



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월21일
(11) 등록번호 10-2720406
(24) 등록일자 2024년10월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 85/60 (2023.01) C09K 11/06 (2006.01)
H10K 50/11 (2023.01)
- (52) CPC특허분류
H10K 85/631 (2023.02)
C09K 11/06 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7010595(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2013년07월25일
심사청구일자 2023년04월26일
- (85) 번역문제출일자 2023년03월28일
- (65) 공개번호 10-2023-0048452
- (43) 공개일자 2023년04월11일
- (62) 원출원 특허 10-2021-7008655
원출원일자(국제) 2013년07월25일
심사청구일자 2021년03월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/070949
- (87) 국제공개번호 WO 2014/021441
국제공개일자 2014년02월06일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-172944 2012년08월03일 일본(JP)
JP-P-2013-045127 2013년03월07일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020110088898 A*
JP2011201869 A*
KR1020100099250 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
가부시킴가이사 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
하마다 다카오
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이사 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
세오 히로미
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이사 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김진희, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 5 항

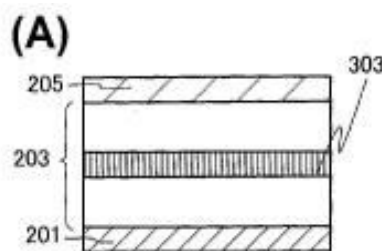
심사관 : 송이화

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

(57) 요약

장수명의 발광 소자를 제공한다. 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 제공한다. 발광 소자는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 함유한다. 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유한다. 제1 유기 화합물은 화학식 G0으로 표현된다. 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이다. 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는다. 화학식 G0 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 플루오레닐 기, 스피로플루오레닐 기, 또는 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타낸다.

대표도



(52) CPC특허분류

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 85/615 (2023.02)

H10K 85/6572 (2023.02)

C09K 2211/1007 (2013.01)

C09K 2211/1044 (2013.01)

C09K 2211/185 (2013.01)

(72) 발명자

아베 간타

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

다케다 교코

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

세오 사토시

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

명세서

청구범위

청구항 1

발광 장치로서,

양극과 음극 사이에 발광층을 가지고,

상기 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 포함하고,

상기 제2 유기 화합물은, 퀴놀살린 골격, 디벤조퀴놀살린 골격, 퀴놀린 골격, 피리미딘 골격, 피라진 골격, 피리딘 골격, 트리아졸 골격 중 적어도 1개를 가지고,

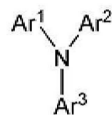
상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은, 엑시플렉스를 형성하는 조합이고,

상기 엑시플렉스의 발광 스펙트럼의 피크 에너지 값과, 상기 인광성 화합물의 최저 에너지층의 흡수대의 피크 에너지 값의 차이가 0.2 eV 이내이고,

상기 발광층과 상기 음극 사이에 전자 수송층을 가지고,

상기 양극과 상기 발광층 사이에 하기 화학식 G0으로 표현되는 화합물을 포함하는, 발광 장치:

<화학식 G0>



(G0)

(상기 화학식 G0 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 혹은 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타냄).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학식 G0으로 표현되는 상기 화합물을 포함하는 층은, 상기 발광층과 접하는, 발광 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 화학식 G0으로 표현되는 상기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하인, 발광 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 유기 화합물은 디벤조티오펜 골격을 갖는, 발광 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 음극은 이테르븀을 갖는, 발광 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전계발광 (EL)을 이용한 발광 소자 (EL 소자로도 지칭함), 발광 장치, 전자 장치 및 조명 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, EL 소자의 연구 개발이 활발히 행해지고 있다. EL 소자의 기본적인 구성에서는 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질을 함유하는 층이 제공된다. 이 소자에 전압을 인가함으로써, 발광 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 이러한 EL 소자는 자발광형이기 때문에, 액정 디스플레이에 비해 화소의 시인성이 높고, 백라이트가 불필요한 것 등의 이점이 있으며, 이에 따라 평판 디스플레이 소자로서 적합하다고 여겨지고 있다. 또한, EL 소자가 얇고 경량인 소자로서 제작될 수 있는 것도 큰 이점이다. 또한, 매우 고속의 응답도 이러한 소자의 특징 중 하나이다.

[0004] EL 소자는 막 형상으로 형성될 수 있기 때문에, 면 발광을 제공하는 것을 가능하게 한다. 따라서, 대면적의 소자를 용이하게 형성할 수 있다. 이것은, 백열전구 또는 LED로 대표되는 점 광원, 또는 형광등으로 대표되는 선 광원에서는 얻기 어려운 특색이다. 따라서, EL 소자는 조명 장치 등에 응용할 수 있는 면 광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0005] EL 소자는 발광 물질이 유기 화합물인지 또는 무기 화합물인지에 따라 크게 구별될 수 있다. 발광 물질로서 유기 화합물을 함유하는 층이 한 쌍의 전극 사이에 제공된 유기 EL 소자의 경우, 발광 소자에 전압을 인가함으로써 음극으로부터의 전자 및 양극으로부터의 정공이 상기 유기 화합물을 함유하는 층에 주입되어, 전류가 흐른다. 이로써, 주입한 전자 및 정공이 상기 유기 화합물을 여기 상태에 이르게 하여, 여기된 상기 유기 화합물로부터 발광을 얻는다.

[0006] 유기 화합물의 여기 상태로는 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태가 가능하며, 일중항 여기 상태 (S^{*})로부터의 발광은 형광으로 지칭되고, 삼중항 여기 상태 (T^{*})로부터의 발광은 인광으로 지칭된다.

[0007] 이러한 발광 소자의 소자 특성의 개선에서는, 물질에 의존한 문제가 많이 존재하며, 문제를 극복하기 위해 소자 구조의 개량 또는 물질 개발 등이 행하여지고 있다. 예를 들어, 특허문헌 1에는 유기 저분자 정공 수송 물질, 유기 저분자 전자 수송 물질 및 인광성 도펀트를 함유하는 혼합층을 포함하는 유기 발광 소자가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) PCT 국제 출원 번호 2004-515895의 일본어 번역문

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 유기 EL 소자의 개발은, 발광 효율, 신뢰성, 비용 등의 면에서 아직 개선의 여지가 남겨져 있다.

[0010] 또한, 유기 EL 소자를 사용한 디스플레이 또는 조명의 실용화를 향해, 유기 EL 소자는 장수명을 갖거나 또는 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 것 등이 요구되고 있다.

[0011] 따라서, 본 발명의 일 실시형태는, 장수명의 발광 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

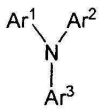
[0012] 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 상기 발광 소자를 사용함으로써 각각 신뢰성이 높은 발광 장치, 전자 장치 및 조명 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하며, 상기 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 포함한다. 상기 제1 유기 화합물은 3급 아민이며, 플루오렌 골격, 스피로플루오렌 골격 또는 비페닐렌 골격을 포함하는 2개의 치환기와, 카르바졸 골격을 포함하는 1개의 치환기가 각각 질소 원자에 직접 결합한 구조를 갖는다. 상기 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이다. 상기 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물이다. 발광층을 이러한 구성으로 함으로써, 장수명의 발광 소자를 실현할 수 있다. 또한, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 실현할 수 있다.

[0014] 구체적으로는, 본 발명의 일 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자이며, 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유하고, 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G0으로 표현되고, 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이고, 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물인, 발광 소자이다.

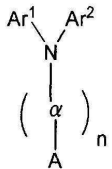
[0015] <화학식 G0>



[0016] 화학식 G0 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자이며, 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유하고, 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G1로 표현되고, 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이고, 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물인, 발광 소자이다.

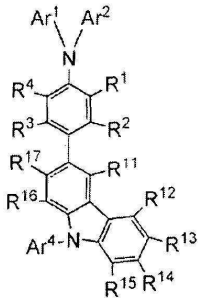
[0019] <화학식 G1>



[0021] 화학식 G1 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, α는 치환 또는 비치환된 페닐렌 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐디일 기를 나타내고, n은 0 또는 1을 나타내고, A는 치환 또는 비치환된 3-카르바졸릴 기를 나타낸다.

[0022] 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자이며, 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유하고, 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G2로 표현되고, 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이고, 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물인, 발광 소자이다.

[0023] <화학식 G2>

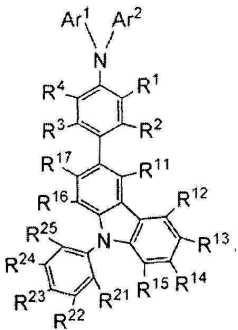


[0024]

[0025] 화학식 G2 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R¹ 내지 R⁴ 및 R¹¹ 내지 R¹⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar⁴는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 또는 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기를 나타낸다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 포함하는 발광 소자이며, 발광층은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유하고, 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G3으로 표현되고, 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이고, 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물인, 발광 소자이다.

[0027] <화학식 G3>



[0028]

[0029] 화학식 G3 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R¹ 내지 R⁴, R¹¹ 내지 R¹⁷ 및 R²¹ 내지 R²⁵는 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타낸다.

[0030] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 각각의 화학식 G0 내지 G3 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 2-플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로-9,9'-비플루오렌-2-일 기, 또는 비페닐-4-일 기인 것이 바람직하다.

[0031] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 발광층과 접하는 정공 수송층이 제공되고, 정공 수송층이 제3 유기 화합물을 함유하고, 제3 유기 화합물이 하기 화학식 G0으로 표현되고, 제3 유기 화합물의 분자량이 500 이상 2000 이하인 것이 바람직하다.

[0032] <화학식 G0>

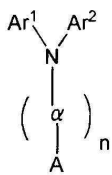


[0033]

[0034] 화학식 G0 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0035] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 발광층과 접하는 정공 수송층이 제공되고, 정공 수송층이 제3 유기 화합물을 함유하고, 제3 유기 화합물이 하기 화학식 G1로 표현되고, 제3 유기 화합물의 분자량이 500 이상 2000 이하인 것이 바람직하다.

[0036] <화학식 G1>

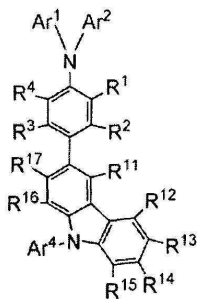


[0037]

[0038] 화학식 G1 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, α는 치환 또는 비치환된 페닐렌 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐디일 기를 나타내고, n은 0 또는 1을 나타내고, A는 치환 또는 비치환된 3-카르바졸릴 기를 나타낸다.

[0039] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 발광층과 접하는 정공 수송층이 제공되고, 정공 수송층이 제3 유기 화합물을 함유하고, 제3 유기 화합물이 하기 화학식 G2로 표현되고, 제3 유기 화합물의 분자량이 500 이상 2000 이하인 것이 바람직하다.

[0040] <화학식 G2>



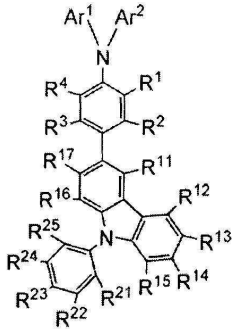
[0041]

[0042] 화학식 G2 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R¹ 내지 R⁴ 및 R¹¹ 내지 R¹⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar⁴는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 또는 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기를 나타낸다.

[0043] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 발광층과 접하는 정공 수송층이 제공되고, 정공 수송층이 제3 유기 화합

물을 함유하고, 제3 유기 화합물이 하기 화학식 G3으로 표현되고, 제3 유기 화합물의 분자량이 500 이상 2000 이하인 것이 바람직하다.

[0044] <화학식 G3>



[0045]

[0046] 화학식 G3 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R¹ 내지 R⁴, R¹¹ 내지 R¹⁷ 및 R²¹ 내지 R²⁵는 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타낸다.

[0047] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 제3 유기 화합물은 제1 유기 화합물과 동일한 것이 바람직하다.

[0048] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합이 엑시플렉스를 형성하는 것이 바람직하다.

[0049] 상기 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 전자 수송성을 갖는 화합물은, π 전자 부족형 복소방향족 화합물인 것이 바람직하다. π 전자 부족형 복소방향족 화합물의 예로서는, 퀴놀살린 골격, 디벤조퀴놀살린 골격, 퀴놀린 골격, 피리미딘 골격, 피라진 골격, 피리딘 골격, 디아졸 골격 또는 트리아졸 골격을 포함하는 화합물을 들 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 상기 기재된 발광 소자를 발광부에 포함하 발광 장치이다. 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 상기 발광 장치를 표시부에 포함하는 전자 장치이다. 또한, 본 발명의 일 실시형태는, 상기 발광 장치를 표시부에 포함하는 조명 장치이다.

[0051] 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 장수명이기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다. 마찬가지로, 본 발명의 일 실시형태를 적용함으로써, 신뢰성이 높은 전자 장치 및 조명 장치를 실현할 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내기 때문에, 발광 효율이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다. 마찬가지로, 본 발명의 일 실시형태를 적용함으로써, 발광 효율이 높은 전자 장치 및 조명 장치를 실현할 수 있다.

[0053] 본 명세서에 있어서의 발광 장치는 그의 범주 내에 발광 소자를 사용한 화상 표시 장치를 포함한다는 것에 유의한다. 또한, 발광 장치는 발광 소자에 커넥터, 예를 들어 이방 도전성 필름 또는 테이프 캐리어 패키지 (TCP)가 설치된 모듈; TCP의 말단에 인쇄 배선판이 설치된 모듈; 또는 발광 소자 위에 칩-온-글래스 (COG) 방법에 의해 집적 회로 (IC)가 직접 실장된 모듈을 모두 포함한다. 또한, 조명 기구 등에 사용되는 발광 장치도 포함할 것이다.

발명의 효과

[0054] 본 발명의 일 실시형태는 장수명의 발광 소자를 제공할 수 있다. 상기 발광 소자를 사용함으로써 각각 신뢰성이 높은 발광 장치, 전자 장치 및 조명 장치를 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에서는, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 제공할 수 있다. 상기 발광 소자를 사용함으로써 각각 발광 효율이 높은 발광 장치, 전자 장치 및 조명 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0055]

- 도 1의 (A) 내지 (F)는 각각 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자의 일례를 도시한다.
- 도 2의 (A)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자의 일례를 도시하고, 도 2의 (B) 및 (C)는 본 발명의 일 실시 형태에서의 엑시플렉스의 개념을 도시한다.
- 도 3의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치의 일례를 도시한다.
- 도 4의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치의 일례를 도시한다.
- 도 5의 (A) 내지 (E)는 각각 전자 장치의 일례를 도시한다.
- 도 6의 (A) 및 (B)는 조명 장치의 일례를 도시한다.
- 도 7은 실시예의 발광 소자를 도시한다.
- 도 8은 실시예 1의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 9는 실시예 1의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.
- 도 10은 실시예 1의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 11의 (A) 및 (B)는 실시예 1의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.
- 도 12는 실시예 2의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 13은 실시예 2의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.
- 도 14는 실시예 2의 발광 소자의 휘도-전력 효율 특성을 제시한다.
- 도 15는 실시예 2의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 16은 실시예 2의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.
- 도 17은 실시예 3의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 18은 실시예 3의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.
- 도 19는 실시예 3의 발광 소자의 휘도-전력 효율 특성을 제시한다.
- 도 20은 실시예 3의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 21의 (A) 및 (B)는 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBBiF)의 ¹H NMR 차트를 제시한다.
- 도 22의 (A) 및 (B)는 PCBBiF의 톨루엔 용액 중 PCBBiF의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 제시한다.
- 도 23의 (A) 및 (B)는 PCBBiF의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 제시한다.
- 도 24의 (A) 및 (B)는 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 (약칭: PCBBiSF)의 ¹H NMR 차트를 제시한다.
- 도 25의 (A) 및 (B)는 PCBBiSF의 톨루엔 용액 중 PCBBiSF의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 제시한다.
- 도 26의 (A) 및 (B)는 PCBBiSF의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 제시한다.
- 도 27은 실시예 4의 발광 소자의 전압-전류 특성을 제시한다.
- 도 28은 실시예 4의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 29는 실시예 4의 발광 소자의 발광 스펙트럼을 제시한다.
- 도 30은 실시예 4의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.
- 도 31은 실시예 5의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 32는 실시예 5의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.

- 도 33은 실시예 5의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 34는 실시예 5의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.
- 도 35는 실시예 6의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 36은 실시예 6의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.
- 도 37은 실시예 6의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 38은 실시예 6의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.
- 도 39는 실시예 7의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다.
- 도 40은 실시예 7의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 제시한다.
- 도 41은 실시예 7의 발광 소자의 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다.
- 도 42는 실시예 7의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 제시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0056] 실시형태에 대해, 도면을 사용하여 상세하게 기재할 것이다. 본 발명은 이하의 설명으로 한정되지는 않는다는 것에 주의해야 하며, 본 발명의 취지 및 그 범위로부터 이탈하지 않고 다양한 변화 및 변경이 이루어질 수 있다는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 하기 실시형태의 기재 내용으로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 하기에 기재하는 발명의 구조에 있어서, 동일 부분 또는 유사한 기능을 갖는 부분에는 상이한 도면에 동일한 참조 부호로 나타내며, 이러한 부분의 기재는 반복하지 않는다는 것에 유의한다.
- [0057] (실시형태 1)
- [0058] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 1의 (A) 내지 (F)를 참조하여 기재할 것이다.
- [0059] 본 실시형태에 예로서 주어진 발광 소자는 각각 한 쌍의 전극, 및 상기 한 쌍의 전극 사이에 발광성 유기 화합물을 함유하는 층 (EL 층)을 포함한다.
- [0060] 도 1의 (A)에 도시된 발광 소자는, 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 EL 층 (203)을 포함한다. 본 실시형태에서는, 제1 전극 (201)이 양극으로서 기능하고, 제2 전극 (205)이 음극으로서 기능한다.
- [0061] 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 발광 소자의 역치 전압보다 높은 전압을 인가하면, EL 층 (203)으로 제1 전극 (201)측으로부터 정공이 주입되고, 제2 전극 (205)측으로부터 전자가 주입된다. 주입된 전자와 정공은 EL 층 (203)에서 재결합하고, EL 층 (203)에 함유된 발광 물질이 발광한다.
- [0062] EL 층 (203)은 적어도 발광층 (303)을 포함한다. 본 실시형태의 발광 소자에서, 발광층 (303)은 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유한다.
- [0063] 본 실시형태에서는, 발광 물질, 즉 게스트 재료로서 인광성 화합물을 사용한다. 또한, 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물 중, 발광층에서의 함유량이 다른 쪽의 함유량보다 높은 한쪽이, 게스트 재료가 분산된 호스트 재료로 지칭된다.
- [0064] 본 실시형태의 발광 소자의 발광층에서는, 호스트 재료의 함유량이 게스트 재료의 함유량보다 높다. 게스트 재료를 호스트 재료에 분산시킨 경우, 발광층의 결정화를 억제할 수 있다. 또한, 게스트 재료의 높은 농도로 인한 농도 소광을 억제하여, 발광 소자의 발광 효율을 높게 할 수 있다.
- [0065] 제1 유기 화합물은 3급 아민이며, 플루오렌 골격, 스피로플루오렌 골격 또는 비페닐렌 골격을 포함하는 2개의 치환기와, 카르바졸 골격을 포함하는 1개의 치환기가 각각 질소 원자에 직접 결합한 구조를 갖는다. 또한, 상기 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이다. 상기 제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물이다.
- [0066] 상기 3급 아민에서, 질소 원자에 직접 결합하는 치환기로서, 단순한 구조인 페닐 기 또는 알킬페닐 기 대신에, 비페닐 기, 플루오레닐 기 또는 스피로플루오레닐 기를 도입한다. 따라서, 3급 아민은 화학적으로 안정이 되며, 이는 장수명의 안정한 발광 소자가 높은 재현성으로 용이하게 얻어지는 것을 가능하게 한다. 또한, 상기

3급 아민은 카르바졸 골격을 포함하기 때문에, 열적 안정성이 높고, 신뢰성이 향상한다. 또한, 상기 3급 아민은 플루오레닐아민 골격, 스피로플루오레닐아민 골격 또는 비페닐아민 골격을 갖기 때문에, 높은 정공 수송성 및 높은 전자 차단성을 갖는다. 또한, 3급 아민은 나프탈렌 골격을 포함하는 아민 등에 비해 삼중항 여기 에너지가 높기 때문에, 엑시톤 차단성도 우수하다. 그로 인해, 고휘도 영역에서도 전자 누설 및 엑시톤 확산을 방지할 수 있어, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 실현할 수 있다.

[0067] 하기에, 발광층 (303)에 함유되는 제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 인광성 화합물로서 사용할 수 있는 재료에 대해, 상세하게 기재할 것이다.

[0068] <제1 유기 화합물>

[0069] 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G0으로 표현되며, 제1 유기 화합물의 분자량은 500 이상 2000 이하이다.

[0070] <화학식 G0>



[0071]

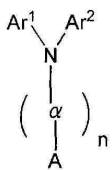
[0072] 화학식 G0 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0073] 화학식 G0에 있어서, 플루오레닐 기, 스피로플루오레닐 기 또는 비페닐 기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기의 예로서는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기를 들 수 있다. 화학식 G0으로 표현되며 임의의 이들 치환기를 갖는 화합물은, 치환기를 갖지 않는 화합물보다 낮은 정공 수송성, 전자 차단성 및 엑시톤 차단성을 가질 가능성이 적다 (또는 정공 수송성, 전자 차단성 및 엑시톤 차단성이 그만큼 높을 수 있음).

[0074] Ar³의 예로서는, 치환 또는 비치환된 (9H-카르바졸-9-일)페닐 기, 치환 또는 비치환된 (9H-카르바졸-9-일)비페닐 기, 치환 또는 비치환된 (9H-카르바졸-9-일)터페닐 기, 치환 또는 비치환된 (9-아릴-9H-카르바졸-3-일)페닐 기, 치환 또는 비치환된 (9-아릴-9H-카르바졸-3-일)비페닐 기, 치환 또는 비치환된 (9-아릴-9H-카르바졸-3-일)터페닐 기, 치환 또는 비치환된 9-아릴-9H-카르바졸-3-일 기 등을 들 수 있다. 아릴 기의 구체예로서는, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기 등을 들 수 있다. Ar³이 치환기를 갖는 경우, 치환기의 예로서는, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기 등을 들 수 있다는 것에 유의한다. 각각의 이들 치환기는, 화학식 G0으로 표현되는 화합물의 높은 정공 수송성, 전자 차단성 및 엑시톤 차단성의 손상을 억제할 수 있다.

[0075] 발광층 (303)에 함유되는 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G1로 표현되는 것이 바람직하다.

[0076] <화학식 G1>

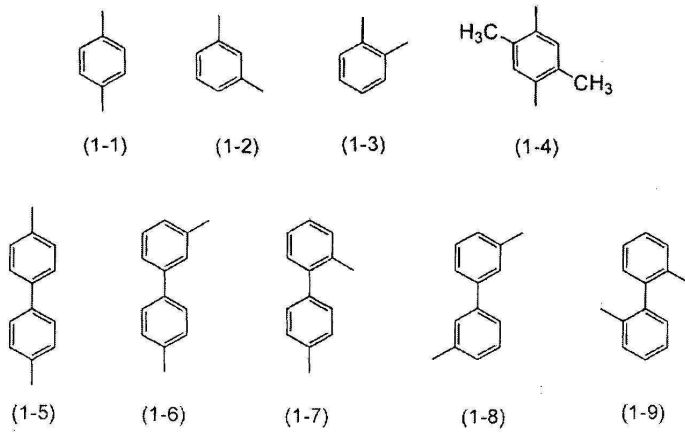


[0077]

[0078] 화학식 G1 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar³은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기를 나타낸다.

루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, α 는 치환 또는 비치환된 페닐렌 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐디일 기를 나타내고, n 은 0 또는 1을 나타내고, A는 치환 또는 비치환된 3-카르바졸릴 기를 나타낸다.

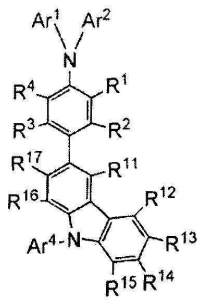
[0079] 화학식 G1에 있어서의 α 의 구체적인 구조의 일례를 하기 화학식 1-1 내지 1-9에 제시한다.



[0080]

[0081] 발광층 (303)에 함유되는 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G2로 표현되는 것이 보다 바람직하다.

[0082] <화학식 G2>

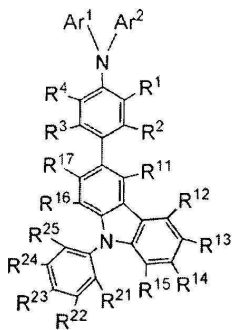


[0083]

[0084] 화학식 G2 중, Ar^1 및 Ar^2 는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R^1 내지 R^4 및 R^{11} 내지 R^{17} 은 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타내고, Ar^4 는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기, 또는 비치환된 터페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 터페닐 기를 나타낸다.

[0085] 발광층 (303)에 함유되는 제1 유기 화합물은 하기 화학식 G3으로 표현되는 것이 특히 바람직하다.

[0086] <화학식 G3>

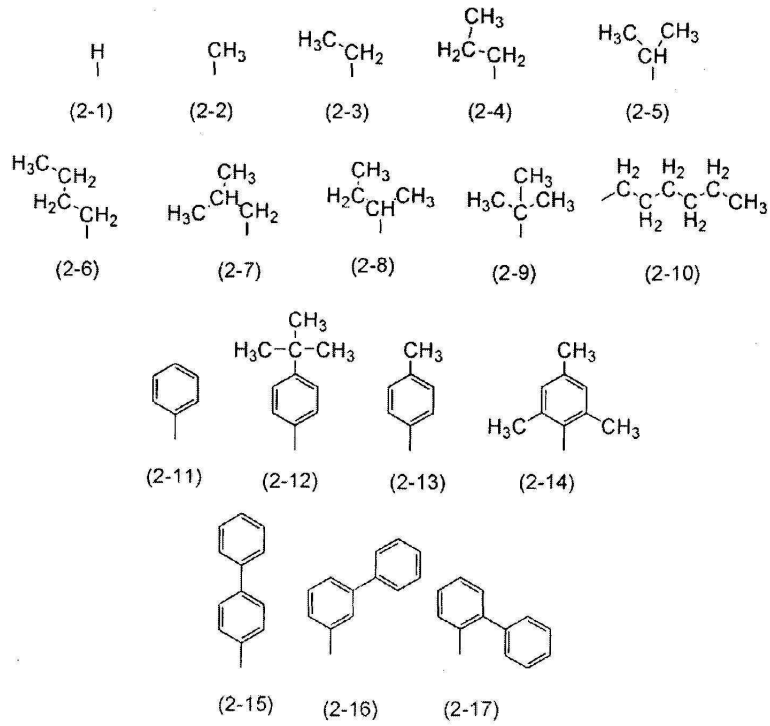


[0087]

[0088] 화학식 G3 중, Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로플루오레닐 기, 또는 치환 또는 비치환된 비페닐 기를 나타내고, R¹ 내지 R⁴, R¹¹ 내지 R¹⁷ 및 R²¹ 내지 R²⁵는 각각 독립적으로 수소, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 또는 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 나타낸다.

[0089] Ar¹ 및 Ar²는 각각 독립적으로 치환 또는 비치환된 2-플루오레닐 기, 치환 또는 비치환된 스피로-9,9'-비플루오렌-2-일 기, 또는 비페닐-4-일 기인 것이 바람직하다. 임의의 이들 골격을 포함하는 3급 아민은, 정공 수송성 및 전자 차단성이 높고, 나프탈렌 골격을 포함하는 아민 등의 삼중항 여기 에너지보다 높은 삼중항 여기 에너지로 인해 엑시톤 차단성이 우수하기 때문에 바람직하다. 비페닐 기, 플루오레닐 기 및 스피로플루오레닐 기 중에서도, 이러한 치환 위치의 것은 합성하기 쉽고, 저렴하기 때문에 바람직하다.

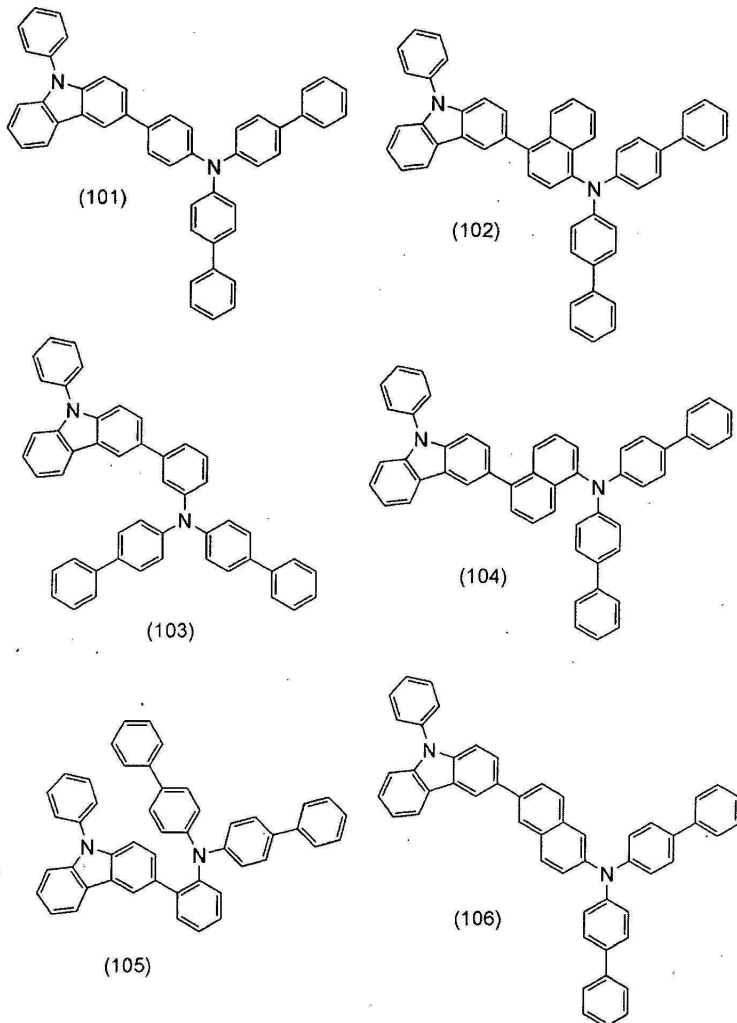
[0090] 화학식 G2 또는 G3에 있어서, R¹ 내지 R⁴, R¹¹ 내지 R¹⁷ 및 R²¹ 내지 R²⁵의 구체적인 구조의 일례를, 하기 화학식 2-1 내지 2-17에 제시한다. 각각의 상기 화학식에 있어서, 플루오레닐 기, 스피로플루오레닐 기 또는 비페닐 기가 치환기를 갖는 경우, 상기 치환기의 예로서는, 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기, 비치환된 페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 페닐 기, 비치환된 비페닐 기 또는 탄소원자수 1 내지 10의 알킬 기가 하나 이상 치환된 비페닐 기를 들 수 있다. 이들의 구체적인 구조의 일례로서도, 화학식 2-2 내지 2-17로 표현되는 치환기를 제시할 수 있다. 화학식 G2에 있어서의 Ar⁴의 구체적인 구조의 일례로서는, 화학식 2-2 내지 2-17로 표현되는 치환기를 들 수 있다.



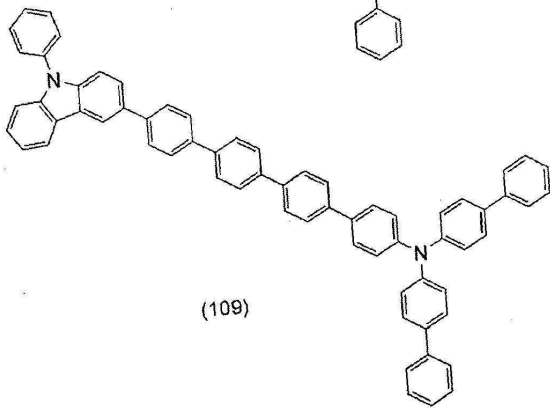
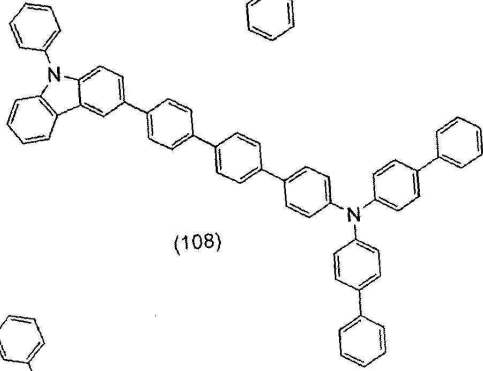
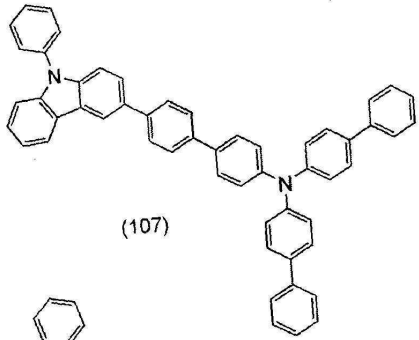
[0091]

[0092]

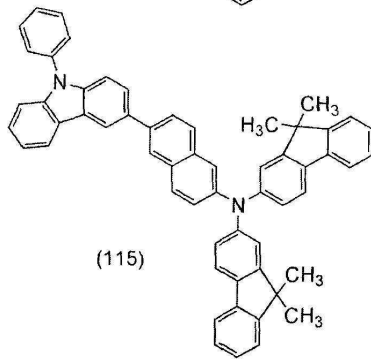
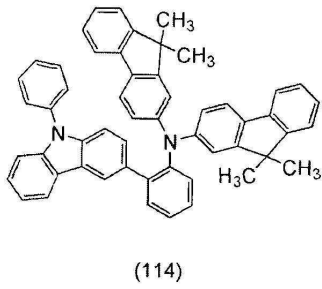
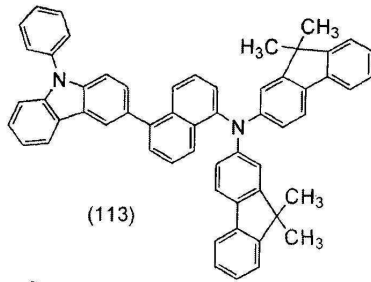
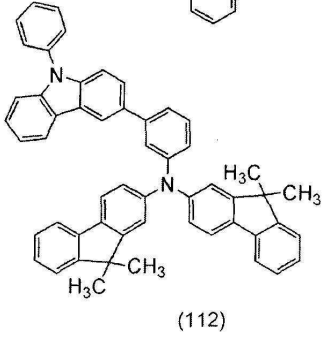
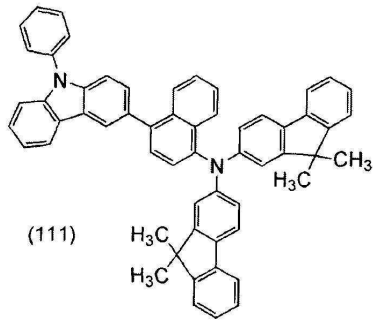
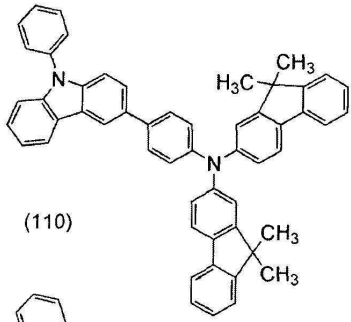
화학식 G0으로 표현되는 유기 화합물의 구체예로서는, 하기 화학식 101 내지 142로 표현되는 유기 화합물을 들 수 있다. 본 발명은 이들 예로 한정되지는 않는다는 것에 유의한다.



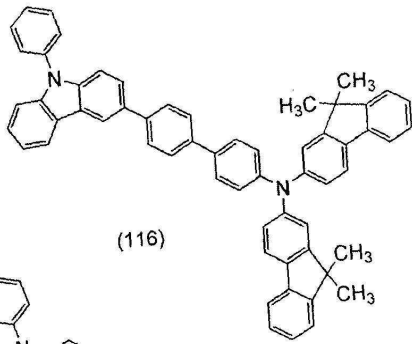
[0093]



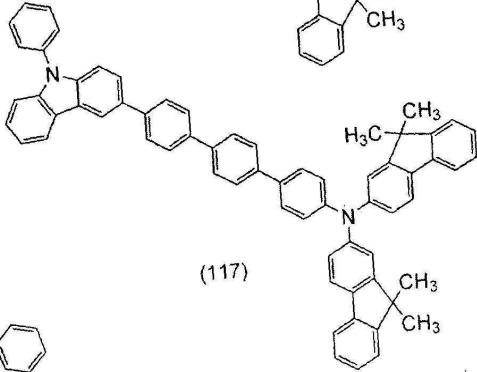
[0094]



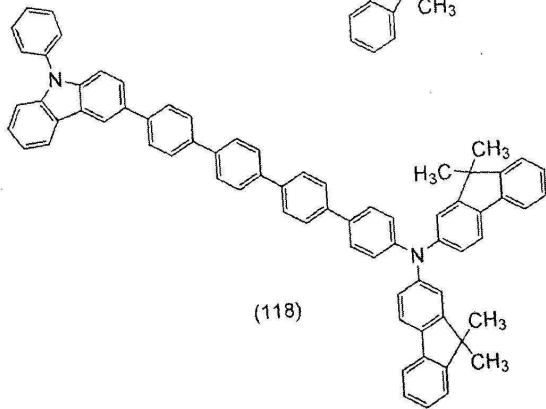
[0095]



(116)

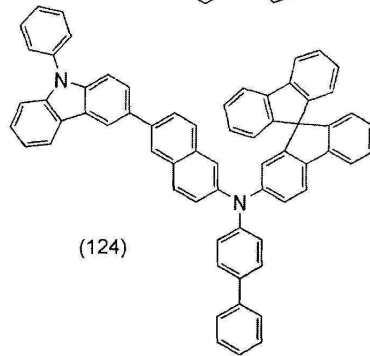
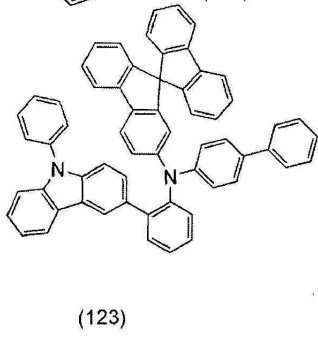
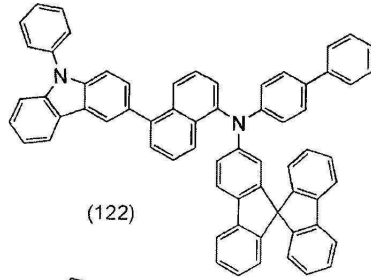
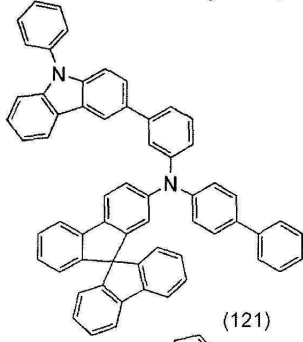
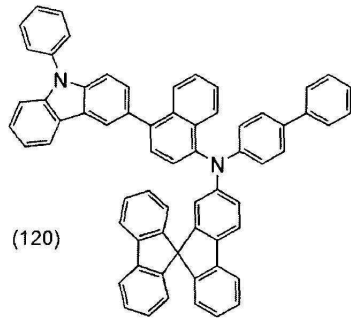
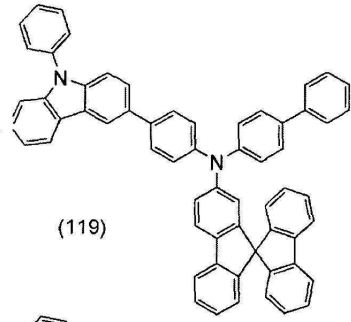


(117)

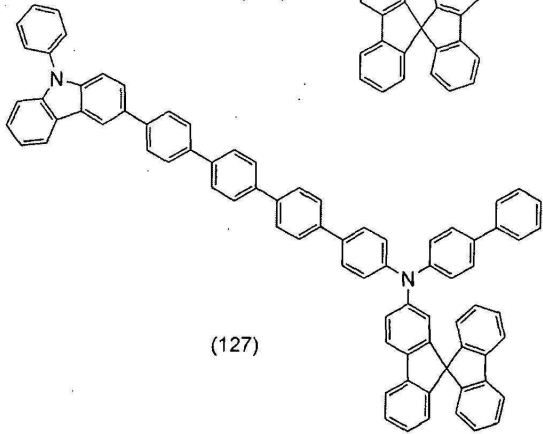
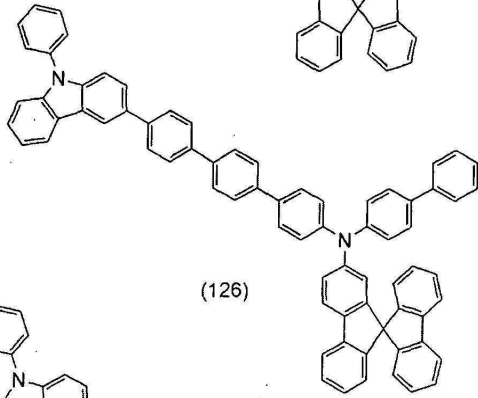
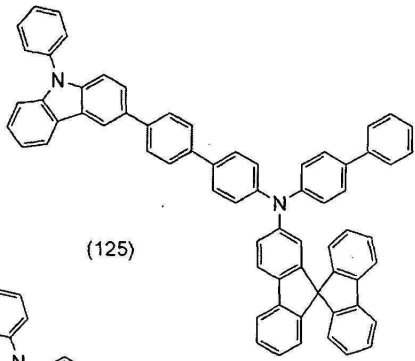


(118)

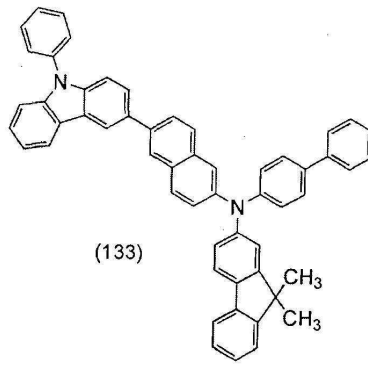
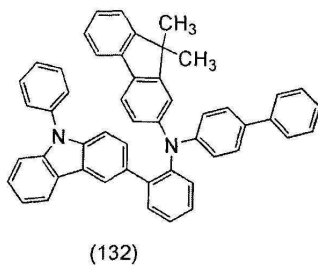
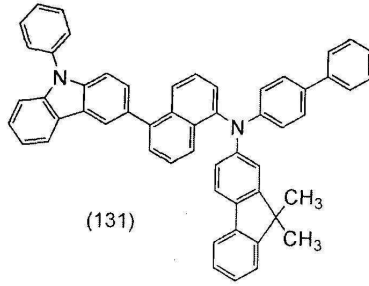
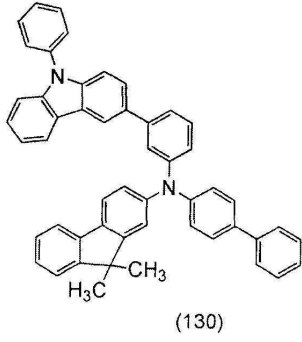
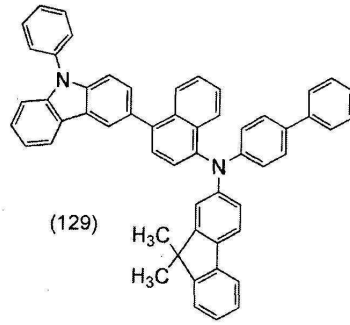
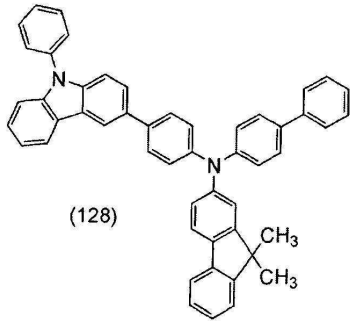
[0096]



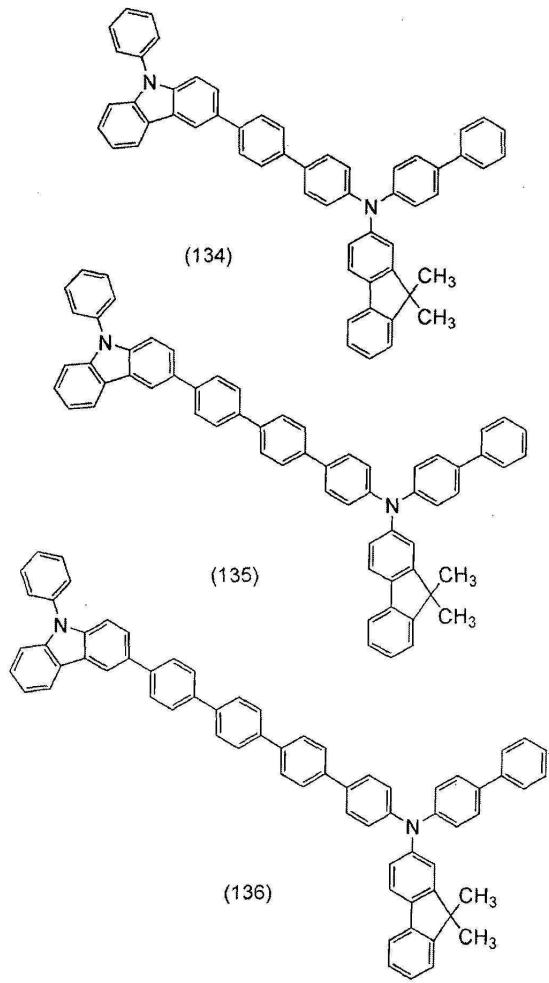
[0097]



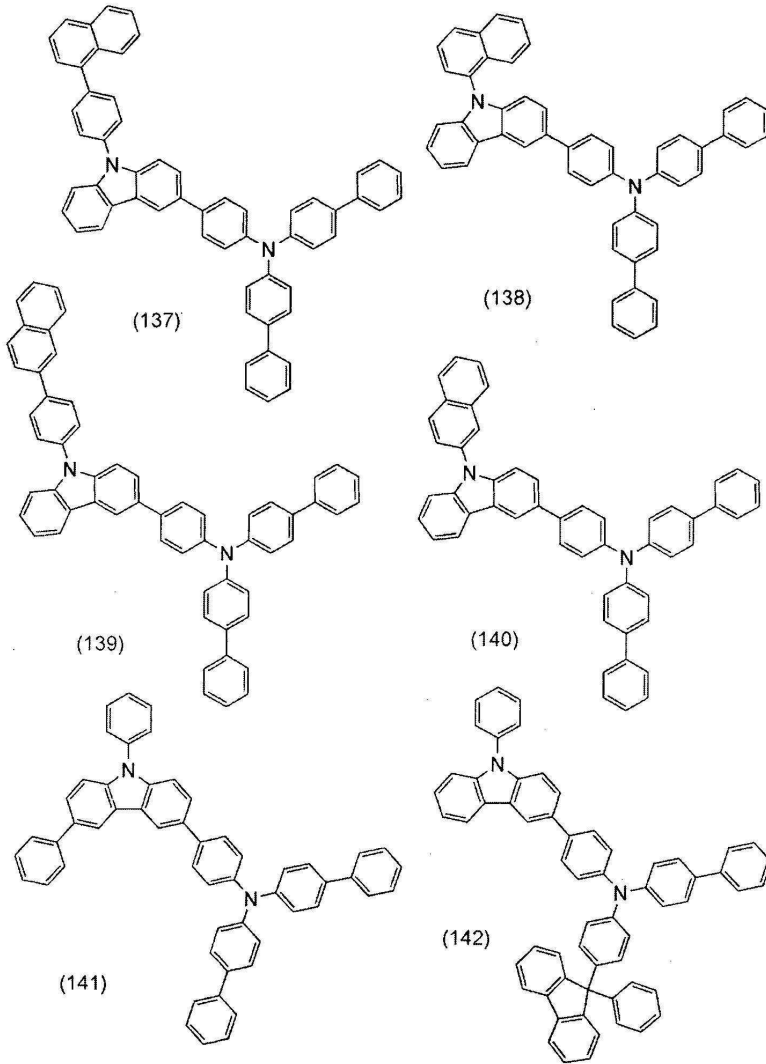
[0098]



[0099]



[0100]



[0101]

[0102]

[0103]

[0104]

<제2 유기 화합물>

제2 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물이다. 전자 수송성을 갖는 화합물로서는, π 전자 부족형 복소방향족 화합물, 예컨대 질소 함유 복소방향족 화합물, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체, 옥사졸계 배위자 또는 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등을 사용할 수 있다.

구체예로서는, 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II) (약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III) (약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II) (약칭: Znq), 비스[2-(2-벤조사졸릴)페놀레이토]아연(II) (약칭: Zn(BOX)₂), 및 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀레이토]아연(II) (약칭: Zn(BTZ)₂) 등의 금속 착체; 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: C011), 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: mDBTBIIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 복소환 화합물; 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 2mDBTPDBq-II), 7-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 6mDBTPDBq-II), 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II), 및 2-[3'-(9H-카르바졸-9-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약칭: 2mCzBPDBq) 등의 퀴녹살린 골격 또는 디벤조퀴녹살린 골격을 갖는 복소환 화합물; 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm), 및 4,6-비스[3-(4-디벤조티에닐)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 디아진 골격 (피리미딘 골격 또는 피라진 골격)을 갖는 복소환 화합물; 3,5-비스

[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트리[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 복소환 화합물을 들 수 있다. 상기 재료 중에서도, 퀴녹살린 골격 또는 디벤조퀴녹살린 골격을 갖는 복소환 화합물, 디아진 골격을 갖는 복소환 화합물, 및 피리딘 골격을 갖는 복소환 화합물은 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다.

[0105] <인광성 화합물>

[0106] 발광층 (303)에 사용할 수 있는 인광성 화합물에 일례가 여기서 제시된다. 440 nm 내지 520 nm에 발광 피크를 갖는 인광성 화합물의 예로서는, 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN²]페닐-κC}이리듐(III) (약칭: [Ir(mpptz-dmp)₃]), 트리스(5-메틸-3,4-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(Mptz)₃]), 및 트리스[4-(3-비페닐)-5-이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약칭: [Ir(iPrptz-3b)₃])과 같은 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)₃]), 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(Prptz1-Me)₃])과 같은 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; fac-트리스[1-(2,6-디이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III) (약칭: [Ir(iPrpmi)₃]), 및 트리스[3-(2,6-디메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이트]이리듐(III) (약칭: [Ir(dmpimpt-Me)₃])과 같은 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 및 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 테트라키스(1-피라졸릴)보레이트 (약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 피콜리네이트 (약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N,C^{2'}}이리듐(III) 피콜리네이트 (약칭: [Ir(CF₃ppy)₂(pic)]), 및 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: FIracac)와 같은 전자 흡인 기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기금속 이리듐 착체를 들 수 있다. 상기 재료 중에서도, 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 신뢰성이 높고, 발광 효율이 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0107] 520 nm 내지 600 nm에 발광 피크를 갖는 인광성 화합물의 예로서는, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(mppm)₃]), 트리스(4-t-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(tBuppm)₃]), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(mppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)]), (아세틸아세토네이트)비스[4-(2-노르보르닐)-6-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (엔도- 및 엑소-혼합물) (약칭: [Ir(nbppm)₂(acac)]), 및 (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (약칭: [Ir(mpmpm)₂(acac)]), 및 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(dppm)₂(acac)]과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(mppr-Me)₂(acac)]), 및 (아세틸아세토네이트)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)]과 같은 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이리듐(III) (약칭: [Ir(ppy)₃]), 비스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: [Ir(ppy)₂(acac)]), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: [Ir(bzq)₂(acac)]), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(bzq)₃]), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III) (약칭: [Ir(pq)₃]), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: [Ir(pq)₂(acac)]과 같은 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)테르븀(III) (약칭: [Tb(acac)₃(Phen)])과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 상기 재료 중에서도, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 뛰어나게 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0108] 600 nm 내지 700 nm에 발광 피크를 갖는 인광성 화합물의 예로서는, 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]

토][디이소부티릴메타네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트][디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$), 및 비스[4,6-디(나프탈렌-1-일)피리미디네이트][디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{d1nppm})_2(\text{dpm})]$)과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트리페닐피라디네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$), 비스(2,3,5-트리페닐피라디네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$), 및 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이트)이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$)과 같은 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 트리스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III) (약칭: $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$), 및 비스(1-페닐이소퀴놀리네이트-N,C^{2'})이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약칭: $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$)와 같은 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체; 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II) (약칭: PtOEP)과 같은 백금 착체; 및 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III) (약칭: $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$), 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III) (약칭: $[\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})]$)과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 상기 재료 중에서도, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 뛰어나게 높기 때문에 특히 바람직하다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 색도가 좋은 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0109] 제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 및 인광성 화합물을 함유하는 상기 기재된 발광층을 적용함으로써, 장수명의 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 상기 발광층을 적용함으로써, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 제작할 수 있다.

[0110] 또한, 발광층을 복수 제공하고, 발광층의 발광색을 상이하게 함으로써, 전체로서의 발광 소자로부터 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 발광층을 2개 갖는 발광 소자에 있어서, 제1 발광층의 발광색과 제2 발광층의 발광색을 보색관계가 되도록 함으로써, 발광 소자가 전체로서 백색 발광하도록 할 수 있다. 용어 "보색"이란, 색을 혼합하면 무채색이 얻어지는 색 관계를 의미한다는 것에 유의한다. 즉, 방출색이 보색관계인 물질로부터 방출된 광을 혼합하여 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 발광층을 3개 이상 갖는 발광 소자의 경우에서도 마찬가지이다. 복수의 발광층을 포함하는 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에서는, 적어도 1개의 발광층이 상기 기재된 조성 (제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 인광성 화합물 함유)을 가지며, 모든 발광층이 상기 조성을 가질 수도 있다는 것에 유의한다.

[0111] 발광층 이외에도, EL 층 (203)은 정공 주입성이 높은 물질, 정공 수송성이 높은 물질, 정공 차단 재료, 전자 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 또는 양극성을 갖는 물질 (전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질) 등 중 임의의 것을 함유하는 하나 이상의 층을 더 포함할 수도 있다. EL 층 (203)에는 공지의 물질을 사용할 수 있고, 저분자계 화합물 또는 고분자계 화합물을 사용할 수도 있고, 또한 무기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0112] 도 1의 (B)에 도시된 발광 소자는, 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 EL 층 (203)을 포함하며, 상기 EL 층 (203)에서는 제1 전극 (201)측으로부터 정공 주입층 (301), 정공 수송층 (302), 발광층 (303), 전자 수송층 (304) 및 전자 주입층 (305)이 이 순서대로 적층되어 있다.

[0113] 도 1의 (C)에 도시된 발광 소자는, 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 EL 층 (203)을 포함하고, 또한 EL 층 (203)과 제2 전극 (205) 사이에 중간층 (207)을 포함한다.

[0114] 중간층 (207)의 구조의 구체예를 도 1의 (D)에 도시한다. 중간층 (207)은 전하 생성 영역 (308)을 적어도 포함한다. 전하 생성 영역 (308) 이외에도, 중간층 (207)은 전자 릴레이층 (307) 및 전자 주입 버퍼층 (306)을 더 포함할 수도 있다. 도 1의 (D)에서, 발광 소자는 제1 전극 (201) 위의 EL 층 (203), EL 층 (203) 위의 중간층 (207), 및 중간층 (207) 위의 제2 전극 (205)을 포함한다. 또한, 도 1의 (D)에서는 중간층 (207)으로서, EL 층 (203)측으로부터 전자 주입 버퍼층 (306), 전자 릴레이층 (307) 및 전하 생성 영역 (308)이 이 순서대로 제공되어 있다.

[0115] 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 발광 소자의 역치 전압보다 높은 전압을 인가하면, 전하 생성 영역 (308)에서 정공 및 전자가 생성되고, 정공은 제2 전극 (205)으로 이동하고, 전자는 전자 릴레이층 (307)으로 이동한다. 전자 릴레이층 (307)은 전자 수송성이 높고, 전하 생성 영역 (308)에서 생성된 전자를 전자 주입 버퍼

층 (306)으로 빠르게 전달한다. 전자 주입 버퍼층 (306)은 EL 층 (203)의 전자 주입 장벽을 저감하고, EL 층 (203)으로의 전자 주입 효율을 개선하는 층이다. 따라서, 전하 생성 영역 (308)에서 생성된 전자는, 전자 릴레이층 (307)과 전자 주입 버퍼층 (306)을 통해 EL 층 (203)의 LUMO (최저 비점유 분자 궤도) 준위에 주입된다.

[0116] 또한, 전자 릴레이층 (307)은 전하 생성 영역 (308)에 함유된 물질과 전자 주입 버퍼층 (306)에 함유된 물질 사이의 계면에서 반응하는 것을 방지할 수 있다. 따라서, 전하 생성 영역 (308) 및 버퍼층 (306)의 기능이 손상되는 것과 같은 상호작용을 방지하는 것이 가능하다.

[0117] 도 1의 (E) 및 (F)에 도시된 발광 소자와 같이, 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 복수의 EL 층이 적층될 수도 있다. 이 경우, 적층된 EL 층들의 사이에, 중간층 (207)이 제공되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 1의 (E)에 도시된 발광 소자는 제1 EL 층 (203a)과 제2 EL 층 (203b) 사이에 중간층 (207)을 포함한다. 도 1의 (F)에 도시된 발광 소자는, EL 층을 n층 (n은 2 이상의 자연수) 포함하고, m번째의 EL 층 (203(m))과, (m+1)번째의 EL 층 (203(m+1)) 사이에 중간층 (207)이 있다. 복수의 EL 층을 갖는 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에서는, 상기 기재된 조성 (제1 유기 화합물과, 제2 유기 화합물과, 인광성 화합물 함유)이 적어도 1개의 EL 층에 적용되고, 모든 EL 층에 적용될 수도 있다.

[0118] EL 층 (203(m))과 EL 층 (203(m+1)) 사이에 제공된 중간층 (207)에 있어서의 전자 및 정공의 거동에 대해 기재할 것이다. 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 발광 소자의 역치 전압보다 높은 전압을 인가하면, 중간층 (207)에서 정공 및 전자가 생성되고, 정공은 제2 전극 (205)측에 제공된 EL 층 (203(m+1))으로 이동하고, 전자는 제1 전극 (201)측에 제공된 EL 층 (203(m))으로 이동한다. EL 층 (203(m+1))에 주입된 정공은 제2 전극 (205)측으로부터 주입된 전자와 재결합하여, 해당 EL 층 (203(m+1))에 함유된 발광 물질이 발광한다. 또한, EL 층 (203(m))에 주입된 전자는 제1 전극 (201)측으로부터 주입된 정공과 재결합하여, 해당 EL 층 (203(m))에 함유된 발광 물질이 발광한다. 따라서, 중간층 (207)에서 생성된 정공 및 전자는 상이한 EL 층에서 발광에 이른다.

[0119] EL 층이 사이에 개재하여 형성되는 중간층과 동일한 구조를 가능하게 하는 경우에 이들 EL 층을 서로 접하도록 제공할 수 있다는 것에 유의한다. 예를 들어, EL 층의 한쪽 면 위에 전하 생성 영역이 형성되어 있는 경우, 그 면에 접하여 다른 EL 층을 제공할 수 있다.

[0120] 또한, 각각의 EL 층의 발광색을 상이하게 함으로써, 전체로서의 발광 소자로부터 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 EL 층을 갖는 발광 소자에 있어서 제1 EL 층의 발광색과 제2 EL 층의 발광색을 보색관계가 되도록 함으로써, 발광 소자가 전체로서 백색 발광하도록 할 수 있다. 3개 이상의 EL 층을 갖는 발광 소자의 경우에서도 마찬가지이다.

[0121] 도 1의 (B) 내지 (E)는 적절히 조합하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 1의 (F)의 제2 전극 (205)과 EL 층 (203(n)) 사이에 중간층 (207)을 제공할 수도 있다.

[0122] 하기에 각각의 층에 사용할 수 있는 재료의 예를 제시할 것이다. 각각의 층은, 단층으로 한정되지는 않고, 2층 이상 적층할 수도 있다는 것에 유의한다.

[0123] <양극>

[0124] 양극으로서 기능하는 전극 (본 실시형태에서는 제1 전극 (201))은, 도전성 금속 및 합금, 도전성 화합물 등을 1종 또는 복수종 사용하여 형성할 수 있다. 특히, 높은 일함수 (4.0 eV 이상)를 갖는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예로서는, 인듐 주석 산화물 (ITO), 규소 또는 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물, 인듐아연 산화물, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐, 그래핀, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 금속 재료의 질화물 (예를 들어, 질화티타늄) 등을 들 수 있다.

[0125] 양극이 전하 생성 영역과 접하는 경우는, 일함수를 고려하지 않고 임의의 각종 도전성 재료를 사용할 수 있으며, 예를 들어 알루미늄, 은, 알루미늄을 함유하는 합금 등도 사용할 수 있다.

[0126] <음극>

[0127] 음극으로서 기능하는 전극 (본 실시형태에서는 제2 전극 (205))은, 도전성을 갖는 금속 및 합금, 도전성 화합물 등을 1종 또는 복수종 사용하여 형성할 수 있다. 특히, 작은 일함수 (3.8 eV 이하)를 갖는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예로서는, 주기율표의 제1족 또는 제2족에 속하는 원소 (예를 들어, 리튬 또는 세슘 등의 알칼리 금속, 칼슘 또는 스트론튬 등의 알칼리 토금속, 또는 마그네슘), 임의의 이들 원소를 함유하는 합금 (예를 들어, Mg-Ag 또는 Al-Li), 유토프 또는 이테르븀 등의 희토류 금속, 및 임의의 이들 희토류 금속을 함유하는 합

금을 사용할 수 있다.

- [0128] 음극이 전하 생성 영역과 접하는 경우는, 일함수를 고려하지 않고 임의의 각종 도전성 재료를 사용할 수 있다는 것에 유의한다. 예를 들어, ITO, 규소 또는 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물을 사용할 수 있다.
- [0129] 발광 소자는, 양극 또는 음극 중 한쪽이 가시광을 투과하는 도전막을 사용하여 형성되고, 다른 쪽이 가시광을 반사하는 도전막을 사용하여 형성되는 구조, 또는 양극 및 음극 양쪽이 가시광을 투과하는 도전막을 사용하여 형성되는 구조를 가질 수 있다.
- [0130] 가시광을 투과하는 도전막은, 예를 들어 산화인듐, ITO, 인듐아연 산화물, 산화아연, 갈륨을 첨가한 산화아연을 사용하여 형성할 수 있다. 대안적으로, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 티타늄 등의 금속 재료, 또는 임의의 이들 금속 재료의 질화물 (예를 들어, 질화티타늄)의 막을, 투광성을 갖도록 얇게 형성할 수 있다. 또한 대안적으로, 그래핀 등을 사용할 수도 있다.
- [0131] 가시광을 반사하는 도전막은, 예를 들어 알루미늄, 금, 백금, 은, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리 또는 팔라듐 등의 금속 재료; 알루미늄과 티타늄의 합금, 알루미늄과 니켈의 합금, 또는 알루미늄과 네오디뮴의 합금 등의 알루미늄 함유 합금 (알루미늄 합금); 또는 은과 구리의 합금 등의 은 함유 합금을 사용하여 형성할 수 있다. 은과 구리의 합금은 내열성이 높기 때문에 바람직하다. 또한, 상기 금속 재료 또는 합금에, 란탄, 네오디뮴 또는 케르마늄 등이 첨가될 수도 있다.
- [0132] 전극은 각각 진공 증착법 또는 스퍼터링법을 사용하여 형성할 수 있다. 대안적으로, 은 페이스트 등을 사용하는 경우에는, 도포법 또는 잉크젯법을 사용할 수 있다.
- [0133] <정공 주입층 (301)>
- [0134] 정공 주입층 (301)은 정공 주입성이 높은 물질을 함유한다.
- [0135] 정공 주입성이 높은 물질의 예로서는, 몰리브덴 산화물, 티타늄 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 루테튬 산화물, 크롬 산화물, 지르코늄 산화물, 하프늄 산화물, 탄탈 산화물, 은 산화물, 텅스텐 산화물 및 망간 산화물 등의 금속 산화물 등을 들 수 있다.
- [0136] 또한, 프탈로시아닌 (약칭: H₂Pc) 또는 구리(II) 프탈로시아닌 (약칭: CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물을 사용할 수 있다.
- [0137] 또한 대안적으로, 저분자의 유기 화합물, 예컨대 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민 (약칭: TDATA), 4,4',4"-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민 (약칭: MTDATA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: DPAB), 4,4'-비스(N-{4-[N'-(3-메틸페닐)-N'-페닐아미노]페닐}-N-페닐아미노)비페닐 (약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠 (약칭: DPA3B), 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), 또는 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸 (약칭: PCzPCN1) 등의 방향족 아민 화합물을 사용할 수 있다.
- [0138] 또한 대안적으로, 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 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술폰산) (PEDOT/PSS) 또는 폴리아닐린/폴리(스티렌술폰산) (PAni/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0139] 정공 주입층 (301)은 전하 생성 영역으로서 기능할 수도 있다. 양극과 접하는 정공 주입층 (301)이 전하 생성 영역으로서 기능하는 경우, 일함수를 고려하지 않고 임의의 각종 도전성 재료를 양극에 사용할 수 있다. 전하 생성 영역에 함유된 재료에 대해서는 하기에 기재할 것이다.
- [0140] <정공 수송층 (302)>
- [0141] 정공 수송층 (302)은 정공 수송성이 높은 물질을 함유한다. 정공 수송성이 높은 물질은, 전자보다도 정공의 수송성이 높은 물질, 특히 바람직하게는 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다.
- [0142] 정공 수송층 (302)에는, 상기 화학식 G0 내지 G3으로 표현되는 임의의 유기 화합물을 사용할 수 있다. 정공 수송층 (302)과 발광층 (303) 양쪽에 상기 화학식 G0 내지 G3으로 표현되는 임의의 유기 화합물을 적용함으로써,

정공 주입 장벽을 저감할 수 있어, 발광 효율을 높일 뿐만 아니라 구동 전압을 저감할 수 있다. 즉, 이러한 구조는 상기 기재된 바와 같이 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 유지하는 것 뿐만 아니라 구동 전압을 낮게 유지하는 것을 가능하게 한다. 그 결과, 고휘도에서도 전압 손실로 인한 전력 효율의 저하가 적은 발광 소자, 즉 전력 효율이 높은 (소비 전력이 낮은) 발광 소자를 얻을 수 있다. 특히, 정공 주입 장벽의 관점에서는, 정공 수송층 (302)과 발광층 (303)이 동일한 유기 화합물을 함유하는 것이 바람직하다.

- [0143] 정공 수송성이 높은 물질의 다른 예로서는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: NPB 또는 α -NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (약칭: TPD), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP), 4,4'-비스[N-(9,9-디메틸플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: DFLLDPBi), 및 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물이 있다.
- [0144] 대안적으로, 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약칭: CBP), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸 (약칭: CzPA), 또는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸 (약칭: PCzPA) 등의 카르바졸 유도체를 사용할 수 있다.
- [0145] 또한 대안적으로, 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센 (약칭: t-BuDNA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센 (약칭: DNA), 또는 9,10-디페닐안트라센 (약칭: DPAnth) 등의 방향족 탄화수소 화합물을 사용할 수 있다.
- [0146] 또한, PVK, PVTPA, PTPDMA 또는 폴리-TPD 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0147] <전자 수송층 (304)>
- [0148] 전자 수송층 (304)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유한다.
- [0149] 전자 수송성이 높은 물질은, 정공보다도 전자의 수송성이 높은 유기 화합물, 특히 바람직하게는 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다.
- [0150] 전자 수송층 (304)에는, 발광층 (303)에 함유되는 제2 유기 화합물 (전자 수송성을 갖는 화합물)을 사용할 수 있다.
- [0151] 전자 수송층 (304)에는, 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III) (약칭: Alq) 또는 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III) (약칭: Almq₃) 등의 금속 착체를 사용할 수 있다.
- [0152] 또한, 바토펜안트롤린 (약칭: BPhen), 바토크upro인 (약칭: BCP), 3-(4-tert-부틸페닐)-4-(4-에틸페닐)-5-(4-비페닐릴)-1,2,4-트리아졸 (약칭: p-EtTAZ) 또는 4,4'-비스(5-메틸벤젠사졸-2-일)스틸벤 (약칭: BzOs) 등의 복소방향족 화합물을 사용할 수 있다.
- [0153] 또한, 폴리(2,5-피리딘디일) (약칭: PPy), 폴리[(9,9-디핵실플루오렌-2,7-디일)-코-(피리딘-3,5-디일)] (약칭: PF-Py), 또는 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-코-(2,2'-비피리딘-6,6'-디일)] (약칭: PF-BPy) 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0154] <전자 주입층 (305)>
- [0155] 전자 주입층 (305)은 전자 주입성이 높은 물질을 함유한다.
- [0156] 전자 주입성이 높은 물질의 예로서는, 리튬, 세슘, 칼슘, 산화리튬, 탄산리튬, 탄산세슘, 불화리튬, 불화세슘, 불화칼슘 및 불화에르븀 등과 같은 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속 또는 그의 화합물 (예를 들어, 그의 산화물, 그의 탄산염, 및 그의 할로겐화물)을 사용할 수 있다.
- [0157] 또한, 전자 주입층 (305)은 상기 기재된 전자 수송성이 높은 물질과 공여체 물질을 함유할 수도 있다. 예를 들어, 마그네슘 (Mg)을 함유하는 Alq 층을 사용하여 전자 주입층 (305)을 형성할 수도 있다. 전자 수송성이 높은 물질과 공여체 물질을 함유하는 경우, 공여체 물질 대 전자 수송성이 높은 물질의 질량비는 0.001 : 1 이상 0.1 : 1 이하가 바람직하다.
- [0158] 공여체 물질의 예로서는, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 에르븀, 이테르븀, 산화리튬, 칼슘 산화물, 바륨 산화물 및 산화마그네슘 등과 같은 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속 및 그의 화합물 (예를 들어, 그의 산화물); 루이스 염기; 및 테트라티아폴발렌 (약칭: TTF), 테트라티아나프타센 (약칭: TTN), 니켈로센 또는 테카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 들 수 있다.

- [0159] <전하 생성 영역>
- [0160] 정공 주입층에 포함되는 전하 생성 영역 및 전하 생성 영역 (308)은 각각 정공 수송성이 높은 물질과 수용체 물질 (전자 수용체)을 함유한다. 수용체 물질은, 수용체 물질 대 정공 수송성이 높은 물질의 질량비가 0.1 : 1 이상 4.0 : 1 이하이도록 첨가되는 것이 바람직하다.
- [0161] 전하 생성 영역은, 동일 막 중에 정공 수송성이 높은 물질과 수용체 물질을 함유하는 구조로 한정되지는 않으며, 정공 수송성이 높은 물질을 함유하는 층과 수용체 물질을 포함하는 층이 적층되어 있는 구조를 가질 수도 있다. 전하 생성 영역이 음극측에 제공된 적층 구조의 경우에는, 정공 수송성이 높은 물질을 함유하는 층이 음극과 접하고, 전하 생성 영역이 양극측에 제공된 적층 구조의 경우에는, 수용체 물질을 함유하는 층이 양극과 접한다는 것에 유의한다.
- [0162] 정공 수송성이 높은 물질은, 전자보다도 정공의 수송성이 높은 유기 화합물, 특히 바람직하게는 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 유기 화합물이다.
- [0163] 구체적으로는, 상기 화학식 G0으로 표현되는 화합물, 또는 정공 수송층 (302)에 사용할 수 있는 물질로서 예시한 임의의 정공 수송성이 높은 물질, 예를 들어 NPB 및 BPAFLP 등의 방향족 아민 화합물, CBP, CzPA 및 PCzPA 등의 카르바졸 유도체, t-BuDNA, DNA 및 DPAnth 등의 방향족 탄화수소 화합물, 및 PVK 및 PVTPA 등의 고분자 화합물을 사용할 수 있다.
- [0164] 수용체 물질의 예로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄 (약칭: F₄-TCNQ), 및 클로라닐 등의 할로젠 화합물, 피라지노[2,3-f][1,10]페난트롤린-2,3-디카르보니트릴 (약칭: PPDN), 디피라지노[2,3-f:2',3'-h]퀴녹살린-2,3,6,7,10,11-헥사카르보니트릴 (약칭: HAT-CN) 등의 시아노 화합물, 전이 금속 산화물, 및 주기율표의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화티스텐, 산화망간 및 산화레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 특히, 산화몰리브덴은 대기 중에서 안정하고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0165] <전자 주입 버퍼층 (306)>
- [0166] 전자 주입 버퍼층 (306)은 전자 주입성이 높은 물질을 함유한다. 전자 주입 버퍼층 (306)은 전하 생성 영역 (308)으로부터 EL 층 (203)으로의 전자 주입을 용이하게 한다. 전자 주입성이 높은 물질로서는, 임의의 상기 기재된 재료를 사용할 수 있다. 대안적으로, 전자 주입 버퍼층 (306)은 임의의 상기 기재된 전자 수송성이 높은 물질과 공여체 물질을 함유할 수도 있다.
- [0167] <전자 릴레이층 (307)>
- [0168] 전자 릴레이층 (307)에서는, 전하 생성 영역 (308)에서 수용체 물질에 의해 끌어내어진 전자를 빠르게 수용한다.
- [0169] 전자 릴레이층 (307)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유한다. 상기 전자 수송성이 높은 물질로서는 프탈로시아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0170] 상기 프탈로시아닌계 재료로서는, 구체적으로는 CuPc, 프탈로시아닌 주석(II) 착체 (SnPc), 프탈로시아닌 아연 착체 (ZnPc), 코발트(II) 프탈로시아닌, β-형 (CoPc), 프탈로시아닌 철 (FePc), 또는 바나딜 2,9,16,23-테트라페녹시-29H,31H-프탈로시아닌 (PhO-VOPc)을 사용할 수 있다.
- [0171] 상기 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는, 금속-산소 이중 결합을 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다. 금속-산소의 이중 결합은 수용체 특성을 갖기 때문에, 전자가 보다 용이하게 이동 (공여 및 수용)할 수 있다.
- [0172] 또한, 상기 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체로서는, 프탈로시아닌계 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 특히, 바나딜 프탈로시아닌 (VOPc), 프탈로시아닌 주석(IV) 산화물 착체 (SnOPc) 또는 프탈로시아닌 티타늄 산화물 착체 (TiOPc)는 분자 구조적으로 금속-산소의 이중 결합이 다른 분자에 대해 작용하기에 보다 쉽고, 수용체 특성이 높기 때문에 바람직하다.
- [0173] 상기 프탈로시아닌계 재료로서는, 페녹시 기를 갖는 프탈로시아닌계 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 PhO-VOPc와 같은, 페녹시 기를 갖는 프탈로시아닌 유도체를 사용하는 것이 바람직하다. 페녹시 기를 갖는 프탈로시아닌 유도체는 용매에 가용이기 때문에, 발광 소자를 형성하는 동안에 취급하기에 쉽다는 이점, 및

성막에 사용하는 장치의 유지보수가 용이하다는 이점을 갖는다.

- [0174] 기타의 전자 수송성이 높은 물질의 예로서는, 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산 이무수물 (약칭: PTCDA), 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산 비스벤즈이미다졸 (약칭: PTCBI), N,N'-디옥틸-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산 디이미드 (약칭: PTCDI-C8H), N,N'-디헥실-3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실산 디이미드 (약칭: Hex PTC) 등의 페릴렌 유도체를 들 수 있다. 대안적으로, 피라진노[2,3-f][1,10]페난트롤린-2,3-디카르보니트릴 (약칭: PPDN), 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트리페닐렌 (약칭: HAT(CN)₆), 2,3-디페닐피리도[2,3-b]피라진 (약칭: 2PYPR), 또는 2,3-비스(4-플루오로페닐)피리도[2,3-b]피라진 (약칭: F2PYPR) 등의 질소 함유 축합 방향족 화합물을 들 수 있다. 질소 함유 축합 방향족 화합물은 안정성 때문에 전자 릴레이층 (307)에 바람직하게 사용된다.
- [0175] 또한, 7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄 (약칭: TCNQ), 1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실산 이무수물 (약칭: NTCDA), 퍼플루오로펜타센, 구리 헥사테카플루오로프탈로시아닌 (약칭: F₁₆CuPc), N,N'-비스(2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-펜타테카플루오로옥틸)-1,4,5,8-나프탈렌테트라카르복실산 디이미드 (약칭: NTCDI-C8F), 3',4'-디부틸-5,5"-비스(디시아노메틸렌)-5,5"-디히드로-2,2':5',2"-터티오벤 (약칭: DCMT), 또는 메타노풀러렌 (예를 들어, [6,6]-페닐 C₆₁ 부티르산 메틸에스테르)을 사용할 수 있다.
- [0176] 전자 릴레이층 (307)은 상기 기재된 공여체 물질을 더 함유할 수도 있다. 전자 릴레이층 (307)에 공여체 물질을 함유시키는 경우, 전자가 용이하게 이동할 수 있고, 발광 소자가 보다 낮은 전압에서 구동할 수 있다.
- [0177] 상기 전자 수송성이 높은 물질 및 상기 공여체 물질의 LUMO 준위는 바람직하게는 -5.0 eV 이상 -3.0 eV 이하이며, 즉 전하 생성 영역 (308)에 함유된 수용체 물질의 LUMO 준위와, 전자 수송층 (304)에 함유된 전자 수송성이 높은 물질의 LUMO 준위 (또는 전자 릴레이층 (307)과 접하거나 사이에 개재하는 전자 주입 버퍼층 (306)과 접하는 EL 층 (203)의 LUMO 준위) 사이가 된다. 전자 릴레이층 (307)에 공여체 물질을 함유시키는 경우, 전자 수송성이 높은 물질로서, 전하 생성 영역 (308)에 함유된 수용체 물질의 수용체 준위보다 높은 LUMO 준위를 갖는 물질을 사용할 수 있다.
- [0178] 또한, 상기 기재된 EL 층 (203) 및 중간층 (207)에 포함되는 층은 각각 증착법 (진공 증착법 포함), 전사법, 인쇄법, 잉크젯법, 도포법 등의 방법 중 임의의 것에 의해 형성할 수 있다.
- [0179] 본 실시형태에 기재된 발광 소자를 사용하여, 패시브 매트릭스형 발광 장치, 또는 트랜지스터에 의해 발광 소자의 구동이 제어되는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 제작할 수 있다. 또한, 상기 발광 장치를 전자 장치 또는 조명 장치 등에 적용할 수 있다.
- [0180] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0181] (실시형태 2)
- [0182] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 2의 (A) 내지 (C)를 참조하여 기재할 것이다.
- [0183] 도 2의 (A)에 도시된 발광 소자는 제1 전극 (201)과 제2 전극 (205) 사이에 EL 층 (203)을 포함한다. EL 층 (203)은 발광층 (213)을 포함한다.
- [0184] 도 2의 (A)에 도시된 발광 소자에서, 발광층 (213)은 제1 유기 화합물 (221), 제2 유기 화합물 (222), 및 인광성 화합물 (223)을 포함한다. 제1 유기 화합물 (221)은 실시형태 1에 제시된 화학식 G0으로 표현되며, 분자량이 500 이상 2000 이하이다. 제2 유기 화합물 (222)은 전자 수송성을 갖는 화합물이다.
- [0185] 인광성 화합물 (223)은 발광층 (213)에서의 게스트 재료이다. 본 실시형태에서는, 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222) 중, 발광층 (213)에서의 함유량이 다른 쪽의 함유량보다 높은 한쪽이, 발광층 (213)에서의 호스트 재료이다.
- [0186] 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222) 각각의 삼중항 여기 에너지 준위 (T₁ 준위)는 인광성 화합물 (223)의 T₁ 준위보다 높은 것이 바람직하다는 것에 유의한다. 이는, 제1 유기 화합물 (221) (또는 제2 유기 화합물 (222))의 T₁ 준위가 인광성 화합물 (223)의 T₁ 준위보다 낮으면, 발광에 기여하는 인광성 화합물 (223)의 삼중항 여기 에너지를 제1 유기 화합물 (221) (또는 제2 유기 화합물 (222))이 소광시켜 발광 효율을 저하시키

기 때문이다.

- [0187] 호스트 재료로부터 게스트 재료로의 에너지 이동 효율을 개선하기 위해, 분자 사이의 에너지 이동 메카니즘으로서 공지되어 있는 피르스터(Foerster) 메카니즘 (쌍극자-쌍극자 상호작용) 및 텍스터(Dexter) 메카니즘 (전자 교환 상호작용)을 고려한다. 상기 메카니즘에 따르면, 호스트 분자의 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 형광 스펙트럼, 및 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에서의 인광 스펙트럼)은 게스트 분자의 흡수 스펙트럼 (구체적으로는, 최장파장 (최저에너지)측의 흡수대에서의 스펙트럼)과 크게 중첩하는 것이 바람직하다.
- [0188] 그러나, 게스트 재료로서 인광성 화합물을 사용하는 경우, 호스트 재료의 형광 스펙트럼과, 게스트 재료의 최장파장 (최저에너지)측의 흡수대에서의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 얻는 것은 곤란하다. 그 이유는, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장 (최저에너지)측의 흡수대에서의 흡수 스펙트럼과 중첩하면, 호스트 재료의 인광 스펙트럼이 형광 스펙트럼보다 더 장파장 (더 저에너지)측에 위치하기 때문에, 호스트 재료의 T₁ 준위가 인광성 화합물의 T₁ 준위보다 낮아져, 상기 기재된 소광 문제가 발생하기 때문이며; 한편, 소광 문제를 회피하기 위해 호스트 재료의 T₁ 준위를 인광성 화합물의 T₁ 준위보다 높도록 호스트 재료를 설계하면, 호스트 재료의 형광 스펙트럼이 더 단파장 (더 고에너지)측으로 이동하여, 그 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장파장 (최저에너지)측의 흡수대에서의 흡수 스펙트럼과 어떠한 중첩도 갖지 않는다. 이러한 이유로, 호스트 재료의 형광 스펙트럼과, 게스트 재료의 최장파장 (최저에너지)측의 흡수대에서의 흡수 스펙트럼을 중첩시켜, 호스트 재료의 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 최대화시키는 것은 통상 곤란하다.
- [0189] 따라서, 본 실시형태에서는, 제1 유기 화합물 (221)과 제2 유기 화합물 (222)의 조합은 엑시플렉스를 형성한다.
- [0190] 엑시플렉스에 대해, 도 2의 (B) 및 (C)를 참조하여 기재할 것이다.
- [0191] 도 2의 (B)는 엑시플렉스의 개념을 제시하는 모식도이며, 제1 유기 화합물 (221) (또는 제2 유기 화합물 (222))의 형광 스펙트럼, 제1 유기 화합물 (221) (또는 제2 유기 화합물 (222))의 인광 스펙트럼, 인광성 화합물 (223)의 흡수 스펙트럼, 및 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 제시되어 있다.
- [0192] 예를 들어, 발광층 (213)에 있어서, 제1 유기 화합물 (221)의 형광 스펙트럼 및 제2 유기 화합물 (222)의 형광 스펙트럼은 더 장파장측에 위치하는 엑시플렉스의 발광 스펙트럼으로 변환된다. 또한, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼이 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼과 크게 중첩하도록, 제1 유기 화합물 (221)과 제2 유기 화합물 (222)을 선택하면, 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 최대화시킬 수 있다 (도 2의 (B) 참조).
- [0193] 또한 삼중항 여기 상태의 경우에, 호스트 재료가 아니라 엑시플렉스로부터 에너지 이동이 발생하는 것으로 여겨진다는 것에 유의한다.
- [0194] 따라서, 형성된 엑시플렉스의 발광 파장이 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222) 각각의 발광 파장 (형광 파장)보다 길기 때문에, 제1 유기 화합물 (221)의 형광 스펙트럼 또는 제2 유기 화합물 (222)의 형광 스펙트럼은 더 장파장측에 위치하는 발광 스펙트럼이 될 수 있다.
- [0195] 또한, 엑시플렉스는 일중항 여기 에너지와 삼중항 여기 에너지 사이의 차가 극도로 작을 것으로 여겨진다. 바꾸어 말하면, 엑시플렉스의 일중항 상태로부터의 발광 스펙트럼과, 그의 삼중항 상태로부터의 발광 스펙트럼은 매우 서로 근접하게 된다. 따라서, 상기 기재된 바와 같이 엑시플렉스의 발광 스펙트럼 (일반적으로는, 엑시플렉스의 일중항 상태로부터의 발광 스펙트럼)이 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)의 최장파장측에 위치하는 흡수대와 중첩하도록 설계한 경우, 엑시플렉스의 삼중항 상태로부터의 발광 스펙트럼 (상온에서는 관측되지 않고, 저온에서도 관측되지 않을 경우가 많음)도 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)의 최장파장측에 위치하는 흡수대와 중첩하게 된다. 즉, 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동 효율 뿐만 아니라 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동 효율도 높아지고, 결과적으로 발광을 일중항 및 삼중항 여기 상태 양쪽으로부터 효율적으로 얻을 수 있다.
- [0196] 이와 같이, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 발광층 (213)에 형성된 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과, 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 사용함으로써 에너지를 이동시키며, 이에 따라 높은 에너지 이동 효율을 갖는다.
- [0197] 또한, 엑시플렉스는 여기 상태에서만 존재하기 때문에, 에너지를 흡수할 수 있는 기저 상태를 갖지 않는다. 따

라서, 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태의 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로부터 엑시플렉스로의 에너지 이동에 의해 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)이 발광하기 전에 실활하는 (즉, 발광 효율이 낮아지는) 현상은, 원리적으로 발생하지 않을 것으로 여겨진다.

- [0198] 상기 기재된 엑시플렉스는 여기 상태에서의 이중 분자 사이의 상호작용에 의해 형성된다는 것에 유의한다. 엑시플렉스는 비교적 낮은 LUMO 준위를 갖는 재료와, 비교적 높은 최고 점유 분자 궤도 (HOMO) 준위를 갖는 재료 사이에서 형성되기 쉬운 것으로 일반적으로 공지되어 있다.
- [0199] 여기서, 제1 유기 화합물 (221), 제2 유기 화합물 (222) 및 엑시플렉스의 에너지 준위의 개념에 대해, 도 2의 (C)를 참조하여 기재한다. 도 2의 (C)는 제1 유기 화합물 (221), 제2 유기 화합물 (222) 및 엑시플렉스의 에너지 준위를 모식적으로 도시한다는 것에 유의한다.
- [0200] 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)의 HOMO 준위 및 LUMO 준위는 서로 상이하다. 구체적으로는, 제2 유기 화합물 (222)의 HOMO 준위 < 제1 유기 화합물 (221)의 HOMO 준위 < 제2 유기 화합물 (222)의 LUMO 준위 < 제1 유기 화합물 (221)의 LUMO 준위의 순서로 에너지 준위가 상이하다. 이들 2종의 유기 화합물에 의해 엑시플렉스가 형성된 경우, 엑시플렉스의 LUMO 준위 및 HOMO 준위는 각각 제2 유기 화합물 (222) 및 제1 유기 화합물 (221)로부터 유래한다 (도 2의 (C) 참조).
- [0201] 엑시플렉스의 발광 파장은 HOMO 준위와 LUMO 준위 사이의 에너지 차에 의존한다. 일반적인 경향으로서, 에너지 차가 크면 발광 파장이 짧아지고, 에너지 차가 작으면 발광 파장이 길어진다.
- [0202] 따라서, 엑시플렉스의 에너지 차는, 제1 유기 화합물 (221)의 에너지 차 및 제2 유기 화합물 (222)의 에너지 차보다 작다. 즉, 엑시플렉스의 발광 파장은, 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)의 발광 파장보다 길다.
- [0203] 본 발명의 일 실시형태에서의 엑시플렉스 형성 과정은 하기 2가지 과정일 수 있다.
- [0204] 하나의 엑시플렉스 형성 과정은, 엑시플렉스가 캐리어 (양이온 또는 음이온)를 갖는 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)로 형성되는 것이다.
- [0205] 일반적으로는, 전자와 정공이 호스트 재료 중에서 재결합한 경우, 여기 상태의 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 이동하여, 게스트 재료가 여기 상태에 도달하여 발광한다. 호스트 재료로부터 게스트 재료로 여기 에너지가 이동하기 전에, 호스트 재료 자체가 발광하거나 또는 여기 에너지가 열 에너지로 바뀌며, 이는 여기 에너지의 부분 실활을 초래한다.
- [0206] 그러나, 본 발명의 일 실시형태에서는, 엑시플렉스가 캐리어 (양이온 또는 음이온)를 갖는 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)로 형성되며, 이에 따라 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)의 일중항 엑시톤의 형성을 억제할 수 있다. 즉, 일중항 엑시톤을 형성하지 않고 직접 엑시플렉스를 형성하는 과정이 존재할 수 있다. 이에 따라, 상기 일중항 여기 에너지의 실활도 억제할 수 있다. 따라서, 수명이 긴 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0207] 예를 들어, 제1 유기 화합물 (221)이 정공 수송성을 갖는 재료 중에서도 정공 (캐리어)을 포획하기 쉬운 특성을 갖는 (HOMO 준위가 높은) 정공 포획성 화합물이고, 제2 유기 화합물 (222)이 전자 수송성을 갖는 재료 중에서도 전자 (캐리어)를 포획하기 쉬운 특성을 갖는 (LUMO 준위가 낮은) 전자 포획성 화합물인 경우에는, 엑시플렉스가 직접 제1 유기 화합물 (221)의 양이온과 제2 유기 화합물 (222)의 음이온으로 형성된다. 이러한 과정에서 형성되는 엑시플렉스를 특히 일렉트로플렉스(electroplex)로 지칭한다.
- [0208] 상기 기재된 방식으로 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)의 일중항 여기 상태의 생성을 억제하고, 일렉트로플렉스로부터 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로 에너지를 이동시킴으로써, 발광 효율이 높은 발광 소자가 얻어질 수 있다. 이 경우, 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222)의 삼중항 여기 상태의 생성도 마찬가지로 억제되고, 엑시플렉스가 직접 형성되기 때문에, 에너지 이동은 엑시플렉스로부터 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로 발생할 것으로 여겨진다는 것에 유의한다.
- [0209] 다른 엑시플렉스 형성 과정은, 제1 유기 화합물 (221) 또는 제2 유기 화합물 (222) 중 한쪽이 일중항 엑시톤을 형성한 후, 기저 상태의 다른 쪽과 상호작용하여 엑시플렉스를 형성하는 근본 과정이다. 일렉트로플렉스와는 상이하게, 이 경우에는 제1 유기 화합물 (221) 또는 제2 유기 화합물 (222)의 일중항 여기 상태가 일단 생성되지만, 이는 빠르게 엑시플렉스로 변환되기 때문에, 일중항 여기 에너지의 실활, 일중항 여기 상태에서부터의 반응 등을 억제할 수 있다. 이에 의해 제1 유기 화합물 (221) 또는 제2 유기 화합물 (222)이 여기 에너지를 실활하

는 것을 억제할 수 있으며, 이에 따라 수명이 긴 발광 소자를 실현할 수 있다. 이 경우, 제1 유기 화합물 (221) 또는 제2 유기 화합물 (222)의 삼중항 여기 상태도 마찬가지로 빠르게 엑시플렉스로 변환되어, 엑시플렉스로부터 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로 에너지가 이동할 것으로 여겨진다는 것에 유의한다.

- [0210] 제1 유기 화합물 (221)이 정공 포획성 화합물이고, 제2 유기 화합물 (222)이 전자 포획성 화합물이며, 이들 화합물의 HOMO 준위 사이의 차 및 LUMO 준위 사이의 차이가 큰 (구체적으로는 0.3 eV 이상인) 경우, 정공은 선택적으로 제1 유기 화합물 (221)에 주입되고, 전자는 선택적으로 제2 유기 화합물 (222)에 주입된다는 것에 유의한다. 이 경우, 일중항 엑시톤을 통해 엑시플렉스가 형성되는 과정에 비해, 일렉트로플렉스가 형성되는 과정쪽이 우선될 것으로 생각된다.
- [0211] 일반적으로는, 호스트 재료의 일중항 여기 상태 또는 삼중항 여기 상태로부터 인광성 화합물로의 에너지 이동이 고려되고 있다. 한편, 본 발명의 일 실시형태에서는, 호스트 재료와 다른 재료의 엑시플렉스를 먼저 형성시키고, 그 엑시플렉스로부터의 에너지 이동을 사용한다는 점에서 종래 기술과 크게 상이하다. 또한, 이 차이점은 예상외로 높은 발광 효율을 제공한다.
- [0212] 일반적으로, 엑시플렉스를 발광 소자의 발광층에 사용하면, 발광색을 제어할 수 있는 등의 이용가치는 있지만, 발광 효율이 크게 저하되는 것이 통상적이라는 것에 유의한다. 따라서, 엑시플렉스를 사용하는 것은, 고효율 발광 소자를 얻기 위해서는 적합하지 않은 것으로 여겨졌다. 그러나, 본 발명의 일 실시형태에서 제시된 바와 같이, 엑시플렉스를 에너지 이동의 매체로서 사용하는 것은, 반대로 발광 효율을 최대화하는 것을 가능하게 한다. 이러한 기술 사상은 종래의 고정 개념과는 상반된다.
- [0213] 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼을 충분히 서로 중첩하도록 하기 위해서는, 발광 스펙트럼의 피크 에너지와, 흡수 스펙트럼에서의 최저 에너지측의 흡수대의 피크 에너지 사이의 차이가 0.3 eV 이내인 것이 바람직하다. 상기 차는 보다 바람직하게는 0.2 eV 이내, 보다 더 바람직하게는 0.1 eV 이내이다.
- [0214] 또한, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 있어서, 엑시플렉스의 여기 에너지는 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로 충분히 이동하고, 엑시플렉스로부터의 발광은 실질적으로 관찰되지 않는 것이 바람직하다. 따라서, 엑시플렉스를 통해 인광성 화합물 (223) (게스트 재료)로 에너지를 이동시켜, 인광성 화합물 (223)이 인광을 방출하는 것이 바람직하다.
- [0215] 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 있어서 호스트 재료로서 인광성 화합물을 사용하면, 호스트 재료 자체가 발광하기 쉬워져, 에너지가 게스트 재료로 이동하기 어려워진다. 이 경우, 상기 호스트 재료로서 사용한 인광성 화합물이 효율적으로 발광할 수 있는 경우가 유리하지만, 호스트 재료가 농도 소광의 문제를 초래하기 때문에 높은 발광 효율을 달성하기 곤란하다. 따라서, 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222) 중 적어도 한쪽이 형광성 화합물 (즉, 일중항 여기 상태로부터 발광 또는 열 실활이 일어나기 쉬운 화합물)인 경우가 유효해진다. 따라서, 제1 유기 화합물 (221) 및 제2 유기 화합물 (222) 중 적어도 한쪽이 형광성 화합물인 것이 바람직하다.
- [0216] 본 실시형태에 기재된 발광 소자에서는, 엑시플렉스의 발광 스펙트럼과 인광성 화합물 (게스트 재료)의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 이용한 에너지 이동에 의해 에너지 이동 효율을 개선할 수 있으며, 이에 따라 발광 효율이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0217] 본 실시형태에 기재된 구조는 다른 실시형태에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있다는 것에 유의한다.
- [0218] (실시형태 3)
- [0219] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치에 대해 도 3의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재할 것이다. 도 3의 (A)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치의 평면도이고, 도 3의 (B)는 도 3의 (A)에서의 일점쇄선 A-B를 따라 절단한 단면도이다.
- [0220] 본 실시형태의 발광 장치에서는, 지지 기판 (401), 밀봉 기판 (405) 및 밀봉재 (407)에 의해 둘러싸인 공간 (415) 내에, 발광 소자 (403) (제1 전극 (421), EL 층 (423) 및 제2 전극 (425))가 제공된다. 발광 소자 (403)는 배면 발광 구조를 가지며, 구체적으로는 가시광을 투과하는 제1 전극 (421)이 지지 기판 (401) 위에 제공되고, EL 층 (423)이 제1 전극 (421) 위에 제공되고, 가시광을 반사하는 제2 전극 (425)이 EL 층 (423) 위에 제공된다.
- [0221] 본 실시형태의 발광 소자 (403)로서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자가 사용된다. 본 발명의 일 실시형

태의 발광 소자는 수명이 길기 때문, 신뢰성이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내기 때문에, 발광 효율이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다.

- [0222] 제1 단자 (409a)는 보조 배선 (417) 및 제1 전극 (421)과 전기적으로 접속한다. 절연층 (419)은 제1 전극 (421) 위에 보조 배선 (417)과 중첩하는 영역에 제공된다. 제1 단자 (409a)는 절연층 (419)에 의해 제2 전극 (425)과 전기적으로 절연되어 있다. 제2 단자 (409b)는 제2 전극 (425)과 전기적으로 접속한다. 본 실시형태에서는, 보조 배선 (417) 위에 제1 전극 (421)이 형성되어 있지만, 제1 전극 (421) 위에 보조 배선 (417)을 형성할 수도 있다는 것에 유의한다.
- [0223] 유기 EL 소자는 굴절률이 대기의 굴절률보다 보다 높은 영역에서 발광하기 때문에, 광을 대기로 취출할 때에 유기 EL 소자 내에서 또는 유기 EL 소자와 대기 사이의 계면에서 전반사가 발생할 수 있으며, 이는 100%보다 낮은 유기 EL 소자의 광 취출 효율을 초래한다.
- [0224] 따라서, 지지 기판 (401)과 대기 사이의 계면에 광 취출 구조 (411a)가 제공되는 것이 바람직하다. 지지 기판 (401)의 굴절률은 대기의 굴절률보다 크다. 따라서, 대기와 지지 기판 (401) 사이의 계면에 제공되는 경우, 광 취출 구조 (411a)는 전반사로 인해 대기로 취출될 수 없는 광을 저감시켜, 발광 장치의 광 취출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0225] 또한, 발광 소자 (403)와 지지 기판 (401) 사이의 계면에 광 취출 구조 (411b)가 제공되는 것이 바람직하다.
- [0226] 그러나, 제1 전극 (421)의 요철은 제1 전극 (421) 위에 형성된 EL 층 (423)에서 누설 전류의 생성을 초래할 수 있다. 따라서, 본 실시형태에서는, EL 층 (423)의 굴절률 이상의 굴절률을 갖는 평탄화층 (413)이, 광 취출 구조 (411b)와 접하여 제공된다. 이에 의해, 제1 전극 (421)을 평탄한 막으로 할 수 있으며, EL 층 (423)에 있어서의 제1 전극 (421)의 요철로 인한 누설 전류의 생성을 억제할 수 있다. 또한, 평탄화층 (413)과 지지 기판 (401) 사이의 계면에서의 광 취출 구조 (411b) 때문에, 전반사로 인해 대기로 취출될 수 없는 광을 저감할 수 있어, 발광 장치의 광 취출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0227] 본 발명은, 도 3의 (B)에서와 같이 지지 기판 (401), 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)가 다른 구성 요소인 구조로 한정되지는 않는다. 이들 중 2개 또는 모두가 하나의 구성요소로 형성될 수도 있다. 또한, 예를 들어 광 취출 구조 (411b)가 제1 전극 (421)이 표면 요철을 갖도록 유발하지 않는 경우 (예를 들어, 광 취출 구조 (411b)가 표면 요철을 갖지 않는 경우), 평탄화층 (413)이 반드시 제공될 필요는 없다.
- [0228] 본 발명은 발광 장치가 도 3의 (A)에 도시된 바와 같은 팔각형인 구조로 한정되지는 않는다. 발광 장치는 임의의 다른 다각형 형상 또는 곡선부를 갖는 형상을 가질 수도 있다. 특히, 한정된 면적에 복수의 발광 장치가 간극 없이 제공될 수 있도록 또는 한정된 기판 면적을 효율적으로 이용하여 발광 장치가 형성될 수 있도록, 발광 장치는 삼각형, 사각형 또는 정육각형 등의 형상을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 발광 장치에 포함되는 발광 소자의 개수는 1개로 한정되지는 않으며, 1개 초과일 수 있다.
- [0229] 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)의 요철의 형상이 반드시 규칙성을 가질 필요는 없다. 요철의 형상에 주기성이 있으면, 요철의 크기에 따라서는 요철이 회절 격자로서 작용하여, 간섭 효과가 강해지고, 특정 파장의 광이 대기로 취출되기 용이해진다. 따라서, 요철의 형상은 주기성을 갖지 않는 것이 바람직하다.
- [0230] 요철의 저면 형상은 특별히 한정되지는 않으며, 예를 들어 형상은 삼각형 또는 사각형 등의 다각형, 원형 등일 수 있다. 요철의 저면 형상이 규칙성을 갖는 경우는, 요철의 인접부 사이에 간극이 형성되지 않도록 요철이 제공되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 바람직한 저면 형상의 예로서 정육각형을 들 수 있다.
- [0231] 요철의 형상은 특별히 한정되지는 않으며, 예를 들어 반구, 또는 원추, 각뿔 (예를 들어, 삼각추 또는 사각추) 또는 우산 형상 등의 정점을 갖는 형상으로 할 수 있다.
- [0232] 요철의 크기 또는 높이는 특히, 1 μm 이상이며, 이러한 경우 광의 간섭에 의한 영향을 억제할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0233] 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)는 지지 기판 (401) 위에 직접 제작할 수 있다. 예를 들어, 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)는 하기 방법: 에칭법, 샌드 블라스팅법, 마이크로블라스트 가공법, 프 로스트 가공법, 액적 토출법, 인쇄법 (패턴을 형성하는 스크린 인쇄 또는 오프셋 인쇄), 스핀 코팅법 등의 도포 법, 디핑법, 디스펜서법, 임프린트법, 나노임프린트법 등 중 임의의 것을 사용하여 적절히 형성될 수 있다.

- [0234] 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)의 재료로서는, 예를 들어 수지를 사용할 수 있다. 대안적으로, 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)로서, 반구 렌즈, 마이크로 렌즈 어레이, 요철 표면 구조가 제공된 필름, 광 확산 필름 등을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 지지 기판 (401)에 상기 렌즈 또는 필름을, 지지 기판 (401) 또는 상기 렌즈 또는 필름과 실질적으로 동일한 굴절률을 갖는 접착제 등을 사용하여 접착함으로써, 광 취출 구조 (411a) 및 광 취출 구조 (411b)를 형성할 수 있다.
- [0235] 제1 전극 (421)과 접하는 평탄화층 (413)의 표면은 광 취출 구조 (411b)와 접하는 평탄화층 (413)의 표면보다 평탄하다. 따라서, 제1 전극 (421)을 평탄한 막으로 할 수 있다. 그 결과, 제1 전극 (421)의 요철로 인한 EL 층 (423)의 누설 전류의 생성을 억제할 수 있다. 평탄화층 (413)의 재료로서는, 고굴절률의 유리, 수지 등을 사용할 수 있다. 평탄화층 (413)은 투광성을 갖는다.
- [0236] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0237] (실시형태 4)
- [0238] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치에 대해 도 4의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재할 것이다. 도 4의 (A)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치의 평면도이며, 도 4의 (B)는 도 4의 (A)에서의 일점쇄선 C-D를 따라 절단한 단면도이다.
- [0239] 본 실시형태의 액티브 매트릭스형 발광 장치는, 지지 기판 (501) 위에, 발광부 (551), 구동 회로부 (552) (게이트측 구동 회로부), 구동 회로부 (553) (소스측 구동 회로부) 및 밀봉재 (507)를 포함한다. 발광부 (551) 및 구동 회로부 (552 및 553)는, 지지 기판 (501), 밀봉 기판 (505) 및 밀봉재 (507)에 의해 둘러싸인 공간 (515)에서 밀봉되어 있다.
- [0240] 도 4의 (B)에 도시된 발광부 (551)는, 각각이 스위칭 트랜지스터 (541a)와, 전류 제어 트랜지스터 (541b)와, 트랜지스터 (541b)의 배선 (소스 전극 또는 드레인 전극)에 전기적으로 접속된 제2 전극 (525)을 포함하는 것인 복수의 발광 유닛을 포함한다.
- [0241] 발광 소자 (503)는 전면 발광 구조이며, 가시광을 투과하는 제1 전극 (521)과, EL 층 (523)과, 가시광을 반사하는 제2 전극 (525)을 포함한다. 또한, 제2 전극 (525)의 단부를 피복하도록 격벽 (519)이 형성되어 있다.
- [0242] 본 실시형태의 발광 소자 (503)로서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자가 사용된다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 수명이 길기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자는 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내기 때문에, 발광 효율이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다.
- [0243] 지지 기판 (501) 위에는, 외부로부터의 신호 (예를 들어, 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호 또는 리셋 신호) 또는 전위를 구동 회로부 (552 또는 553)로 발신하는 외부 입력 단자를 접속하기 위한 인출 배선 (517)이 제공된다. 여기서, 외부 입력 단자로서 가요성 인쇄 회로 (FPC) (509)가 제공된 예를 기재한다. FPC (509)에는 인쇄 배선 기판 (PWB)이 접착될 수도 있다는 것에 유의한다. 본 명세서에 있어서, 발광 장치는 발광 장치 본체, 및 FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 그의 범주 내에 포함한다.
- [0244] 구동 회로부 (552 및 553)는 트랜지스터를 복수 포함한다. 도 4의 (B)에서는 구동 회로부 (552)가, n-채널형 트랜지스터 (542)와 p-채널형 트랜지스터 (543)의 조합인 CMOS 회로를 갖는 일례를 도시한다. 구동 회로부에 포함된 회로는, 다양한 유형의 회로, 예컨대 CMOS 회로, PMOS 회로 또는 NMOS 회로로 형성할 수 있다. 또한, 본 발명은 본 실시형태에 기재된, 발광부가 형성된 기판 위에 구동 회로가 형성되어 있는 드라이버 일체형으로 한정되지는 않는다. 발광부가 형성된 기판과는 다른 기판인 기판 위에 구동 회로를 형성할 수도 있다.
- [0245] 제작 수순의 개수의 증가를 방지하기 위해, 인출 배선 (517)은 발광부 및 구동 회로부에서의 전극 또는 배선의 물질 및 수순(들)과 동일한 재료 및 동일한 수순(들)을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다.
- [0246] 본 실시형태에서는, 인출 배선 (517)을, 발광부 (551) 및 구동 회로부 (552)에 포함된 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극의 재료 및 수순(들)과 동일한 재료 및 동일한 수순(들)을 사용하여 형성된 예를 기재한다.
- [0247] 도 4의 (B)에 있어서, 밀봉재 (507)는 인출 배선 (517) 위의 제1 절연층 (511)과 접한다. 밀봉재 (507)는 일부 경우에 금속과의 밀착성이 낮다. 따라서, 밀봉재 (507)는 인출 배선 (517) 위의 무기 절연막과 접하는 것이 바람직하다. 이러한 구조로 함으로써, 밀봉성이 높고 밀착성이 높고 신뢰성이 높은 발광 장치를 실현할 수 있다. 무기 절연막의 예로서는, 금속 및 반도체의 산화물 막, 금속 및 반도체의 질화물 막, 금속 및 반도체의 산화질

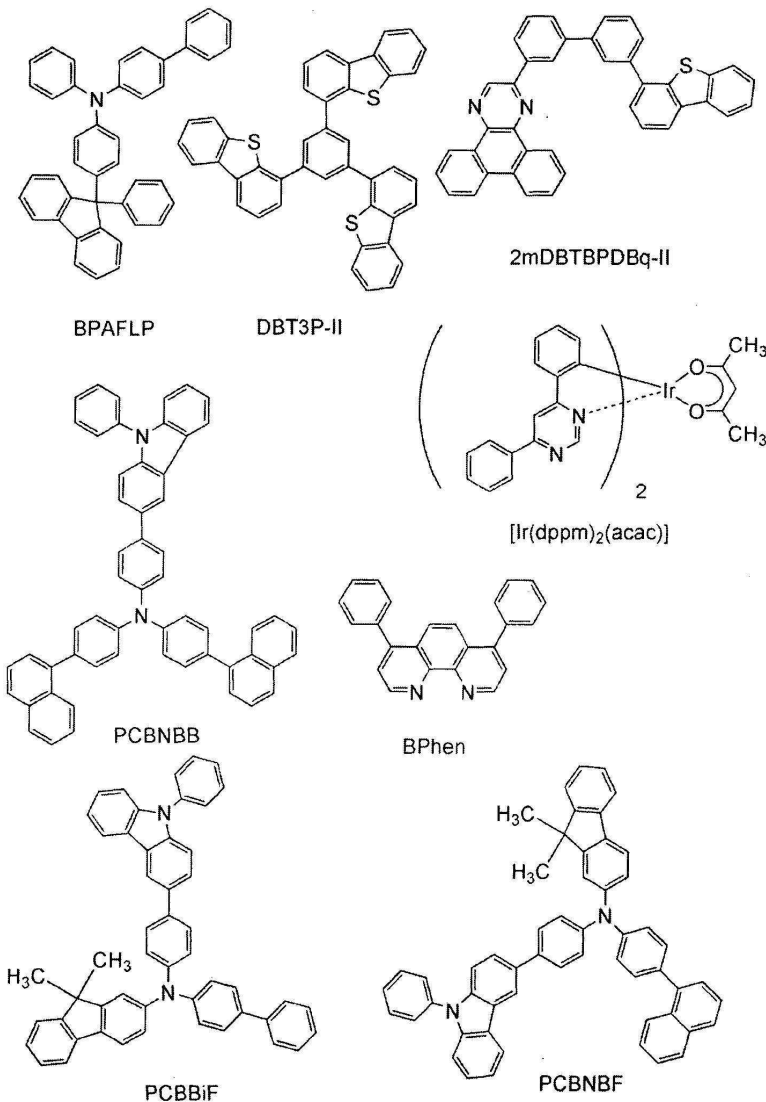
화물 막을 들 수 있고, 구체적으로는 산화실리콘막, 질화실리콘막, 산화질화실리콘막, 질화산화실리콘막, 산화 알루미늄막, 산화티타늄막 등을 들 수 있다.

- [0248] 제1 절연층 (511)은 트랜지스터에 포함된 반도체로의 불순물의 확산을 억제하는 효과를 발휘한다. 제2 절연층 (513)으로서, 트랜지스터로 인한 표면 요철을 저감하기 위해 평탄화 기능을 갖는 절연막을 선택하는 것이 바람직하다.
- [0249] 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치에 사용하는 트랜지스터의 구조는 특별히 한정되지는 않는다. 상부 게이트형 트랜지스터를 사용할 수 있거나, 또는 역 스테이지형 트랜지스터와 같은 저부 게이트형 트랜지스터를 사용할 수 있다. 트랜지스터는 채널 에칭형 트랜지스터 또는 채널 보호형 트랜지스터일 수 있다. 또한, 트랜지스터에 사용하는 재료에 대해서도 특별히 한정되지는 않는다.
- [0250] 반도체층은 실리콘 또는 산화물 반도체를 사용하여 형성할 수 있다. 실리콘으로서는, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘 등을 적절히 사용할 수 있다. 산화물 반도체로서는, In-Ga-Zn계 금속 산화물 등을 적절히 사용할 수 있다. 반도체층에 대해 In-Ga-Zn계 금속 산화물인 산화물 반도체를 사용하여 오프 전류가 낮도록 트랜지스터를 형성하며, 이 경우 발광 소자의 오프 누설 전류가 억제될 수 있기 때문에 바람직하다는 것에 유의한다.
- [0251] 밀봉 기관 (505)에는 발광 소자 (503) (그의 발광 영역)와 중첩하는 착색층인 컬러 필터 (533)가 제공되어 있다. 컬러 필터 (533)는 발광 소자 (503)로부터의 발광색을 제어하기 위해 제공된다. 예를 들어, 백색 발광 소자를 사용한 풀컬러 표시 장치에서, 상이한 색의 컬러 필터가 제공된 복수의 발광 유닛을 사용한다. 그 경우, 적색 (R), 녹색 (G) 및 청색 (B)인 3색을 사용할 수 있거나, 또는 적색 (R), 녹색 (G), 청색 (B) 및 황색 (Y)인 4색을 사용할 수도 있다.
- [0252] 또한, 블랙 매트릭스 (531)가 인접하는 컬러 필터 (533)의 사이에 (격벽 (519)과 중첩하도록) 제공된다. 블랙 매트릭스 (531)는 인접하는 발광 유닛의 발광 소자 (503)로부터의 방출 광으로부터 발광 유닛을 차광하고, 인접하는 발광 유닛 사이에서의 혼색을 억제한다. 여기서, 컬러 필터 (533)는 그의 단부가 블랙 매트릭스 (531)와 중첩하도록 제공되어, 광 누설을 억제할 수 있다. 블랙 매트릭스 (531)는, 발광 소자 (503)로부터의 방출 광을 차단하는 재료, 예를 들어 금속 또는 수지 등의 재료를 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 블랙 매트릭스 (531)는 또한 발광부 (551) 이외의 구동 회로부 (552) 등과 중첩하는 영역에 제공될 수 있다.
- [0253] 또한, 컬러 필터 (533) 및 블랙 매트릭스 (531)를 피복하는 오버코트층 (535)이 형성되어 있다. 오버코트층 (535)을 위해, 발광 소자 (503)로부터 방출된 광을 투과하는 재료를 사용하며, 예를 들어 무기 절연막 또는 유기 절연막을 사용할 수 있다. 오버코트층 (535)은 불필요하면 반드시 제공될 필요는 없다.
- [0254] 본 발명의 구조는 본 실시형태에서 예로서 기재된 컬러 필터 방법을 사용한 발광 장치로 한정되지는 않는다. 예를 들어, 구분 도포 방법 또는 색 변환 방법을 사용할 수도 있다.
- [0255] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0256] (실시형태 5)
- [0257] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 실시형태를 발광 장치를 적용한 전자 장치 및 조명 장치의 예에 대해 도 5의 (A) 내지 (E) 및 도 6의 (A) 및 (B)를 참조하여 기재할 것이다.
- [0258] 본 실시형태의 전자 장치는 각각 표시부에 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 포함한다. 본 실시형태의 조명 장치는 각각 발광부 (조명부)에 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 포함한다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 신뢰성이 높은 전자 장치 및 신뢰성이 높은 조명 장치가 제공될 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 적용함으로써, 발광 효율이 높은 전자 장치 및 조명 장치가 제공될 수 있다.
- [0259] 발광 장치를 적용한 전자 장치의 예로서, 텔레비전 장치 (TV 또는 텔레비전 수신기로도 지칭함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화 (휴대형 전화 장치로도 지칭함), 휴대형 게임기, 휴대형 정보 단말기, 음향 재생 장치, 핀-볼기 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다. 이들 전자 장치 및 조명 장치의 구체예를 도 5의 (A) 내지 (E) 및 도 6의 (A) 및 (B)에 도시한다.
- [0260] 도 5의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 도시한다. 텔레비전 장치 (7100)는 하우징 (7101)에 표시부 (7102)가 내장되어 있다. 표시부 (7102)는 영상을 표시하는 것이 가능하다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치는 표시부 (7102)에 사용할 수 있다. 또한, 여기서, 하우징 (7101)은 스탠드 (7103)에 의해 지지되어 있다.
- [0261] 텔레비전 장치 (7100)는 하우징 (7101)에 제공된 동작 스위치 또는 별도의 리모콘 제어기 (7111)에 의해 동작할

수 있다. 리모콘 제어기 (7111)가 구비하는 동작 키에 의해, 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부 (7102)에 표시되는 영상을 제어할 수 있다. 리모콘 제어기 (7111)에는 리모콘 제어기 (7111)로부터 출력된 데이터를 표시하는 표시부가 제공될 수도 있다.

- [0262] 텔레비전 장치 (7100)에는 수신기, 모뎀 등이 제공된다는 것에 유의한다. 수신기의 사용에 의해, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 텔레비전 장치가 모뎀을 통해 유선 또는 무선으로 통신 네트워크에 접속된 경우, 일방향 (송신자로부터 수신자로) 또는 쌍방향 (송신자와 수신자 사이, 또는 수신자 사이)의 정보 통신을 행하는 것도 가능하다.
- [0263] 도 5의 (B)는 컴퓨터의 일례를 도시한다. 컴퓨터 (7200)는 본체 (7201), 하우징 (7202), 표시부 (7203), 키보드 (7204), 외부 접속 포트 (7205), 포인팅 장치 (7206) 등을 포함한다. 이러한 컴퓨터는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 표시부 (7203)에 사용함으로써 제작된다는 것에 유의한다.
- [0264] 도 5의 (C)는 휴대형 게임기의 일례를 도시한다. 휴대형 게임기 (7300)는 하우징 (7301a) 및 하우징 (7301b)인 2개의 하우징을 가지며, 이들은 휴대형 게임기를 개폐할 수 있도록 연결부 (7302)를 사용하여 연결되어 있다. 하우징 (7301a)에는 표시부 (7303a)가 내장되고, 하우징 (7301b)에는 표시부 (7303b)가 내장되어 있다. 또한, 도 5의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 스피커부 (7304), 기록 매체 삽입부 (7305), 동작 키 (7306), 접속 단자 (7307), 센서 (7308) (힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새 또는 적외선을 측정 또는 감지하는 기능을 갖는 센서), LED 램프, 마이크로폰 등을 포함한다. 물론, 휴대형 게임기의 구조는 상기 구조로 한정되지는 않으며, 단 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치는 적어도 표시부 (7303a) 또는 표시부 (7303b)의 한쪽 또는 이들 양쪽에 사용되고, 기타 부속설비를 적절히 포함할 수 있다. 도 5의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 기록 매체에 축적된 프로그램 또는 데이터를 판독하여 표시부에 표시하는 기능, 및 다른 휴대형 게임기와 무선 통신에 의해 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 도 5의 (C)에 도시된 휴대형 게임기의 기능은 이들로 한정되지는 않으며, 휴대형 게임기는 각종 기능을 가질 수 있다는 것에 유의한다.
- [0265] 도 5의 (D)는 휴대 전화의 일례를 도시한다. 휴대 전화 (7400)에는 하우징 (7401)에 내장된 표시부 (7402), 동작 버튼 (7403), 외부 접속 포트 (7404), 스피커 (7405), 마이크로폰 (7406) 등이 제공된다. 휴대 전화 (7400)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 표시부 (7402)에 사용함으로써 제작된다는 것에 유의한다.
- [0266] 도 5의 (D)에 도시된 휴대 전화 (7400)의 표시부 (7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 데이터를 휴대 전화에 입력할 수 있다. 또한, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 등의 동작은, 표시부 (7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 행할 수 있다.
- [0267] 주로 3개의 표시부 (7402)의 화면 모드가 존재한다. 제1 모드는 주로 화상의 표시를 주로 하는 표시 모드이다. 제2 모드는 문자 등의 정보의 입력을 주로 하는 입력 모드이다. 제3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2개의 모드가 혼합된 표시-및-입력 모드이다.
- [0268] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 메일을 작성하는 경우는, 표시부 (7402)에 대해 문자의 입력을 주로 하는 문자 입력 모드를 선택하여, 화면 위에 표시된 문자를 입력할 수 있다.
- [0269] 휴대 전화 (7400) 내부에 자이로스코프 센서 또는 가속도 센서 등의 기울기를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치가 제공되는 경우, 휴대 전화 (7400)의 방향 (휴대 전화 (7400)가 세로 모드 또는 가로 모드에 대해 수평으로 또는 수직으로 놓여 있는지)을 판단함으로써 표시부 (7402)의 화면 위의 표시를 자동으로 전환할 수 있다.
- [0270] 화면 모드는 표시부 (7402) 위의 터치, 또는 하우징 (7401)의 동작 버튼 (7403)의 동작으로 전환된다. 화면 모드는 표시부 (7402) 위에 표시되는 화상의 종류에 따라 스위칭될 수도 있다. 예를 들어, 표시부 위에 표시되는 화상의 신호가 동화상 데이터의 신호인 경우, 화면 모드는 표시 모드로 스위칭된다. 신호가 텍스트 데이터의 신호인 경우, 화면 모드는 입력 모드로 스위칭된다.
- [0271] 또한, 입력 모드에서, 표시부 (7402)에서 광 센서에 의해 검출되는 신호가 검출되고, 표시부 (7402) 위의 터치에 의한 입력이 일정 기간 수행되지 않는 경우에는, 화면 모드는 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 제어될 수 있다.
- [0272] 표시부 (7402)는 이미지 센서로서 기능할 수도 있다. 예를 들어, 손바닥 또는 손가락으로 터치하면서 장문, 지문 등의 화상을 표시부 (7402)에 의해 촬영하여, 본인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 근적외광을 방출하는 백라이트 또는 감지 광원이 표시부에 제공되는 경우, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등의 화상을 촬영할 수 있다.

- [0273] 도 5의 (E)는 절첩가능한 태블릿형 단말 (개방한 상태)의 일례를 도시한다. 태블릿형 단말 (7500)은 하우징 (7501a), 하우징 (7501b), 표시부 (7502a) 및 표시부 (7502b)를 포함한다. 하우징 (7501a)과 하우징 (7501b)은 축부 (7503)에 의해 접속되고, 축부 (7503)를 축으로서 개폐될 수 있다. 하우징 (7501a)은 전원 스위치 (7504), 동작 키 (7505), 스피커 (7506) 등을 포함한다. 태블릿형 단말 (7500)은 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 표시부 (7502a) 또는 표시부 (7502b)의 한쪽 또는 이들 양쪽에 사용함으로써 제작된다는 것에 유의한다.
- [0274] 표시부 (7502a) 또는 표시부 (7502b)의 일부를 표시된 동작 키를 터치함으로써 데이터가 입력될 수 있는 터치 패널 영역으로서 사용할 수 있다. 예를 들어, 키보드를 표시부 (7502a)의 전체 영역 위에 표시하여 표시부 (7502a)를 터치 화면으로서 사용할 수 있고, 표시부 (7502b)를 표시 화면으로서 사용할 수 있다.
- [0275] 도 6의 (A)는 탁상 램프를 도시하며, 이는 조명부 (7601), 셰이드 (7602), 조정가능한 아암 (7603), 지주 (7604), 대 (7605) 및 전원 스위치 (7606)를 포함한다. 탁상 램프는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 조명부 (7601)에 사용함으로써 제작된다. 조명 기구는 또한 천장고정형 조명, 벽걸이형 조명 등을 그의 범주 내에 포함한다는 것에 유의한다.
- [0276] 도 6의 (B)는 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치를 실내 램프 (7701)에 사용한 예를 도시한다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 장치는 보다 큰 면적을 가질 수 있기 때문에, 이를 대면적 조명 장치로서 사용할 수 있다. 또한, 발광 장치는 플렉서블 램프 (7702)로서 사용할 수도 있다. 도 6의 (B)에 도시한 바와 같이, 도 6의 (A)를 참조하여 기재한 탁상 램프 (7703)를 실내 램프 (7701)가 제공된 방에서 사용할 수도 있다.
- [0277] [실시예 1]
- [0278] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식을 하기에 제시한다.



[0279]

[0280] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 제작 방법을 기재할 것이다.

[0281] (발광 소자 1)

[0282] 먼저, 유리 기판 (1100) 위에 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물 (ITSO)을 스퍼터링법에 의해 성막하여, 제 1 전극 (1101)을 형성하였다. 그의 두께는 110 nm로 하고, 전극 면적은 2 mm x 2 mm로 하였다. 여기서, 제1 전극 (1101)은 발광 소자의 양극으로서 기능한다.

[0283] 이어서, 유리 기판 (1100) 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세정하고, 200°C에서 1시간 소성한 후, UV-오존 처리를 370초 행하였다.

[0284] 그 후, 압력이 대략 10⁻⁴ Pa까지 감소된 진공 증착 장치에 유리 기판 (1100)을 도입하고, 진공 증착 장치의 가열 실 내에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 행한 후, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0285] 이어서, 제1 전극 (1101)이 형성되어 있는 면이 하방을 향하도록, 제1 전극 (1101)이 형성된 유리 기판 (1100)을 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 고정하였다. 진공 증착 장치 내의 압력을 약 10⁻⁴ Pa까지 감소시켰다. 그 후, 제1 전극 (1101) 위에, 저항 가열을 사용한 증착법에 의해 4,4',4''-(1,3,5-벤젠트리일)트리(디벤조티오펜) (약칭: DBT3P-II)과 산화몰리브덴(VI)을 공증착하여 침착시킴으로써 정공 주입층 (1111)을 형성하였다. 정공 주입층 (1111)의 두께는 40 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브덴의 증량비는 4:2 (= DBT3P-II : 산화몰리브덴)이도록 조절하였다. 공증착법은 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법을 지칭한다는 것에 유의한다.

[0286] 이어서, 정공 주입층 (1111) 위에 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)의 막을 20 nm

의 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층 (1112)을 형성하였다.

[0287] 또한, 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약칭: 2mDBTBPDBq-II), 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 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(dppm)₂(acac)])을 공증착함으로써 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비는 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조절하였다. 발광층 (1113)의 두께는 40 nm로 설정하였다.

[0288] 이어서, 발광층 (1113) 위에, 2mDBTBPDBq-II의 15 nm 두께 막을 성막하고, 바토페난트롤린 (약칭: BPhen)의 15 nm 두께 막을 성막함으로써 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.

[0289] 그 후, 전자 수송층 (1114) 위에 불화리튬 (LiF)의 막을 1 nm의 두께로 증착에 의해 성막하여 전자 주입층 (1115)을 형성하였다.

[0290] 최후에, 알루미늄을 200 nm의 두께가 되도록 증착에 의해 침착시켜, 음극으로서 기능하는 제2 전극 (1103)을 형성하였다. 이에 따라, 본 실시예의 발광 소자 1을 제작하였다.

[0291] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항 가열법에 의해 행하였다는 것에 유의한다.

[0292] (비교 발광 소자 2)

[0293] 비교 발광 소자 2의 발광층 (1113)은 2mDBTBPDBq-II, 4,4'-디(1-나프틸)-4"-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약칭: PCBNBB) 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착함으로써 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBNBB 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비는 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBNBB : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조절하였다. 발광층 (1113)의 두께는 40 nm로 설정하였다. 발광층 (1113) 이외의 구성요소는 발광 소자 1의 방식과 유사한 방식으로 제작하였다.

[0294] (비교 발광 소자 3)

[0295] 비교 발광 소자 3의 발광층 (1113)은 2mDBTBPDBq-II, N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9-디메틸-N-[4-(1-나프틸)페닐]-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBNBF) 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착함으로써 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBNBF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비는 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBNBF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조절하였다. 발광층 (1113)의 두께는 40 nm로 설정하였다. 발광층 (1113) 이외의 구성요소는 발광 소자 1의 방식과 유사한 방식으로 제작하였다.

[0296] 하기 표 1은 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0297] <표 1>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층	제2 전극
발광 소자 1				2mDBTBPDBq-II:PCBBiF :[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.8:0.2:0.05) 40nm				
비교 발광 소자 2	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	2mDBTBPDBq-II:PCBNBB :[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.8:0.2:0.05) 40nm	2mDBT BPDBq-II 15nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자 3				2mDBTBPDBq-II:PCBNBF :[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.8:0.2:0.05) 40nm				

[0298]

[0299] 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3을, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이들 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0300] 도 8은 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 8에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 9는 전압-휘도 특성을 제시한다. 도 9에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축

은 휘도 (cd/m^2)를 나타낸다. 도 10은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 10에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m^2)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 하기 표 2는 1000 cd/m^2 부근의 휘도에서의 각 발광 소자의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm^2), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0301] <표 2>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x y		휘도 (cd/m^2)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 1	3.0	1.7	0.55	0.45	1200	67	70	26
비교 발광소자 2	3.0	1.4	0.55	0.44	900	63	66	25
비교 발광소자 3	3.0	1.5	0.55	0.45	1000	66	69	25

[0302]

[0303] 표 2에 제시된 바와 같이, 1200 cd/m^2 의 휘도에서의 발광 소자 1의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.55, 0.45)였다. 900 cd/m^2 의 휘도에서의 비교 발광 소자 2의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.55, 0.44)였다. 1000 cd/m^2 의 휘도에서의 비교 발광 소자 3의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.55, 0.45)였다. 본 실시예의 발광 소자로부터, $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$ 에서 유래하는 주황색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0304] 도 8 내지 10 및 표 2는, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3이 각각 낮은 전압에서 구동되고, 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다는 것을 제시한다.

[0305] 또한, 발광 소자 1에서는, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3에서보다도 고휘도 영역에서의 전류 효율 및 외부 양자 효율이 높은 것을 알았다 (도 8 또는 도 10의 1000 cd/m^2 내지 10000 cd/m^2 의 휘도에서의 전류 효율 또는 외부 양자 효율 참조). 발광 소자 1에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 플루오레닐 기 및 비페닐 기를 갖는 PCBBiF를 함유한다. 비교 발광 소자 2에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기 및 2개의 나프틸 기를 갖는 PCBNBB를 함유한다. 비교 발광 소자 3에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 플루오레닐 기 및 나프틸 기를 갖는 PCBNBF를 함유한다. 즉, 발광 소자 1과, 비교 발광 소자 2 또는 3 사이의 큰 차이는, 발광층 내의 3급 아민이 나프틸 기를 갖는지의 여부이다. 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 1에 사용한 3급 아민은 비페닐아민 골격 및 플루오레닐아민 골격을 갖기 때문에, 높은 정공 수송성 및 높은 전자 차단성을 갖는다. 또한, 3급 아민은 나프탈렌 골격을 포함하는 아민 등보다 삼중항 여기 에너지가 높기 때문에, 엑시톤 차단성도 우수하다. 그로 인해, 고휘도 영역에서도 전자 누설 및 엑시톤 확산을 방지할 수 있어, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 실현할 수 있다.

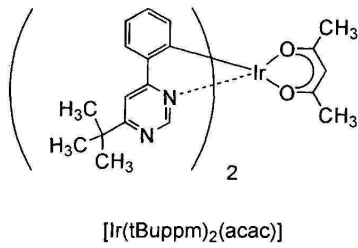
[0306] 이어서, 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 11의 (A) 및 (B)에 제시한다. 도 11의 (A) 및 (B)에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m^2 로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 11의 (A) 및 (B)는 발광 소자 1이 460시간 경과 후 초기 휘도의 95%를 유지하고, 비교 발광 소자 2가 460시간 경과 후 초기 휘도의 92%를 유지하고, 비교 발광 소자 3이 370시간 경과 후 초기 휘도의 94%를 유지하였다는 것을 제시한다. 이 신뢰성 시험의 결과로부터, 발광 소자 1은 비교 발광 소자 2 및 비교 발광 소자 3보다 장수명인 것이 명확해졌다.

[0307] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태인 발광 소자 1은 고휘도 영역에서도 전자 누설 및 엑시톤 확산을 방지할 수 있기 때문에, 발광 물질의 발광에 의한 전이 (복사 실활) 이외의 실활 경로 (비-복사 실활)가 적다. 그로 인해, 소자의 휘도 열화를 경감할 수 있다. 또한, 그러한 열화가 적은 발광 소자가 높은 재현성으로 안정되게 얻어지기 쉽다.

[0308] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0309] [실시예 2]

[0310] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식을 하기에 제시한다. 상기에 이미 제시된 재료의 화학식은 생략한다는 것에 유의한다.



[0311]

[0312] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 제작 방법을 기재할 것이다.

[0313] (발광 소자 4)

[0314] 먼저, 발광 소자 1의 방식과 유사한 방식으로, 유리 기판 (1100) 위에 제1 전극 (1101) 및 정공 주입층 (1111)을 형성하였다.

[0315] 이어서, 정공 주입층 (1111) 위에 PCBBiF의 막을 20 nm의 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층 (1112)을 형성하였다.

[0316] 또한, 2mDBTPDBq-II, PCBBiF 및 (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층과, 2mDBTPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0317] 이어서, 발광층 (1113) 위에, 2mDBTPDBq-II의 5 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 15 nm 두께 막을 성막함으로써 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.

[0318] 또한, 전자 수송층 (1114) 위에, LiF의 막을 1 nm의 두께로 증착에 의해 성막하여, 전자 주입층 (1115)을 형성하였다.

[0319] 최후에, 알루미늄을 200 nm의 두께가 되도록 증착하여 침착시킴으로써, 음극으로서 기능하는 제2 전극 (1103)을 형성하였다. 이에 따라, 본 실시예의 발광 소자 4를 제작하였다.

[0320] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항 가열법에 의해 행하였다는 것에 유의한다.

[0321] (비교 발광 소자 5)

[0322] 비교 발광 소자 5의 정공 수송층 (1112)은 PCBNBB의 막을 두께 20 nm로 되도록 성막함으로써 형성하였다. 발광층 (1113)은 2mDBTPDBq-II, PCBNBB 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]를 공증착함으로써 형성하였다. 여기서, 2mDBTPDBq-II 대 PCBNBB 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBNBB : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTPDBq-II 대 PCBNBB 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBNBB : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다. 정공 수송층 (1112) 및 발광층 (1113) 이외의 구성요소는 발광 소자 4의 방식과 유사한 방식으로 제작하였다.

[0323] 하기 표 3은 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0324] <표 3>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제2 전극
발광 소자 4	ITO 110nm	DBT3P-II:MoOx (=4:2) 20nm	PCBBiF 20nm	2mDBTBPDq-II:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)]	2mDBT BPDBq-II 5nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm	
비교 발광 소자 5				PCBNBB 20nm					2mDBTBPDq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)]
				(=0.7:0.3:0.05) 20nm					
				(=0.7:0.3:0.05) 20nm					
				(=0.8:0.2:0.05) 20nm					
				(=0.8:0.2:0.05) 20nm					

[0325]

[0326]

발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5를, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0327]

도 12는 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 12에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 13은 전압-휘도 특성을 제시한다. 도 13에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 14는 휘도-전력 효율 특성을 제시한다. 도 14에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 전력 효율 (lm/W)을 나타낸다. 도 15는 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 15에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 하기 표 4는 휘도 900 cd/m²에서의 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0328]

<표 4>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
			x	y				
발광 소자 4	2.6	0.82	0.41	0.59	900	106	128	27
비교 발광소자 5	2.7	0.94	0.40	0.59	900	92	108	24

[0329]

[0330]

표 4에 제시된 바와 같이, 900 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 4의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.41, 0.59)이며, 비교 발광 소자 5의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.40, 0.59)였다. 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5로부터 [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 녹색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0331]

도 12 내지 15 및 표 4는, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5가 각각 극도로 낮은 전압에서 구동될 수 있다는 것을 제시한다. 또한, 발광 소자 4는 비교 발광 소자 5보다 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 갖는 것을 알았다 (도 12, 도 14 또는 도 15의 휘도 1000 cd/m² 내지 10000 cd/m²에서의 전류 효율, 전력 효율 또는 외부 양자 효율 참조).

[0332]

발광 소자 4에서 발광층 및 정공 수송층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 플루오레닐 기 및 비페닐 기를 갖는 PCBBiF를 함유한다. 비교 발광 소자 5에서 발광층 및 정공 수송층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기와, 2개의 나프틸 기를 갖는 PCBNBB를 함유한다. 즉, 발광 소자 4와, 비교 발광 소자 5 사이의 큰 차이는, 발광층 내의 3급 아민이 나프틸 기를 갖는지의 여부이다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자 4에 사용한 3급 아민은 비페닐아민 골격 및 플루오레닐아민 골격을 갖기 때문에, 높은 정공 수송성 및 높은 전자 차단성을 갖는다. 또한, 3급 아민은 나프탈렌 골격을 포함하는 아민 등보다 삼중항 여기 에너지가 높기 때문에, 엑시톤 차단성도 우수하다. 그로 인해, 고휘도 영역에서도 전자 누설 및 엑시톤 확산을 방지할 수 있어, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 실현할 수 있다. 발광 효율은 발광층에 함유된 3급 아민과 동일한 화합물을 정공 수송층에 사용하는 경우에 보다 커진다. 즉, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5에서와 같이 발광층에 함유된 3급 아민과 동일한 화합물을 정공 수송층에 사용함으로써 구동 전압은 저감될 수 있지만, 본 발명의 일 실시형태를 적용하지 않으면 (상기 화학식 G0으로 표현되는 3급 아민을 사용하지 않으면), 비교 발광 소자 5에서와 같이 발광 효율이

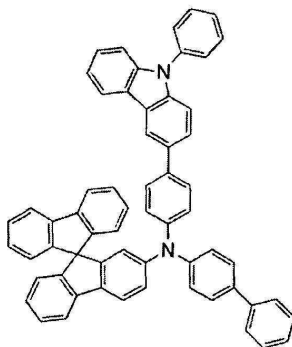
저하된다.

[0333] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 고휘도 영역에서 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 낮은 전압에서 구동할 수 있는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 제1 유기 화합물 (실시형태 1에 제시된 화학식 G0으로 표현되는 화합물)을 정공 수송층 뿐만 아니라 발광층에 사용함으로써 발광 효율이 특히 높은 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0334] 이어서, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 16에 제시한다. 도 16에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 16은 발광 소자 4가 160시간 경과 후 초기 휘도의 93%를 유지하고, 비교 발광 소자 5가 360시간 경과 후 초기 휘도의 89%를 유지하였다는 것을 제시한다.

[0335] [실시예 3]

[0336] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식을 하기에 제시한다. 상기에 이미 제시된 재료의 화학식은 생략한다는 것에 유의한다.



PCBBiSF

[0337] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 제작 방법을 기재할 것이다.

[0339] (발광 소자 6)

[0340] 먼저, 발광 소자 1의 방식과 유사한 방식으로, 유리 기판 (1100) 위에 제1 전극 (1101) 및 정공 주입층 (1111)을 형성하였다.

[0341] 이어서, 정공 주입층 (1111) 위에, N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 (약칭: PCBBiSF)의 막을 20 nm의 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층 (1112)을 형성하였다.

[0342] 또한, 2mDBTPDBq-II, PCBBiSF 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTPDBq-II 대 PCBBiSF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBBiSF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTPDBq-II 대 PCBBiSF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTPDBq-II : PCBBiSF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0343] 이어서, 발광층 (1113) 위에 2mDBTPDBq-II의 20 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 20 nm 두께 막을 성막함으로써 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.

[0344] 또한, 전자 수송층 (1114) 위에 LiF의 막을 1 nm의 두께로 증착에 의해 성막하여, 전자 주입층 (1115)을 형성하였다.

[0345] 최후에, 알루미늄을 200 nm의 두께가 되도록 증착하여 침착시킴으로써, 음극으로서 기능하는 제2 전극 (1103)을 형성하였다. 이에 따라, 본 실시예의 발광 소자 6을 제작하였다.

[0346] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항 가열법에 의해 행하였다는 것에 유의한다.

[0347] (발광 소자 7)

[0348] 발광 소자 7의 정공 수송층 (1112)은 BPAFLP의 막을 두께 20 nm로 되도록 성막함으로써 형성하였다. 정공 수송층 (1112) 이외의 구성요소는 발광 소자 6의 방식과 유사한 방식으로 제작하였다.

[0349] 하기 표 5는 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0350] <표 5>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제2 전극
발광 소자 6	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	PCBBiSF 20nm	2mDBTBPDq-II :PCBBiSF: [Ir(dppm) ₂ (acac)]		2mDBT BPDBq-II 20nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
발광 소자 7			BPAFLP 20nm	(=0.7:0.3:0.05) 20nm	(=0.8:0.2:0.05) 20nm				

[0351]

[0352] 발광 소자 6 및 발광 소자 7을, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0353] 도 17은 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 17에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 18은 전압-휘도 특성을 제시한다. 도 18에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 19는 휘도-전력 효율 특성을 제시한다. 도 19에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 전력 효율 (lm/W)을 나타낸다. 도 20은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 20에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 하기 표 6은 휘도 1000 cd/m² 부근에서의 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0354] <표 6>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
			x	y				
발광 소자 6	2.8	1.1	0.56	0.44	900	85	96	31
발광 소자 7	3.0	1.1	0.55	0.44	1000	87	92	31

[0355]

[0356] 표 6에 제시된 바와 같이, 900 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 6의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.56, 0.44)이며, 1000 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 7의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.55, 0.44)였다. 발광 소자 6 및 발광 소자 7로부터 [Ir(dppm)₂(acac)]에서 유래하는 주황색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0357] 도 17 내지 20 및 표 6은, 발광 소자 6 및 발광 소자 7이 각각 낮은 전압에서 구동되고, 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다는 것을 제시한다. 본 발명의 일 실시형태의 각각의 발광 소자 6 및 발광 소자 7의 발광층에 사용한 3급 아민은 비페닐아민 골격 및 스피로플루오레닐아민 골격을 갖기 때문에, 높은 정공 수송성 및 높은 전자 차단성, 및 또한 우수한 엑시톤 차단성을 갖는다. 그로 인해, 고휘도 영역에서도 전자 누설 및 엑시톤 확산을 방지할 수 있어, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자를 실현할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 발광 소자 6에서와 같이 발광층에 함유된 3급 아민과 동일한 화합물을 정공 수송층에 사용함으로써 높은 발광 효율을 유지하면서 (발광 효율을 저하시키지 않으면서) 구동 전압을 저감시킬 수 있다.

- [0358] [실시예 4]
- [0359] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용된 재료의 화학식은 이미 제시되어 있다는 것에 유의한다.
- [0360] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9의 제작 방법을 기재할 것이다.
- [0361] (발광 소자 8)
- [0362] 먼저, 발광 소자 1의 방식과 유사한 방식으로, 유리 기판 (1100) 위에 제1 전극 (1101), 정공 주입층 (1111) 및 정공 수송층 (1112)을 형성하였다. 정공 주입층 (1111)의 두께는 20 nm로 설정하였다.
- [0363] 또한, 2mDBTBPDBq-II, PCBBiF 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 증량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 증량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.
- [0364] 이어서, 발광층 (1113) 위에 2mDBTBPDBq-II의 20 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 20 nm 두께 막을 성막함으로써, 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.
- [0365] 그 후, 전자 수송층 (1114) 위에 LiF의 막을 1 nm의 두께로 증착에 의해 성막하여, 전자 주입층 (1115)을 형성하였다.
- [0366] 최후에, 알루미늄을 200 nm의 두께가 되도록 증착하여 침착시킴으로써, 음극으로서 기능하는 제2 전극 (1103)을 형성하였다. 이에 따라, 본 실시예의 발광 소자 8을 제작하였다.
- [0367] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항 가열법에 의해 행하였다는 것에 유의한다.
- [0368] (비교 발광 소자 9)
- [0369] 비교 발광 소자 9의 발광층 (1113)은 2mDBTBPDBq-II 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착함으로써 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 증량비는 1:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조절하였다. 발광층 (1113)의 두께는 40 nm로 설정하였다. 비교 발광 소자 9의 전자 수송층 (1114)은 2mDBTBPDBq-II의 10 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 15 nm 두께 막을 성막함으로써 형성하였다. 발광층 (1113) 및 전자 수송층 (1114) 이외의 구성요소는 발광 소자 8의 방식과 유사한 방식으로 제작하였다.
- [0370] 하기 표 7은 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.
- [0371] <표 7>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층	전자 주입층	제2 전극
발광 소자 8	ITSO 110nm	DBT3P-II .MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) (=0.8:0.2:0.05) 20nm 20nm	2mDBT BPDBq-II 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
비교 발광 소자 9				2mDBTBPDBq-II:[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=1:0.05) 40nm	2mDBT BPDBq-II 10nm		

- [0372]
- [0373] 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9을, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.
- [0374] 도 27은 본 실시예의 발광 소자 전압-전류 특성을 제시한다. 도 27에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 전류 (mA)를 나타낸다. 도 28은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 28에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 도 29는 본 실시예의 발광 소자의 발광 스펙트럼을 제시한다. 하기 표 8은 휘도 1000 cd/m² 부근에서의 각 발광 소자의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0375] <표 8>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
			x	y				
발광 소자 8	2.8	1.1	0.56	0.44	960	85	95	31
비교 발광소자 9	3.3	2.1	0.56	0.44	1100	53	50	21

[0376]

[0377] 표 8에 제시된 바와 같이, 960 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 8의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.56, 0.44)였다. 1100 cd/m²의 휘도에서의 비교 발광 소자 9의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.56, 0.44)였다. 본 실시예의 발광 소자로부터, [Ir(dppm)₂(acac)]에 유래하는 주황색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0378] 발광 소자 8은 1000 cd/m² 부근에서의 31% (전류 효율 85cd/A에 상응함)의 극도로 높은 외부 양자 효율을 나타내며, 이는 엑시플렉스로부터의 에너지 이동이 없는 비교 발광 소자 9의 것보다 높다.

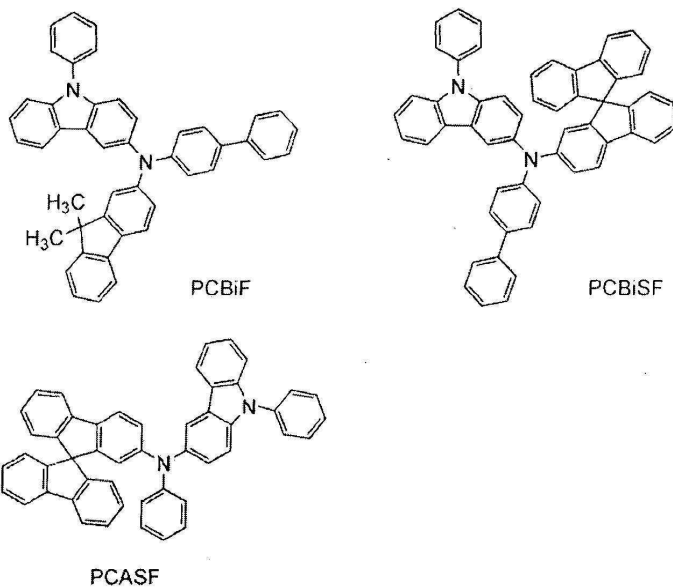
[0379] 또한, 발광 소자 8은 1000 cd/m² 부근에서의 2.8 V의 극도로 낮은 전압을 나타내며, 상기 전압은 비교 발광 소자 9의 것보다 낮다.

[0380] 이어서, 발광 소자 8 및 비교 발광 소자 9의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 30에 제시한다. 도 30에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 30은 발광 소자 8가 3400시간 경과 후 초기 휘도의 89%를 유지하고, 비교 발광 소자 9의 휘도가 230시간 경과 후 초기 휘도의 89% 미만이었다는 것을 제시한다. 이 신뢰성 시험의 결과로부터, 발광 소자 8은 비교 발광 소자 9보다 장수명인 것이 명확해졌다.

[0381] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0382] [실시예 5]

[0383] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식을 하기에 제시한다. 상기에 이미 제시된 재료의 화학식은 생략한다는 것에 유의한다.



[0384]

[0385] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 10, 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12의 제작 방법을 기재할 것이다. 본 실시예의 각 발광 소자의 발광층 이외의 구성요소 및 그의 제작 방법은 발광 소자 8의 것과 유사하기 때문에, 여

기서 기재를 생략한다. 하기에, 본 실시예의 각 발광 소자의 발광층 및 그의 제작 방법에 대해 기재할 것이다.

[0386] (발광 소자 10)

[0387] 발광 소자 10에서는, 2mDBTBPDBq-II, N-(4-비페닐)-N-(9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카르바졸-3-아민 (약칭: PCBiF) 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0388] (발광 소자 11)

[0389] 발광 소자 11에서는, 2mDBTBPDBq-II, N-(4-비페닐)-N-(9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-일)-9-페닐-9H-카르바졸-3-아민 (약칭: PCBiSF) 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiSF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiSF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiSF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiSF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0390] (비교 발광 소자 12)

[0391] 비교 발광 소자 12에서는, 2mDBTBPDBq-II, 2-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-스피로-9,9'-비플루오렌 (약칭: PCASF) 및 [Ir(dppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCASF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCASF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCASF 대 [Ir(dppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCASF : [Ir(dppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0392] 하기 표 9는 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0393] <표 9>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제2 전극
발광 소자 10	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	2mDBTBPDBq-II:PCBiF:[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) (=0.8:0.2:0.05) 20nm 20nm		2mDBTBPDBq-II 20nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
발광 소자 11				2mDBTBPDBq-II:PCBiSF:[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) (=0.8:0.2:0.05) 20nm 20nm					
비교 발광 소자 12				2mDBTBPDBq-II:PCASF:[Ir(dppm) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) (=0.8:0.2:0.05) 20nm 20nm					

[0394] 발광 소자 10, 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12를, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0395] 도 31은 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 31에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 32는 전압-휘도 특성을 제시한다. 도 32에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 33은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 33에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 또한, 하기 표 10은 휘도 1000 cd/m² 부근에서의 각 발광 소자의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0397] <표 10>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
			x	y				
발광 소자 10	3.2	1.4	0.57	0.43	960	70	69	29
발광소자 11	3.3	1.5	0.57	0.43	1000	70	67	29
비교 발광소자 12	3.3	1.4	0.57	0.43	930	65	62	27

[0398]

[0399] 표 10에 제시된 바와 같이, 1000 cd/m² 부근의 휘도에서의 각 발광 소자의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.57, 0.43)이었다. 본 실시예의 발광 소자로부터, [Ir(dppm)₂(acac)]에서 유래하는 주황색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0400] 도 32 및 표 10은, 발광 소자 10, 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12가 상용 전압에서 구동되는 것을 제시한다. 도 31, 도 33 및 표 10은, 발광 소자 10 및 발광 소자 11이 비교 발광 소자 12보다 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 갖는 것을 제시한다.

[0401] 이어서, 발광 소자 10, 발광 소자 11 및 비교 발광 소자 12의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과도 도 34에 제시한다. 도 34에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 34는, 발광 소자 10이 660시간 경과 후 초기 휘도의 94%를 유지하고, 발광 소자 11이 660시간 경과 후 초기 휘도의 93%를 유지하고, 비교 발광 소자 12의 휘도가 660시간 경과 후 초기 휘도의 87% 미만이었다는 것을 제시한다. 이 신뢰성 시험의 결과로부터, 발광 소자 10 및 발광 소자 11은 비교 발광 소자 12보다 장수명인 것이 명확해졌다.

[0402] 발광 소자 11에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 스피로플루오레닐 기 및 비페닐 기를 갖는 PCBiSF를 함유한다. 비교 발광 소자 12에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 스피로플루오레닐 기 및 페닐 기를 갖는 PCASF를 함유한다. 즉, 단지 발광 소자 11과, 비교 발광 소자 12 사이의 차이는 발광층에 함유된 3급 아민 치환기가 비페닐 기인지 또는 페닐 기인지의 여부이다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자 11에 사용한 3급 아민은 반응성이 높은 페닐아민 골격의 페닐 기의 4-위치가 페닐 기로 캡핑되어 있는 p-비페닐 아민 골격을 형성하기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.

[0403] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0404] [실시예 6]

[0405] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식은 이미 제시되어 있다는 것에 유의한다.

[0406] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 13, 발광 소자 14, 발광 소자 15 및 비교 발광 소자 16의 제작 방법을 기재할 것이다. 본 실시예의 각 발광 소자의 발광층 및 전자 수송층 이외의 구성요소 및 그의 제작 방법은 발광 소자 8의 것과 유사하기 때문에 여기서 기재 생략한다. 하기에, 본 실시예의 각 발광 소자의 발광층 및 전자 수송층 및 그의 제작 방법에 대해 기재할 것이다.

[0407] (발광 소자 13)

[0408] 발광 소자 13에서는, 2mDBTBPDq-II, PCBiF 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDq-II 대 PCBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 증량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDq-II : PCBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDq-II 대 PCBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 증량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDq-II : PCBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0409] (발광 소자 14)

[0410] 발광 소자 14에서는, 2mDBTBPDBq-II, PCBiF 및 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0411] (발광 소자 15)

[0412] 발광 소자 15에서는, 2mDBTBPDBq-II, PCBiSF 및 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiSF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiSF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCBiSF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCBiSF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0413] (비교 발광 소자 16)

[0414] 비교 발광 소자 16에서는, 2mDBTBPDBq-II, PCASF 및 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 2mDBTBPDBq-II 대 PCASF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCASF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 2mDBTBPDBq-II 대 PCASF 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 2mDBTBPDBq-II : PCASF : $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0415] 또한, 각각의 발광 소자 13, 발광 소자 14, 발광 소자 15 및 비교 발광 소자 16에서는, 발광층 (1113) 위에 2mDBTBPDBq-II의 10 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 15 nm 두께 막을 성막함으로써, 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.

[0416] 하기 표 11은 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0417] <표 11>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제2 전극	
발광 소자 13	ITO 110nm	DBT3P-II :MoOx (=4:2) 20nm	BPAFLP 20nm	$2\text{mDBTBPDBq-II.PCBiF.}[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$	$(=0.7:0.3:0.05)$	$(=0.8:0.2:0.05)$	2mDBT BPDBq-II 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm
발광 소자 14				20nm	20nm					
발광 소자 15				$2\text{mDBTBPDBq-II.PCBiSF.}[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$	$(=0.7:0.3:0.05)$	$(=0.8:0.2:0.05)$				
비교 발광 소자 16				20nm	20nm					
				$2\text{mDBTBPDBq-II.PCASF.}[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$	$(=0.7:0.3:0.05)$	$(=0.8:0.2:0.05)$				
			20nm	20nm						

[0418]

[0419] 발광 소자 13, 발광 소자 14, 발광 소자 15 및 비교 발광 소자 16을, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 각각 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0420] 도 35는 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 35에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m^2), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 36은 전압-휘도 특성을 제시한다. 도 36에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 휘도 (cd/m^2)를 나타낸다. 도 37은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 37에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m^2)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 또한, 하기 표 12는 휘도 1000 cd/m^2 부근에서의 각 발

광 소자의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 제시한다.

[0421] <표 12>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도		휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
			x	y				
발광 소자 13	2.8	0.80	0.41	0.58	860	107	120	28
발광소자 14	2.9	0.89	0.41	0.58	970	109	118	29
발광소자 15	2.9	0.95	0.42	0.57	1000	109	119	29
비교 발광 소자 16	3.0	0.10	0.42	0.57	1100	109	114	29

[0422]

[0423] 표 12에 제시된 바와 같이, 860 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 13의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.41, 0.58)이었다. 970 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 14의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.41, 0.58)이었다. 1000 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 15의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.42, 0.57)이었다. 1100 cd/m²의 휘도에서의 비교 발광 소자 16의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.42, 0.57)이었다. 본 실시예의 발광 소자로부터, [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 황녹색 발광이 얻어진 것을 알았다.

[0424] 도 35 내지 37 및 표 12는, 발광 소자 13, 발광 소자 14, 발광 소자 15 및 비교 발광 소자 16이 각각 낮은 전압에서 구동되고, 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다는 것을 제시한다.

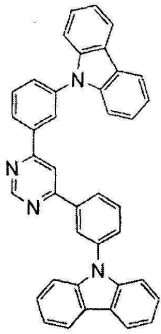
[0425] 이어서, 발광 소자 13, 발광 소자 14, 발광 소자 15 및 비교 발광 소자 16의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 38에 제시한다. 도 38에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 38은, 발광 소자 13이 520시간 경과 후 초기 휘도의 90%를 유지하고, 발광 소자 14가 600시간 경과 후 초기 휘도의 84%를 유지하고, 발광 소자 15가 520시간 경과 후 초기 휘도의 85%를 유지하고, 비교 발광 소자 16의 휘도가 600시간 경과 후 초기 휘도의 75% 미만이었다는 것을 제시한다. 이 신뢰성 시험의 결과로부터, 발광 소자 13, 발광 소자 14 및 발광 소자 15는 비교 발광 소자 16보다 장수명인 것이 명확해졌다.

[0426] 상기 기재된 바와 같이, 발광 소자 15는 520시간 경과 후 초기 휘도의 85%를 유지하였지만, 비교 발광 소자 16의 휘도는 520시간 경과 후 초기 휘도의 77% 미만이었다. 발광 소자 15에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 스피로플루오레닐 기 및 비페닐 기를 갖는 PCBiSF를 함유한다. 비교 발광 소자 16에서 발광층은 카르바졸 골격을 포함하는 치환기, 스피로플루오레닐 기 및 페닐 기를 갖는 PCASF를 함유한다. 즉, 단지 발광 소자 15와, 비교 발광 소자 16 사이의 차이는 발광층에 함유된 3급 아민의 치환기가 비페닐 기인지 또는 페닐 기인지의 여부이다. 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자 15에 사용한 3급 아민은 반응성이 높은 페닐아민 골격의 페닐 기의 4-위치가 페닐 기로 캡핑되어 있는 p-비페닐아민 골격을 형성하기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 소자를 실현할 수 있다.

[0427] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0428] [실시예 7]

[0429] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 실시형태의 발광 소자에 대해 도 7을 참조하여 기재할 것이다. 본 실시예에 사용한 재료의 화학식을 하기에 제시한다. 상기에 이미 제시된 재료의 화학식은 생략한다는 것에 유의한다.



4,6mCzP2Pm

[0430]

[0431] 하기에, 본 실시예의 발광 소자 17의 제작 방법을 기재할 것이다.

[0432] (발광 소자 17)

[0433] 먼저, 발광 소자 8의 방식과 유사한 방식으로, 유리 기판 (1100) 위에 제1 전극 (1101), 정공 주입층 (1111) 및 정공 수송층 (1112)을 형성하였다.

[0434] 이어서, 4,6-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리미딘 (약칭: 4,6mCzP2Pm), PCBBiF 및 [Ir(tBuppm)₂(acac)]를 공증착하여, 정공 수송층 (1112) 위에 발광층 (1113)을 형성하였다. 여기서, 4,6mCzP2Pm 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.7:0.3:0.05 (= 4,6mCzP2Pm : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 두께 20 nm의 층과, 4,6mCzP2Pm 대 PCBBiF 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 중량비가 0.8:0.2:0.05 (= 4,6mCzP2Pm : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)])이도록 조정하여 형성된 20 nm 두께 층을 적층하였다.

[0435] 이어서, 발광층 (1113) 위에 4,6mCzP2Pm의 15 nm 두께 막을 성막하고, BPhen의 10 nm 두께 막을 성막함으로써, 전자 수송층 (1114)을 형성하였다.

[0436] 그 후, 전자 수송층 (1114) 위에 LiF의 막을 1 nm의 두께로 증착에 의해 성막하여, 전자 주입층 (1115)을 형성하였다.

[0437] 최후에, 알루미늄을 200 nm의 두께가 되도록 증착하여 침착시킴으로써, 음극으로서 기능하는 제2 전극 (1103)을 형성하였다. 이에 따라, 본 실시예의 발광 소자 17을 제작하였다.

[0438] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항 가열법에 의해 행하였다는 것에 유의한다.

[0439] 하기 표 13은 상기 기재된 바와 같이 얻어진 본 실시예의 발광 소자의 소자 구조를 제시한다.

[0440] <표 13>

	제1 전극	정공 주입층	정공 수송층	발광층		전자 수송층		전자 주입층	제2 전극
발광 소자 17	ITO 110nm	DBT3P-II :MoO _x (≈4.2) 20nm	BPAFLP 20nm	4,6mCzP2Pm:PCBBiF:[Ir(tBuppm) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) 20nm	(=0.8:0.2:0.05) 20nm	4,6mCzP2Pm 15nm	BPhen 10nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0441]

[0442] 발광 소자 17을, 질소 분위기를 함유하는 글러브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다. 그 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대해 측정을 행하였다. 측정은 실온 (25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다는 것에 유의한다.

[0443] 도 39는 본 실시예의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 제시한다. 도 39에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²), 종축은 전류 효율 (cd/A)을 나타낸다. 도 40은 전압-휘도 특성을 나타낸다. 도 40에 있어서, 횡축은 전압 (V), 종축은 휘도 (cd/m²)를 나타낸다. 도 41은 휘도-외부 양자 효율 특성을 제시한다. 도 41에 있어서, 횡축은 휘도 (cd/m²)를, 종축은 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다. 또한, 표 14는 휘도 760 cd/m²에서의 발광 소자 17의 전압 (V), 전류 밀도 (mA/cm²), CIE 색도 좌표 (x, y), 전류 효율 (cd/A), 전력 효율 (lm/W), 및 외부 양자 효율 (%)을 나타낸다.

율 (%)을 제시한다.

[0444] <표 14>

	전압 (V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	색도 x y		전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 17	2.8	0.67	0.41	0.58	113	127	30

[0445]

[0446] 표 14에 제시된 바와 같이, 760 cd/m²의 휘도에서의 발광 소자 17의 CIE 색도 좌표는 (x, y) = (0.41, 0.58)이었다. 본 실시예의 발광 소자로부터, [Ir(tBuppm)₂(acac)]에서 유래하는 주황색 발광이 얻어진 것을 알았다.

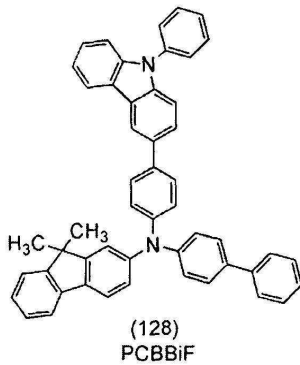
[0447] 도 39 내지 41 및 표 14는, 발광 소자 17이 낮은 전압에서 구동되고, 높은 전류 효율, 높은 전력 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가질 수 있다는 것을 제시한다.

[0448] 이어서, 발광 소자 17의 신뢰성 시험을 행하였다. 신뢰성 시험의 결과를 도 42에 제시한다. 도 42에 있어서, 종축은 초기 휘도를 100%로 했을 때의 규격화 휘도 (%)를 나타내고, 횡축은 소자의 구동 시간 (h)을 나타낸다. 신뢰성 시험에서, 본 실시예의 발광 소자를 실온에서, 초기 휘도를 5000 cd/m²로 설정하고 전류 밀도가 일정한 조건에서 구동시켰다. 도 42는 발광 소자 17이 180시간 경과 후 초기 휘도의 90%를 유지하였다는 것을 제시한다.

[0449] 상기 기재된 바와 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 높은 발광 효율을 나타내는 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자가 얻어질 수 있는 것을 알았다.

[0450] (참고예 1)

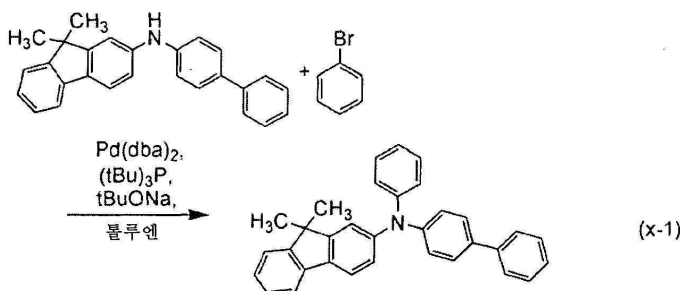
[0451] 실시예 1, 2 및 4에 사용되고 하기 화학식 128로 표현되는 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBBiF)의 합성 방법에 대해 기재할 것이다.



[0452]

[0453] <수순 1: N-(1,1'-비페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-페닐-9H-플루오렌-2-아민의 합성>

[0454] 수순 1의 합성 반응식을 하기 (x-1)에 제시한다.



[0455]

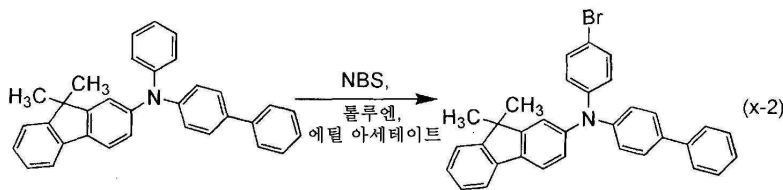
[0456] 1 L 3구 플라스크에, N-(1,1'-비페닐-4-일)-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 45 g (0.13 mol)과, 나트륨 tert-

부톡시드 36 g (0.38 mol)과, 브로모벤젠 21 g (0.13 mol)과, 톨루엔 500 mL를 넣었다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 그 후, 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐 (0) 0.8 g (1.4 mmol)과, 트리(tert-부틸)포스핀 (10 중량% 헥산 용액) 12 mL (5.9 mmol)를 첨가하였다.

[0457] 혼합물을 질소 기류 하에, 90°C에서 2시간 교반하였다. 그 후, 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 흡인 여과에 의해 고체를 여과 분별하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜, 갈색 액체 약 200 mL를 얻었다. 이 갈색 액체를 톨루엔과 혼합하고 나서, 얻어진 용액을 셀라이트(Celite) (와코 준야꾸 고교 가부시끼가이샤(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) 제조, 카탈로그 번호 531-16855 (이하에 기재하는 셀라이트에 대해서도 마찬가지로이지만 반복 기재는 생략함), 알루미늄, 플로리실(Florisil) (와코 준야꾸 고교 가부시끼가이샤 제조, 카탈로그 번호 540-00135 (이하에 기재하는 플로리실에 대해서도 마찬가지로이지만 반복 기재는 생략함))을 사용하여 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜 담황색 액체를 얻었다. 이 담황색 액체를 헥산에서 재결정하여, 목적물의 담황색 분말을 수량 52 g, 수율 95%로 얻었다.

[0458] <수순 2: N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-(4-브로모페닐)-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민의 합성>

[0459] 수순 2의 합성 반응식을 하기 (x-2)에 제시한다.

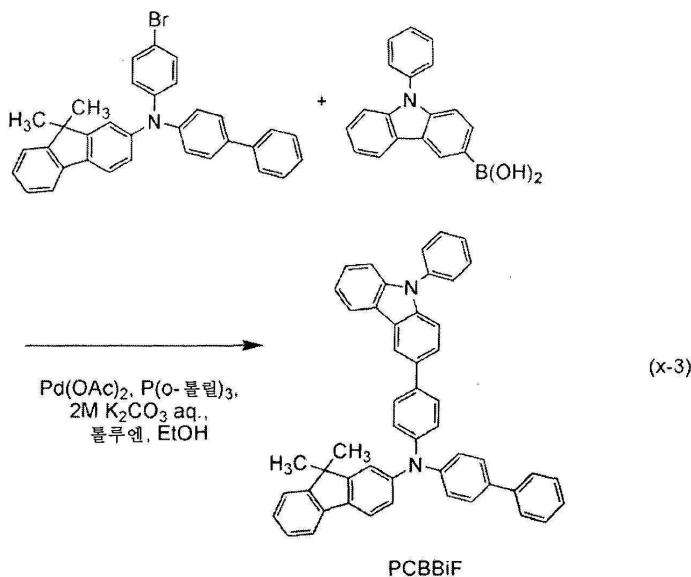


[0460]

[0461] 1 L 메이어 플라스크에, N-(1,1'-비페닐-4-일)-9,9-디메틸-N-페닐-9H-플루오렌-2-아민 45 g (0.10 mol)을 넣고, 톨루엔 225 mL를 첨가하고, 가열하면서 교반하여 용해시켰다. 이 용액을 실온까지 자연 냉각시킨 후, 에틸 아세테이트 225 mL를 첨가하고, N-브로모숙신산 이미드 (약칭: NBS) 18 g (0.10 mol)을 첨가하고, 2.5시간 실온에서 교반하였다. 교반 종료 후, 이 혼합물을 포화 탄산수소나트륨 수용액으로 3회, 포화 식염수로 1회 세정하였다. 얻어진 유기층에 황산마그네슘을 첨가하고, 2시간 정치하여 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과하여 황산마그네슘을 제거하고, 얻어진 여과액을 농축시켜, 황색 액체를 얻었다. 이 황색 액체를 톨루엔과 혼합하고, 이 용액을 셀라이트, 알루미늄 및 플로리실을 사용하여 정제하였다. 얻어진 용액을 농축시켜 담황색 고체를 얻었다. 이 담황색 고체를 톨루엔/에탄올에서 재결정하여, 목적물의 백색 분말을 수량 47 g, 수율 89%로 얻었다.

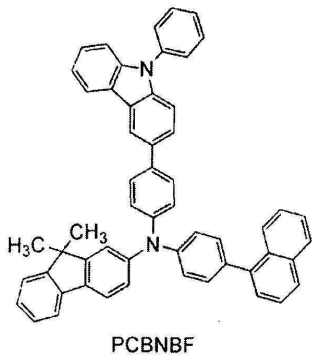
[0462] <수순 3: PCBBiF의 합성>

[0463] 수순 3의 합성 반응식을 하기 (x-3)에 제시한다.



[0464]

- [0465] 1 L 3구 플라스크에 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-(4-브로모페닐)-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 41 g (80 mmol), 9-페닐-9H-카르바졸-3-보론산 25 g (88 mmol)을 넣고, 톨루엔 240 mL와 에탄올 80 mL와 탄산칼륨 수용액 (2.0 mol/L) 120 mL를 첨가하고, 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 또한, 아세트산팔라듐(II) 27 mg (0.12 mmol), 트리(오르토-톨릴)포스핀 154 mg (0.5 mmol)을 첨가하고, 다시 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물을 질소 기류 하에, 110°C에서 1.5시간 교반하였다.
- [0466] 그 후, 교반하면서 실온까지 자연 냉각시킨 후, 이 혼합물의 수층을 톨루엔으로 2회 추출하였다. 얻어진 추출액과 유기층을 합하고, 물로 2회, 포화 식염수로 2회 세정하였다. 이 용액에 황산마그네슘을 첨가하고, 정치하여 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과하여 황산마그네슘을 제거하고, 얻어진 여과액을 농축시켜 갈색 용액을 얻었다. 이 갈색 용액을 톨루엔과 혼합하고 나서, 얻어진 용액을 셀라이트, 알루미늄 및 플로리실을 통해 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜 담황색 고체를 얻었다. 이 담황색 고체를 에틸 아세테이트/에탄올을 사용하여 재결정하여, 목적물의 담황색 분말을 수량 46 g, 수율 88%로 얻었다.
- [0467] 얻어진 담황색 분말 38 g을 트레인 서블리메이션(train sublimation)법에 의해 승화 정제하였다. 승화 정제에서, 압력 3.7 Pa, 아르곤 유량 15 mL/min의 조건에서, 담황색 분말을 345°C에서 가열하였다. 승화 정제 후, 목적물의 담황색 고체를 수량 31 g, 회수율 83%로 얻었다.
- [0468] 핵자기 공명 (NMR) 분광법에 의해, 이 화합물이 합성의 목적물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9-디메틸-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBBiF)인 것을 확인하였다.
- [0469] 얻어진 담황색 고체의 ¹H NMR 데이터를 하기에 제시한다.
- ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ = 1.45 (s, 6H), 7.18 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 7.27-7.32 (m, 8H), 7.40-7.50 (m, 7H), 7.52-7.53 (m, 2H), 7.59-7.68 (m, 12H), 8.19 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 8.36 (d, J = 1.1 Hz, 1H).
- [0470] 도 21의 (A) 및 (B)는 ¹H NMR 차트를 제시한다. 도 21의 (B)는 도 21의 (A)에서의 6.00 ppm 내지 10.0 ppm의 범위를 확대한 차트인 것에 유의한다.
- [0472] 또한, 도 22의 (A)는 PCBBiF의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼을 제시하고, 도 22의 (B)는 그의 발광 스펙트럼을 제시한다. 또한, 도 23의 (A)는 PCBBiF의 박막의 흡수 스펙트럼을 제시하고, 도 23의 (B)는 그의 발광 스펙트럼을 제시한다. 측정을 위해 자외-가시 분광 광도계 (V550, 닛본 분쿄우 가부시끼가이샤(JASCO Corporation) 제조)를 사용하였다. 용액은 석영 셀에 넣고, 박막은 석영 기판 위에 증착에 의해 형성하여 샘플을 제작하였다. 여기서, 석영 및 용액의 흡수 스펙트럼으로부터 석영 및 톨루엔의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 용액에 대한 흡수 스펙트럼, 및 석영 기판 및 용액의 흡수 스펙트럼으로부터 석영 기판의 흡수 스펙트럼을 차감함으로써 얻어진 박막의 흡수 스펙트럼을 제시한다. 도 22의 (A) 및 (B) 및 도 23의 (A) 및 (B)에 있어서 횡축은 파장 (nm), 종축은 강도 (임의 단위)를 나타낸다. 톨루엔 용액의 경우에는 350 nm 부근에 흡수 피크가 보이고, 발광 파장의 피크는 401 nm 및 420 nm (여기 파장 360 nm)였다. 박막의 경우에는 356 nm 부근에 흡수 피크가 보이고, 발광 파장의 피크는 415 nm 및 436 nm (여기 파장 370 nm)였다.
- [0473] (참고예 2)
- [0474] 실시예 1에 사용된 9,9-디메틸-N-[4-(1-나프틸)페닐]-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBnBF)의 합성 방법에 대해 기재할 것이다.



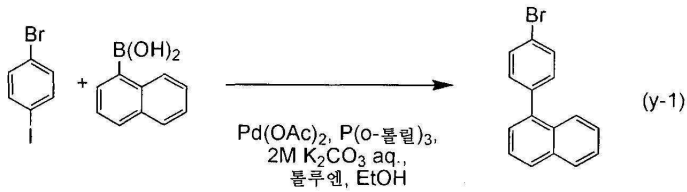
[0475]

[0476]

<수순 1: 1-(4-브로모페닐)나프탈렌의 합성>

[0477]

수순 1의 합성 반응식을 하기 (y-1)에 제시한다.



[0478]

[0479]

3 L 3구 플라스크에, 1-나프탈렌보론산 47 g (0.28 mol)과, 4-브로모요오도벤젠 82 g (0.29 mol)을 첨가하고, 톨루엔 750 mL와, 에탄올 250 mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 용액에 탄산칼륨 수용액 (2.0 mol/L) 415 mL를 첨가하고, 이 혼합물을 다시 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 또한, 트리(오르토-톨릴)포스핀 4.2 g (14 mmol)과, 아세트산팔라듐(II) 0.7 g (2.8 mmol)을 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 기류 하에, 90℃에서 1시간 교반하였다.

[0480]

교반 후, 이 혼합물을 실온까지 자연 냉각시키고, 이 혼합물의 수층을 톨루엔으로 3회 추출하였다. 얻어진 추출액과 유기층을 합하고, 물로 2회, 포화 식염수로 2회 세정하였다. 그 후, 황산마그네슘을 첨가하고, 18시간 정치하여 건조시켰다. 이 혼합물을, 자연 여과하여 황산마그네슘을 제거하고, 얻어진 여과액을 농축시켜, 주황색 액체를 얻었다.

[0481]

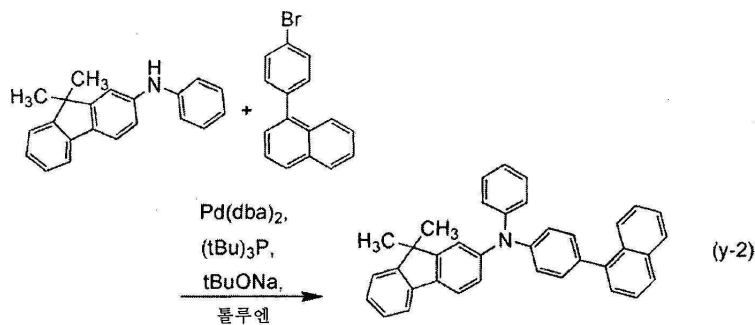
주황색 액체에 헥산 500 mL를 첨가하고 나서, 얻어진 용액을 셀라이트 및 플로리실을 통해 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜 무색 액체를 얻었다. 이 무색 액체에 헥산을 첨가하고, -10℃에서 정치하고, 석출한 불순물을 여과 분별하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜, 무색 액체를 얻었다. 이 무색 액체를 감압 증류에서 정제하고, 얻어진 황색 액체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피 (전개 용매:헥산)로 정제하여, 목적물의 무색 액체를 수량 56 g, 수율 72%로 얻었다.

[0482]

<수순 2: 9,9-디메틸-N-(4-나프틸)페닐-N-페닐-9H-플루오렌-2-아민의 합성>

[0483]

수순 2의 합성 반응식을 하기 (y-2)에 제시한다.



[0484]

[0485]

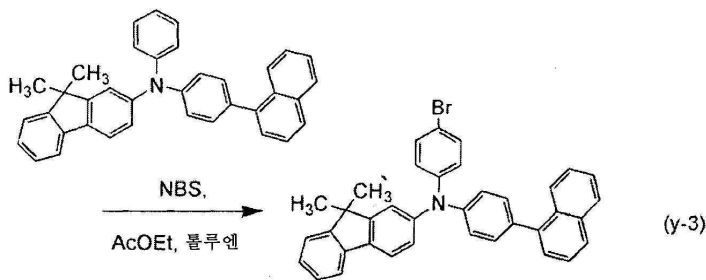
1 L 3구 플라스크에, 9,9-디메틸-N-페닐-9H-플루오렌-2-아민 40 g (0.14 mol)과, 나트륨 tert-부톡시드 40 g

(0.42 mol)과, 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 2.8 g (1.4 mmol)을 넣고, 1-(4-브로모페닐)나프탈렌 44 g (0.15 mol)의 톨루엔 용액 560 mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 그 후, 트리(tert-부틸)포스핀 (10 중량% 헥산 용액) 14 mL (7.0 mmol)를 첨가하고, 이 혼합물을 질소 기류 하에, 110°C에서 2시간 교반하였다.

[0486] 그 후, 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 흡인 여과에 의해 고체를 여과 분별하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜, 농갈색 액체를 얻었다. 이 농갈색 액체를 톨루엔과 혼합하고 나서, 얻어진 용액을 셀라이트, 알루미나 및 플로리실을 통해 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축시켜, 담황색 액체를 얻었다. 이 담황색 액체를 아세토니트릴에서 재결정하여, 목적물의 담황색 분말을 수량 53 g, 수율 78%로 얻었다.

[0487] <수순 3: N-(4-브로모페닐)-9,9-디메틸-N-[4-(1-나프틸)페닐]-9H-플루오렌-2-아민의 합성>

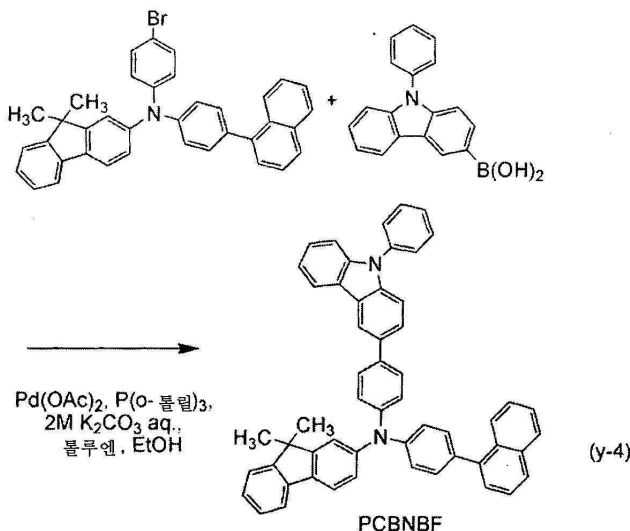
[0488] 수순 3의 합성 반응식을 하기 (y-3)에 제시한다.



[0489] 2 L 메이어 플라스크에, 9,9-디메틸-N-(4-나프틸)페닐-N-페닐-9H-플루오렌-2-아민 59 g (0.12 mol)과, 톨루엔 300 mL를 첨가하고, 이 혼합물을 가열하면서 교반하였다. 얻어진 용액을 실온까지 자연 냉각시킨 후, 에틸 아세테이트 300 mL를 첨가하고 나서, N-브로모숙신산 이미드 (약칭: NBS) 21 g (0.12 mol)을 첨가하고, 약 2.5시간 실온에서 교반하였다. 이 혼합물에 포화 탄산수소나트륨 수용액 400 mL를 첨가하고, 실온에서 교반하였다. 이 혼합물의 유기층을 포화 탄산수소나트륨 수용액으로 2회, 포화 식염수로 2회 세정하였다. 그 후, 황산마그네슘을 첨가하고, 2시간 정치하여 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과하여 황산마그네슘을 제거한 후, 얻어진 여과액을 농축시켜, 황색 액체를 얻었다. 이 액체를 톨루엔에 녹이고 나서, 이 용액을 셀라이트, 알루미나 및 플로리실을 통해 정제하여, 담황색 고체를 얻었다. 얻어진 담황색 고체를 톨루엔/아세토니트릴을 사용하여 재침전시켜, 목적물의 백색 분말을 수량 56 g, 수율 85%로 얻었다.

[0491] <수순 4: PCBNBF의 합성>

[0492] 수순 4의 합성 반응식을 하기 (y-4)에 제시한다.



[0493] 1 L 3구 플라스크에, N-(4-브로모페닐)-9,9-디메틸-N-[4-(1-나프틸)페닐]-9H-플루오렌-2-아민 51 g (90 mmol)과, 9-페닐-9H-카르바졸-3-보론산 28 g (95 mmol)과, 아세트산팔라듐(II) 0.4 mg (1.8 mmol)과, 트리(오르토-

톨릴)포스핀 1.4 g (4.5 mmol)과, 톨루엔 300 mL와, 에탄올 100 mL와, 탄산칼륨 수용액 (2.0 mol/L) 135 mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하면서 교반함으로써 탈기하고, 탈기 후, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물을 질소 기류 하에, 90°C에서 1.5시간 교반하였다. 교반 후, 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 흡인 여과에 의해 고체를 회수하였다. 얻어진 수층과 유기층의 혼합물로부터 유기층을 취출하고, 농축시켜 갈색 고체를 얻었다. 이 갈색 고체를 톨루엔/에틸 아세테이트/에탄올을 사용하여 재결정을 행하고, 목적물의 백색 분말을 얻었다. 또한, 교반 후에 회수한 고체를, 재결정에서 얻어진 백색 분말과 함께, 톨루엔에 용해하고 나서, 셀라이트, 알루미나 및 플로리실을 통해 정제하였다. 얻어진 용액을 농축시키고, 톨루엔/에탄올을 사용하여 재결정하여, 원하는 백색 분말을 수량 54 g, 수율 82%로 얻었다.

[0495] 얻어진 백색 분말 51 g을 트레인 서블리메이션법에 의해 승화 정제하였다. 승화 정제에서, 압력 3.7 Pa, 아르곤 유량 15 mL/min의 조건에서 백색 분말을 360°C에서 가열하였다. 승화 정제 후, 원하는 담황색 고체를 수량 19 g, 회수율 38%로 얻었다.

[0496] 핵자기 공명 (NMR) 분광법에 의해, 이 화합물이 목적물인 9,9-디메틸-N-[4-(1-나프틸)페닐]-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9H-플루오렌-2-아민 (약칭: PCBNBF)인 것을 확인하였다.

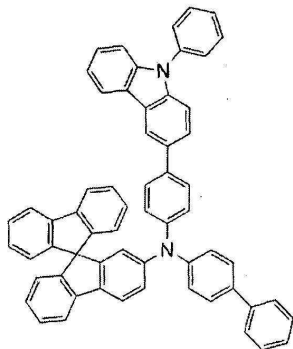
[0497] 얻어진 물질의 ¹H NMR 데이터를 하기에 제시한다.

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ = 1.50 (s, 6H), 7.21 (dd, J = 8.0 Hz, 1.6 Hz, 1H), 7.26-7.38 (m, 8H), 7.41-7.44 (m, 5H), 7.46-7.55 (m, 6H), 7.59-7.69 (m, 9H), 7.85 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 7.91 (dd, J = 7.5 Hz, 1.7 Hz, 1H), 8.07-8.09 (m, 1H), 8.19 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 8.37 (d, J = 1.7 Hz, 1H).

[0498]

[0499] (참고예 3)

[0500] 실시예 3에 사용되고 하기 화학식 119로 표현되는 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 (약칭: PCBBSF)의 합성 방법에 대해 기재할 것이다.

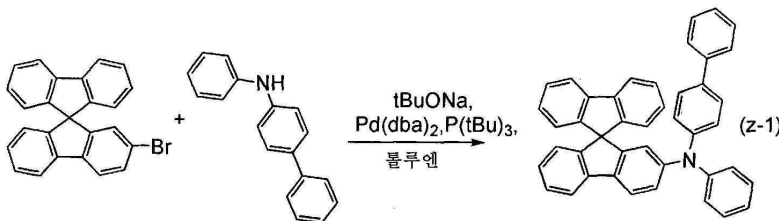


(119)
PCBBSF

[0501]

[0502] <수순 1: N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-페닐-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민의 합성>

[0503] 수순 1의 합성 반응식을 하기 (z-1)에 나타낸다.



[0504]

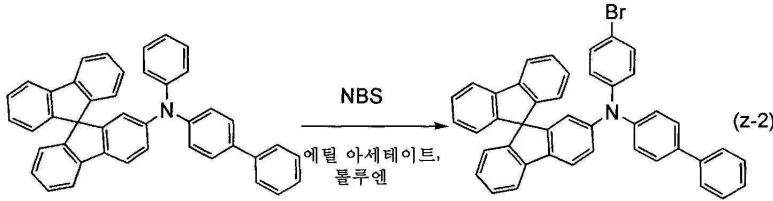
[0505] 200 mL 3구 플라스크에, 2-브로모-9,9'-스피로비[9H-플루오렌] 4.8 g (12 mmol)과, 4-페닐-디페닐아민 3.0 g (12 mmol)과, 나트륨 tert-부톡사이드 3.5 g (37 mmol)을 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물에, 탈수 톨루엔 60 mL와 트리(tert-부틸)포스핀 (10% 헥산 용액) 0.2 mL를 첨가하고, 이 혼합물을 감압하면서 교반

함으로써 탈기하였다. 이 혼합물에 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 70 mg (0.12 mmol)을 첨가하고, 질소 기류 하에 110°C에서 8시간 가열 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물에 물을 첨가하고, 수층을 톨루엔으로 추출하고, 추출 용액과 유기층을 합하고, 포화 식염수로 세정하였다. 유기층을 황산마그네슘에 의해 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과에 의해 여과 분별하고, 여과액을 농축시켜 고체를 얻었다.

[0506] 이 고체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의해 정제하였다. 칼럼 크로마토그래피에서는 톨루엔:헥산 = 1:5, 계속해서 톨루엔:헥산 = 1:3을 전개 용매로 하였다. 얻어진 분획을 농축시켜 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 톨루엔/에틸 아세테이트에서 재결정하여, 백색 고체를 수량 5.7 g, 수율 83%로 얻었다.

[0507] <수순 2: N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-(4-브로모페닐)-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민의 합성>

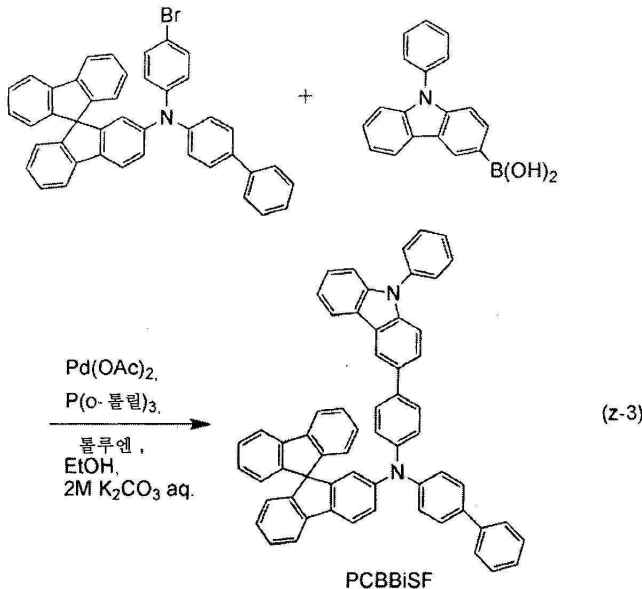
[0508] 수순 2의 합성 반응식을 하기 (z-2)에 제시한다.



[0509] 100 mL 3구 플라스크에, N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-페닐-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 3.0 g (5.4 mmol)과, 톨루엔 20 mL와, 에틸 아세테이트 40 mL를 첨가하였다. 이 용액에 0.93 g (5.2 mmol)의 N-브로모숙신산 이미드 (약칭: NBS)를 첨가하고, 25시간 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물을 물 및 포화 탄산수소나트륨 수용액으로 세정한 후, 유기층을 황산마그네슘에서 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과에 의해 여과 분별하고, 여과액을 농축시켜 고체를 얻었다. 이 고체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의해 정제하였다. 칼럼 크로마토그래피에서는 헥산, 계속해서 톨루엔:헥산 = 1:5를 전개 용매로 하였다. 얻어진 분획을 농축시켜 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 에틸 아세테이트/헥산에서 재결정하여, 백색 고체를 수량 2.8 g, 수율 83%로 얻었다.

[0511] <수순 3: PCBBiSF의 합성>

[0512] 수순 3의 합성 반응식을 하기 (z-3)에 제시한다.



[0513] 200 mL 3구 플라스크에, N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-(4-브로모페닐)-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 2.4 g (3.8 mmol)과, 9-페닐카르바졸-3-보론산 1.3 g (4.5 mmol)과, 트리(오르토-톨릴)포스핀 57 mg (0.19 mmol)과, 탄산칼륨 1.2 g (9.0 mmol)을 넣었다. 이 혼합물에, 물 5 mL와, 톨루엔 14 mL와, 에탄올 7 mL를 첨가하고, 감압 하에서 교반함으로써 탈기하였다. 이 혼합물에 아세트산팔라듐 8 mg (0.038 mmol)을 첨가하고, 질소 기류 하에, 90°C에서 7.5시간 교반하였다. 교반 후, 얻어진 혼합물을 톨루엔으로 추출하였다. 얻어진 추출 용액과 유기층을 합하고, 포화 식염수로 세정한 후, 황산마그네슘에서 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과에 의해 여

과 분별하고, 여과액을 농축시켜 고체를 얻었다. 이 고체를 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의해 정제하였다. 칼럼 크로마토그래피에서는 톨루엔:헥산 = 1:2, 계속해서 톨루엔:헥산 = 2:3을 전개 용매로 하였다. 얻어진 분획을 농축시켜 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 에틸 아세테이트/헥산에서 재결정하여, 목적물의 백색 고체를 수량 2.8 g, 수율 94%로 얻었다.

[0515] 얻어진 고체 2.8 g을 트레인 서블리메이션법에 의해 승화 정제하였다. 압력 2.9 Pa, 아르곤 유량 5 mL/min의 조건에서 336°C에서 가열하여 승화 정제를 행하였다. 승화 정제 후, 담황색 고체를 수량 0.99 g, 회수율 35%로 얻었다.

[0516] 핵자기 공명 (NMR) 분광법에 의해, 이 화합물이 목적물인 N-(1,1'-비페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]-9,9'-스피로비[9H-플루오렌]-2-아민 (약칭: PCBBiSF)인 것을 확인하였다.

[0517] 얻어진 담황색 고체의 ¹H NMR 데이터를 하기에 제시한다.

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ = 6.67-6.69 (m, 2H), 6.84 (d, J1 = 7.5 Hz, 2H), 7.04-7.11 (m, 5H), 7.13-7.17 (m, 3H), 7.28-7.45 (m, 12H), 7.46-7.53 (m, 5H), 7.57-7.64 (m, 5H), 7.74-7.77 (m, 4H), 8.17 (d, J1 = 7.5 Hz, 1H), 8.27 (d, J1 = 1.5 Hz, 1H).

[0518]

[0519] 도 24의 (A) 및 (B)는 ¹H NMR 차트를 제시한다. 도 24의 (B)는 도 24의 (A)에서의 6.50 ppm 내지 8.50 ppm의 범위를 확대한 차트인 것에 유의한다.

[0520] 또한, 도 25의 (A)는 PCBBiSF의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼을 제시하고, 도 25의 (B)는 그의 발광 스펙트럼을 제시한다. 또한, 도 26의 (A)는 PCBBiSF의 박막의 흡수 스펙트럼을 제시하고, 도 26의 (B)는 그의 발광 스펙트럼을 제시한다. 흡수 스펙트럼은 참고예 1과 동일한 방식으로 얻었다. 도 25의 (A) 및 (B) 및 도 26의 (A) 및 (B)에 있어서, 횡축은 파장 (nm), 종축은 강도 (임의 단위)를 나타낸다. 톨루엔 용액의 경우에는 352 nm 부근에 흡수 피크가 보이고, 발광 파장의 피크는 403 nm (여기 파장 351 nm)였다. 박막의 경우에는 357 nm 부근에 흡수 피크가 보이고, 발광 파장의 피크는 424 nm (여기 파장 378 nm)였다.

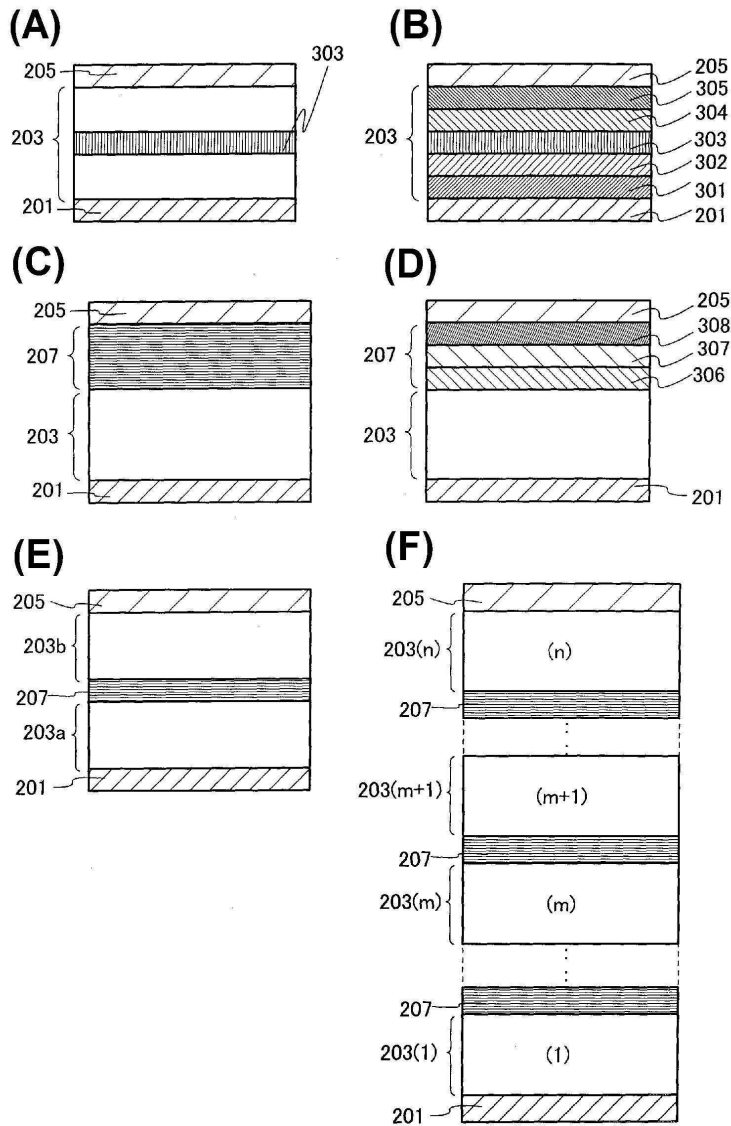
부호의 설명

[0521] 201: 제1 전극, 203: EL 층, 203a: 제1 EL 층, 203b: 제2 EL 층, 205: 제2 전극, 207: 중간층, 213: 발광층, 221: 제1 유기 화합물, 222: 제2 유기 화합물, 223: 인광성 화합물, 301: 정공 주입층, 302: 정공 수송층, 303: 발광층, 304: 전자 수송층, 305: 전자 주입층, 306: 전자 주입 버퍼층, 307: 전자 릴레이층, 308: 전하 생성 영역, 401: 지지 기관, 403: 발광 소자, 405: 밀봉 기관, 407: 밀봉재, 409a: 제1 단자, 409b: 제2 단자, 411a: 광 취출 구조, 411b: 광 취출 구조, 413: 평탄화층, 415: 공간, 417: 보조 배선, 419: 절연층, 421: 제1 전극, 423: EL 층, 425: 제2 전극, 501: 지지 기관, 503: 발광 소자, 505: 밀봉 기관, 507: 밀봉재, 509: FPC, 511: 절연층, 513: 절연층, 515: 공간, 517: 배선, 519: 격벽, 521: 제1 전극, 523: EL 층, 525: 제2 전극, 531: 블랙 매트릭스, 533: 컬러 필터, 535: 오버코트층, 541a: 트랜지스터, 541b: 트랜지스터, 542: 트랜지스터, 543: 트랜지스터, 551: 발광 소자, 552: 구동 회로부, 553: 구동 회로부, 1100: 유리 기관, 1101: 제1 전극, 1103: 제2 전극, 1111: 정공 주입층, 1112: 정공 수송층, 1113: 발광층, 1114: 전자 수송층, 1115: 전자 주입층, 7100: 텔레비전 장치, 7101: 하우징, 7102: 표시부, 7103: 스탠드, 7111: 리모트 제어기, 7200: 컴퓨터, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 장치, 7300: 휴대형 게임기, 7301 a: 하우징, 7301b: 하우징, 7302: 연결부, 7303a: 표시부, 7303b: 표시부, 7304: 스피커부, 7305: 기록 매체 삽입부, 7306: 동작 키, 7307: 접속 단자, 7308: 센서, 7400: 휴대 전화, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 동작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 7500: 태블릿형 단말, 7501a: 하우징, 7501b: 하우징, 7502a: 표시부, 7502b: 표시부, 7503: 축부, 7504: 전원 스위치, 7505: 동작 키, 7506: 스피커, 7601: 조명부, 7602: 쉘이드, 7603: 조정가능한 야암, 7604: 지주, 7605: 대, 7606: 전원 스위치, 7701: 램프, 7702: 램프 및 7703: 탁상 램프.

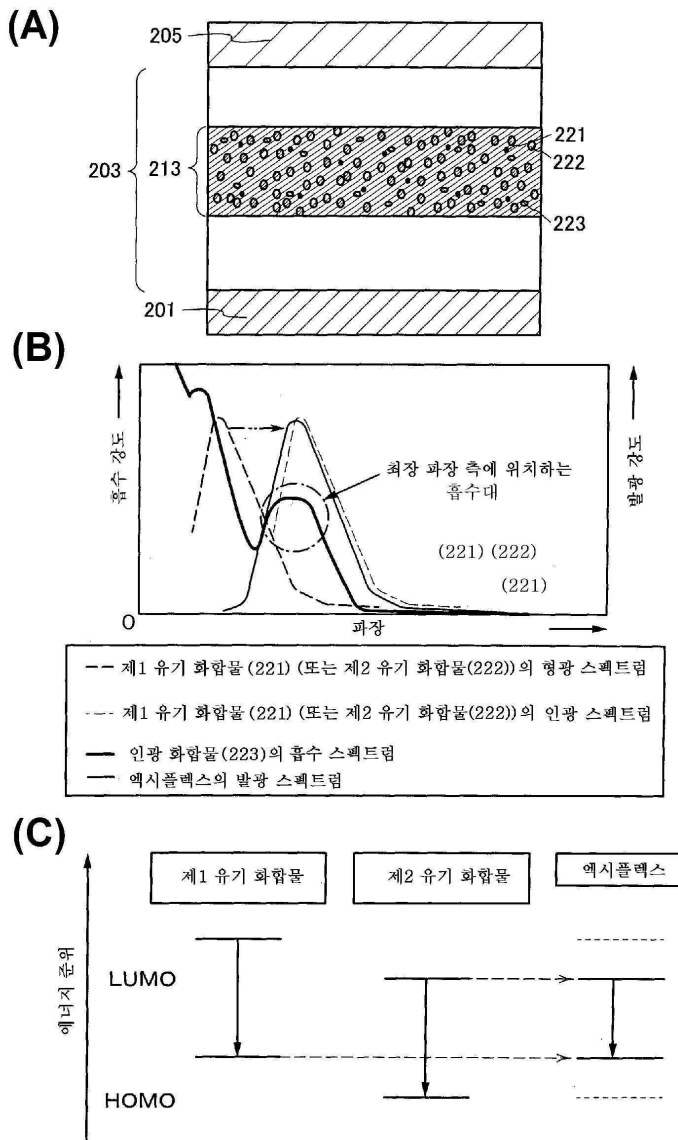
본 출원은 2012년 8월 3일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련 번호 2012-172944 및 2013년 3월 7일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련 번호 2013-045127을 기초로 하며, 그 전체 내용이 본원에 참조로 포함된다.

도면

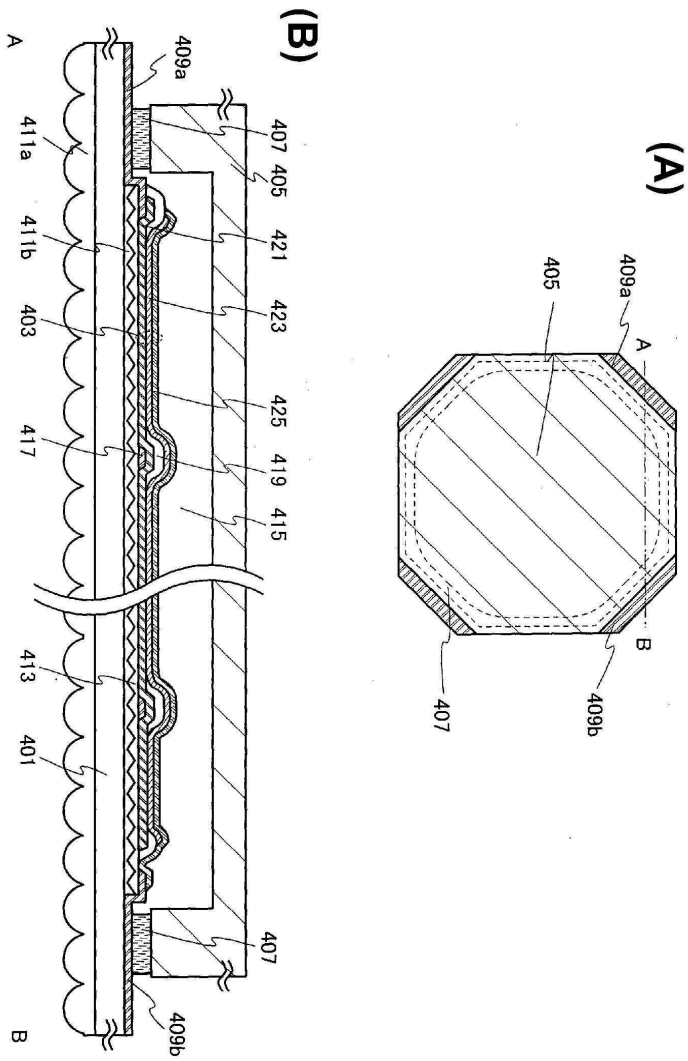
도면1



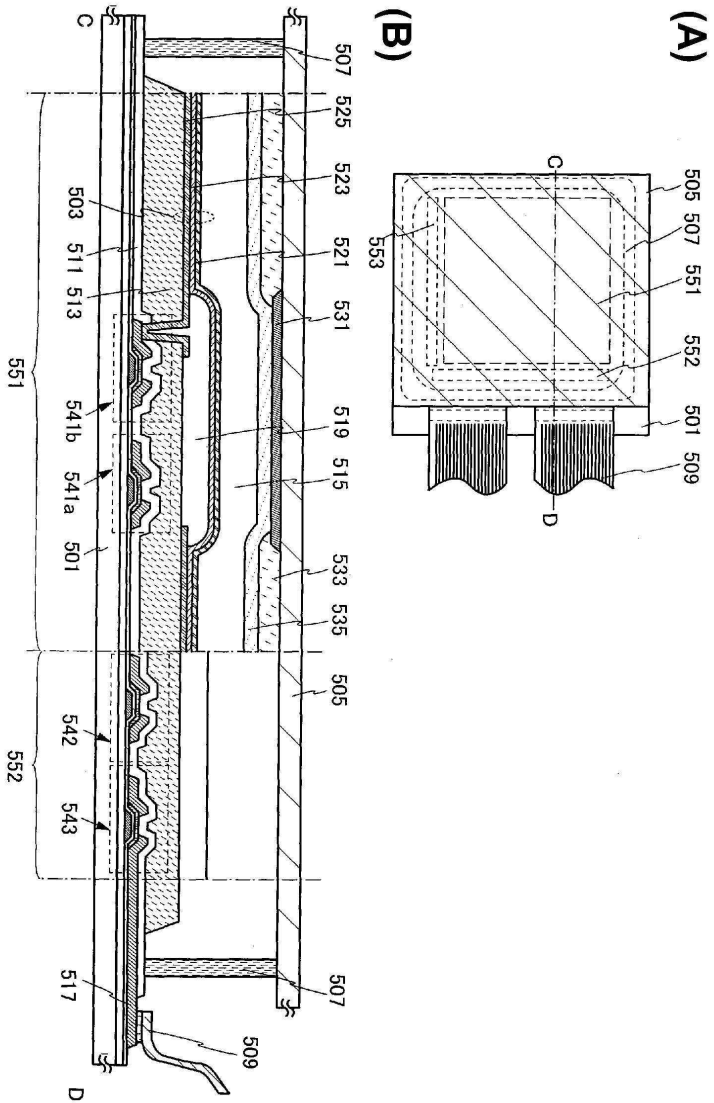
도면2



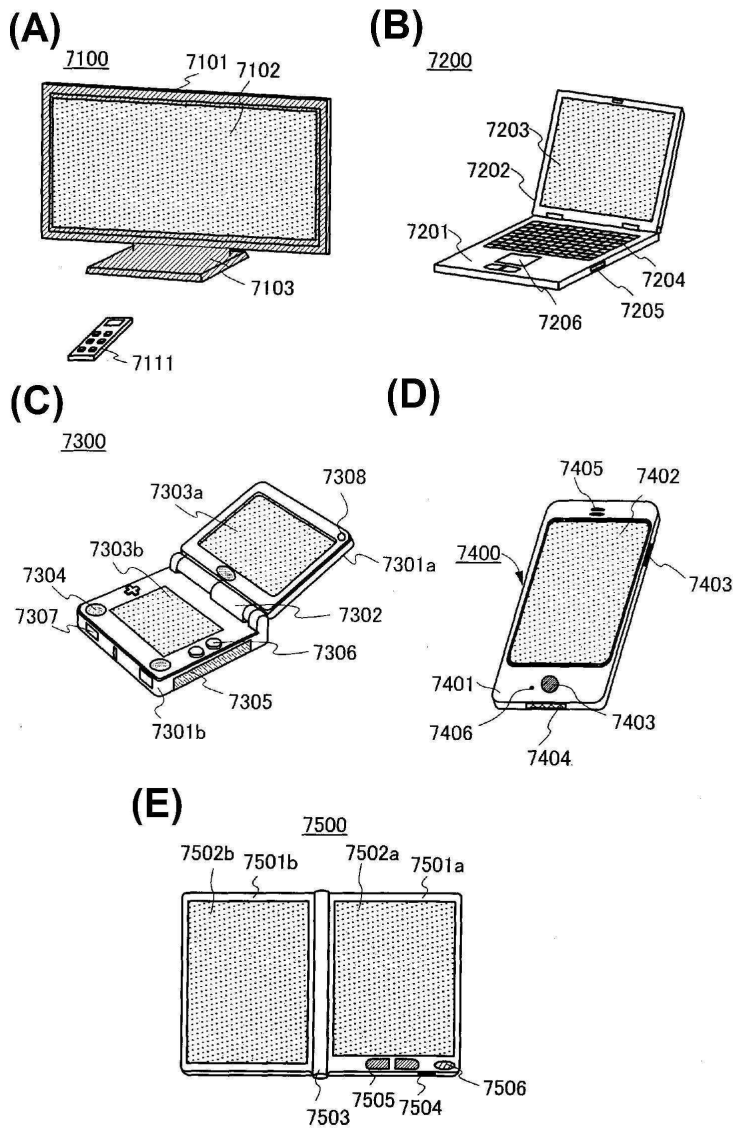
도면3



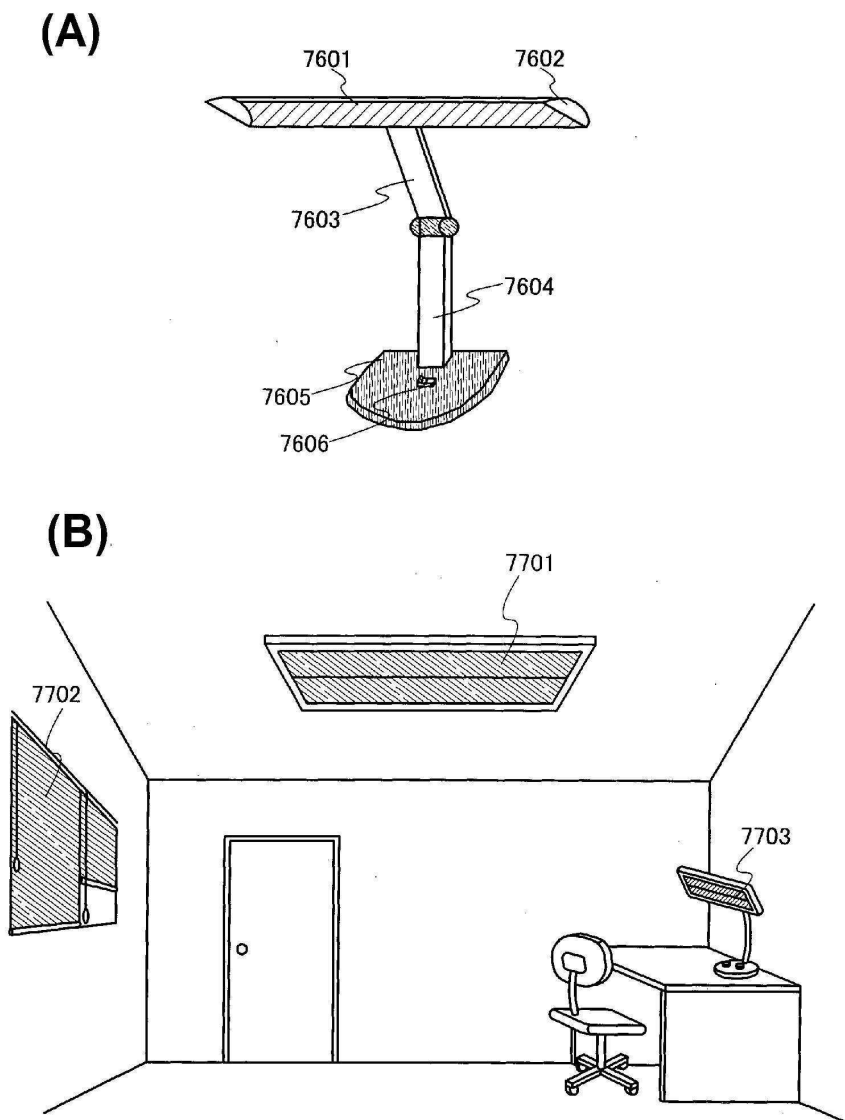
도면4



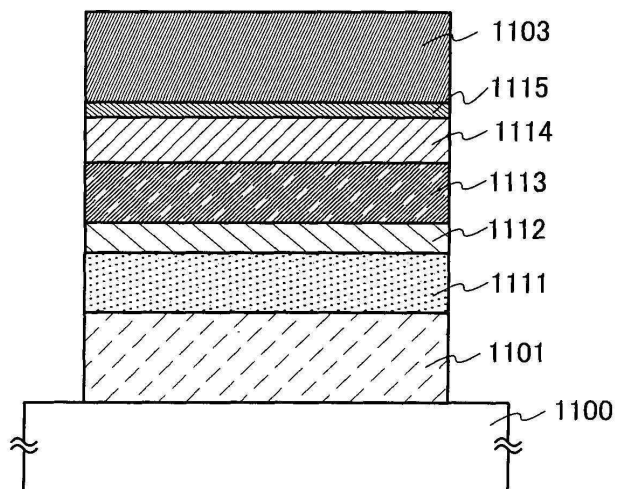
도면5



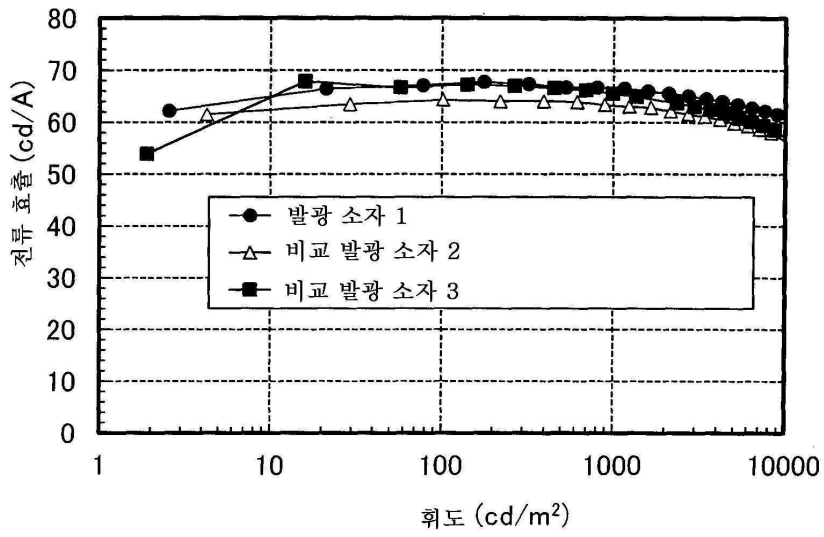
도면6



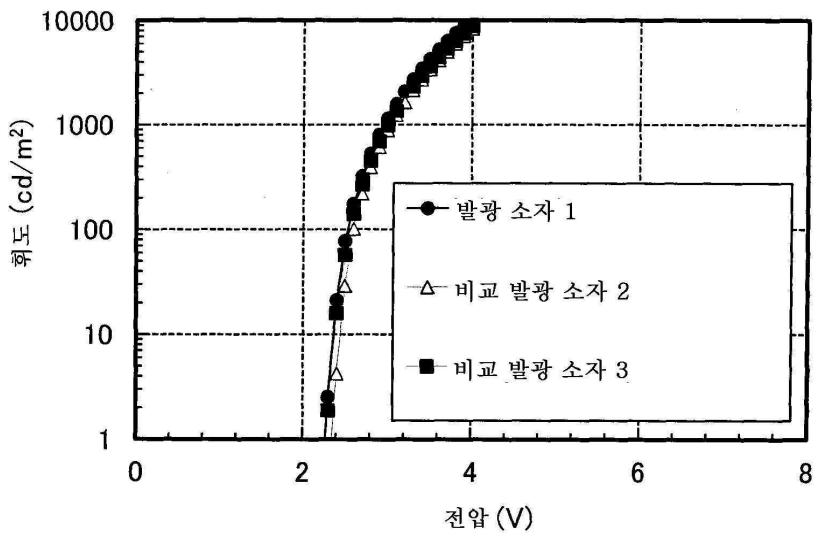
도면7



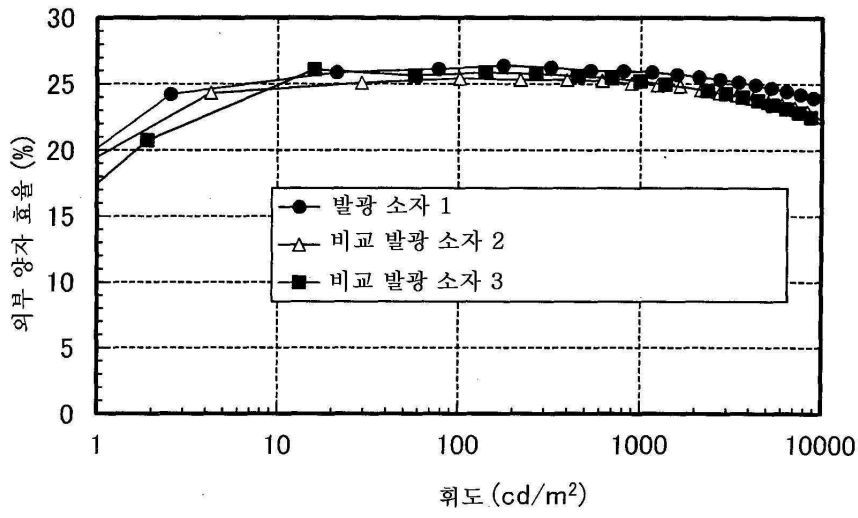
도면8



도면9

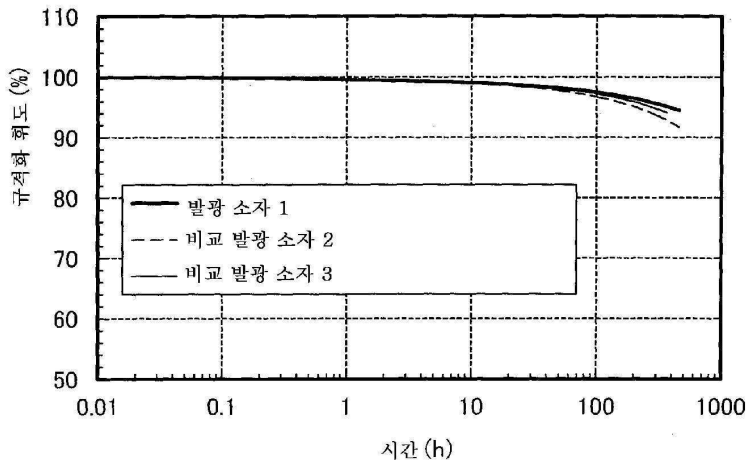


도면10

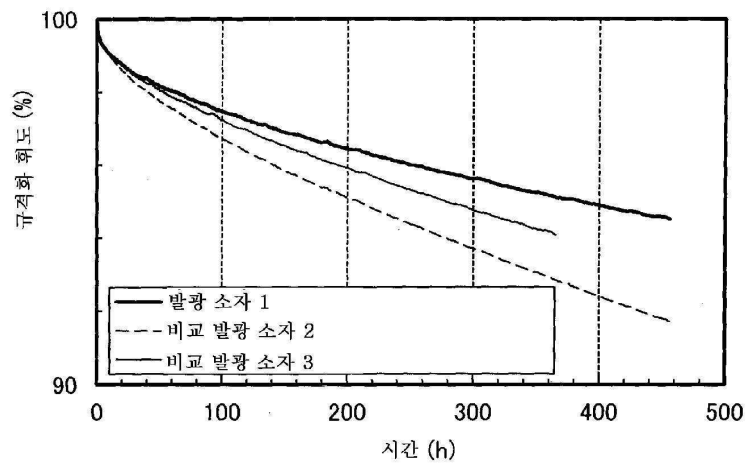


도면11

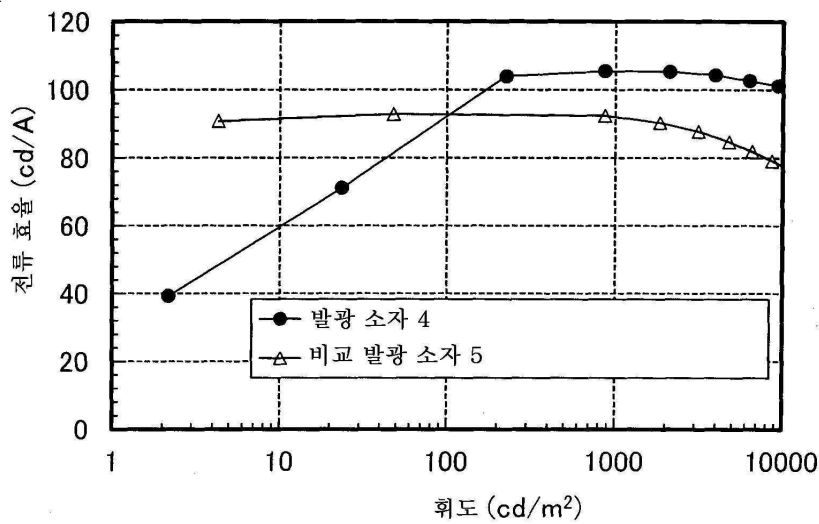
(A)



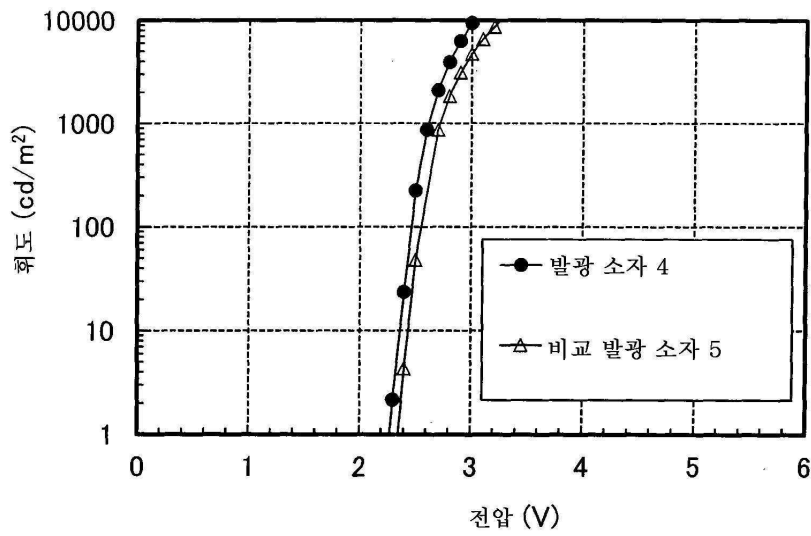
(B)



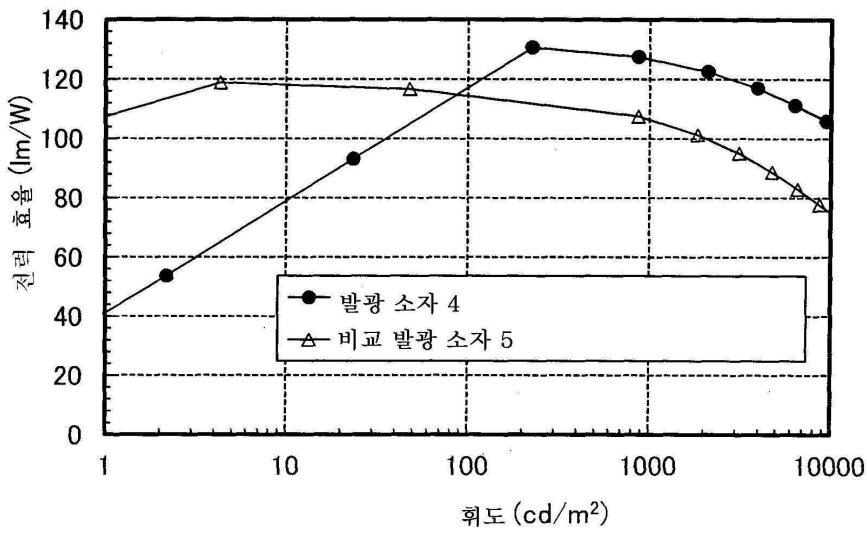
도면12



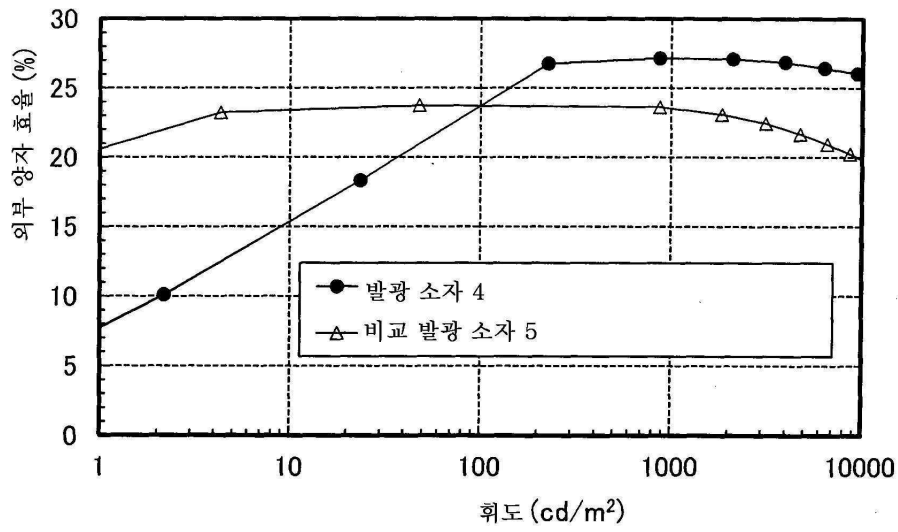
도면13



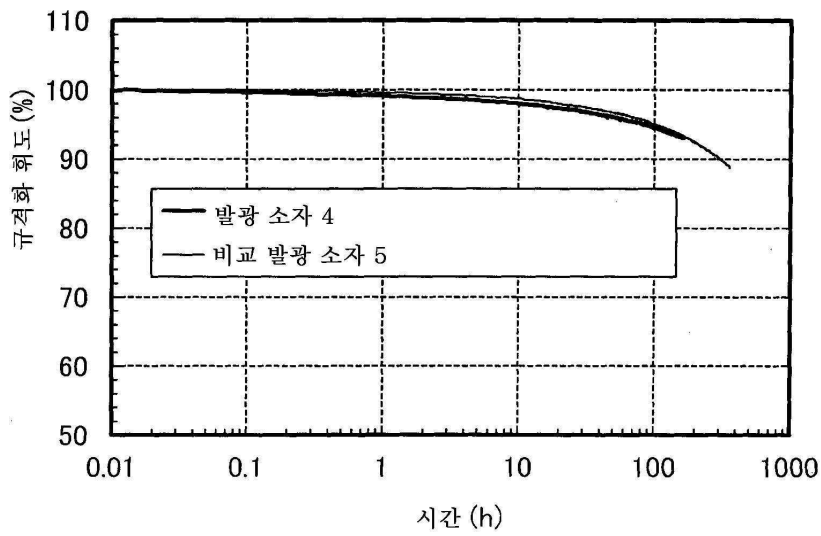
도면14



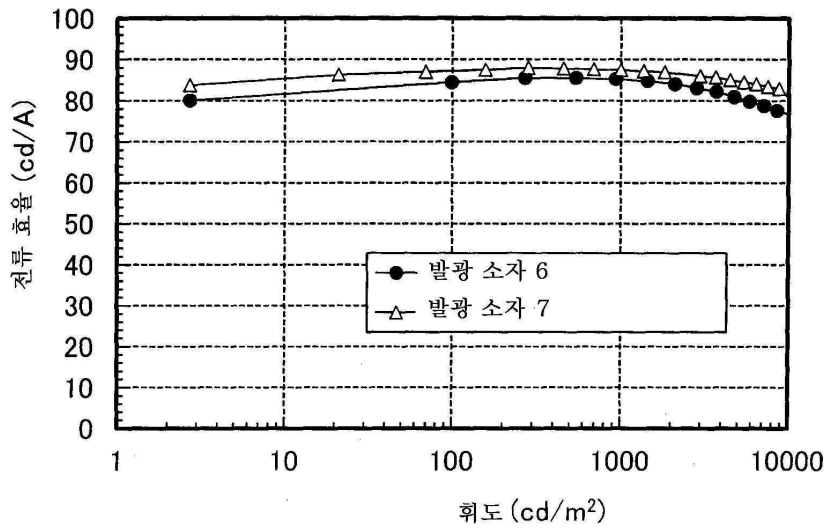
도면15



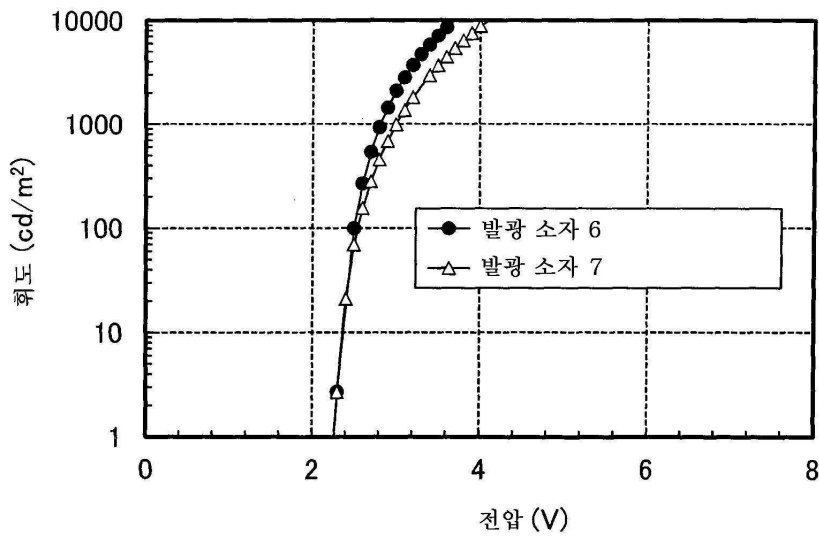
도면16



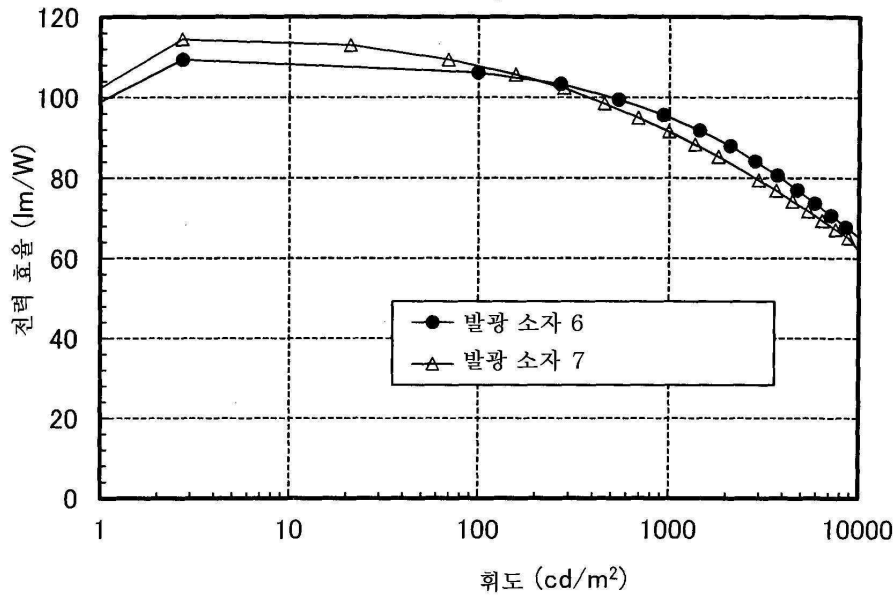
도면17



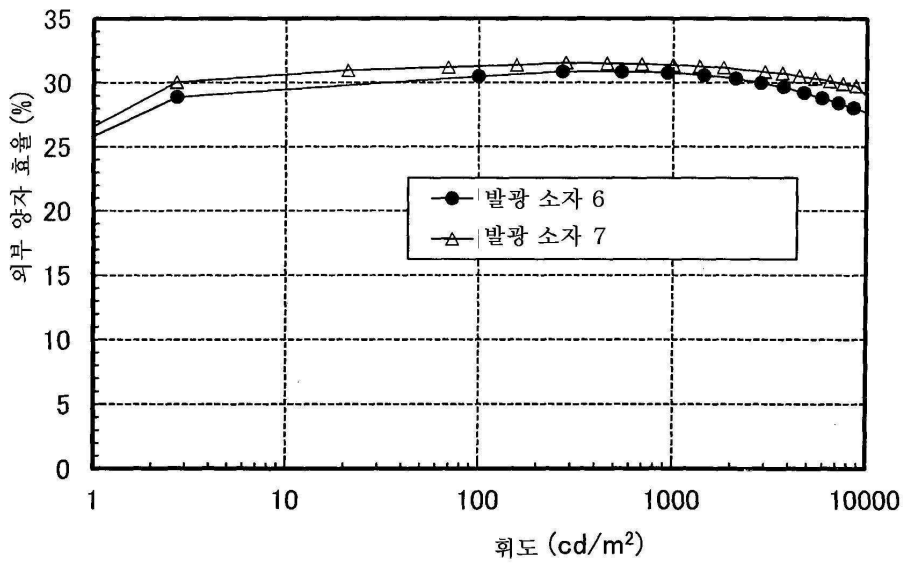
도면18



도면19

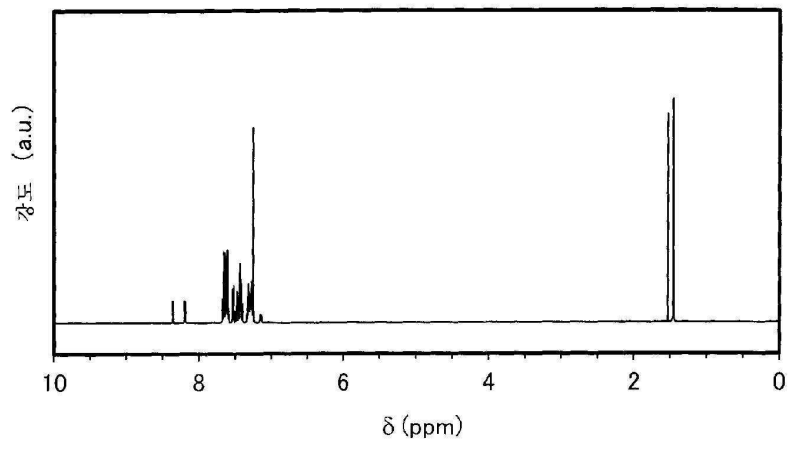


도면20

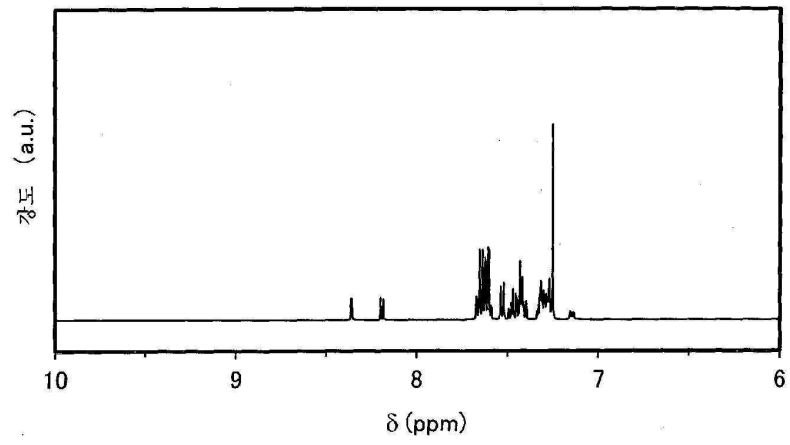


도면21

(A)

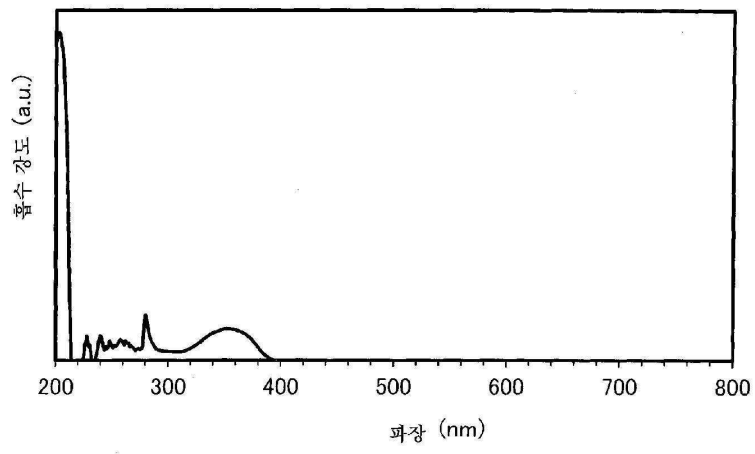


(B)

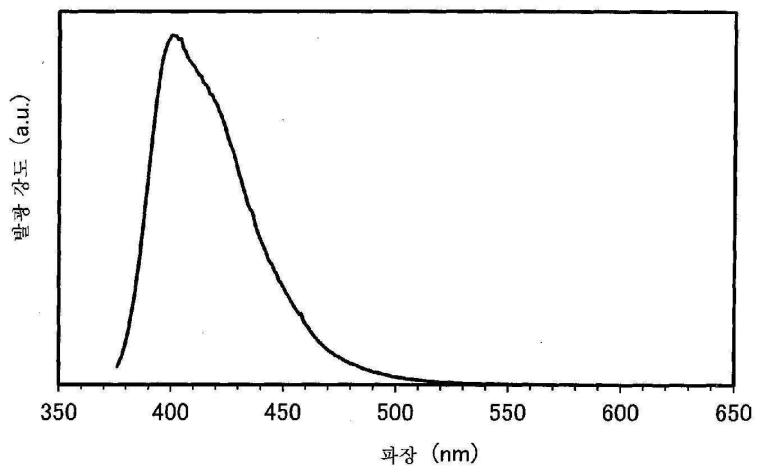


도면22

(A)

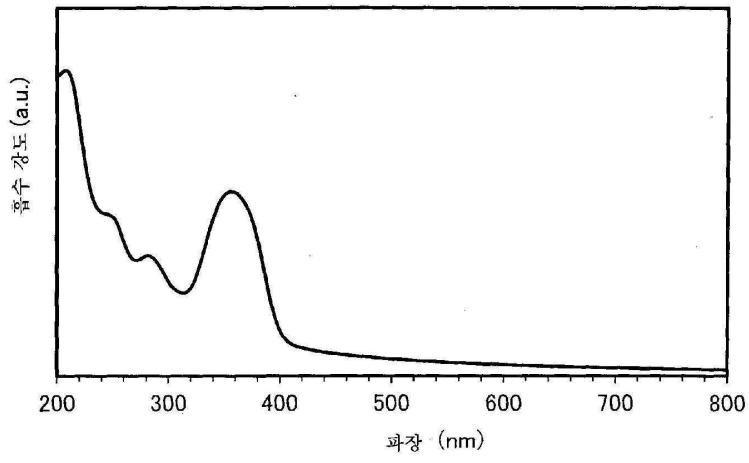


(B)

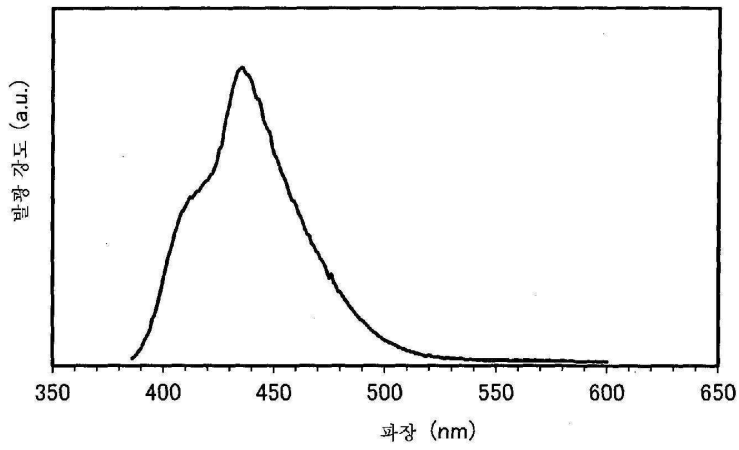


도면23

(A)

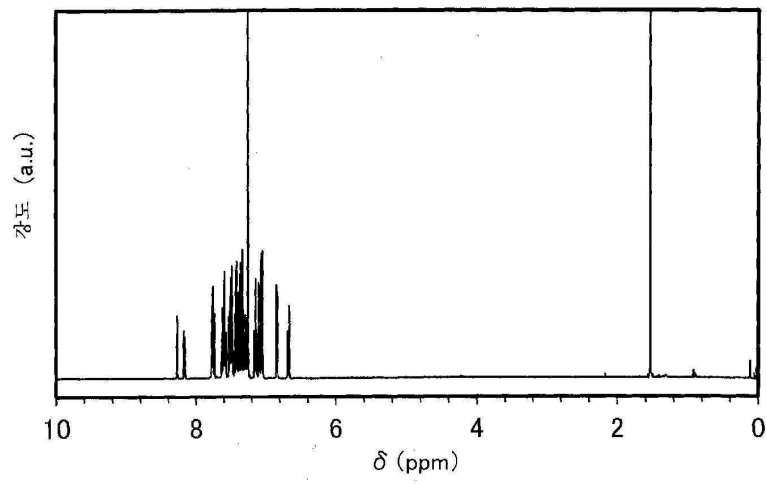


(B)

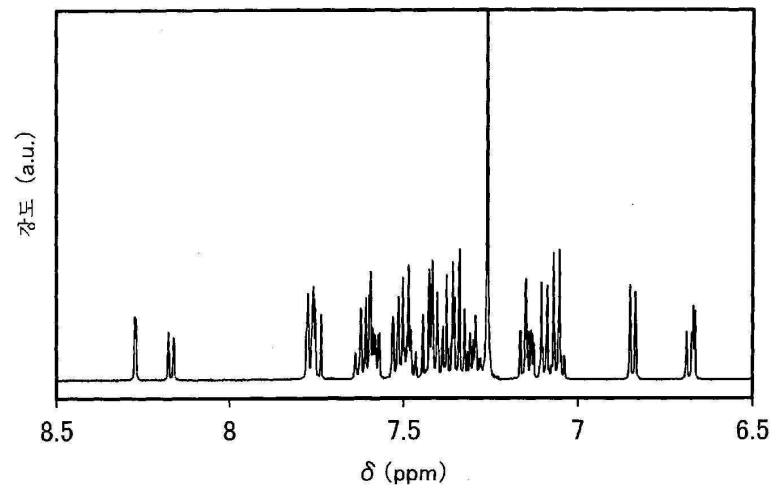


도면24

(A)

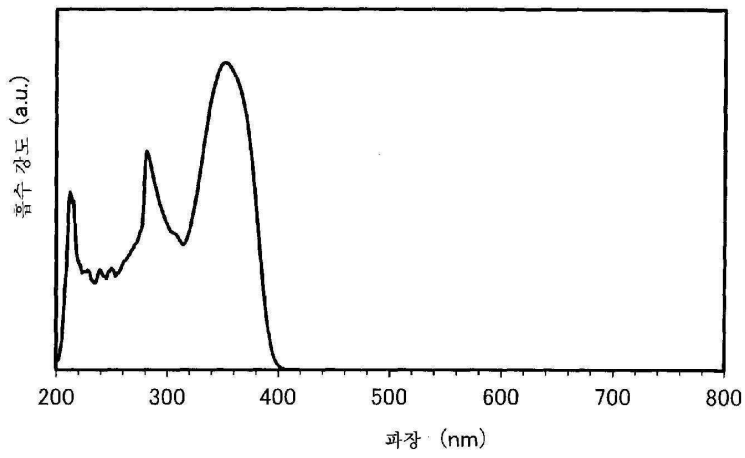


(B)

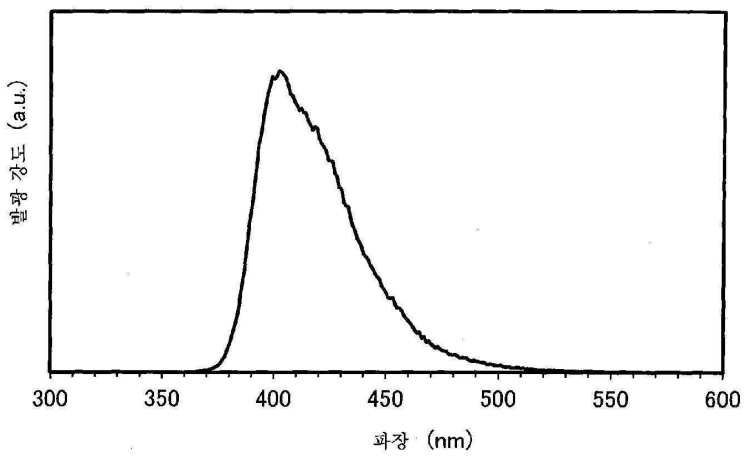


도면25

(A)

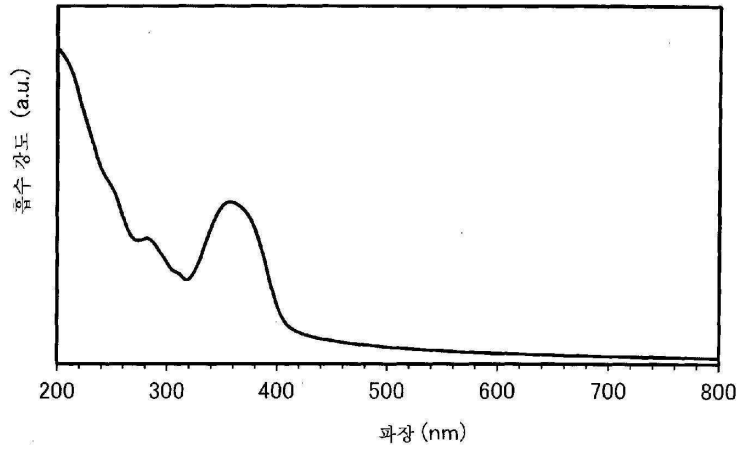


(B)

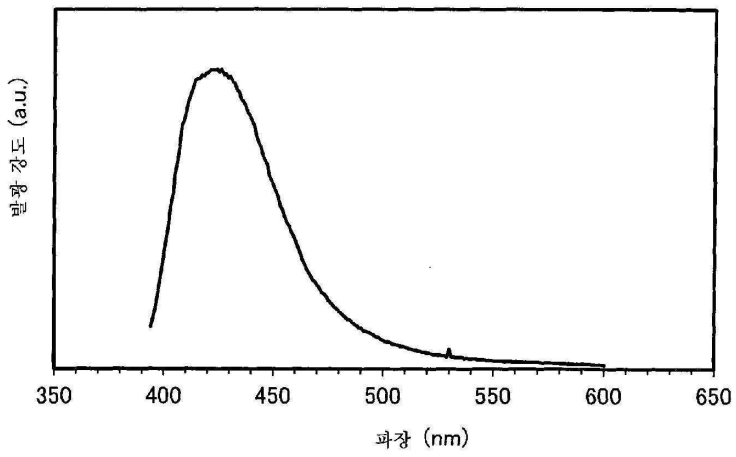


도면26

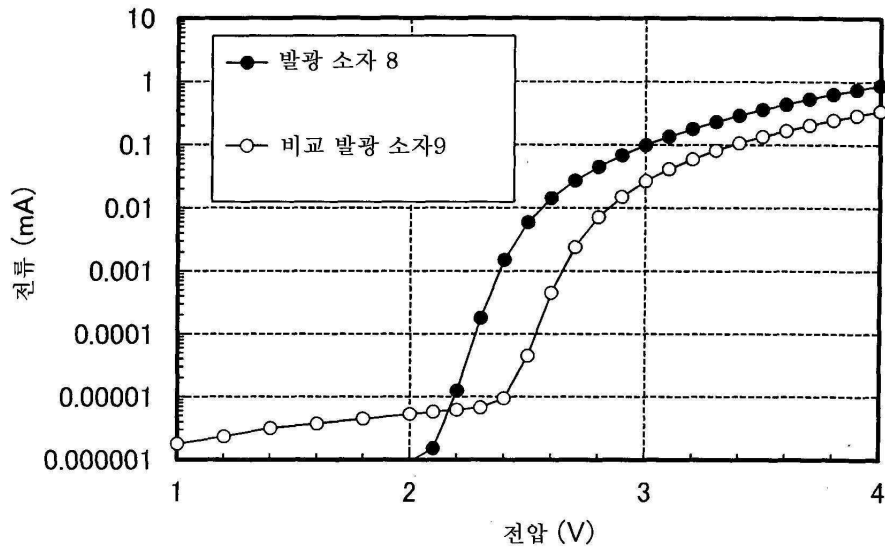
(A)



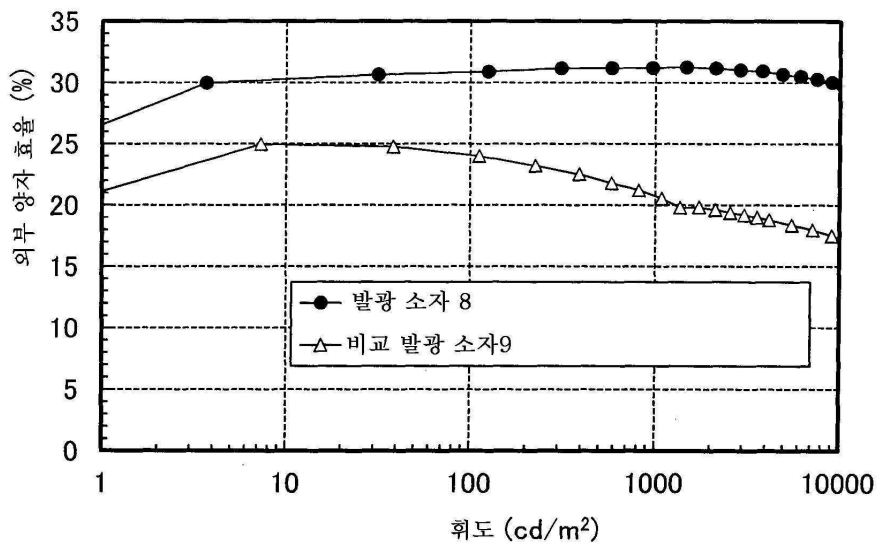
(B)



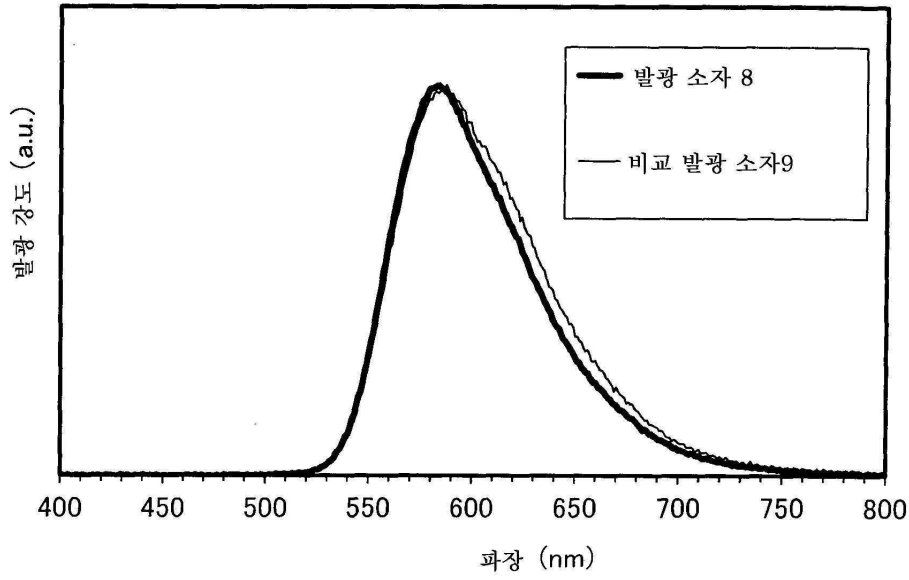
도면27



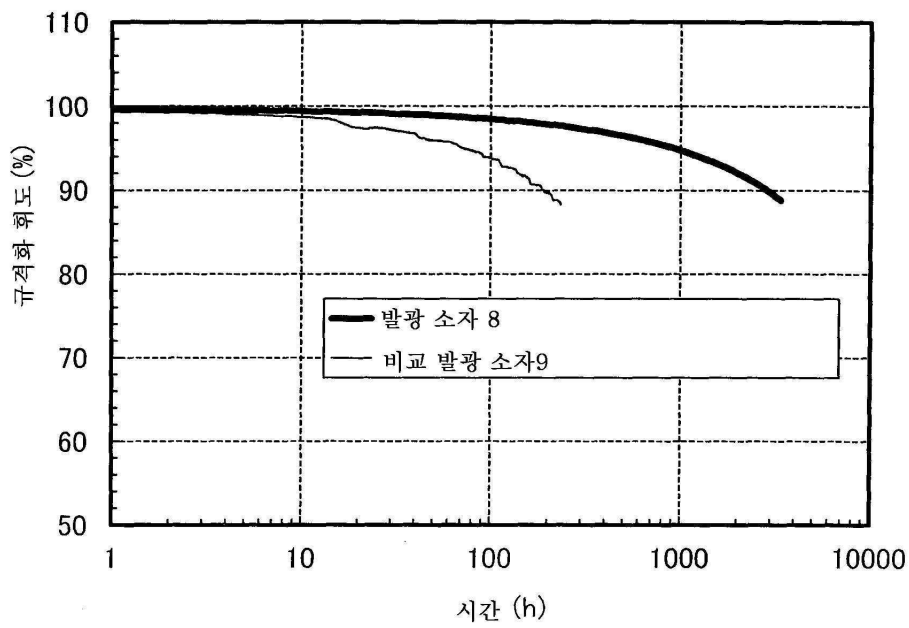
도면28



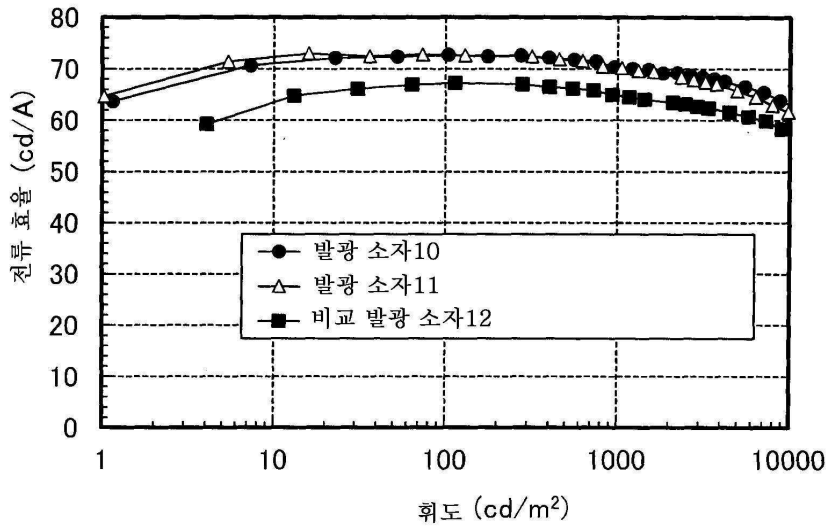
도면29



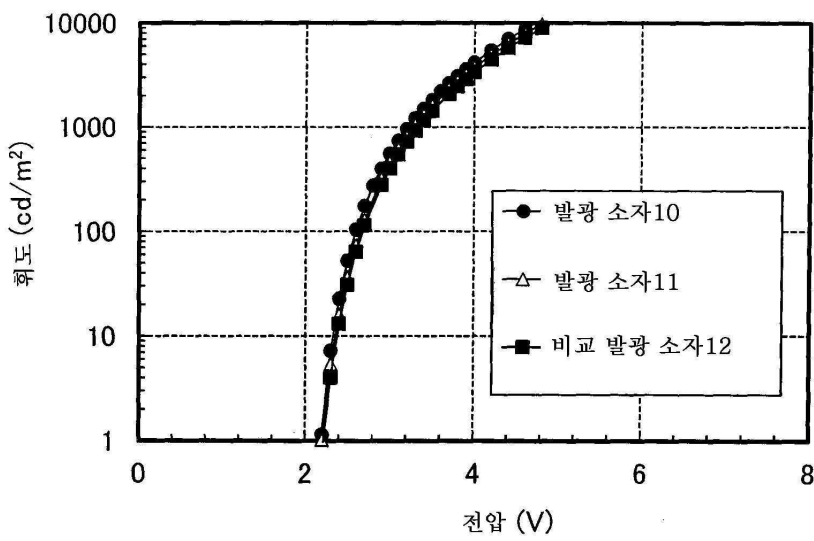
도면30



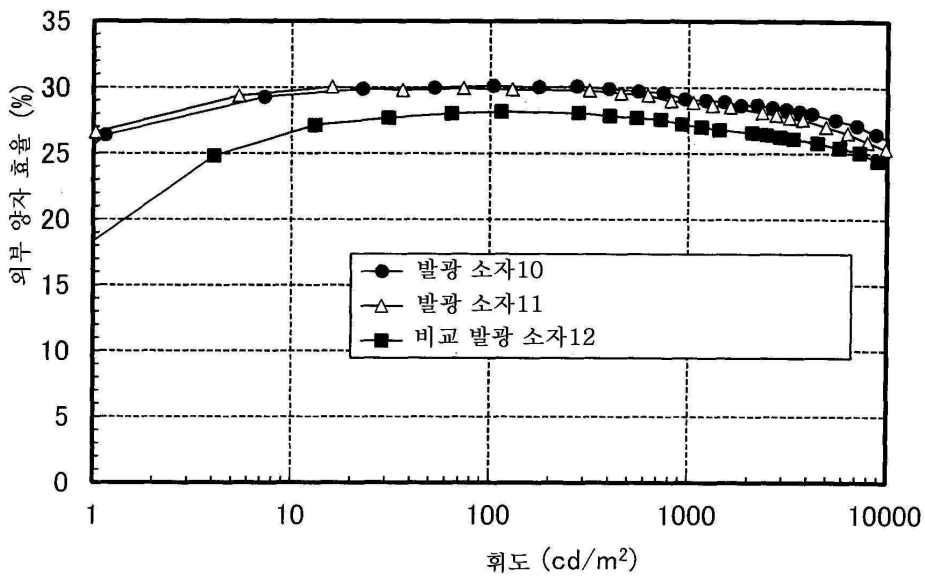
도면31



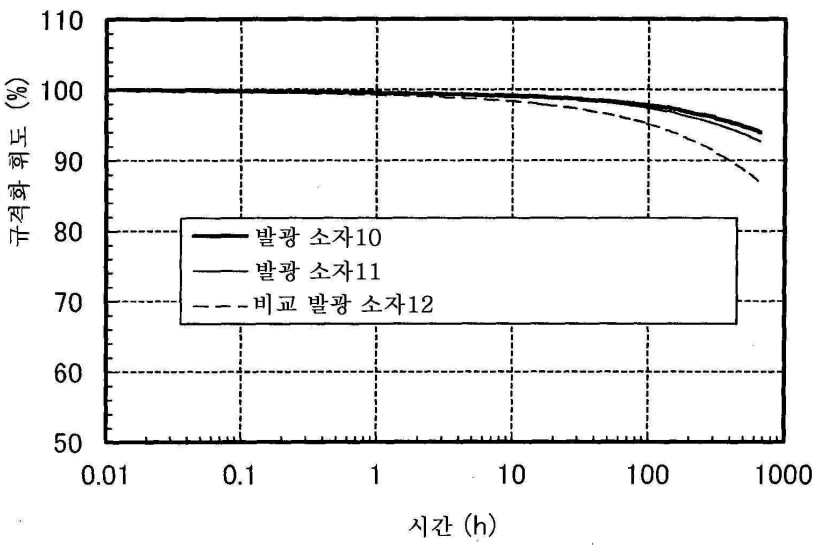
도면32



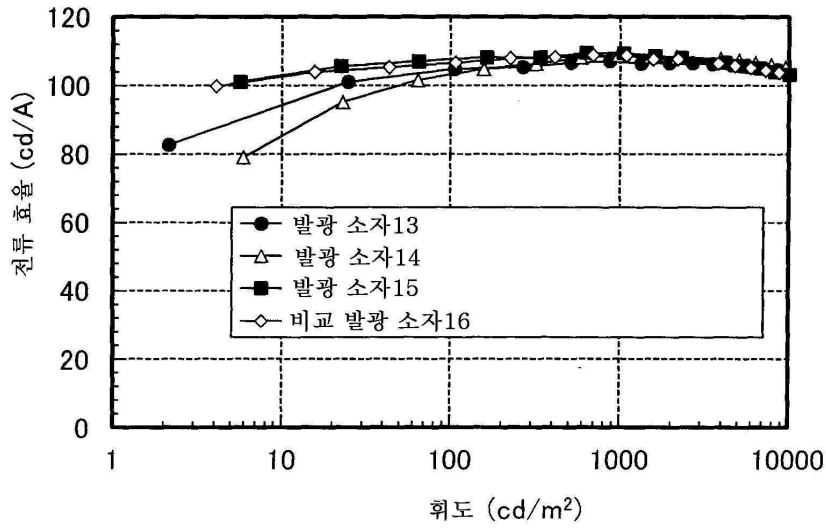
도면33



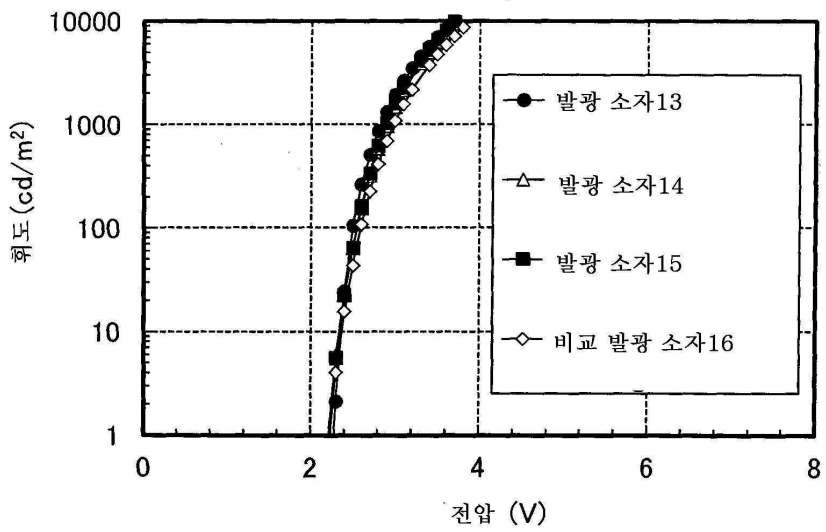
도면34



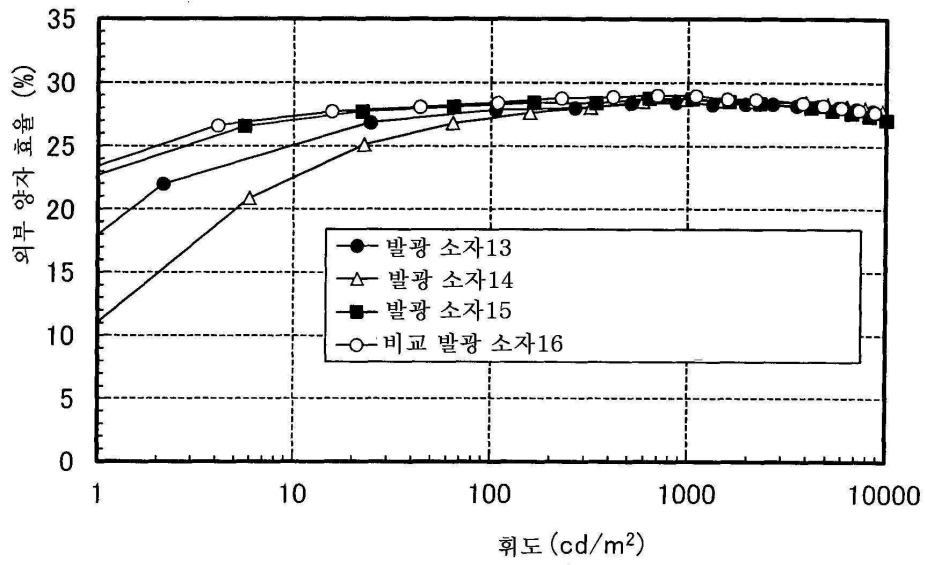
도면35



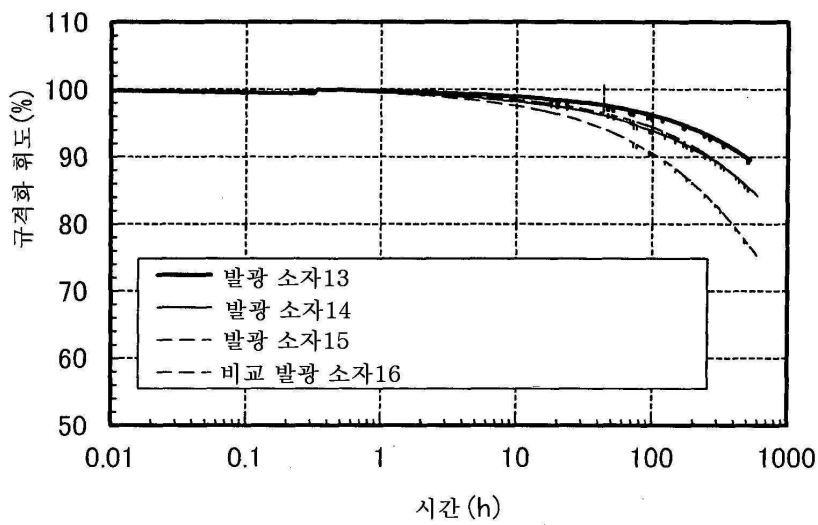
도면36



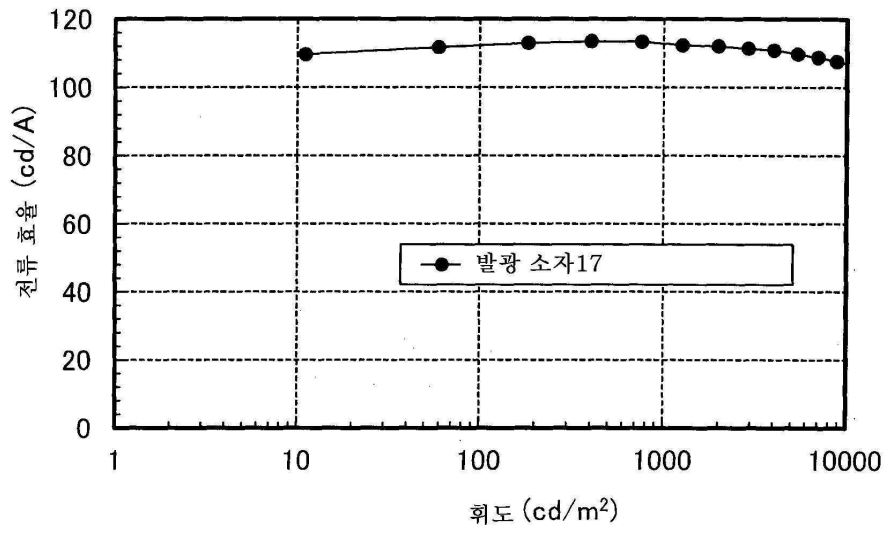
도면37



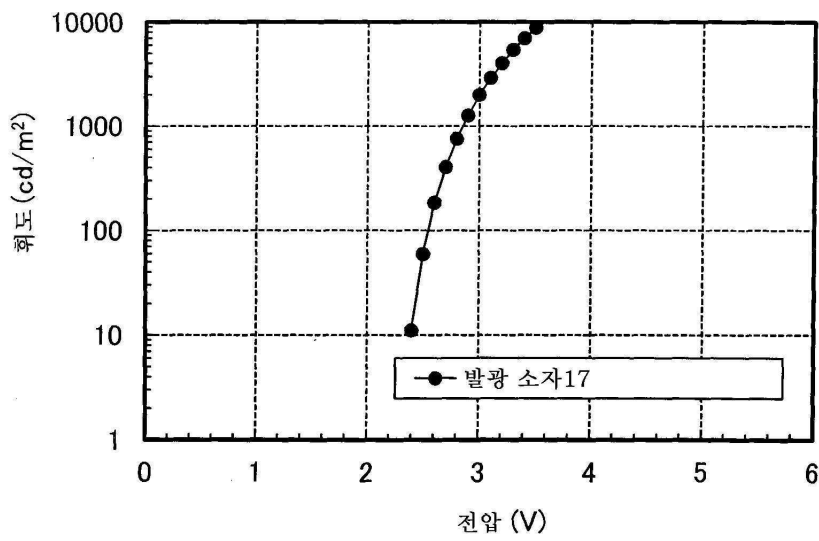
도면38



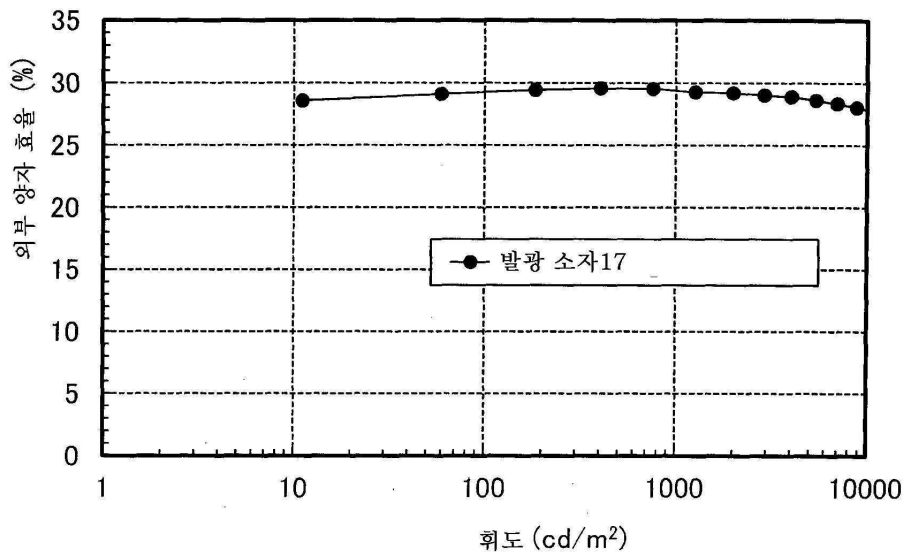
도면39



도면40



도면41



도면42

