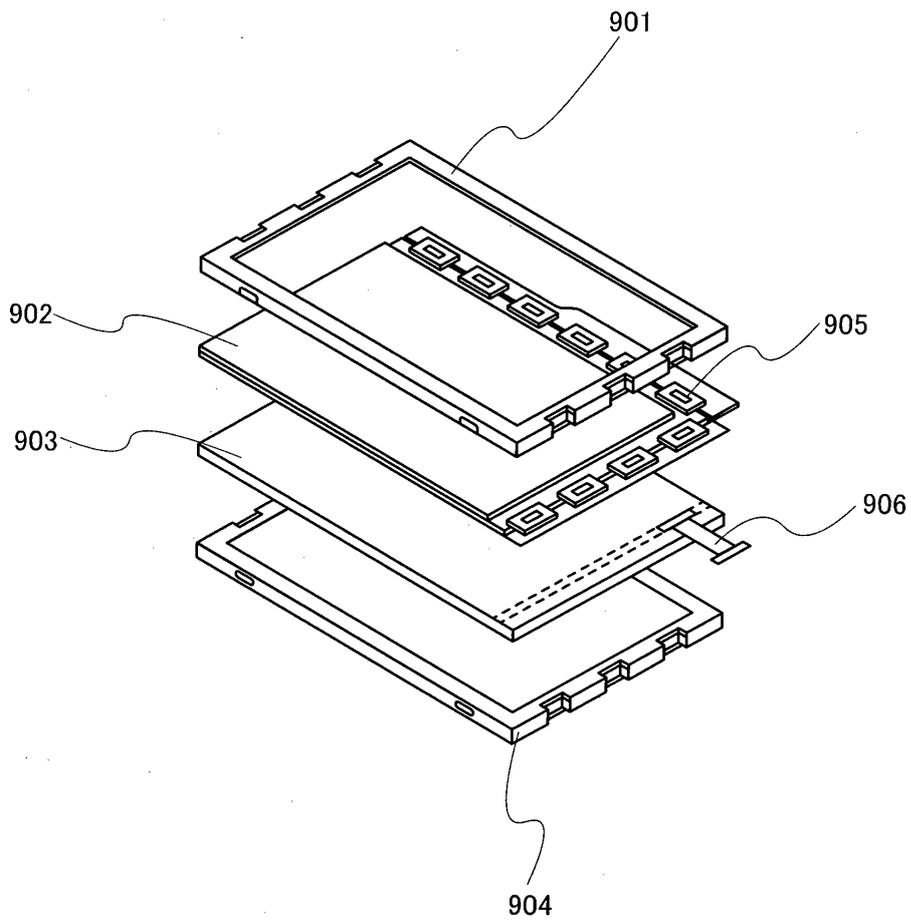
도면6



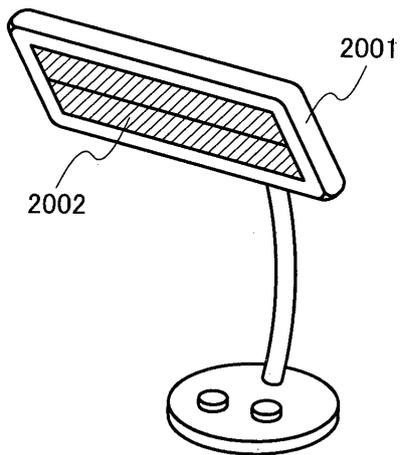
도면7



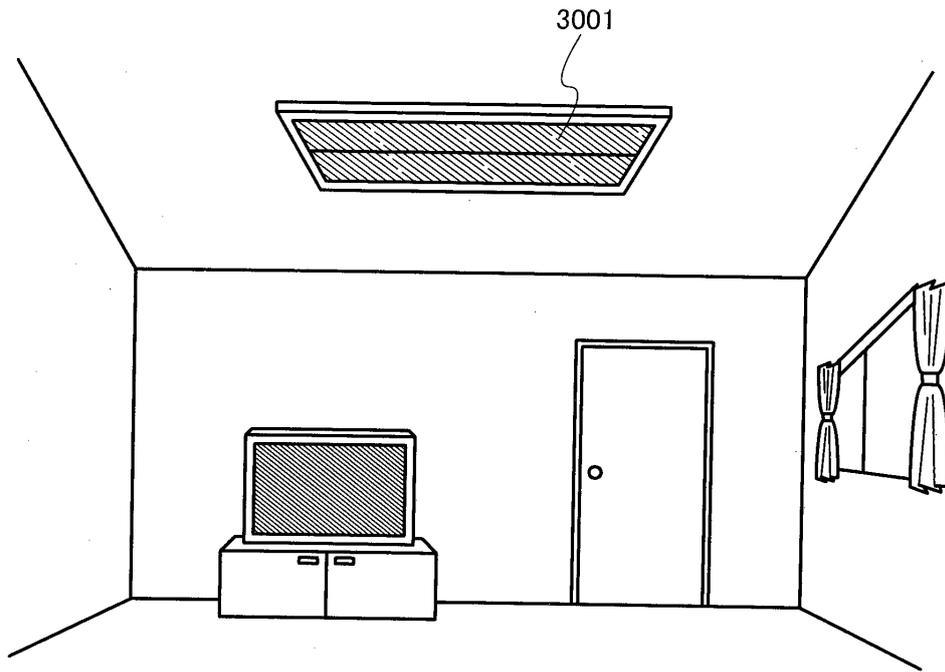
도면8



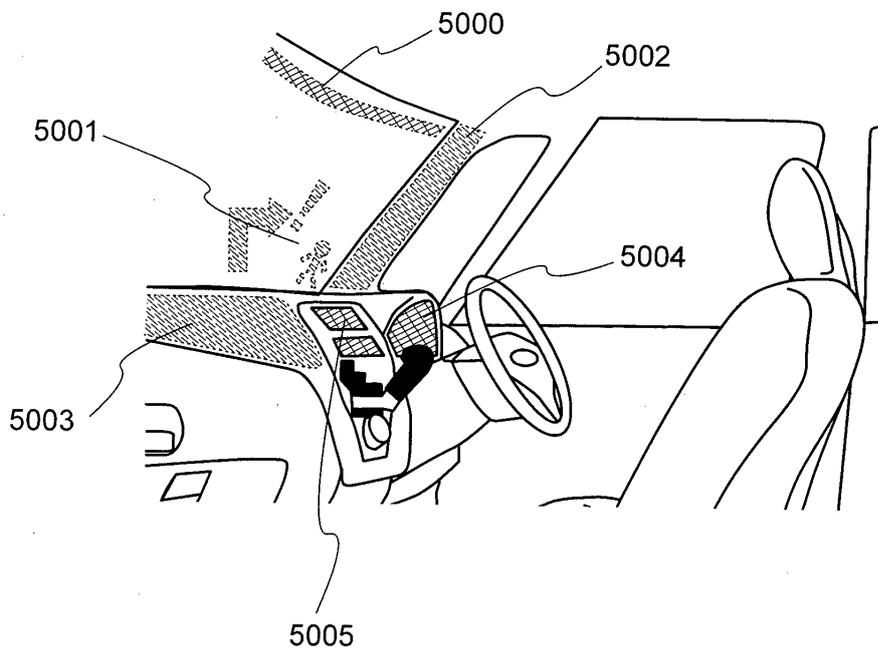
도면9



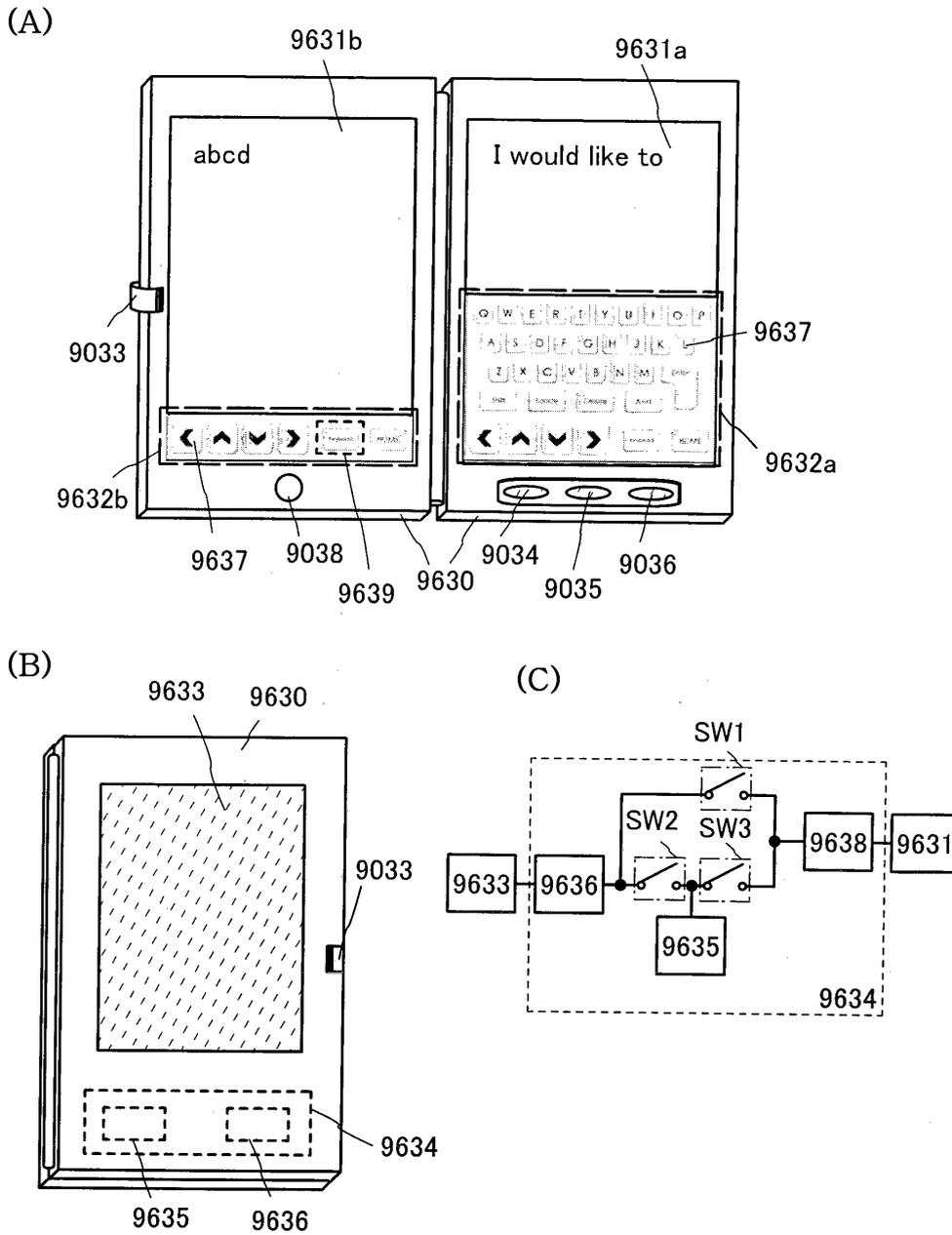
도면10



도면11

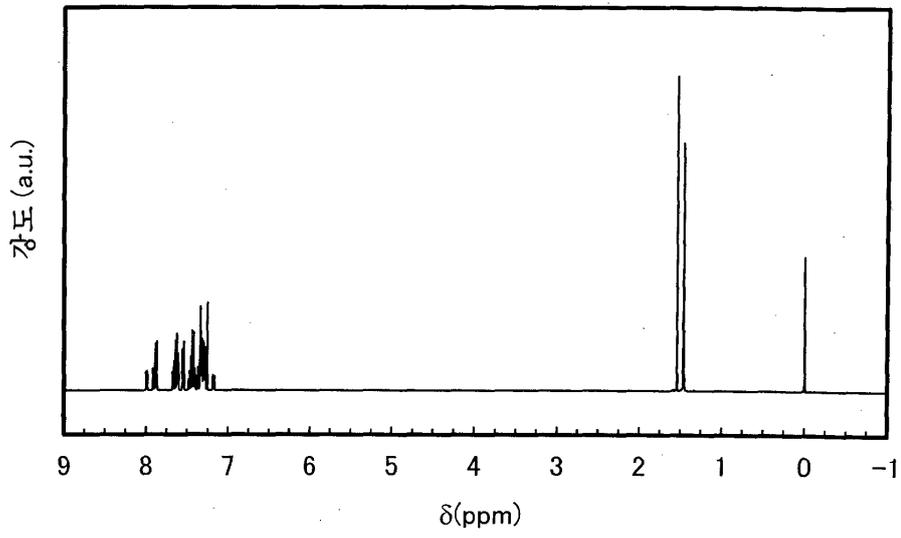


도면12

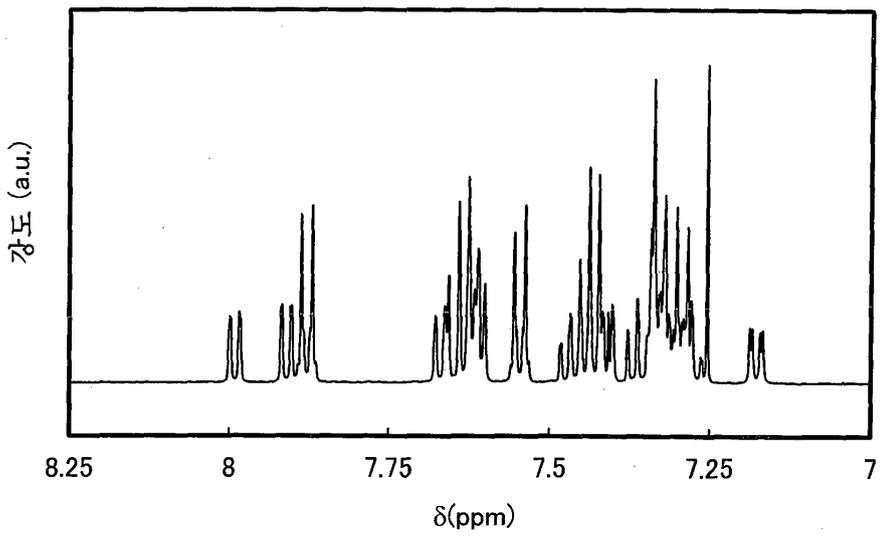


도면13

(A)

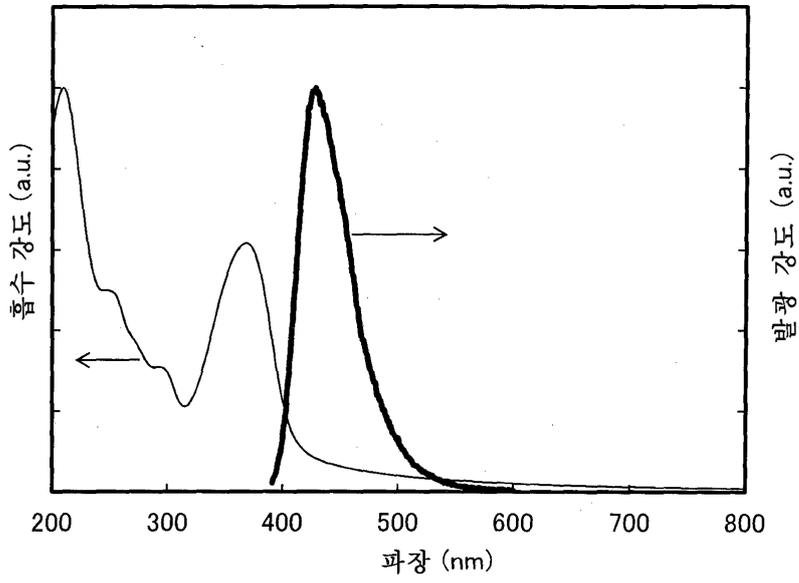


(B)

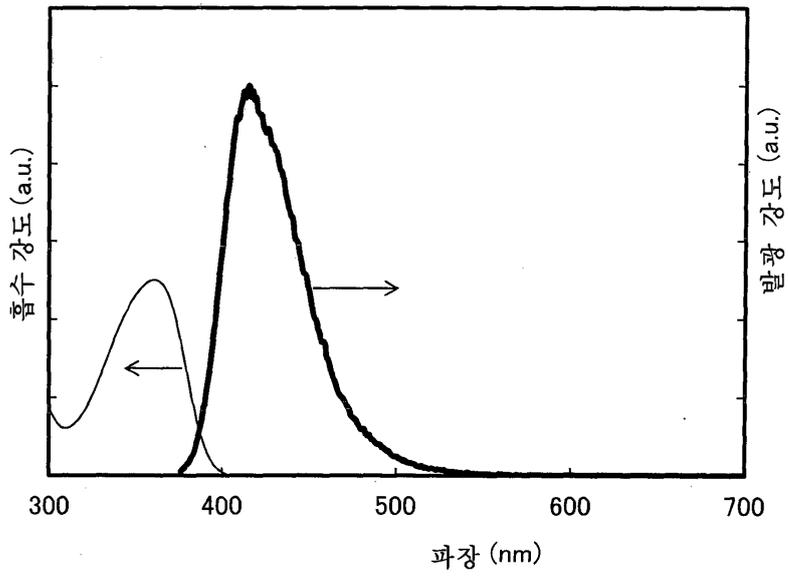


도면14

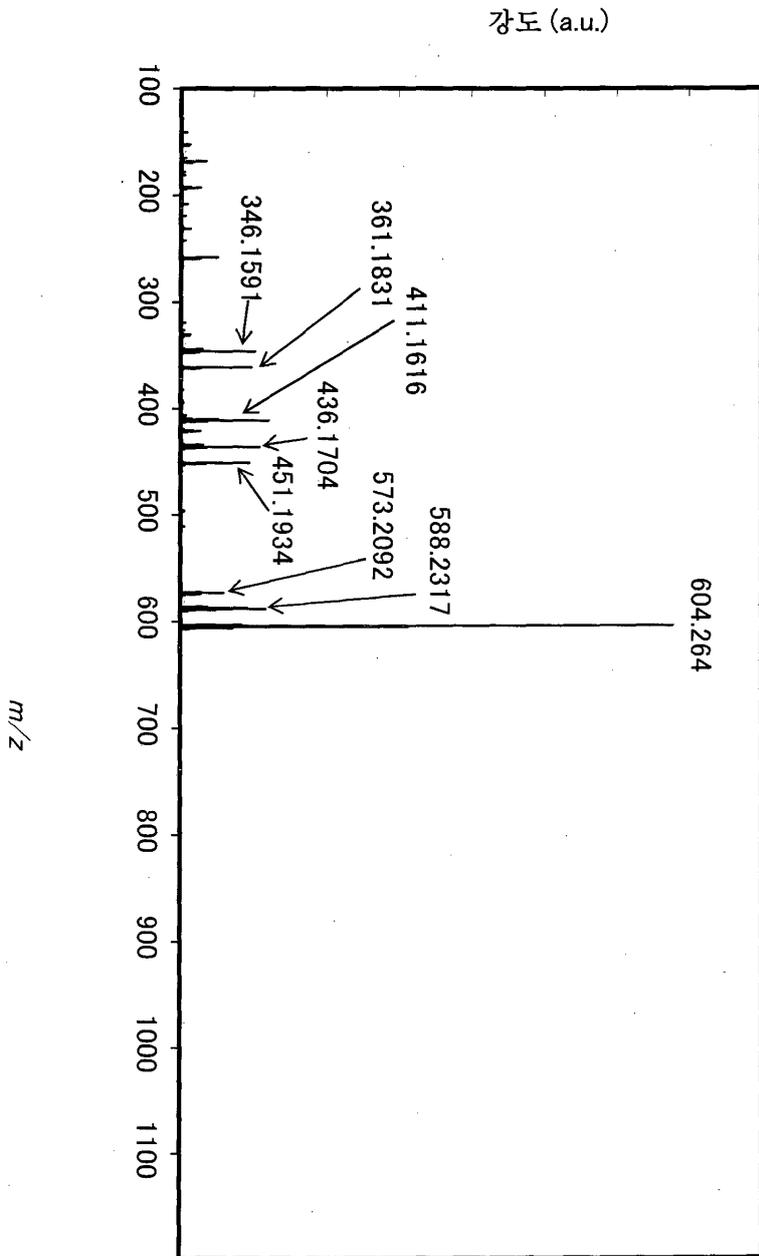
(A)



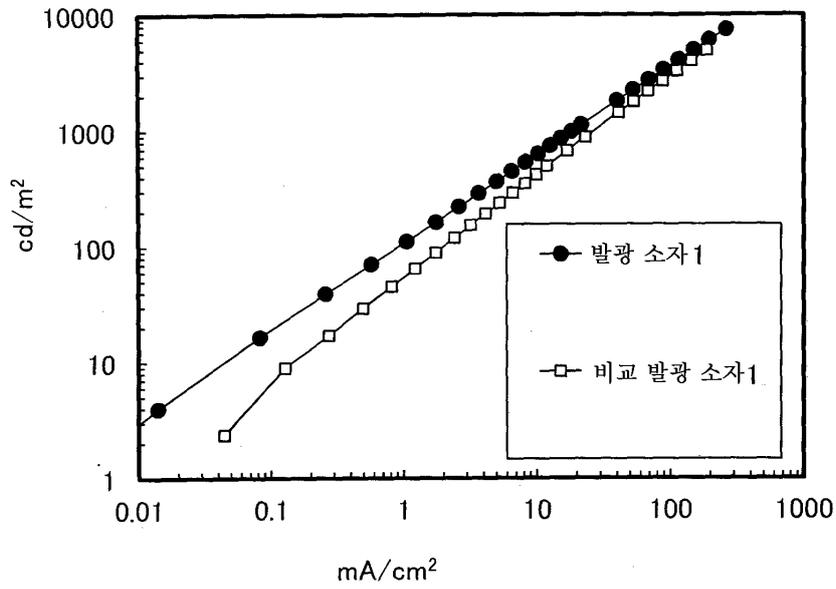
(B)



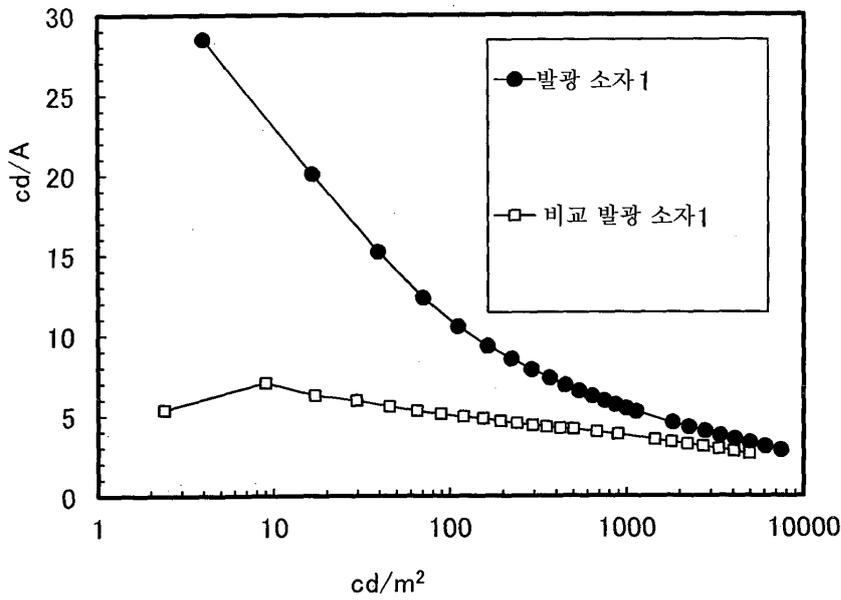
도면15



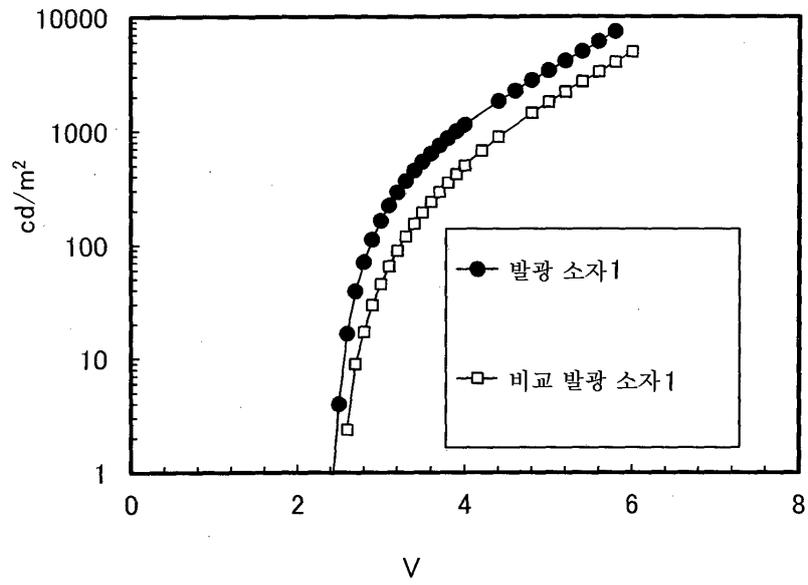
도면16



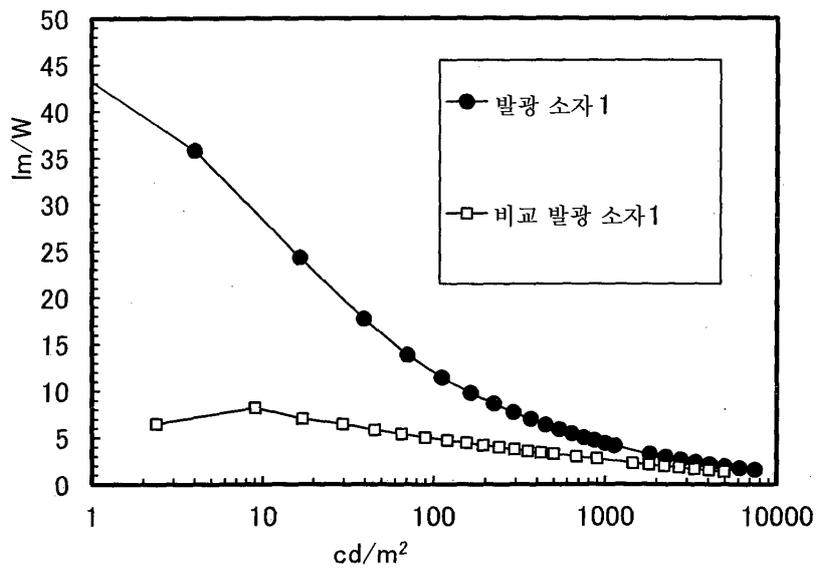
도면17



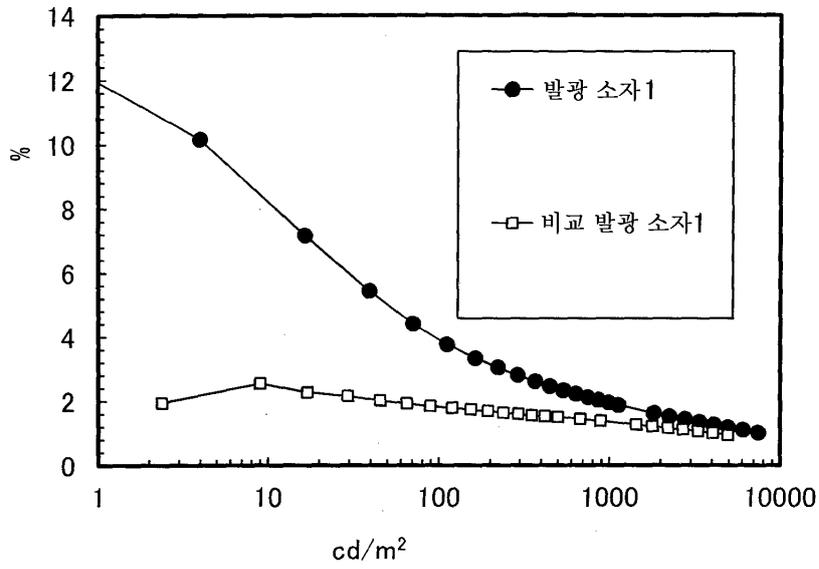
도면18



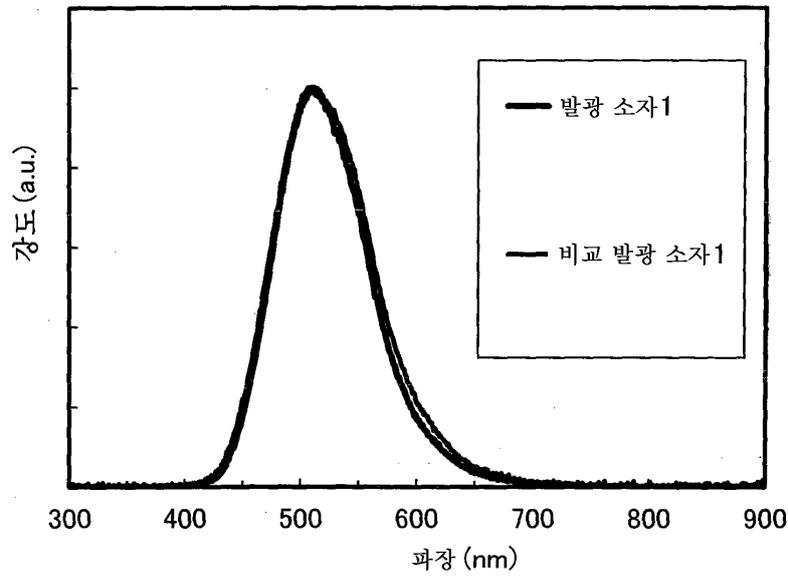
도면19



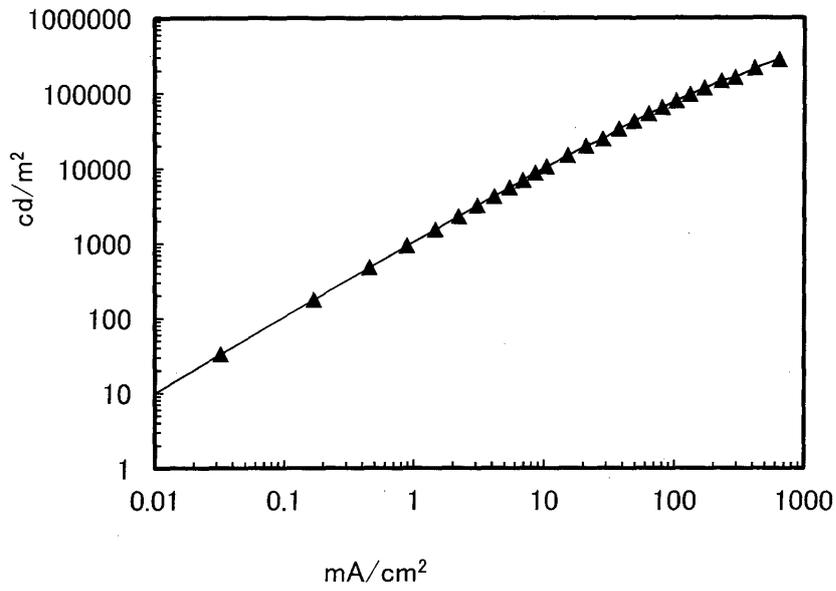
도면20



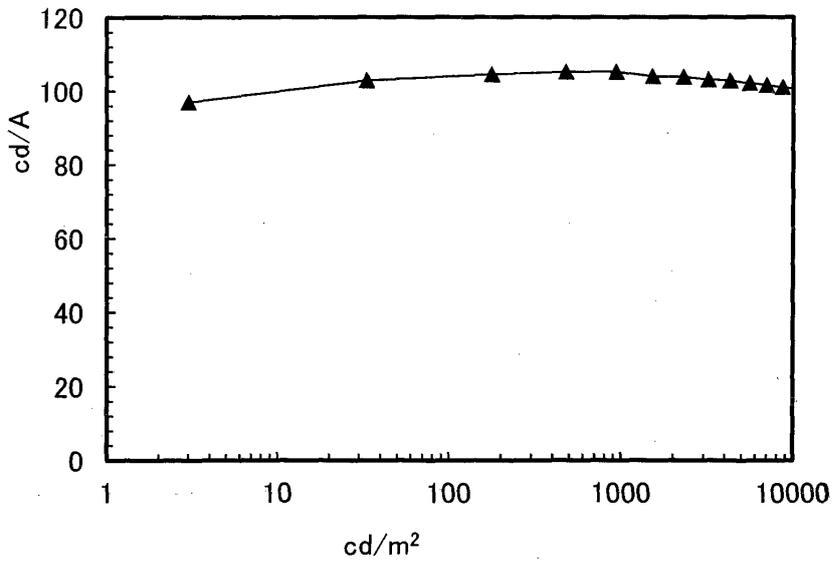
도면21



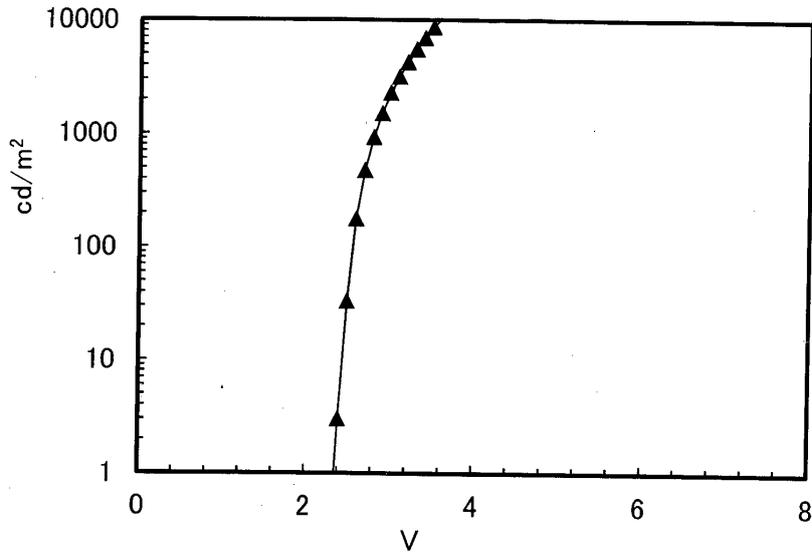
도면22



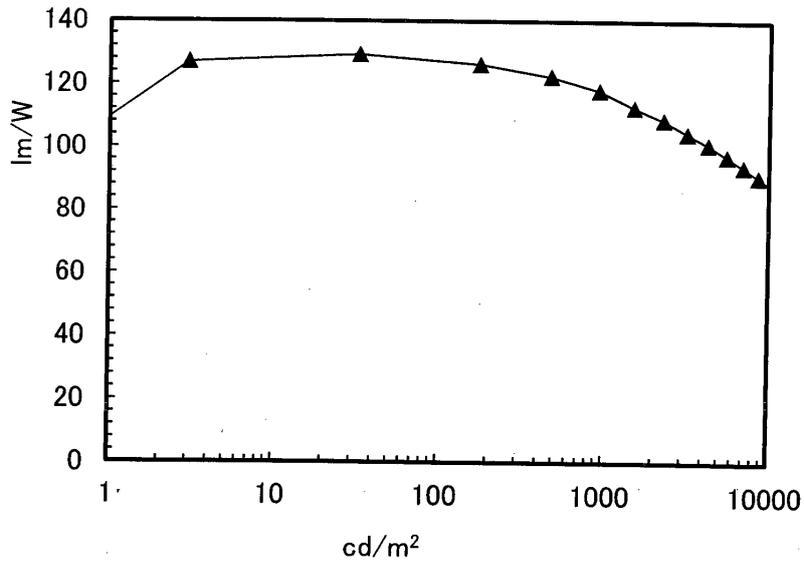
도면23



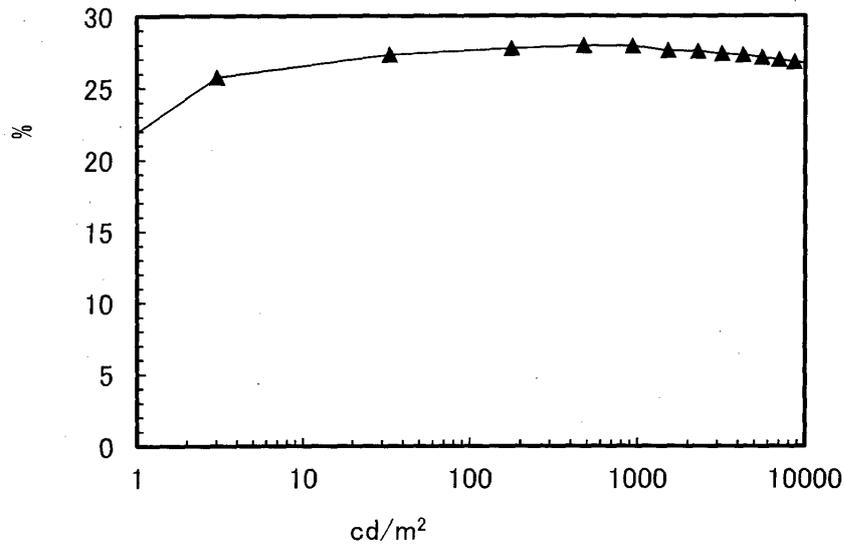
도면24



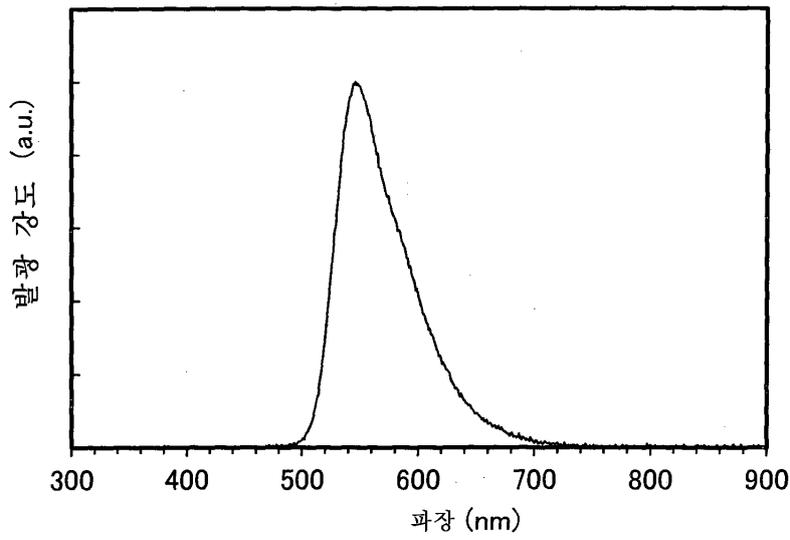
도면25



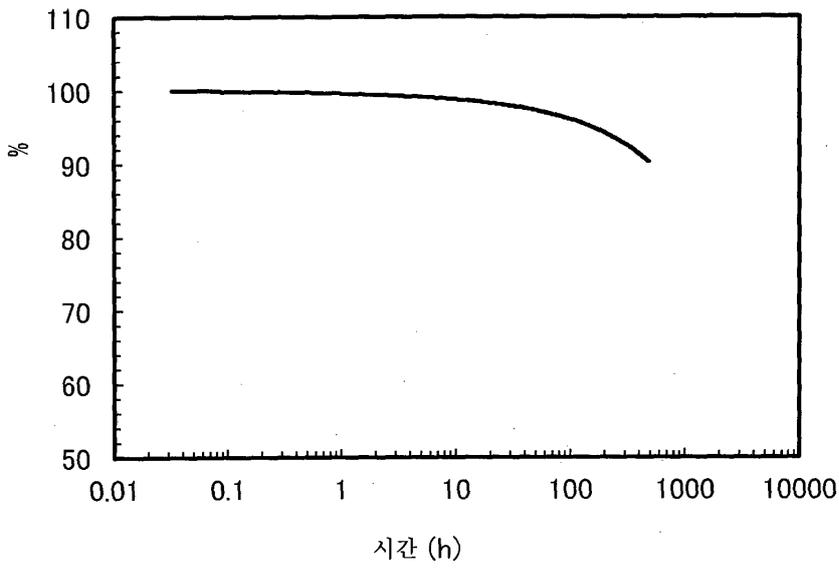
도면26



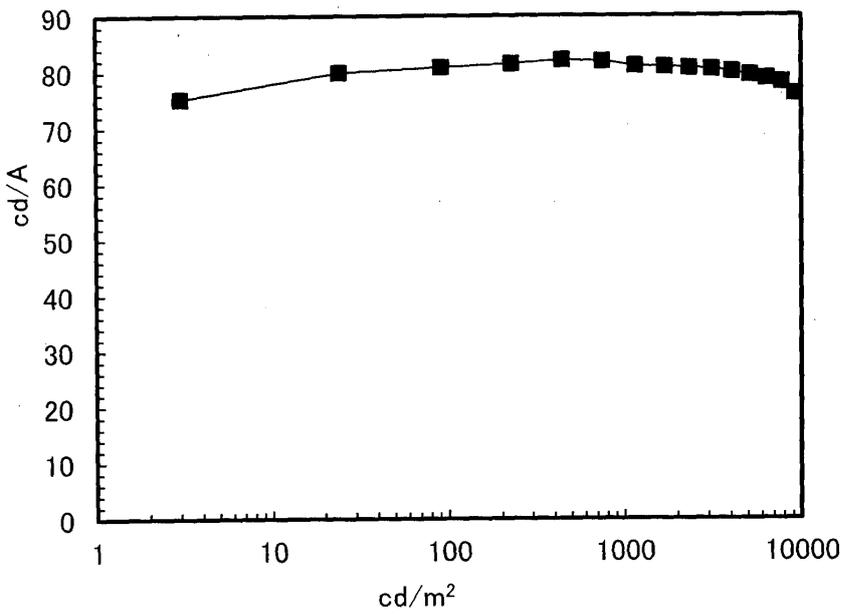
도면27



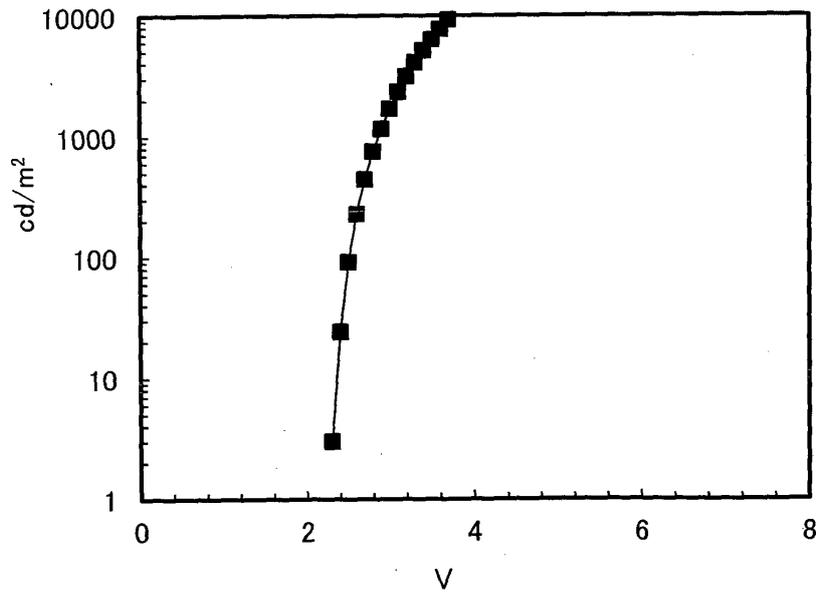
도면28



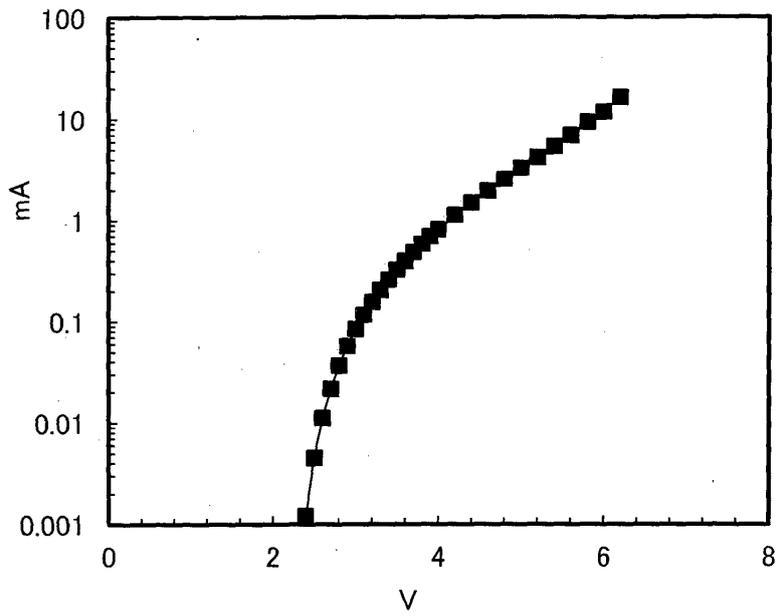
도면29



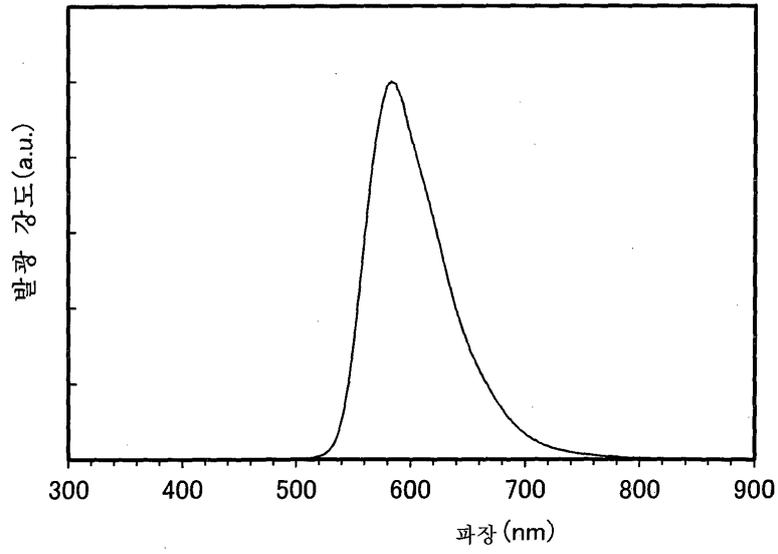
도면30



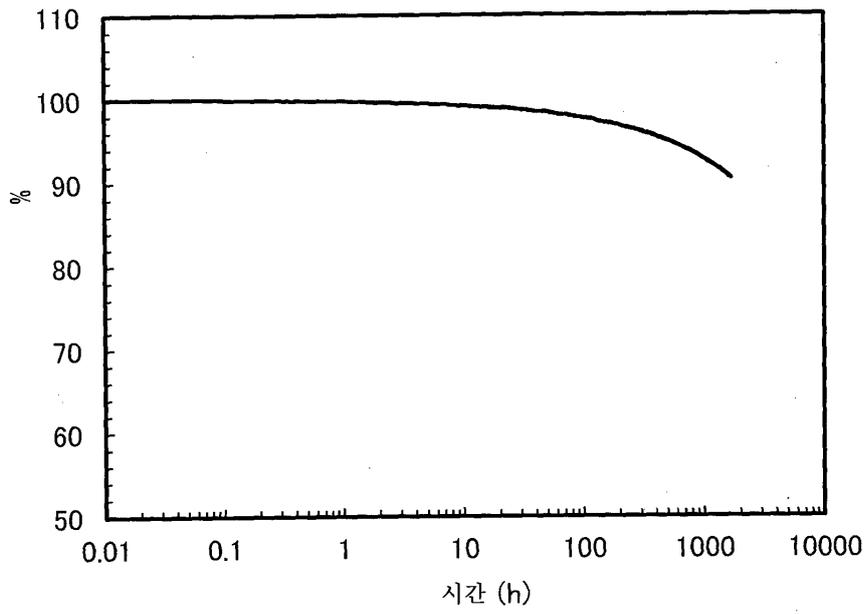
도면31



도면32

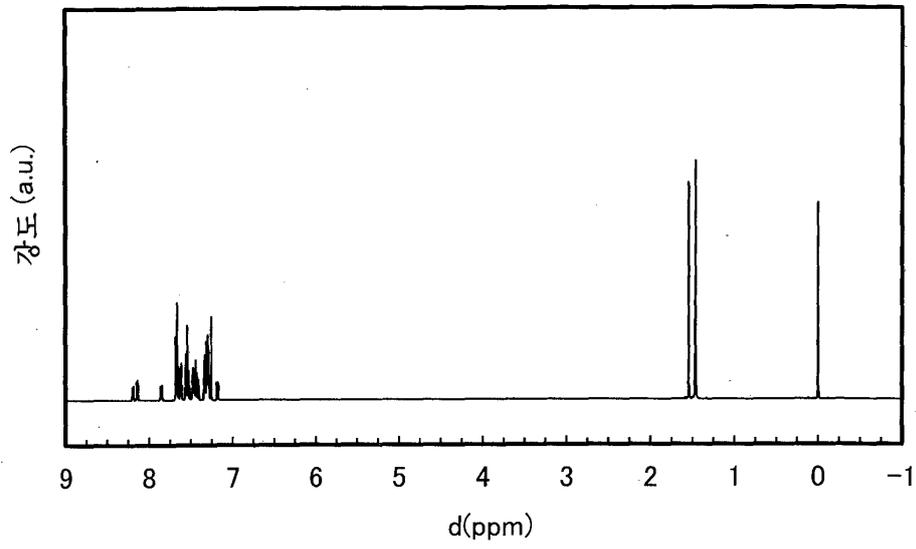


도면33

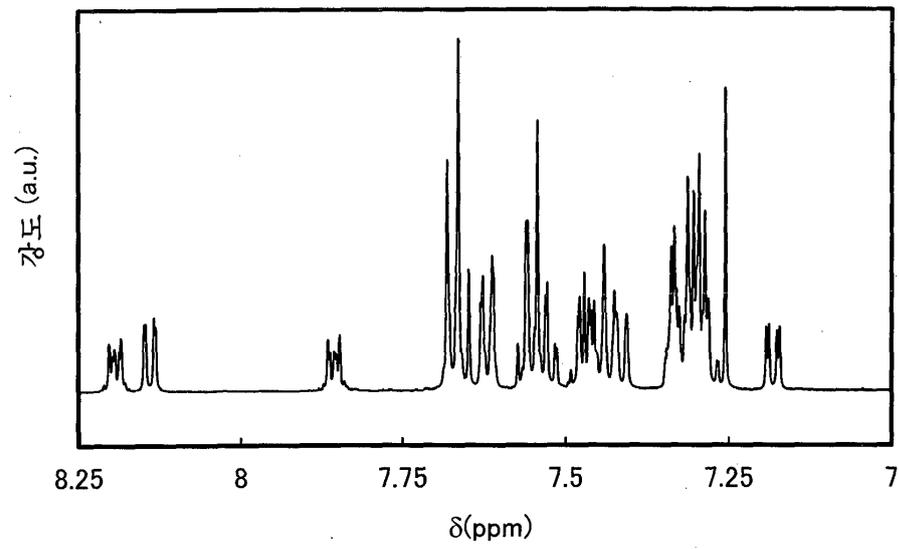


도면34

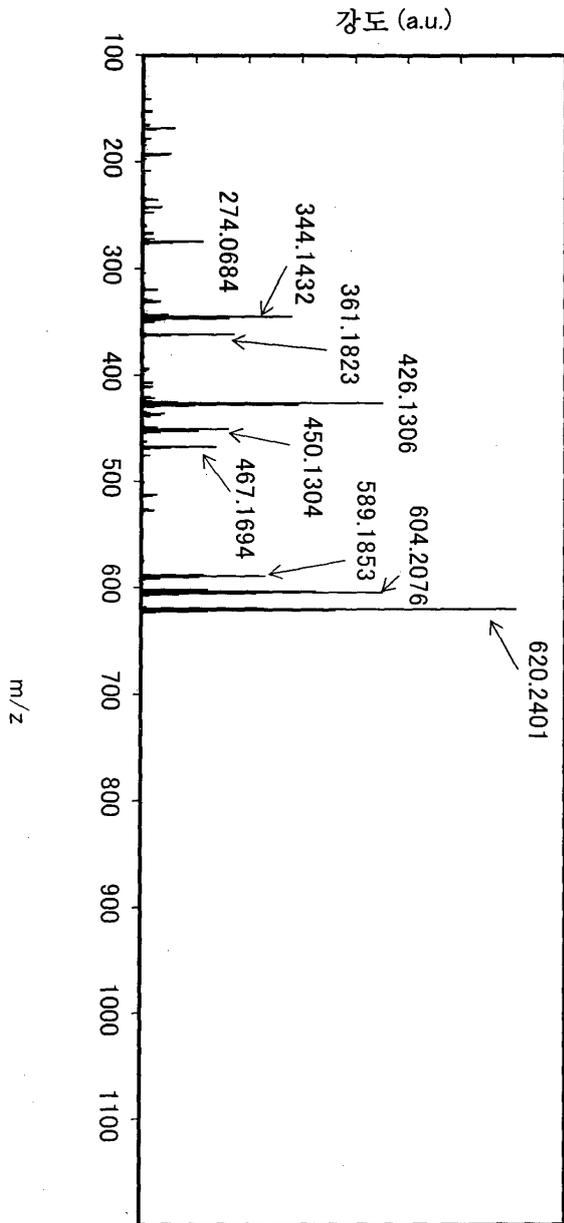
(A)



(B)

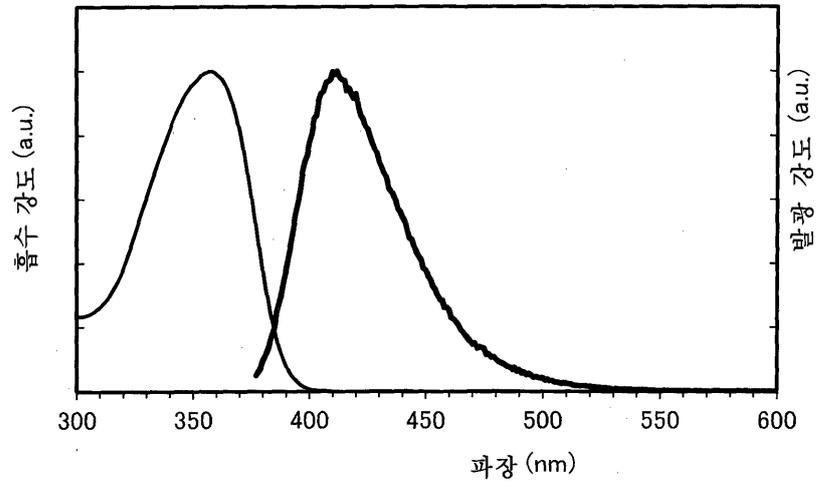


도면35

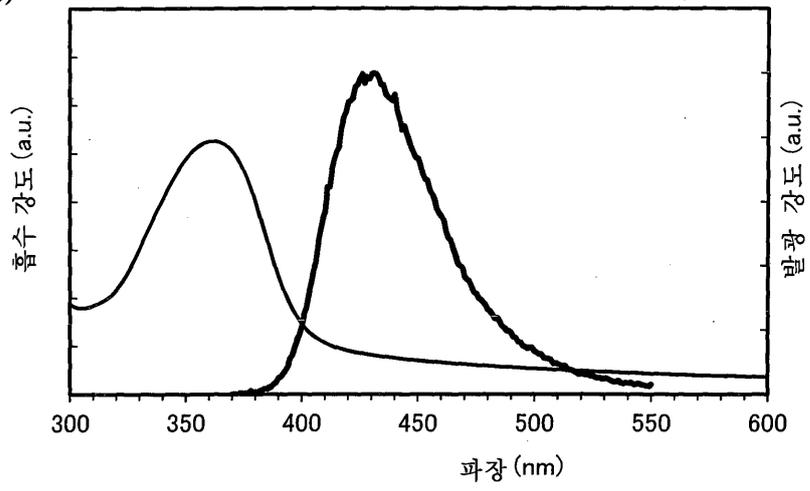


도면36

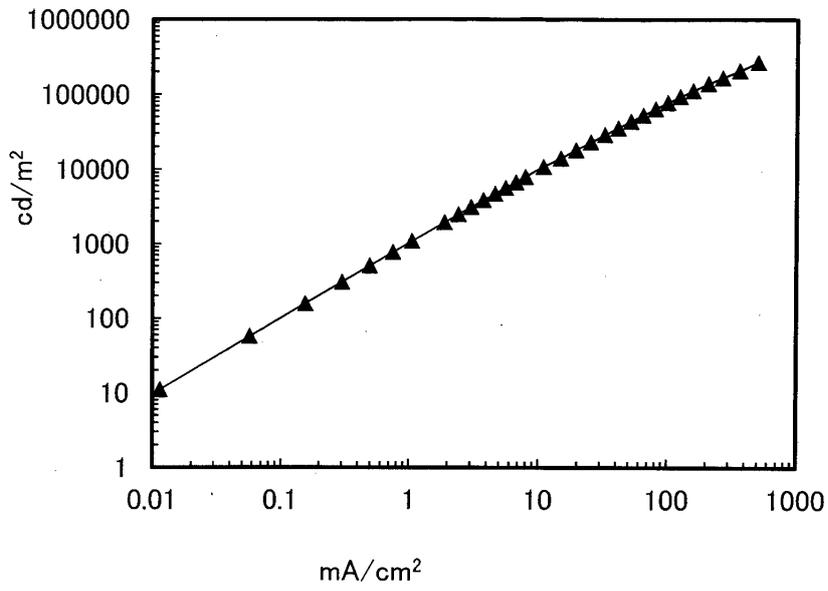
(A)



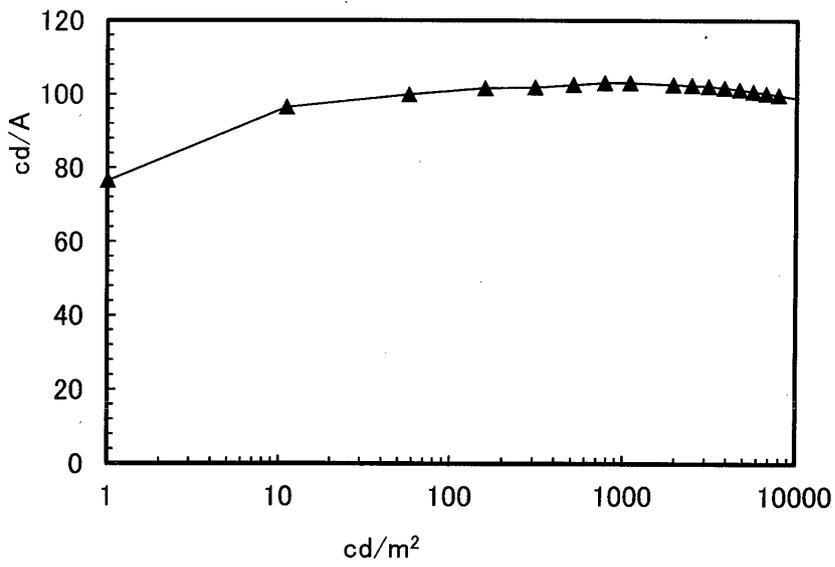
(B)



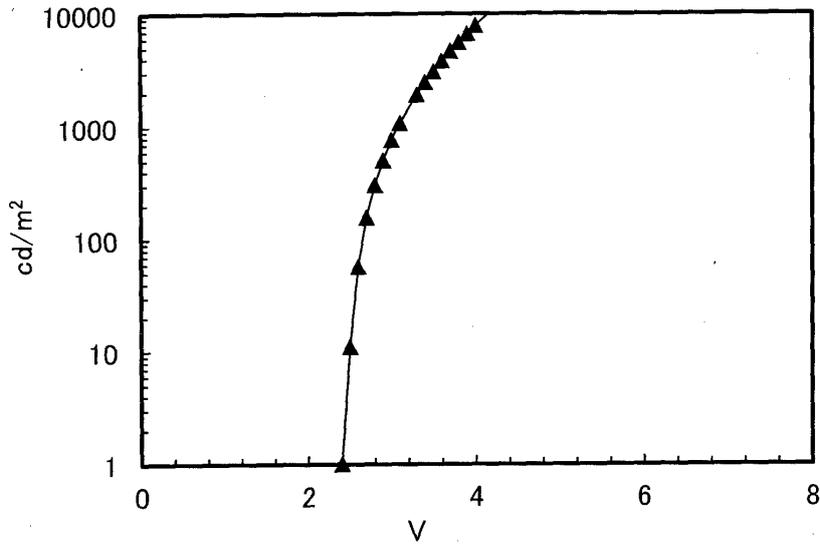
도면37



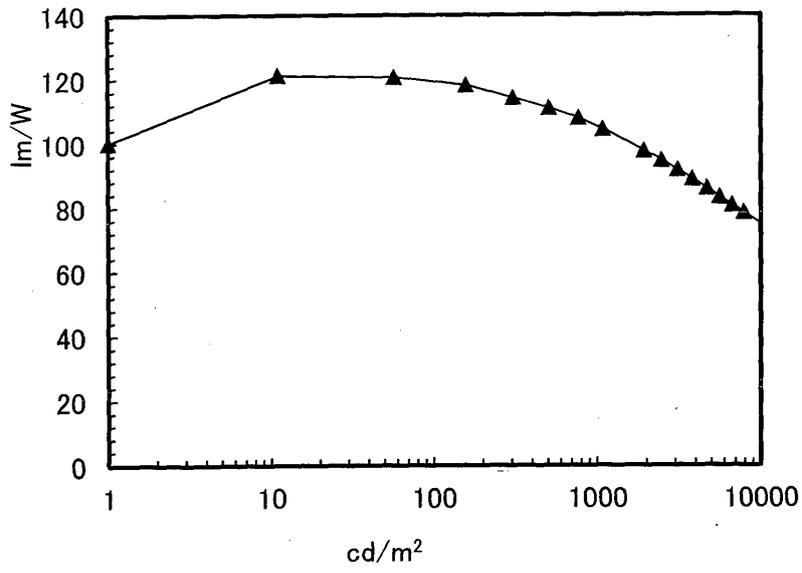
도면38



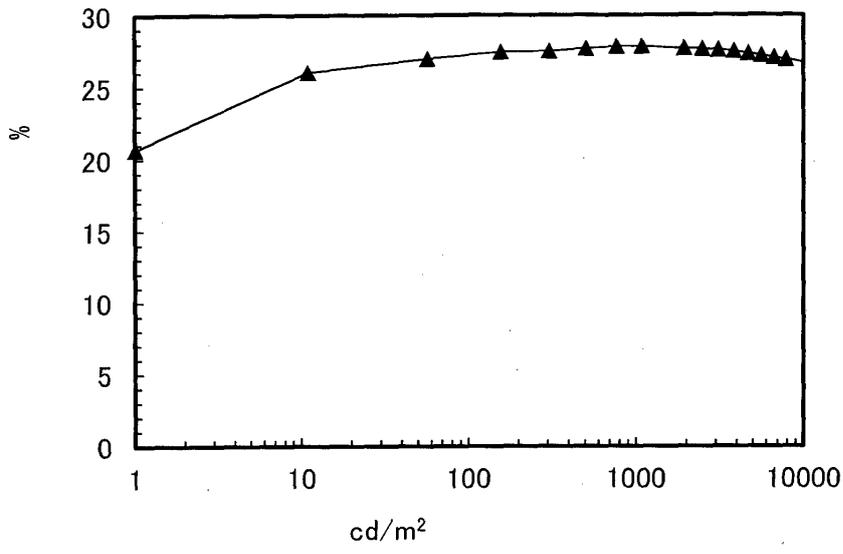
도면39



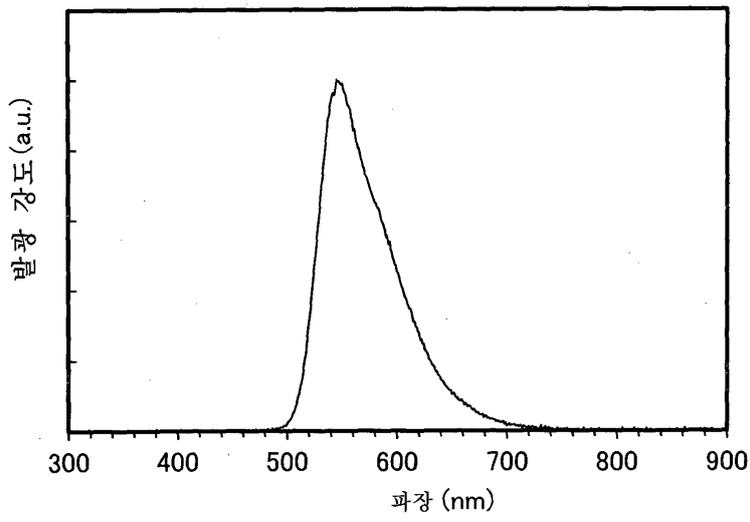
도면40



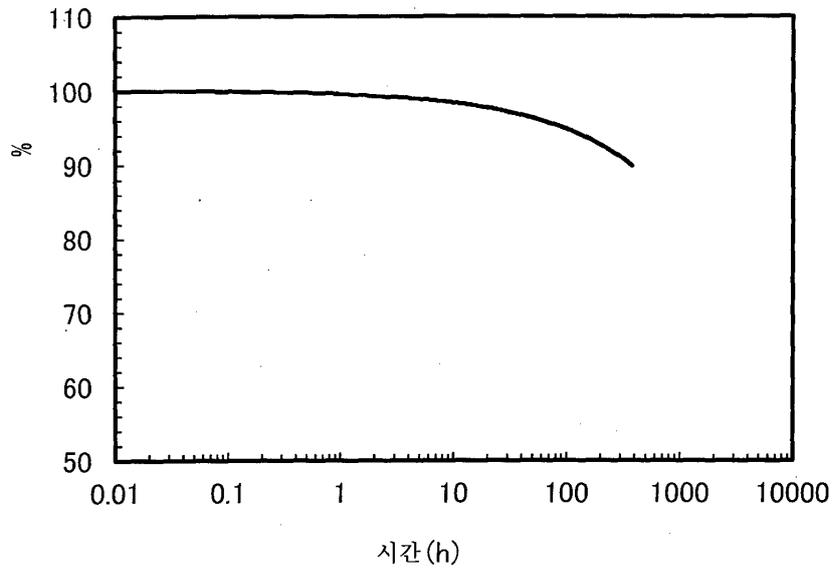
도면41



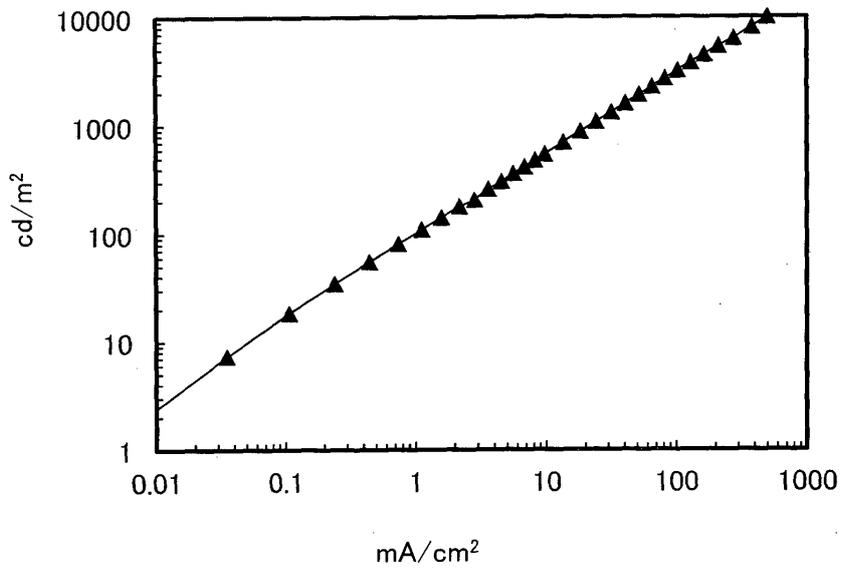
도면42



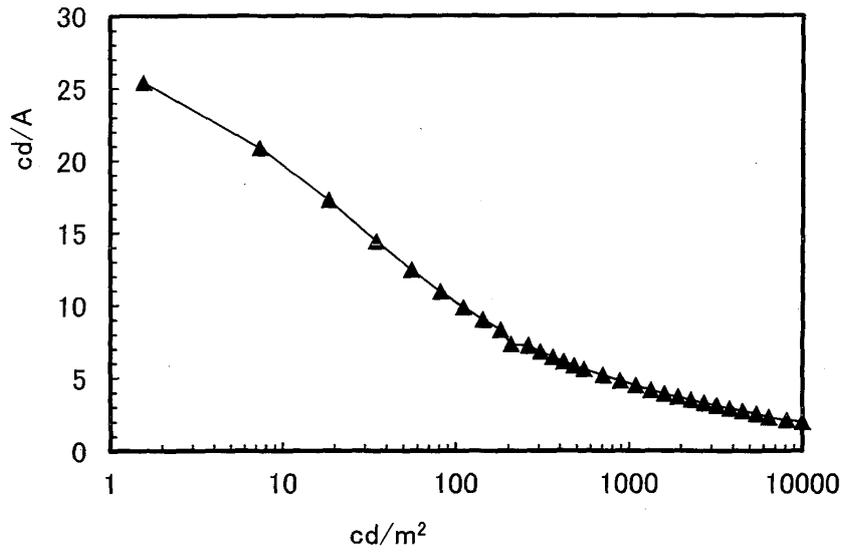
도면43



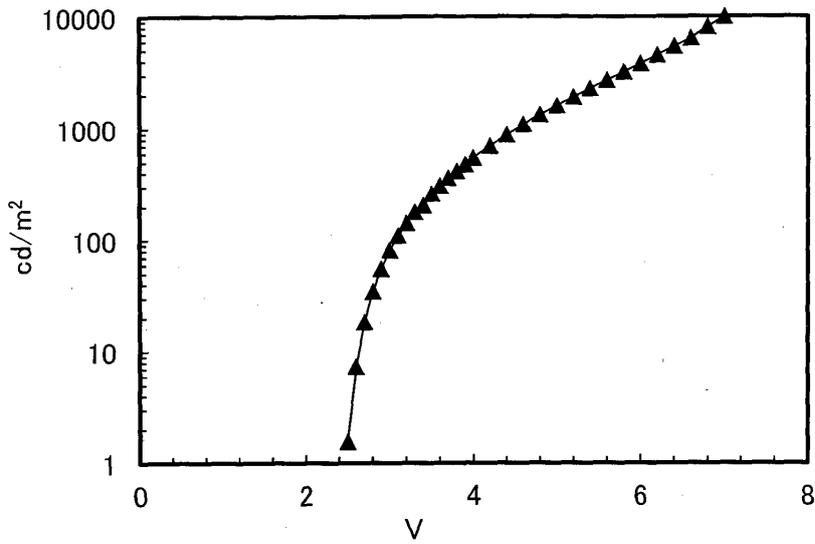
도면44



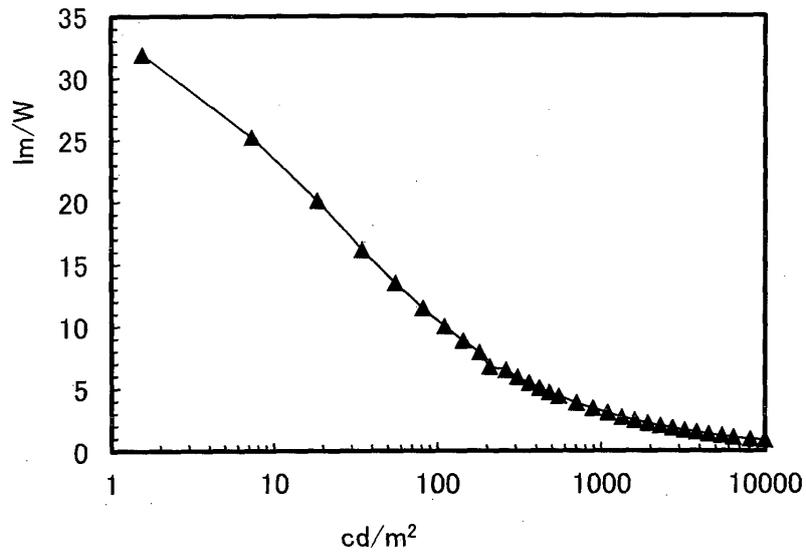
도면45



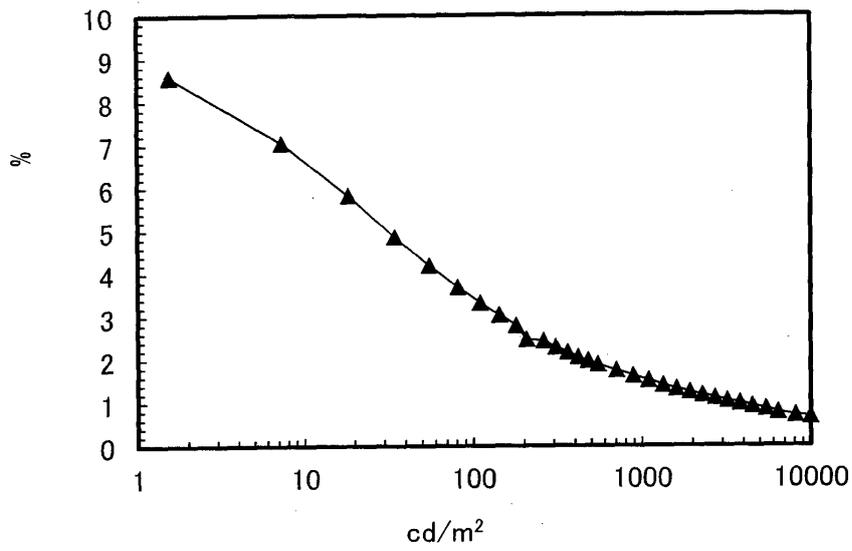
도면46



도면47



도면48



도면49

