



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월07일

(11) 등록번호 10-2752050

(24) 등록일자 2025년01월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 307/77 (2006.01) H10K 50/15 (2023.01)
H10K 85/60 (2023.01)
- (52) CPC특허분류
C07D 307/77 (2013.01)
H10K 50/156 (2023.02)
- (21) 출원번호 10-2023-7018823(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2017년09월04일
심사청구일자 2023년06월30일
- (85) 번역문제출일자 2023년06월02일
- (65) 공개번호 10-2023-0084616
- (43) 공개일자 2023년06월13일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7010355
원출원일자(국제) 2017년09월04일
심사청구일자 2020년09월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2017/055296
- (87) 국제공개번호 WO 2018/051207
국제공개일자 2018년03월22일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-179489 2016년09월14일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020110011647 A

- (73) 특허권자
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
가와카미 사치코
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
다키타 유스케
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김진희, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 9 항

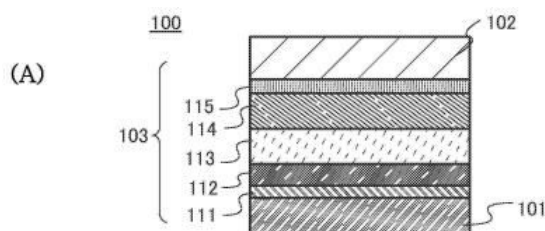
심사관 : 허정오

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

(57) 요약

신규 유기 화합물을 제공한다. 특히, 발광 소자의 소자 특성을 향상시킬 수 있는 신규 유기 화합물을 제공한다. 높은 발광 효율, 낮은 구동 전압, 및 높은 신뢰성을 가지는 신규 발광 소자를 제공한다. 아민 골격 및 벤조[b]나프토[1,2-d]피란 골격을 포함하는 유기 화합물을 제공한다. 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H10K 85/636 (2023.02)

H10K 85/6574 (2023.02)

(72) 발명자

스즈키 츠네히로

일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

세오 사토시

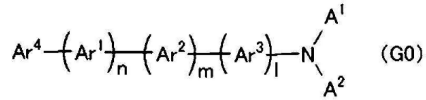
일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 나이

명세서

청구범위

청구항 1

일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하는, 발광 장치:



상기 일반식(G0)에 있어서,

Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 의 각각은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

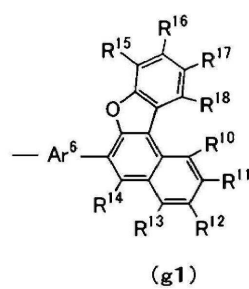
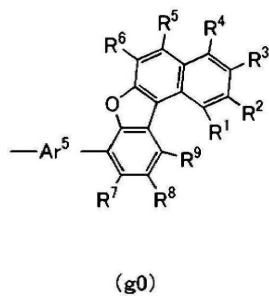
n 은 0 또는 1을 나타내고,

m 은 1을 나타내고,

l 은 0을 나타내고,

A^1 은 일반식(g0) 또는 일반식(g1)을 나타내고,

A^2 는 일반식(g0) 또는 일반식(g1)을 나타내고,



상기 일반식(g0) 또는 일반식(g1)에 있어서,

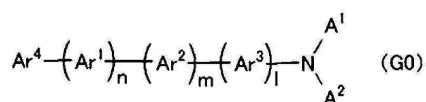
Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

R^1 내지 R^5 및 R^7 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타내고,

R^6 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타낸다.

청구항 2

일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하는, 발광 장치:



상기 일반식(G0)에 있어서,

Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 의 각각은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

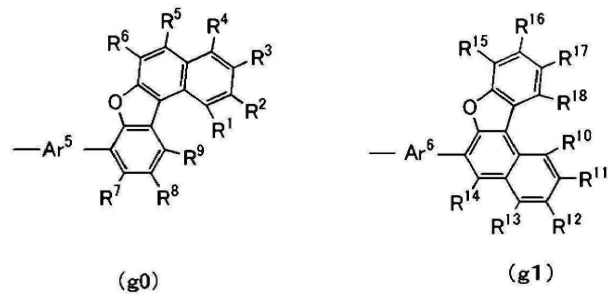
n 은 0 또는 1을 나타내고,

m 은 1을 나타내고,

l 은 0을 나타내고,

A^1 은 일반식(g0) 또는 일반식(g1)을 나타내고,

A^2 는 일반식(g0) 또는 일반식(g1)을 나타내고,



상기 일반식(g0) 또는 일반식(g1)에 있어서,

Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

R^1 내지 R^5 및 R^7 내지 R^8 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타내고,

R^6 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

A^1 과 A^2 는 동일한 구조를 가진다.

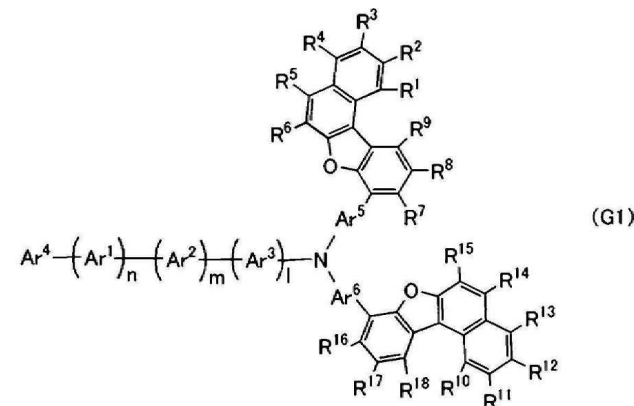
청구항 3

발광 장치로서,

트랜지스터;

상기 트랜지스터에 전기적으로 접속된 전극; 및

일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는, 상기 전극 위에 층을 포함하는, 발광 장치:



상기 일반식(G1)에 있어서,

Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 의 각각은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

n 은 0 또는 1을 나타내고,

m 은 1을 나타내고,

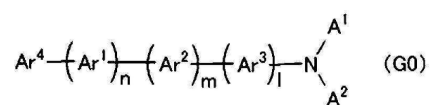
l 은 0을 나타내고,

R^1 내지 R^5 및 R^7 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타내고,

R^6 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타낸다.

청구항 4

일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하는, 발광 장치:



상기 일반식(G0)에 있어서,

Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 의 각각은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

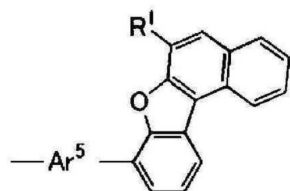
Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

n 은 0 또는 1을 나타내고,

m 은 1을 나타내고,

l 은 0을 나타내고,

A^1 및 A^2 의 각각은 일반식(g0-a)을 나타내고,



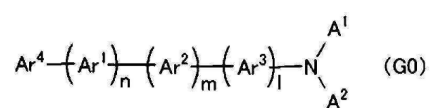
(g0-a)

Ar^5 은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,

R^1 은 치환 또는 비치환된 페닐기를 나타낸다.

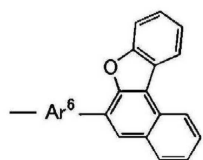
청구항 5

일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하는, 발광 장치:



상기 일반식(G0)에 있어서,

Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 의 각각은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내고,
 Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고,
 n 은 0 또는 1을 나타내고,
 m 은 1을 나타내고,
 l 은 0을 나타내고,
 A^1 및 A^2 의 각각은 일반식(g1-a)을 나타내고,



(g1-a)

Ar^6 은 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타낸다.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

일반식(G1)에서 2개의 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격은 모두 서로 동일한 치환기를 갖는, 발광 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

R^1 내지 R^5 및 R^7 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 또는, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는, 발광 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

R^{15} 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는, 발광 장치.

청구항 9

전자 장치로서,

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 따른 발광 장치를 포함하는 표시부를 포함하는, 전자 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 일 형태는 신규 유기 화합물에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격을 포함하는 방향족 아민 화합물에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는, 각각이 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.

[0002] 또한 본 발명의 일 형태는 상술한 기술분야에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태는 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 일 형태는 반도체 장치, 발광 장치, 표시 장치, 조명 장치, 발광 소자, 또는 이들의 제작 방법에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는 벤조나프토피란 골격을 포함하는 방향족 아민 화합물의 신규 합성 방법에 관한 것이다. 그러므로 본 명세서에 개시(開示)된 본 발명의 일 형태의 구체적인 예에는, 각각이 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치, 그리고 이들의 제작 방법이 포함된다.

배경 기술

[0003] 유기 화합물을 포함하고 일렉트로루미네선스(EL)를 이용하는 발광 소자(유기 EL 소자)가 실용화되고 있다. 이러한 발광 소자의 기본 구조에서는, 발광 재료를 함유하는 유기 화합물층(EL(electroluminescent) layer)이 한 쌍의 전극 사이에 제공된다. 이 소자에 전압을 인가함으로써 캐리어를 주입하고, 상기 캐리어의 재결합 에너지를 사용함으로써, 발광 재료로부터 발광을 얻을 수 있다.

[0004] 상기 발광 소자는 자기 발광 소자이기 때문에, 디스플레이의 화소로서 사용하면, 시인성이 높고 백라이트가 불필요하다는 등의 이점을 가지고, 평판 디스플레이 소자로서 적합하다. 또한, 이러한 발광 소자를 포함하는 디스플레이는 얇고 가벼운 디스플레이로서 제작할 수 있다는 큰 이점도 있다. 또한 응답 속도가 매우 빠르다는 것도 이의 특징이다.

[0005] 이러한 발광 소자에서는, 발광층을 2차원으로 연속적으로 형성할 수 있기 때문에, 면 발광을 얻을 수 있다. 이 특징은, 백열등 및 LED로 대표되는 점 광원 또는 형광등으로 대표되는 선 광원으로는 얻기 어렵다. 또한 유기 화합물로부터의 발광은, 재료를 선택함으로써 UV광을 포함하지 않는 광을 방출할 수 있기 때문에, 조명 장치 등에 사용되는 면 광원으로서의 대단한 잠재력도 가진다.

[0006] 상술한 바와 같이 발광 소자를 포함하는 디스플레이 또는 조명 장치는 다양한 전자 기기에 적합하게 사용될 수 있기 때문에, 더 높은 효율 또는 더 긴 소자 수명을 위하여 발광 소자의 연구 및 개발이 진행되고 있다. 특히, EL층에는 주로 유기 화합물이 사용되고, 발광 소자의 특성 향상에 크게 영향을 미친다. 이러한 이유로, 다양한 신규 유기 화합물이 개발되고 있다.

[0007] 유기 화합물을 포함하는 발광 소자의 수명 및 특성은, 정공 수송 재료의 특성에 의하여 크게 영향을 받는 경우가 있다. 특히, 발광 소자의 수명 및 특성은 정공 수송 재료의 종류에 따라 크게 다르다.

[0008] 일반적으로 방향족 화합물로 대표되는, π 공액계(π conjugated systems)가 분자 전체에 퍼진 화합물이 정공 수송 재료로서 사용된다. 특히, 방향족 아민 화합물이 개발되고 있다. 방향족 아민 화합물의 정공 수송 재료의 특성은, 방향족 골격에 크게 좌우된다.

[0009] 다양한 방향족 골격을 포함하는 방향족 아민 화합물이 보고되고 있고 상기 화합물을 포함하는 발광 소자의 특성 및 신뢰성은 향상되고 있지만, 효율 및 내구성을 포함하는 다양한 특성에 대한 고도의 요구를 아직 만족시키지 못하고 있다(예를 들어 특허문헌 1).

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 국제공개공보 W02009/145016호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 상술한 관점에서, 본 발명의 일 형태의 과제는 신규 유기 화합물을 제공하는 것이다. 특히, 본 발명의 일 형태의 과제는 정공 수송성을 가지는 신규 유기 화합물을 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 수명이 긴 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공하는 것이다.

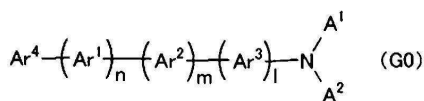
[0012] 본 발명의 일 형태의 다른 과제는, 각각 신뢰성이 높은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 형태의 다른 과제는, 각각 소비전력이 낮은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 제공하는 것이다.

[0013] 또한 이들 과제의 기재는 다른 과제의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서 상기 과제를 모두 달성할 필요는 없다. 다른 과제는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

과제의 해결 수단

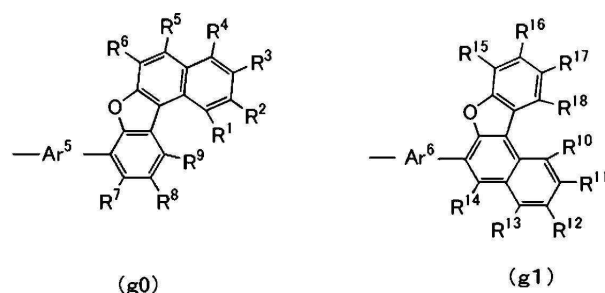
[0014] 본 발명의 일 형태는, 치환 또는 비치환된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격을 2개 포함하는 방향족 아민 화합물이다.

[0015] 따라서 본 발명의 일 형태는 일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0016]

[0017] 일반식(G0)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수(整數)를 나타낸다. 또한 A^1 및 A^2 는 독립적으로, 일반식(g0) 또는 일반식(g1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.



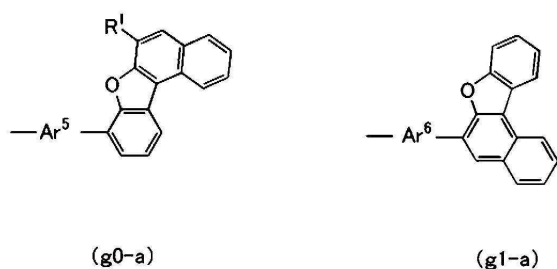
[0018]

[0019] 일반식(g0 및 g1)에서 Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0020] 일반식(g0 및 g1)에서 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 것이 바람직하다.

[0021] 또한 일반식(g0 및 g1)에서 R^6 및 R^{15} 는 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 것이 바람직하다.

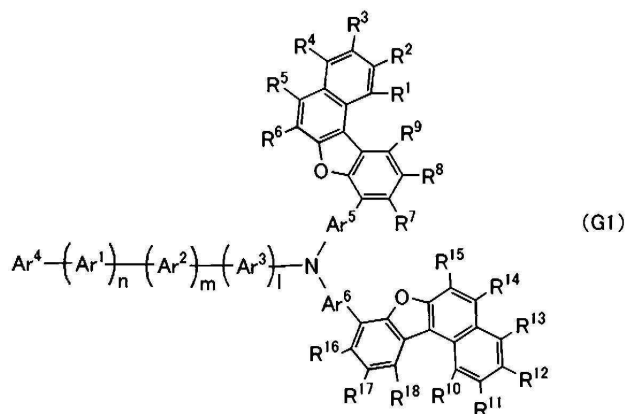
[0022] 본 발명의 다른 일 형태는, 일반식(G0)에서 A^1 및 A^2 가 독립적으로, 일반식(g0-a) 또는 일반식(g1-a)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0023]

[0024] 일반식(g0-a 및 g1-a)에서 Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, R^1 은 수소 또는 치환 또는 비치환된 페닐기를 나타낸다.

[0025] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



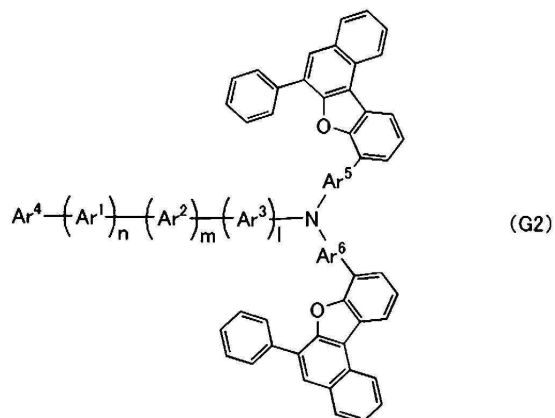
[0026]

[0027] 일반식(G1)에서 Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다. 또한 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0028] 일반식(G1)에서 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 것이 바람직하다.

[0029] 일반식(G1)에서 R^6 및 R^{15} 는 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 것이 바람직하다.

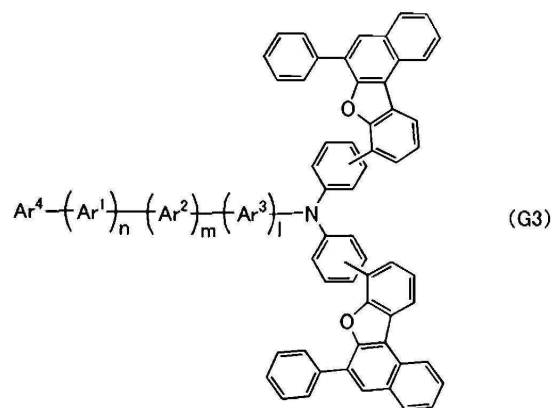
[0030] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0031]

[0032] 일반식(G2)에서 Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

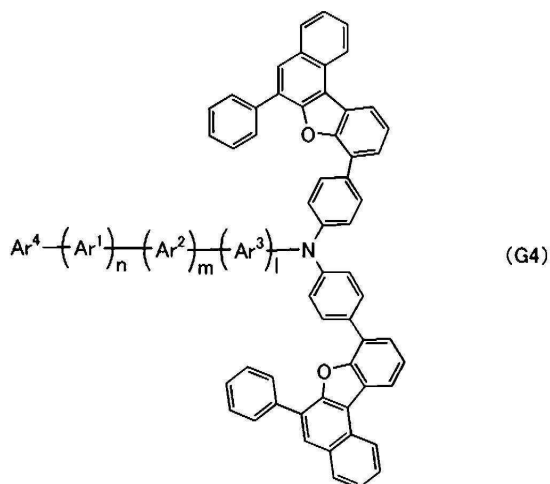
[0033] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0034]

[0035] 일반식(G3)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

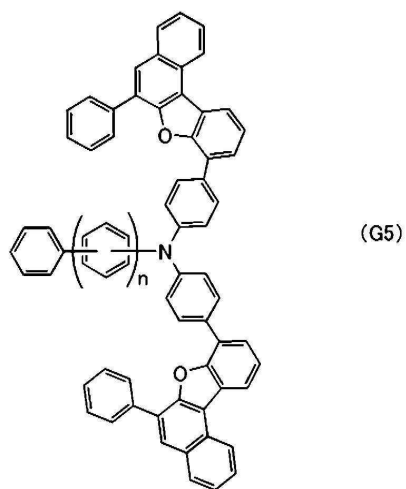
[0036] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0037]

[0038] 일반식(G4)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

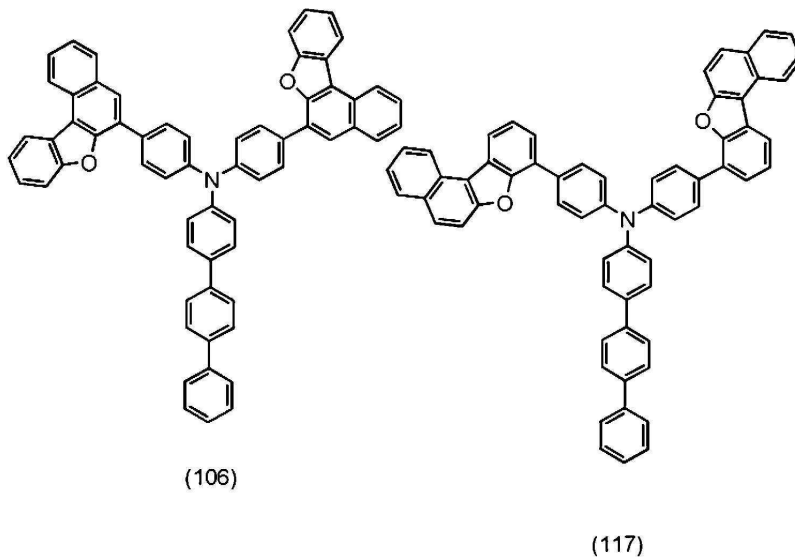
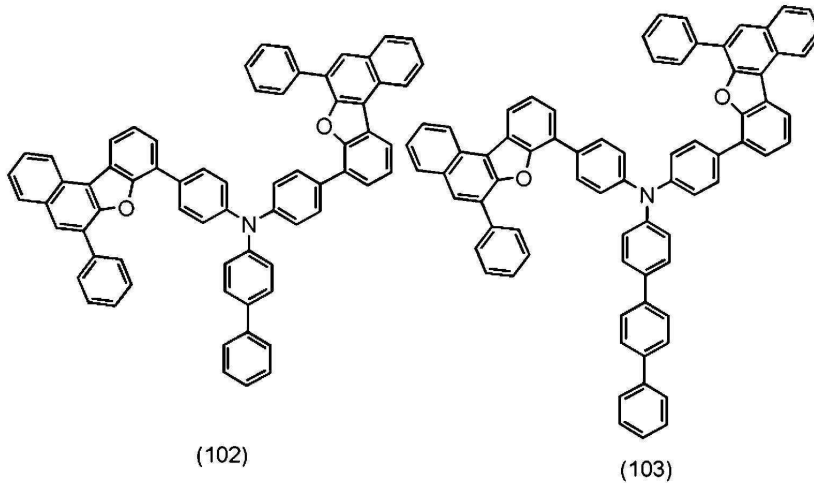
[0039] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0040]

[0041] 일반식(G5)에서 n 은 0 내지 3의 정수를 나타낸다.

[0042] 본 발명의 다른 일 형태는 구조식(102, 103, 106, 및 117) 중 어느 하나로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0043]

[0044] 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 유기 화합물 중 어느 것을 함유하는 발광 소자이다.

[0045] 상술한 형태에서의 발광 소자는, 양극과 음극 사이에 EL층을 포함한다. EL층은 발광층, 정공 수송층, 정공 주입층, 전자 수송층, 및 전자 주입층 중 적어도 하나를 포함한다. 상술한 형태에서 EL층은, 발광층 및 정공 수송층을 포함하는 것이 바람직하다. 정공 수송층은 양극과 발광층 사이에 위치하는 것이 바람직하다. 또한 EL층은 다른 기능층을 포함하여도 좋다.

[0046] 상술한 형태에서, 발광층은 발광 재료를 함유하는 것이 바람직하다.

[0047] 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구조 중 어느 것을 가지는 발광 소자와, 컬러 필터 및 트랜지스터 중 적어도 한쪽을 포함하는 표시 장치이다. 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 표시 장치와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 한쪽을 포함하는 전자 기기이다. 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구조 중 어느 것을 가지는 발광 소자와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 한쪽을 포함하는 조명 장치이다. 본 발명의 일 형태의 범주에는 발광 소자를 포함하는 발광 장치뿐만 아니라, 발광 장치를 포함하는 전자 기기도 포함된다. 따라서, 본 명세서에서 발광 장치란 화상 표시 장치 또는 광원(조명 장치를 포함)을 말한다. 발광 장치는, FPC(flexible printed circuit) 또는 TCP(tape carrier package) 등의 커넥터가 발광 소자에 접속된 모듈, TCP 끝에 프린트 배선판이 제공된 모듈, 또는 COG(chip on glass)법에 의하여 IC(집적 회로)가 발광 소자에 직접 탑재된 모듈에 포함되어도 좋다.

발명의 효과

[0048] 본 발명의 일 형태에 따르면, 신규 유기 화합물을 제공할 수 있다. 특히, 정공 수송성을 가지는 신규 유기 화합물을 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면, 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일

형태에 따르면, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따르면, 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0049] 본 발명의 다른 일 형태에 따르면, 각각 신뢰성이 높은 발광 장치 및 전자 기기를 제공할 수 있다. 본 발명의 다른 일 형태에 따르면, 각각 소비전력이 낮은 발광 장치 및 전자 기기를 제공할 수 있다.

[0050] 또한 이들 효과의 기제는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태에서는, 상기 효과 모두를 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이며 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0051] 첨부 도면에 있어서:

도 1의 (A) 내지 (C)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 모식도이고, 도 1의 (D)는 EL층의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO(highest occupied molecular orbital)라고도 함) 준위와 최저준위 점유 분자궤도(LUMO(lowest unoccupied molecular orbital)라고도 함) 준위의 상관을 나타낸 것.

도 2의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 모식도이고, 도 2의 (C)는 발광층에서의 에너지 준위의 상관을 나타낸 것.

도 3은 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 모식도.

도 4의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.

도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.

도 6은 본 발명의 일 형태의 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도.

도 7의 (A), (B1), 및 (B2)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 모식도.

도 8은 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 회로도.

도 9의 (A) 및 (B)는 본 발명의 일 형태의 표시 장치에서의 회로도 및 모식도.

도 10은 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 모식도.

도 11은 본 발명의 일 형태의 표시 장치의 모식도.

도 12의 (A) 내지 (D)는 본 발명의 일 형태의 전자 기기를 각각 도시한 것.

도 13은 본 발명의 일 형태의 광원 장치를 도시한 것.

도 14는 본 발명의 일 형태의 조명 장치를 도시한 것.

도 15는 본 발명의 일 형태의 조명 장치를 도시한 것.

도 16은 본 발명의 일 형태의 차량용 표시 장치 및 조명 장치를 도시한 것.

도 17의 (A) 및 (B)는 실시예에서의 화합물의 NMR 차트를 나타낸 것.

도 18의 (A) 및 (B)는 실시예에서의 화합물의 NMR 차트를 나타낸 것.

도 19는 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 20은 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 21의 (A) 및 (B)는 실시예에서의 화합물의 NMR 차트를 나타낸 것.

도 22는 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 23은 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 24는 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

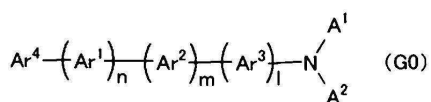
도 25는 실시예에서의 발광 소자의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 26은 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

- 도 27은 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
 도 28은 실시예에서의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 나타낸 것.
 도 29의 (A) 및 (B)는 실시예에서의 화합물의 NMR 차트를 나타낸 것.
 도 30은 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
 도 31은 실시예에서의 화합물의 흡수 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
 도 32는 실시예에서의 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.
 도 33은 실시예에서의 발광 소자의 전류 밀도-전압 특성을 나타낸 것.
 도 34는 실시예에서의 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.
 도 35는 실시예에서의 발광 소자의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것.
 도 36은 실시예에서의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 나타낸 것.

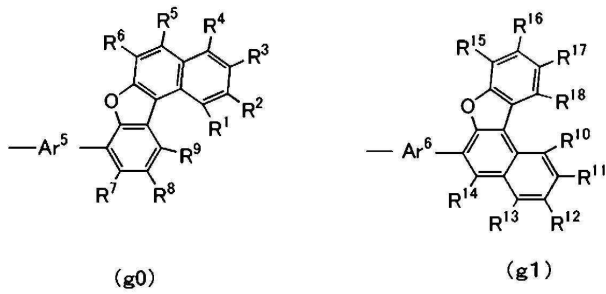
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0052] 본 발명의 실시형태에 대하여 이하에서 설명한다. 또한, 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어남이 없이 여기에 개시된 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다는 것은, 통상의 기술자에 의하여 쉽게 이해된다. 따라서, 본 발명은 이하의 실시형태의 기재에 한정하여 해석되는 것은 아니다.
- [0053] 또한, 본 명세서에서 설명하는 각 도면에서, 양극, EL층, 중간층, 및 음극 등 구성 요소의 크기 및 두께 등은, 명료화를 위하여 과장되어 있는 경우가 있다. 그러므로, 구성 요소의 크기는 도면의 크기 및 구성 요소들 사이의 상대적인 크기에 한정되지 않는다.
- [0054] 또한 본 명세서 등에서, "제 1", "제 2", 및 "제 3" 등의 서수사는 편의상 사용되는 것이고, 단계의 순서 또는 위치 관계 등을 나타내는 것은 아니다. 그러므로, 예를 들어, "제 1"을 "제 2" 또는 "제 3"으로 적절히 바뀌도 설명할 수 있다. 또한, 본 명세서 등에서의 서수는 본 발명의 일 형태를 특정하는 것과 반드시 같을 필요는 없다.
- [0055] 본 명세서 등에서 설명하는 본 발명의 구조에 있어서, 상이한 도면에서 같은 부분 또는 비슷한 기능을 가지는 부분은 같은 부호로 나타내어지고, 이러한 부분에 대한 설명은 반복하지 않는다. 또한 비슷한 기능을 가지는 부분에는 같은 해칭 패턴을 적용하고, 그 부분을 특별히 부호로 나타내지 않는 경우가 있다.
- [0056] 본 명세서에서, 색은 색상(단색의 광의 파장에 상당함), 채도(선명도, 즉 백색과 상이한 정도), 및 명암도(밝기, 즉 광의 강도)의 3개의 측면으로 규정된다. 본 명세서에서, 색은 상기 3개의 측면 중 하나만으로 규정되어도 좋고, 임의로 선택된 2개의 측면으로 규정되어도 좋다. 본 명세서에서, 2개의 광의 색들 간의 차이란, 상술한 3개의 측면 중 적어도 하나에 차이가 있다는 것을 의미하고, 2개의 광의 스펙트럼 형상 또는 스펙트럼에서의 피크들의 상대 강도의 분포에 차이가 있다는 것을 포함한다.
- [0057] 또한, "막" 및 "층"이란 용어는 경우 또는 상황에 따라 서로 바꿀 수 있다. 예를 들어, "도전층"이라는 용어를 "도전막"이라는 용어로 변경할 수 있는 경우가 있고, "절연막"이라는 용어를 "절연층"이라는 용어로 변경할 수 있는 경우가 있다.
- [0058] (실시형태 1)
- [0059] 본 실시형태에서는, 예를 들어 본 발명의 일 형태의 유기 화합물에 대하여 이하에서 설명한다.
- [0060] 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 일반식(G0)으로 나타내어진다.



- [0061]
- [0062] 일반식(G0)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소를 나타내고, n , m , 및 l 은 독

립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다. 또한 A^1 및 A^2 는 독립적으로, 일반식(g0 또는 g1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.

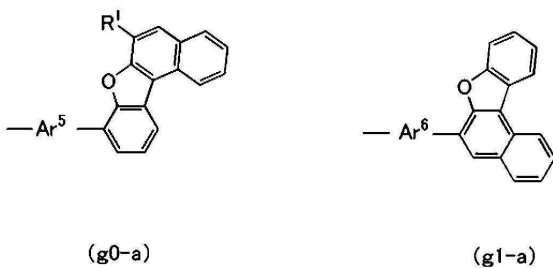


일반식(g0 및 g1)에서 Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

본 발명의 다른 일 형태는, 일반식(g0 및 g1)에서 R^1 내지 R^{18} 이 독립적으로, 수소 또는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 유기 화합물이다.

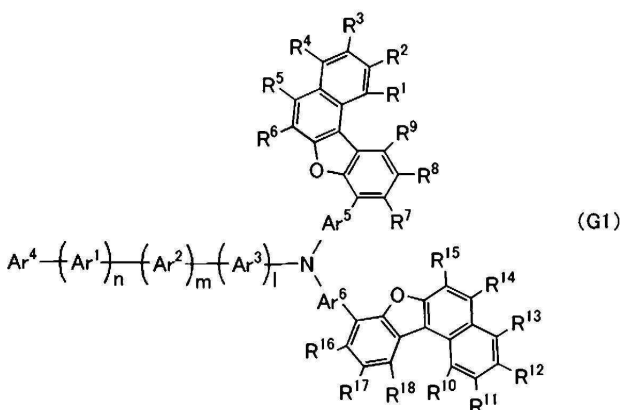
본 발명의 다른 일 형태는, 일반식(g0 및 g1)에서 R^6 및 R^{15} 가 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타내는 유기 화합물이다.

본 발명의 다른 일 형태는, 일반식(G0)에서 A^1 및 A^2 가 독립적으로, 일반식(g0-a 또는 g1-a)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.



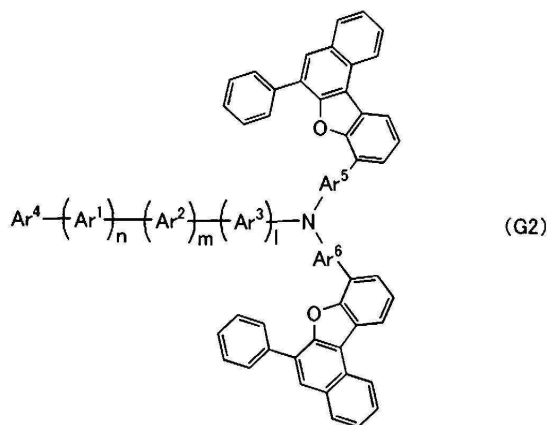
일반식(g0-a 및 g1-a)에서 Ar^5 및 Ar^6 이 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, R^1 은 수소 또는 치환 또는 비치환된 페닐기를 나타낸다.

본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 화합물이다. 상기 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가, 상기 유기 화합물에서의 큰 치환기인 벤조[b]나프토[1,2-d]푸란 골격까지 확산되기 때문에, 높은 캐리어 수송성을 얻을 수 있다. 이러한 구조에 의하여, 유기 화합물은 높은 T1 준위를 가질 수 있다.



[0072] 일반식(G1)에서 Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다. 또한 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

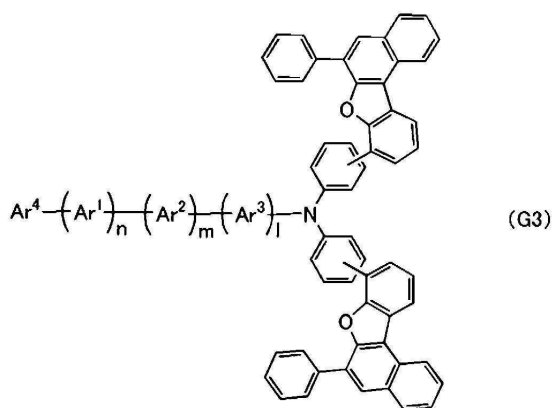
[0073] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 화합물이다. 상기 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 높은 캐리어 수송성을 얻을 수 있다. 이러한 구조에 의하여, 유기 화합물은 높은 T1 준위를 가질 수 있다.



[0074]

[0075] 일반식(G2)에서 Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

[0076] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 화합물이다. 상기 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가, 상기 유기 화합물에서의 큰 치환기인 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 높은 캐리어 수송성을 얻을 수 있다. 또한 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 화합물에서는, 페닐렌기를 통하여 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격의 8위치에 아미노기가 결합되기 때문에, π 공액계가 확산되는 경우에도 유기 화합물은 높은 T1 준위를 가질 수 있다.

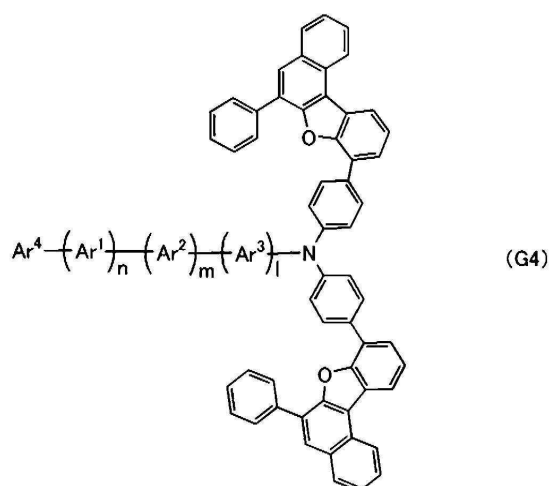


[0077]

[0078] 일반식(G3)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

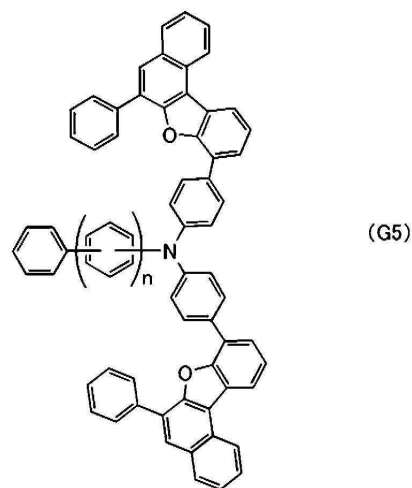
[0079] 본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 화합물이다. 상기 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가, 상기 유기 화합물에서의 큰 치환기인 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 높은 캐리어 수송성을 얻을 수 있다. 또한 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 화합물에서는, 페닐렌기를 통하여 벤조

[b]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격의 8위치에 아미노기가 결합되기 때문에, π 공액계가 확산되는 경우에도 유기 화합물은 높은 T1 준위를 가질 수 있다.



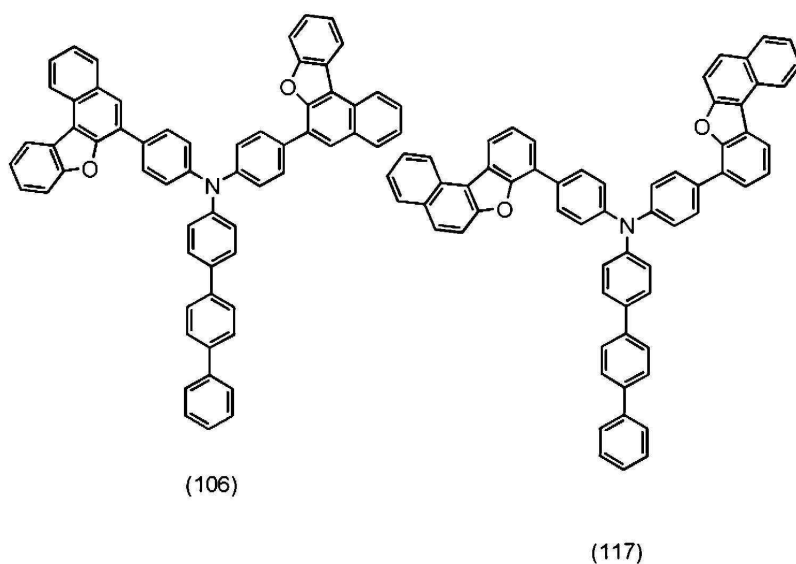
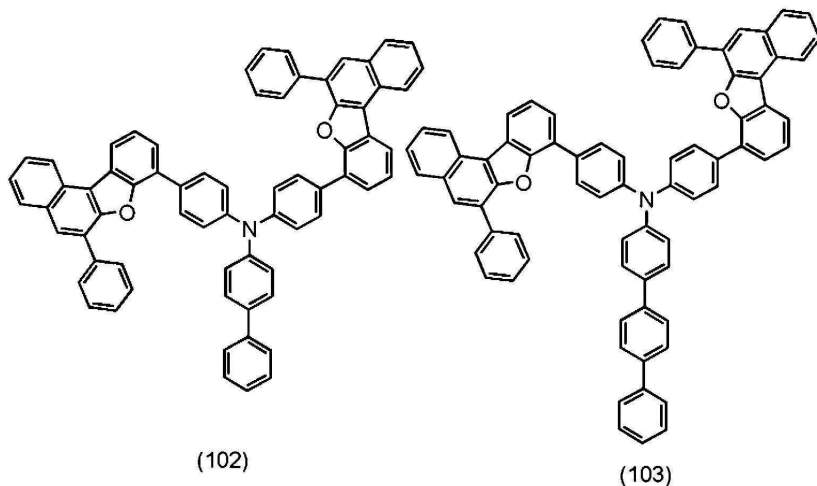
일반식(G4)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다.

본 발명의 다른 일 형태는 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 화합물이다. 상기 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가, 상기 유기 화합물에서의 큰 치환기인 벤조[b]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 높은 캐리어 수송성을 얻을 수 있다. 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 화합물에서는, 페닐렌기를 통하여 벤조[b]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격의 8위치에 아미노기가 결합되기 때문에, π 공액계가 확산되는 경우에도 유기 화합물은 높은 T1 준위를 가질 수 있다.



또한 일반식(G5)에서 n 은 0 내지 3의 정수를 나타낸다.

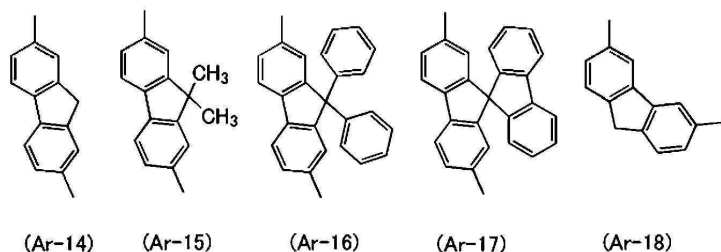
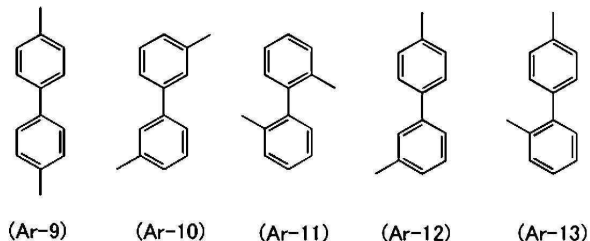
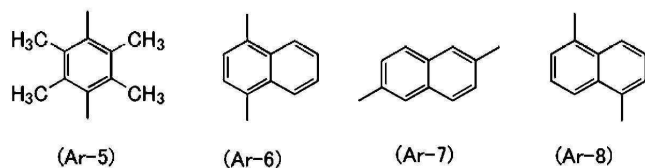
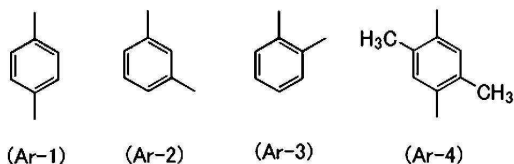
[0085] 본 발명의 다른 일 형태는 구조식(102, 103, 106, 및 117) 중 어느 하나로 나타내어지는 유기 화합물이다.



[0086]

[0087] <치환기의 예>

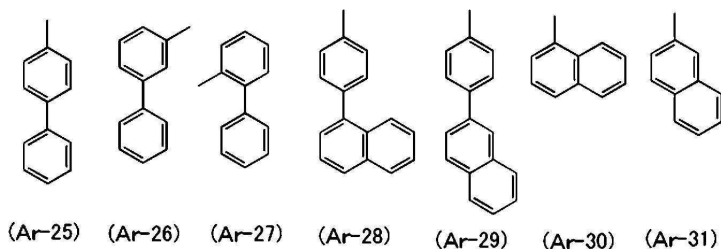
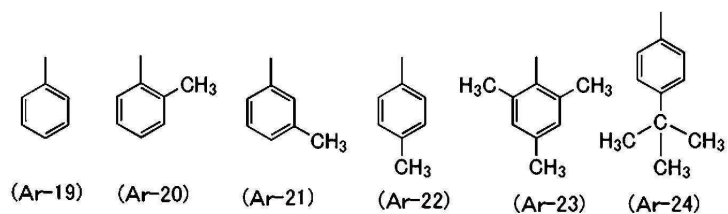
[0088] 일반식(G0 내지 G4) 및 일반식(g0 및 g1)에서는, Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 으로 나타내어지는 2가의 방향족 탄화수소기의 예에 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐-다이일기, 9H-플루오렌-다이일기, 및 9,9'-스파이로바이[9H-플루오렌]-다이일기가 포함된다. 구체적으로는, 구조식(Ar-1 내지 Ar-18)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 Ar^1 , Ar^2 , Ar^3 , Ar^5 , 및 Ar^6 으로 나타내어지는 기는 이들에 한정되지 않고 각각 치환기를 포함하여도 좋다.



[0089]

[0090]

일반식(G0 내지 G4) 및 일반식(g0 및 g1)에서는, Ar^4 로 나타내어지는 방향족 탄화수소기의 예에 페닐기, 나프틸기, 및 이들의 조합에 의하여 얻어지는 치환기가 포함된다. 구체적으로는, 구조식(Ar-19 내지 Ar-31)으로 나타내어지는 기를 사용할 수 있다. 또한 Ar^4 로 나타내어지는 기는 이들에 한정되지 않고 치환기를 포함하여도 좋다.



[0091]

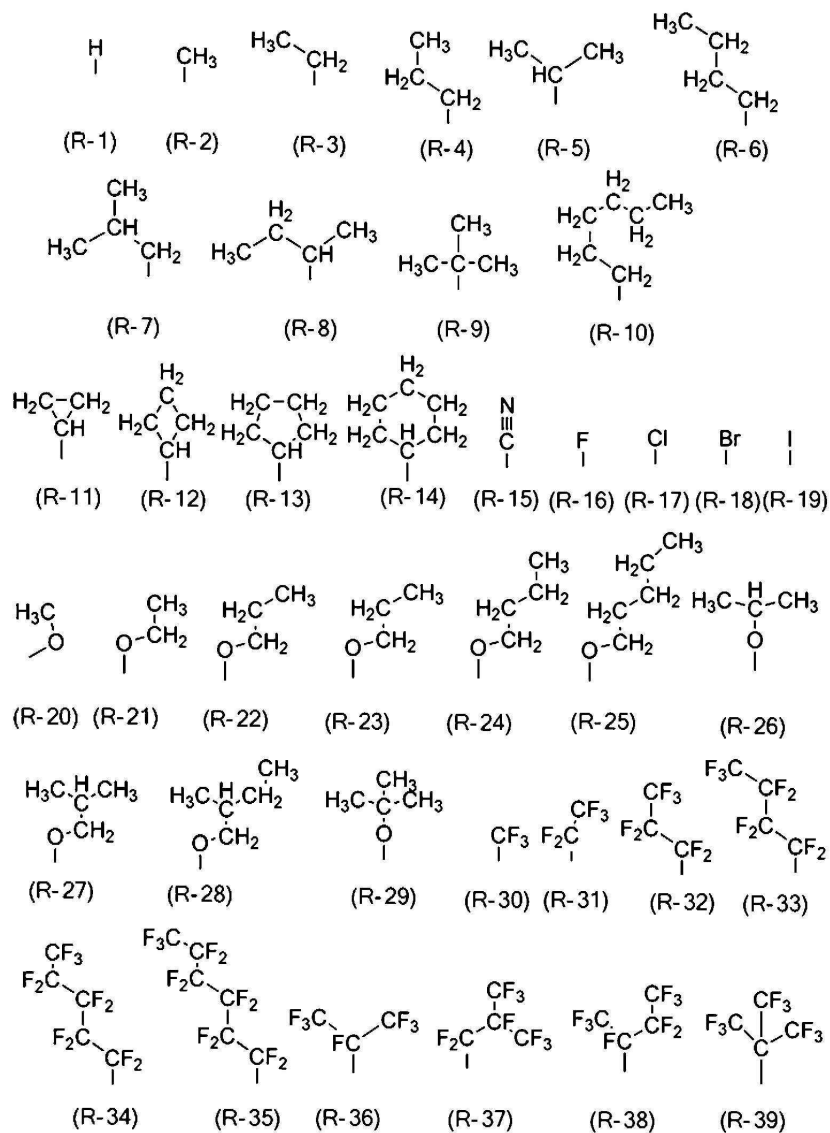
[0092]

일반식(G0, g0, 및 g1)에서는, R^1 내지 R^{18} 로 나타내어지는 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기의 예에, 구조식(R-1 내지 R-57)으로 나타내어지는 기가 포함된다. 또한 R^1 내지 R^{18} 로 나타내어지는 기는 이들에 한정되지 않는다.

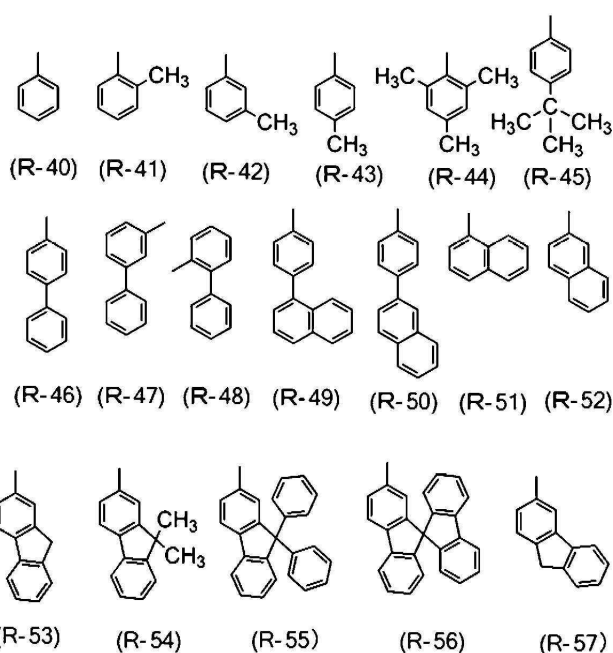
[0093]

Ar^1 내지 Ar^6 및 R^1 내지 R^{18} 이 각각 치환기를 포함하는 경우, 치환기의 예에는 구조식(R-1 내지 R-57)으로 나타

내어지는 기가 포함되지만, 치환기는 이들에 한정되지 않는다.



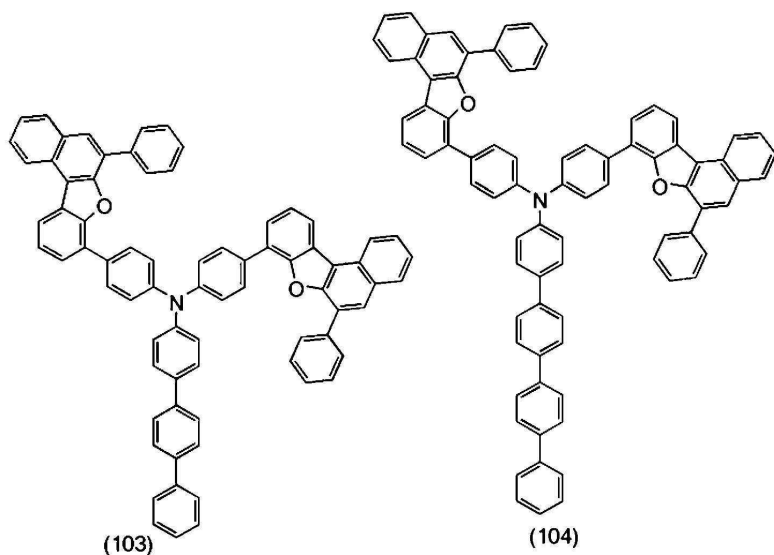
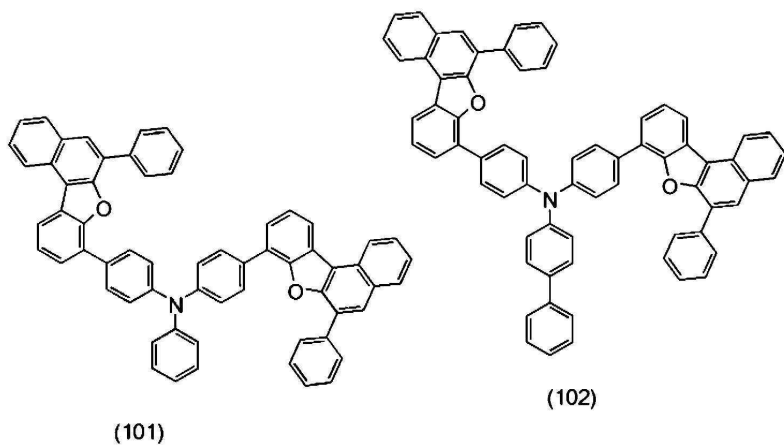
[0094]



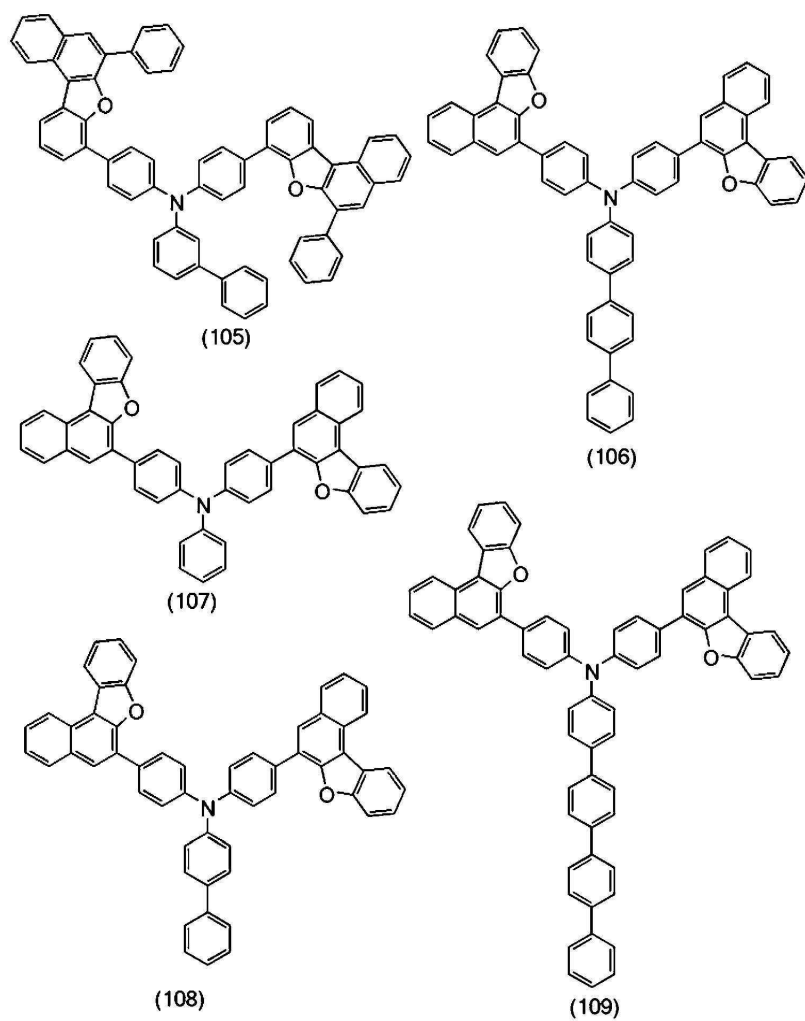
[0095]

[0096] <화합물의 구체적인 예>

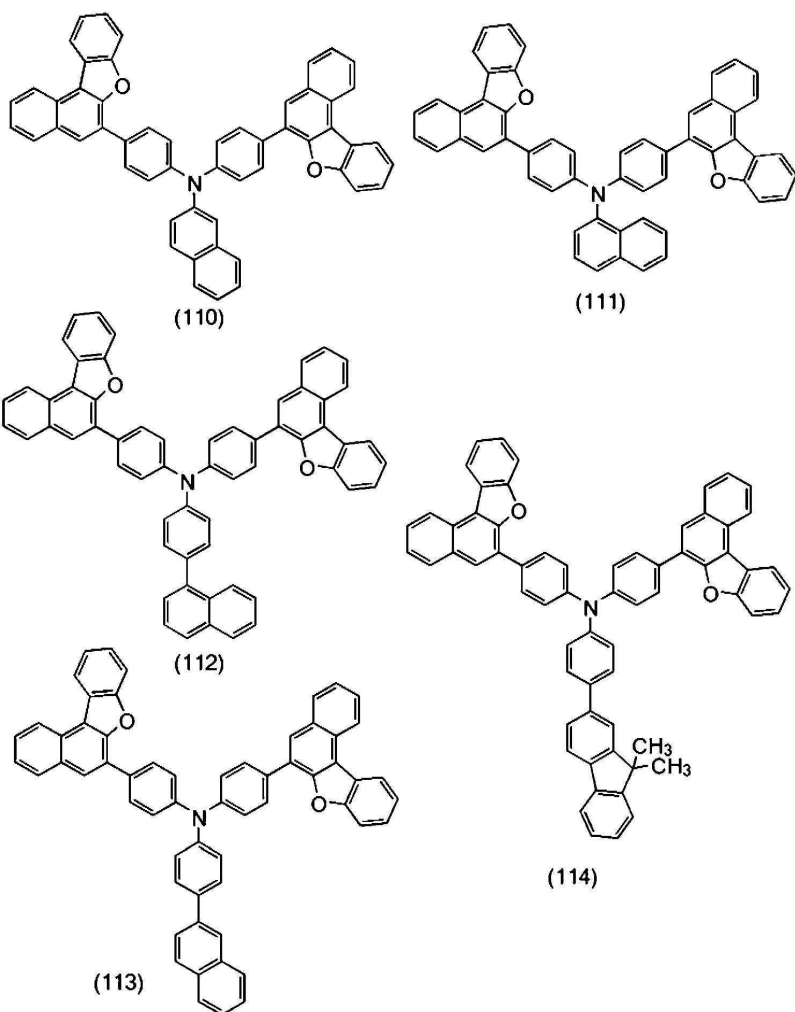
[0097] 일반식(G0 내지 G4)으로 나타내어지는 화합물의 구조의 구체적인 예에는 구조식(101 내지 152)으로 나타내어지는 화합물이 포함된다. 또한 일반식(G0 내지 G4)으로 나타내어지는 화합물은 이하의 예에 한정되지 않는다.



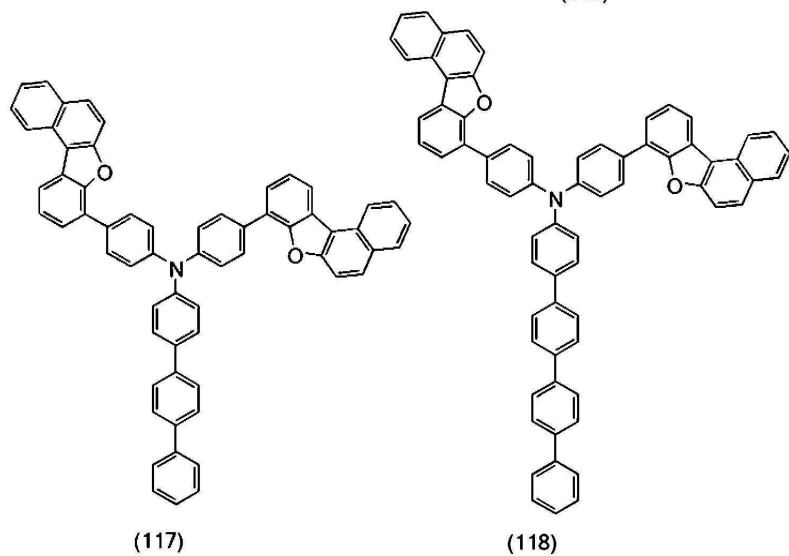
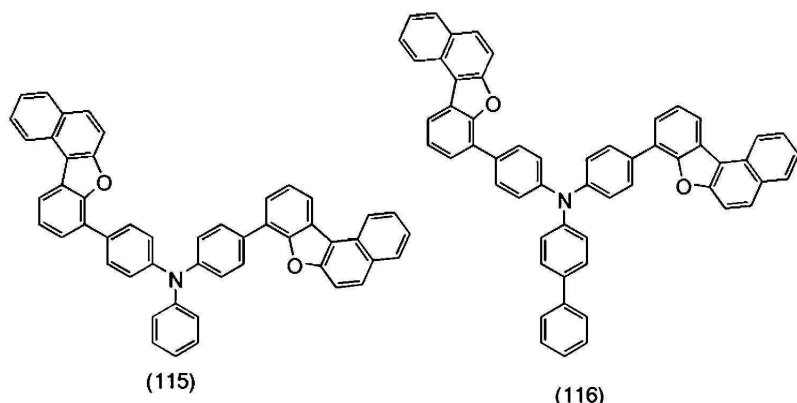
[0098]



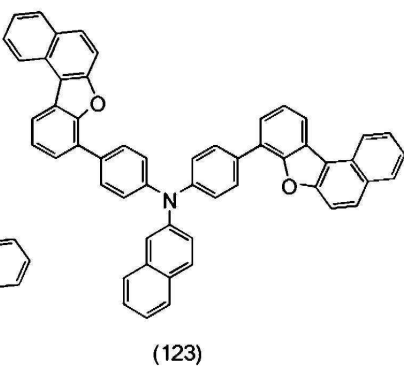
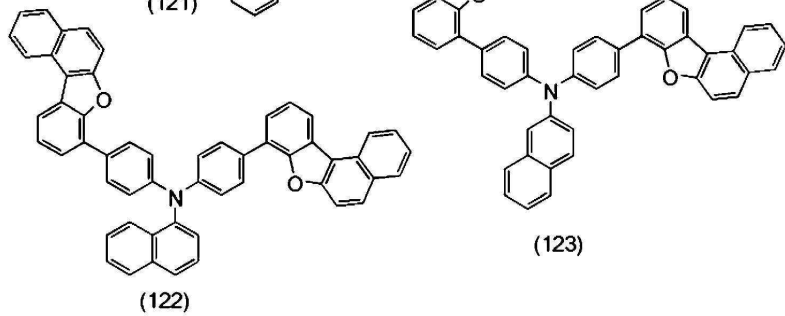
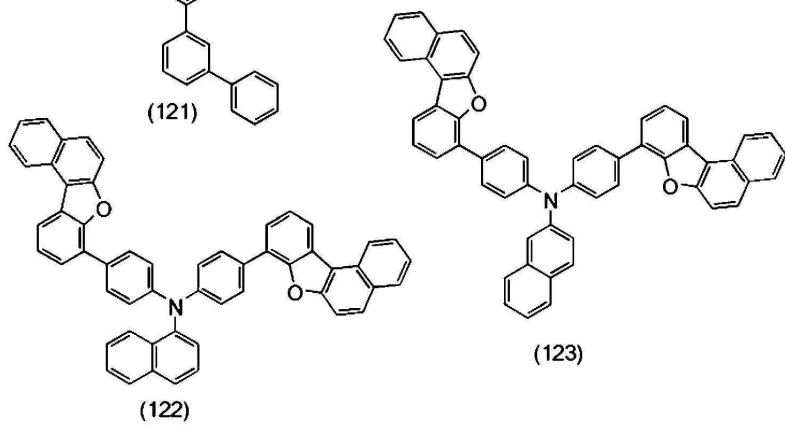
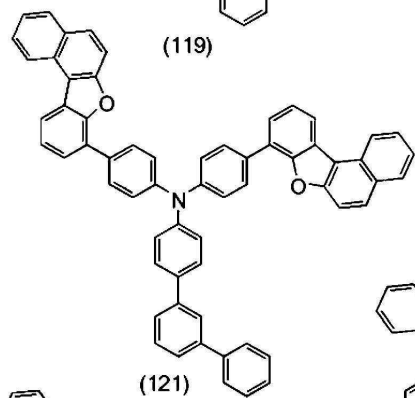
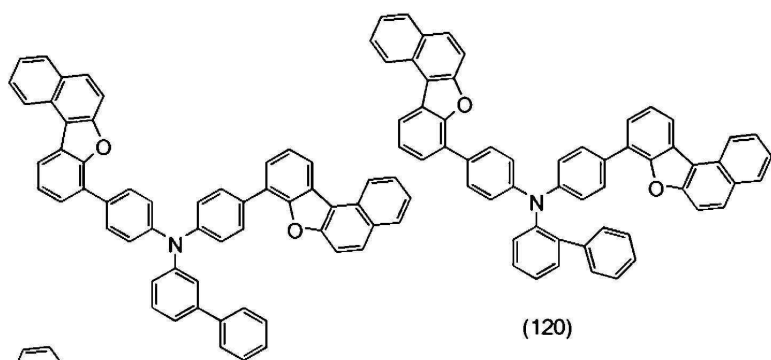
[0099]



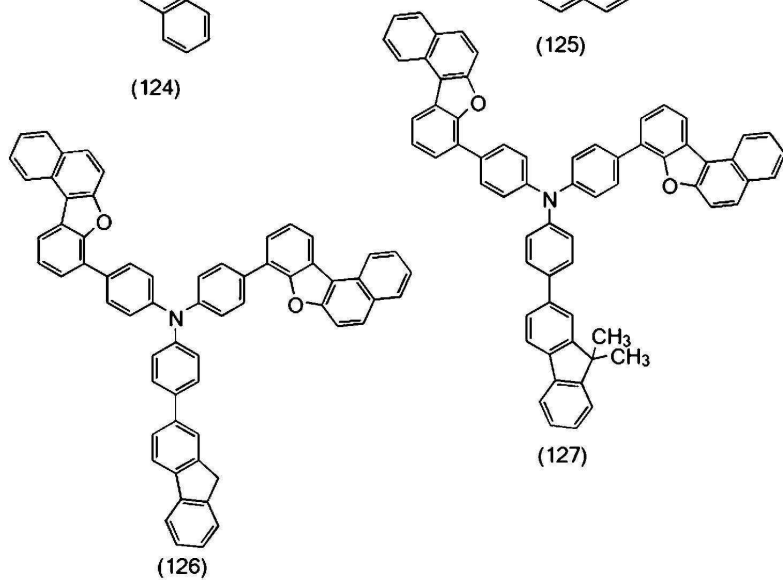
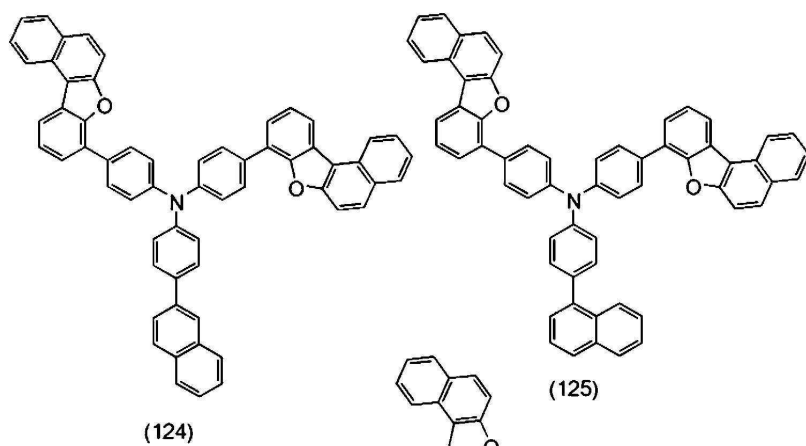
[0100]



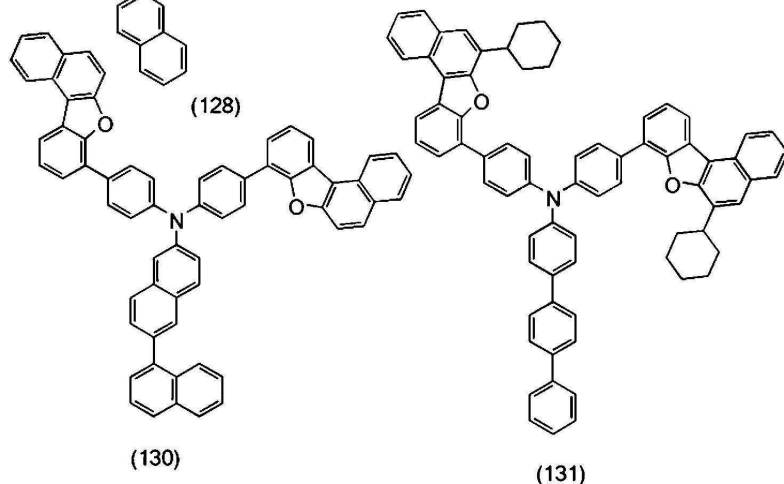
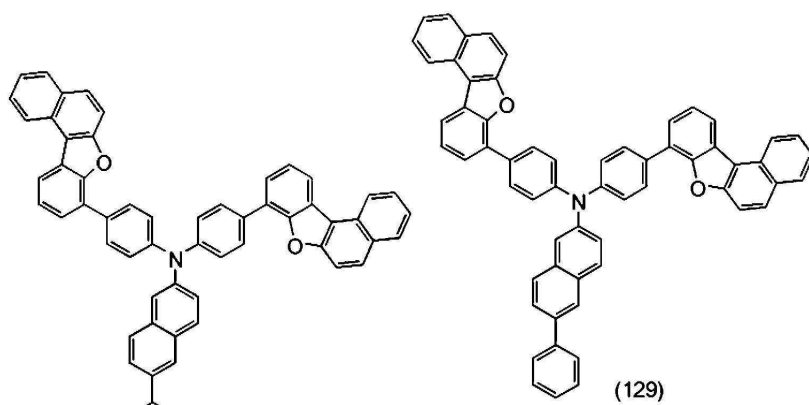
[0101]



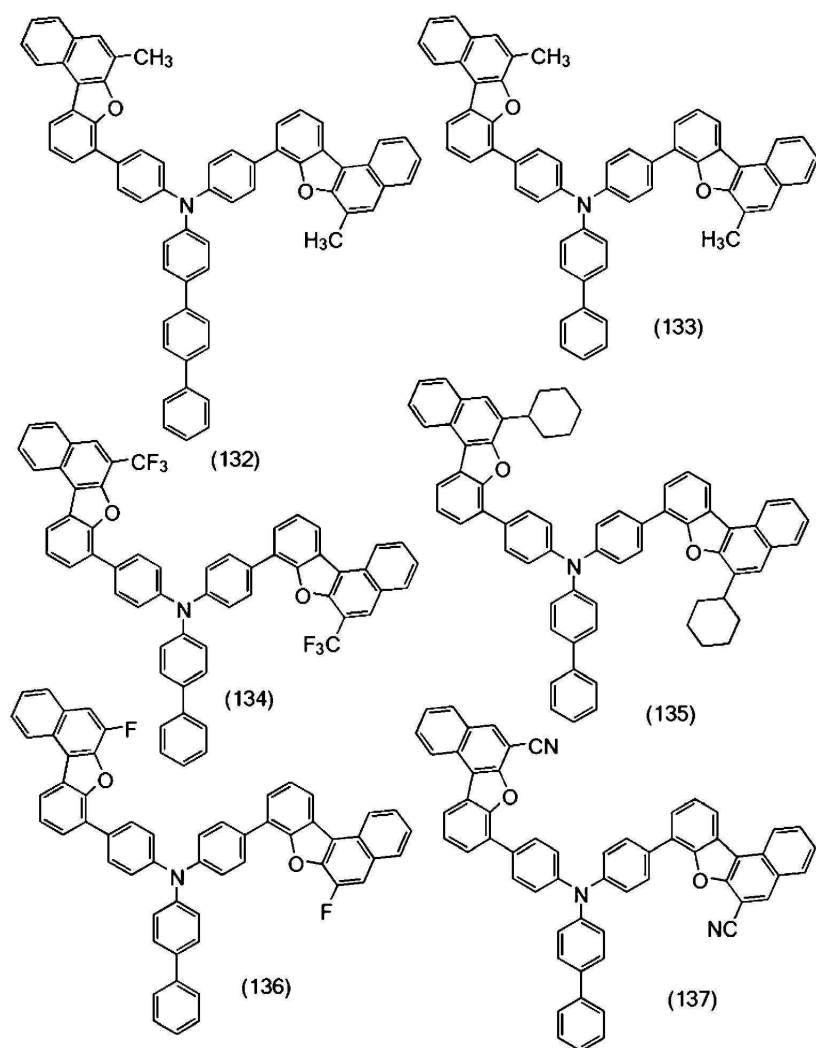
[0102]



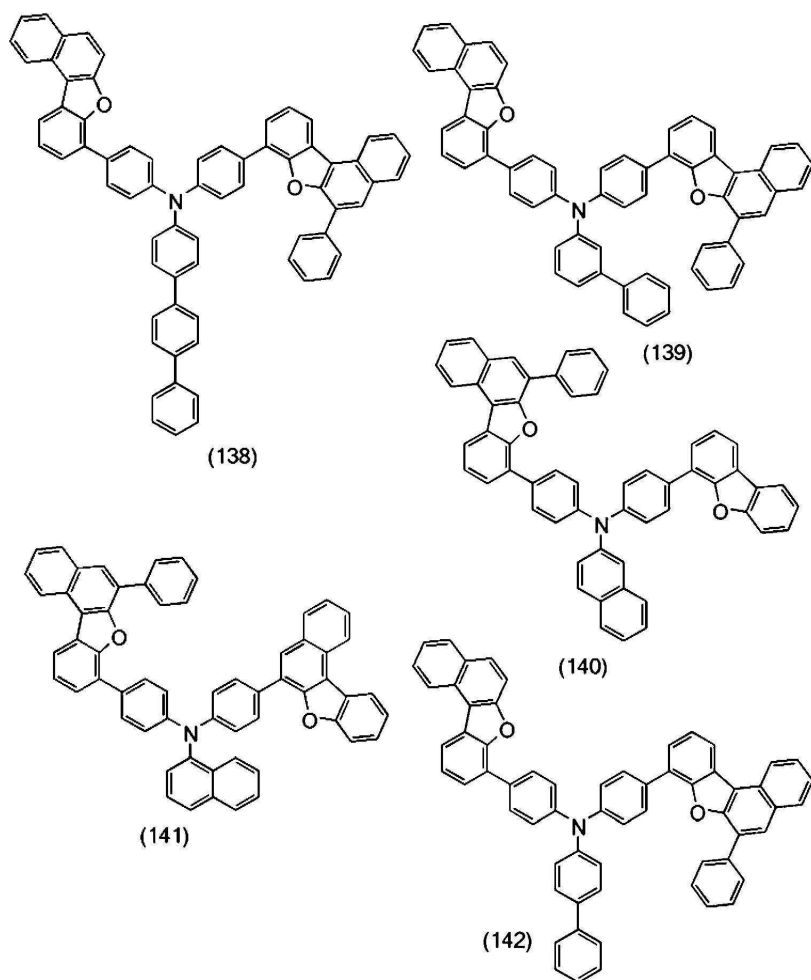
[0103]



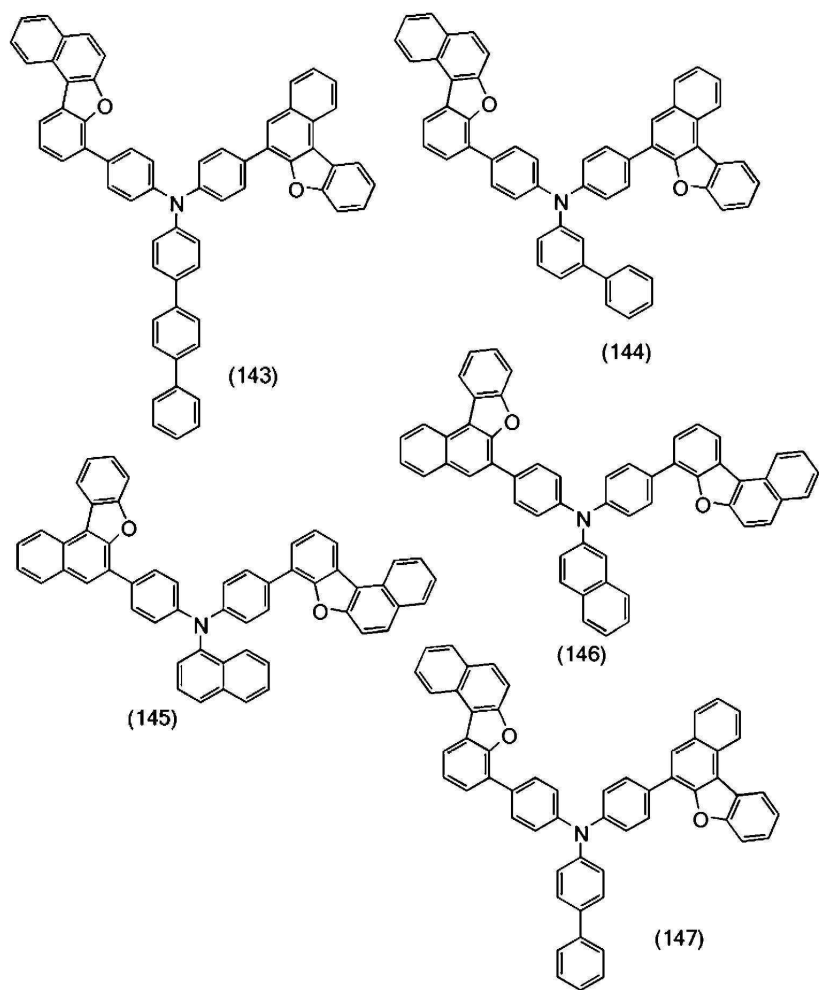
[0104]



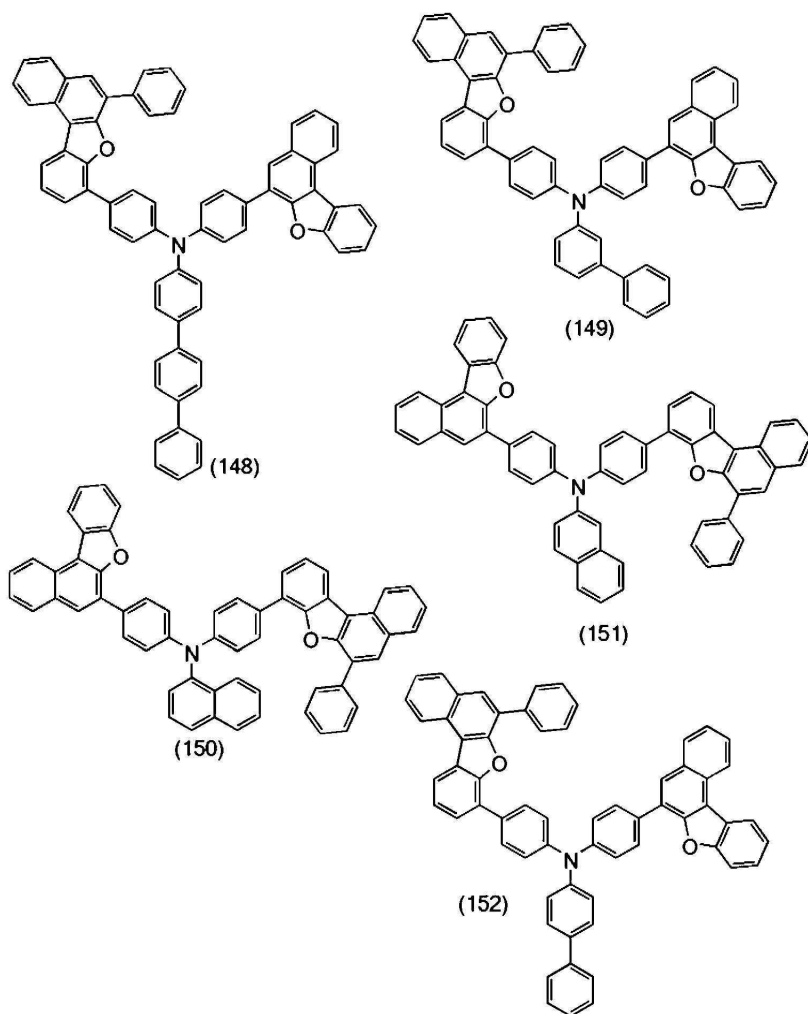
[0105]



[0106]



[0107]



[0108]

[0109]

본 발명의 일 형태의 유기 화합물에서, π 공액계의 분포가, 상기 유기 화합물에서의 큰 치환기인 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 유기 화합물은 우수한 캐리어 수송성을 가진다. 따라서 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는 낮은 전압으로 구동할 수 있다. 또한 상기 유기 화합물은 밴드갭이 넓기 때문에, 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

[0110]

유기 화합물을 포함하는 발광 소자의 수명은, 특히 정공 수송 재료의 특성에 의하여 영향을 받는 경우가 있다. 특히, 정공 수송 재료의 수송성은 소자의 수명에 크게 영향을 미치고, 수명은 정공 수송 재료의 종류에 따라 크게 다르다.

[0111]

정공 수송 재료로서는, π 공액계가 분자에 퍼진 화합물이 일반적으로 사용된다. 화합물의 대표적인 예는 방향족 아민 화합물이다. 일반적으로 π 공액계를 함유하는 방향족 아민 화합물은, 분자에서의 전하의 불균일한 분포를 가지기 때문에, 방향족 아민 화합물은 정공 수송성이 높고, 정공 수송 재료로서 적합하게 사용할 수 있다. 근년, 다양한 방향족 아민 화합물이 개발되고 있다.

[0112]

또한 방향족 아민 화합물의 산화-환원 특성, π 공액계의 분포, 및 전하 밀도 등은, 방향족 골격의 특성, 및 방향족 골격과 아민 골격이 서로 결합되는 위치에 의존한다. 그러므로, 방향족 골격 및 결합 위치의 선택은 정공 수송 재료의 개발에 있어서 상당히 중요하다.

[0113]

본 발명자들은, 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격을 2개 포함하는 방향족 아민 화합물이, 높은 정공 수송성을 가지고, 정공 수송층에 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자의 수명의 향상에 기여하는 것을 발견하였다.

[0114]

벤조나프토피란 골격이 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이면, 벤조나프토피란의 합성 및 정제를 용이하게 하고 더 저비용으로 수행할 수 있다.

[0115]

특히, 8 또는 6위치에서 아릴렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아릴렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합된 유기 화합물을 사용하

는 것이 바람직하다. 8위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아틸렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합된 유기 화합물을 사용하는 것이 더 바람직하다.

[0116] 이러한 구조에 의하여, π 공액계의 분포가, 큰 치환기인 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 상기 유기 화합물은 우수한 캐리어 수송성을 가지고, 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는 낮은 전압으로 구동할 수 있다.

[0117] 일반적으로, 트라이페닐아민 골격을 포함하는 유기 화합물의 HOMO 준위는 약 -5.3eV이지만, 8위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아틸렌기를 통하여 아민 골격과 각각 결합된 유기 화합물의 HOMO 준위는, 약 -5.5eV이다. 이는, 이러한 구조를 가지는 유기 화합물의 HOMO의 분포가, 트라이페닐아민 골격을 포함하는 일반적인 유기 화합물의 HOMO의 분포보다 넓기 때문이다.

[0118] 상술한 바와 같이, 8위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아틸렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합된 유기 화합물의 HOMO 준위는, 트라이페닐아민 골격을 포함하는 일반적인 유기 화합물의 HOMO 준위보다 낮다. 그러므로, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은, 발광층과 정공 수송층 간의 정공 주입의 장벽을 저감할 수 있고 발광 소자의 구동 전압을 저감할 수 있기 때문에 발광 소자의 정공 수송층에 사용되는 것이 바람직하다.

[0119] 아틸렌기와 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 8위치에서 서로 결합되면, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물이 높은 T1 준위를 가질 수 있어 바람직하다.

[0120] 질소 원자와 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격을 서로 연결시키는 아틸렌기가 페닐렌기인 경우, 질소 원자와 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 파라 위치(para-position)에서 페닐렌기에 결합되는 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, π 공액계의 분포가, 큰 치환기인 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격까지 확산되기 때문에, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 우수한 캐리어 수송성을 가진다.

[0121] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 방향족 아민 화합물이기 때문에, 유기 화합물은 높은 정공 수송성을 가진다. 또한 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 밴드갭이 넓기 때문에, 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 정공 수송층에 유기 화합물을 포함하는 발광 소자는, EL층에서의 정공과 전자의 재결합 비율(캐리어 밸런스라고도 함)이 높고, 발광층으로부터의 여기자의 확산을 억제할 수 있기 때문에, 발광 효율이 높고 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0122] 따라서 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은, 발광 소자의 정공 수송층에 사용하는 재료로서 적합하다. 또한 유기 화합물을 발광층의 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

[0123] 발광 소자에 사용되는 유기 화합물에 요구되는 중요한 성질 중 하나에, 내열성이 있다. 재료의 유리 전이점(Tg)을 지표로서 사용하는 경우, 재료는, Tg가 높을수록 내열성이 높아지는 것으로 간주할 수 있다. 일반적으로, 분자량이 높은 재료는 Tg가 높아지는 경향이 있다. 따라서, 재료의 내열성을 향상시키기 위하여 분자량을 증가시킬 필요가 있다.

[0124] 예를 들어 페닐기 또는 나프틸기 등의 방향족 탄화수소기를 도입하거나 또는 축합 방향족 고리의 수를 증가시킴으로써 유기 화합물의 분자량을 증가시킬 수 있다. 그러나 이들 방법은, 치환기의 결합 위치에 따라 유기 화합물의 T1 준위의 저하 및 캐리어 수송성의 저하 등의 문제를 일으키는 경우가 있다.

[0125] 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 복수의 방향족 탄화수소기, 및 분자 내에 퓨즈 구조(fused structure)를 가지고 분자량이 높은 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격을 포함하지만, 유기 화합물은 캐리어 수송성이 높고 T1 준위가 높다.

[0126] 이러한 특성을 얻기 위해서는, 8 또는 6위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아틸렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합된 구조가 바람직하다. 8위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 상기 아틸렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합된 구조가 더 바람직하다.

[0127] 또한 8위치에서 아틸렌기에 결합된 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 치환기를 포함하는 경우, 치환기는 6위치에서 결합되는 것이 바람직하다. 치환기가 6위치에서 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격에 결합되면, 캐리어 수송

성 및 T1 준위를 저하시키지 않고 분자량을 증가시킬 수 있다.

[0128] 또한 분자량이 높은 유기 화합물은 일반적으로 유리 전이점(Tg)이 높은 경향이 있다. 그러나, 내열성이 향상되면 정제 공정에서 수행되는 승화 정제 또는 증류에 있어서 승화 온도 또는 비점도 높아지는 경향이 있다. 단순히 분자량을 증가시키면 승화 온도 또는 비점이 높아진다. 따라서, 증착에 의한 퇴적 등의 막 형성 공정 또는 승화 정제 또는 증류 등의 정제 공정에 더 높은 온도가 필요하기 때문에, 분해가 일어날 수 있다.

[0129] 즉, 유기 화합물의 열물성을 향상시키기 위하여 분자량을 단순히 증가시키는 것은, 정제 공정 또는 막 형성 공정에서의 분해의 가능성을 높이기 때문에, 고순도화된 유기 화합물을 소자에 사용하는 것이 어려워지는 경우가 있다.

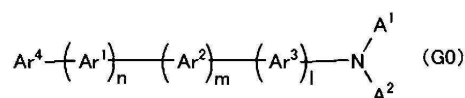
[0130] 한편, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은, 8 또는 6위치에서 아릴렌기에 결합된 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격이 2개, 하나의 분자 내에 포함되고, 상기 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격이 상기 아릴렌기를 통하여 아민 골격에 각각 결합되기 때문에, 분자량이 높은데도 불구하고, 유기 화합물의 분해 온도는 높다. 그러므로, 정제 공정 또는 증착 공정에서 분해가 쉽게 일어나지 않고, 고순도를 유지하는 재료를 소자에 사용할 수 있다. 즉, 높은 내열성 및 우수한 특성의 양쪽을 가지는 소자를 제공할 수 있다.

[0131] 본 실시형태의 유기 화합물의 막은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 코팅법, 또는 그라비아 인쇄 등에 의하여 형성할 수 있다.

[0132] 본 실시형태는, 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

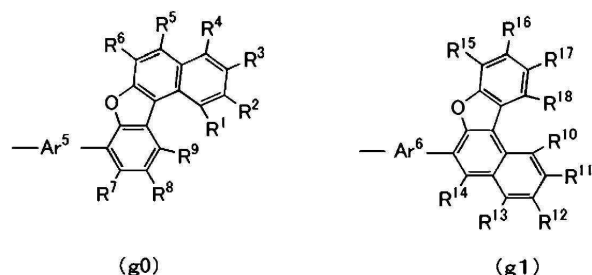
[0133] (실시형태 2)

[0134] 본 실시형태에서는, 일반식(G0)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 합성 방법에 대하여 설명한다.



[0135]

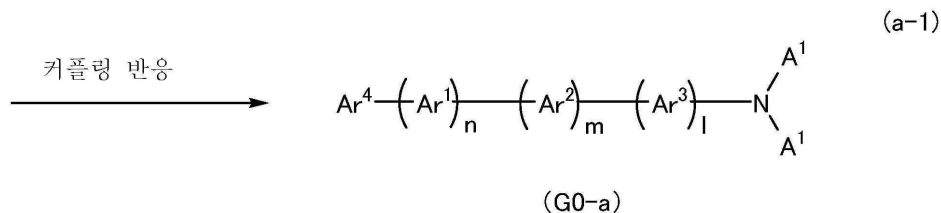
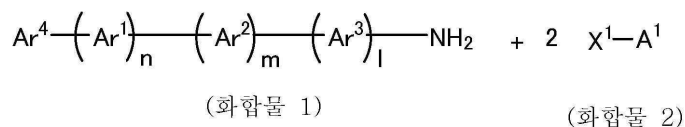
[0136] 일반식(G0)에서 Ar^1 , Ar^2 , 및 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타낸다. 또한 A^1 및 A^2 는 독립적으로, 일반식(g0 또는 g1)으로 나타내어지는기를 나타낸다.



[0137]

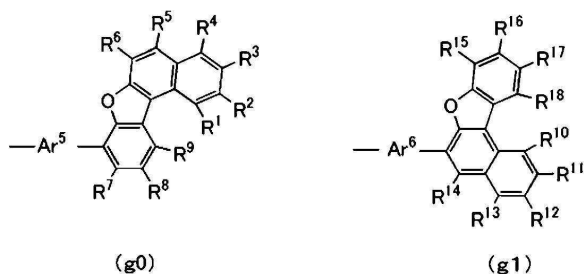
[0138] 일반식(g0 및 g1)에서 Ar^5 및 Ar^6 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 방향족 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다. 상기 유기 화합물은 합성의 용이성 및 합성 비용의 관점에서 유용하다.

[0139] 일반식(G0)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은, A^1 및 A^2 가 같은 구조를 가지는 경우, 합성 스킴(a-1)에 의하여 합성할 수 있다. 즉, 방향족 아민 화합물(화합물 1)이 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란일기를 포함하는 화합물(화합물 2)과 커플링됨으로써, 목적 물질(G0-a)을 얻을 수 있다. 합성 스킴(a-1)을 이하에 나타낸다.



[0140]

[0141] 합성 스킴(a-1)에서, Ar¹ 내지 Ar³은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar⁴는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, *n*, *m*, 및 *l*은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타내고, X¹은 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 트라이플레이트기를 나타낸다. 또한 A¹은 일반식(g0 또는 g1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.



[0142]

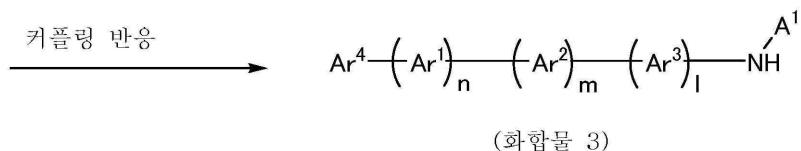
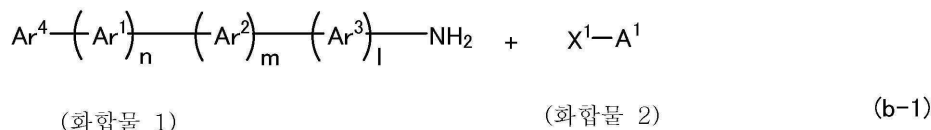
[0143] 일반식(g0 및 g1)에서 Ar⁵ 및 Ar⁶은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R¹ 내지 R¹⁸은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0144] 합성 스킴(a-1)에서는, 팔라듐 촉매를 사용한 Buchwald-Hartwig 반응을 수행할 수 있다. 상기 반응을 수행하는 경우, 예를 들어 비스(다이벤질리텐아세톤)팔라듐(0), 아세트산 팔라듐(II), [1,1-비스(다이페닐포스포노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드, 테트라키스(트라이페닐포스핀)팔라듐(0), 또는 알릴팔라듐(II)클로라이드(다이머) 등의 팔라듐 화합물, 및 트라이(*tert*-부틸)포스핀, 트라이(*n*-헥실)포스핀, 트리아사이클로헥실포스핀, 다이(1-아다만틸)-*n*-부틸포스핀, 2-다이사이클로헥실포스포노-2',6'-다이메톡시바이페닐, 트라이(오쏘-톨릴)포스핀, 또는 (S)-(6,6'-다이메톡시바이페닐-2,2'-다이일)비스(다이아이소프로필포스핀)(약칭: cBRIDP(등록 상표)) 등의 배위자를 사용할 수 있다. 상기 반응에서, 소듐 *tert*-부톡사이드 등의 유기 염기, 또는 탄산 포타슘, 탄산 세슘, 또는 탄산 소듐 등의 무기 염기 등을 사용할 수 있다. 또한, 상기 반응에 있어서, 톨루엔, 자일렌, 벤젠, 테트라하이드로퓨란, 다이옥세인 등을 용매로서 사용할 수 있다. 상기 반응에 사용할 수 있는 시약은 상술한 시약에 한정되지 않는다.

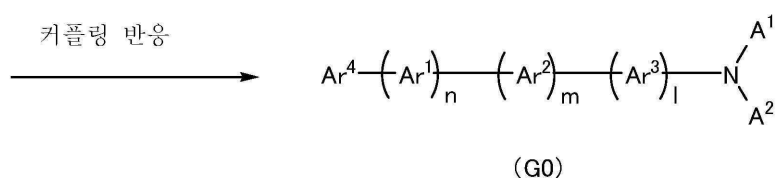
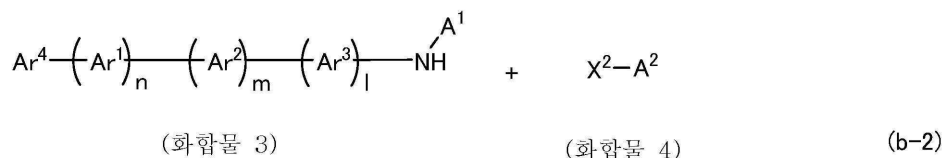
[0145] 합성 스크(a-1)에서 올만 반응을 수행하는 경우, 반응에 사용될 수 있는 시약의 예에는 구리 및 구리 화합물이 포함되고, 염기의 예에는 탄산 포타슘 등의 무기 염기가 포함된다. 상기 반응에 사용할 수 있는 용매의 예에는, 1,3-다이메틸-3,4,5,6-테트라하이드로-2(1H)피리미딘논(DMPU), 톨루엔, 자일렌, 및 벤젠이 포함된다. 올만 반응에서, 반응 온도가 100℃ 이상이면 더 짧은 시간에 더 높은 수율로 목적 물질을 얻을 수 있기 때문에, 비점이 높은 DMPU 또는 자일렌을 사용하는 것이 바람직하다. 반응 온도가 150℃ 이상인 것이 더 바람직하므로, DMPU를 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 상기 반응에 사용할 수 있는 시약은 상술한 시약에 한정되지 않는다.

[0146] 일반식(GO)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물에서 A^1 및 A^2 가 서로 상이한 구조를 가지는 경우, 합성 스킴(b-1 및 b-2)에 나타난 바와 같이, A^1 또는 A^2 골격을 포함하는 화합물(화합물 2 또는 화합물 4)을 2개의 단계에서 반응시킴으로써 유기 화합물을 합성할 수 있다. 2개의 단계에서 수행된 반응에 의하여,

구조 A¹ 및 A²가 서로 상이한 구조의 화합물을 얻을 수 있게 된다.

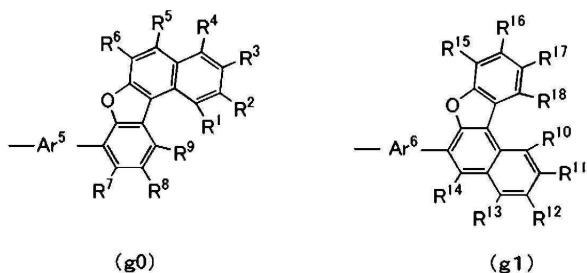


[0147]



[0148]

[0149] 합성 스킴(b-1 및 b-2)에서, Ar^1 내지 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타내고, X^1 및 X^2 는 독립적으로 염소, 브로민, 아이오딘, 또는 트라이플레이트기를 나타낸다. 또한 A^1 및 A^2 는 각각 일반식(g0 또는 g1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.

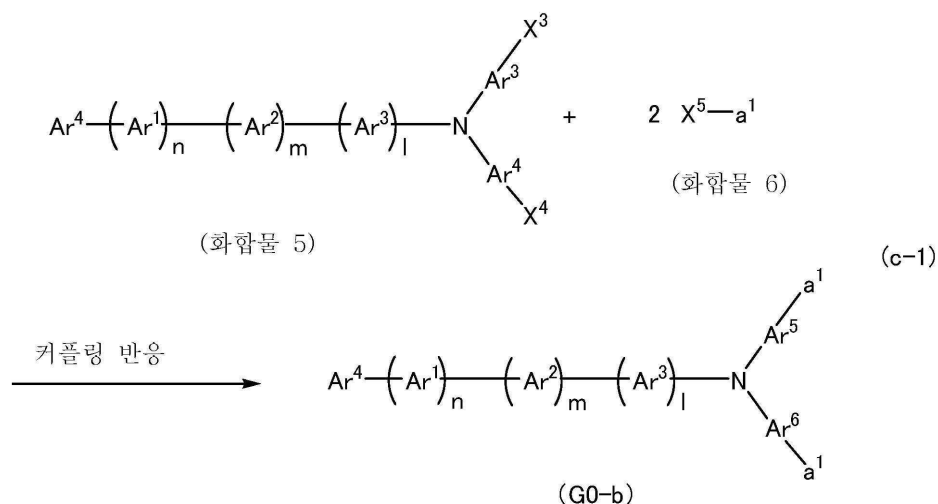


[0150]

[0151] 일반식(g0 및 g1)에서 Ar⁵ 및 Ar⁶은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 13의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타낸다. 또한 R¹ 내지 R¹⁸은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

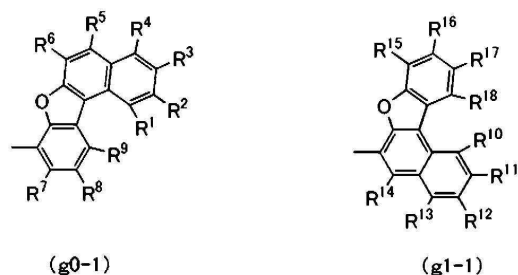
[0152] 합성 스킴(b-1 및 b-2)에서는, Buchwald-Hartwig 반응 또는 올만 반응을 수행할 수 있다. 각 반응에서 사용될 수 있는 시약은 합성 스킴(a-1)과 비슷하다.

[0153] 상술한 것과는 상이한, 일반식(G0)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 합성 방법에 대하여 설명한다. 아미노화를 수행하는 합성 방법에 대하여 상술하며, 여기서는 트리아릴아민 화합물을 원료로서 사용한 합성 방법에 대하여 설명한다. 트리아릴 화합물(화합물 5)이 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 화합물(화합물 6)의 2당량과 커플링함으로써 목적의 화합물(G0-b)을 얻을 수 있다.



[0154]

[0155] 합성 스킴(c-1)에서, Ar^1 내지 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타내고, X^3 내지 X^5 는 할로젠기, 보론산기, 유기 붕소기, 또는 트라이플레이트기를 나타낸다. 또한 a^1 은 일반식(g0-1 또는 g1-1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.



[0156]

[0157] 일반식(g0-1 및 g1-1)에서 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0158]

팔라듐 촉매를 사용하는 Suzuki-Miyaura 커플링 반응이 합성 스킴(c-1)에서 수행되는 경우, X^3 내지 X^5 는 독립적으로 할로젠기, 보론산기, 유기 붕소기, 또는 트라이플레이트기를 나타내고, 할로젠은 아이오딘, 브로민, 또는 염소인 것이 바람직하다. 상기 반응에서는, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0), 아세트산 팔라듐(II), [1,1-비스(다이페닐포스포노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드, 또는 테트라키스(트라이페닐포스핀)팔라듐(0) 등의 팔라듐 화합물, 및 트라이(*tert*-부틸)포스핀, 트라이(*n*-헥실)포스핀, 트라이사이클로헥실포스핀, 다이(1-아다만틸)-*n*-부틸포스핀, 2-다이사이클로헥실포스포노-2',6'-다이메톡시바이페닐, 또는 트라이(오쏘-톨릴)포스핀 등의 배위자를 사용할 수 있다. 상기 반응에서, 소듐 *tert*-부톡사이드 등의 유기 염기, 또는 탄산 포타슘, 탄산 세슘, 또는 탄산 소듐 등의 무기 염기 등을 사용할 수 있다. 또한, 상기 반응에 있어서, 톨루엔, 자일렌, 벤젠, 테트라하이드로퓨란, 다이옥세인, 에탄올, 메탄올, 및 물 등을 용매로서 사용할 수 있다. 상기 반응에 사용할 수 있는 시약은 상술한 시약에 한정되지 않는다.

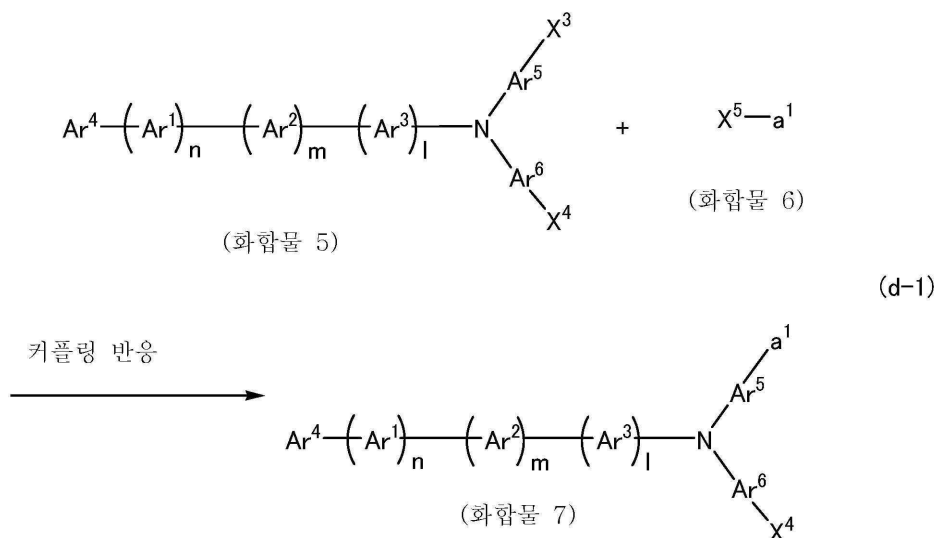
[0159]

합성 스킴(c-1)에서 수행되는 반응은 Suzuki-Miyaura 커플링 반응에 한정되지 않고, 유기 주석 화합물을 사용하는 Migita-Kosugi-Stille 커플링 반응, 그리나르 시약을 사용하는 Kumada-Tamao-Corriu 커플링 반응, 유기 아연 화합물을 사용하는 Negishi 커플링 반응, 또는 구리 또는 구리 화합물을 사용하는 반응 등을 채용할 수도 있다. Migita-Kosugi-Stille 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 유기 주석기를 나타낼 때 X^5 가 할로젠기를 나타내고, 유기 주석기와 할로젠기가 반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 유기 주석 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. Kumada-Tamao-Corriu 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 할로젠화 마그네슘기를 나타낼 때 X^5 가 할로젠기를 나타내고, 할로젠화 마그네슘기와 할로젠기가

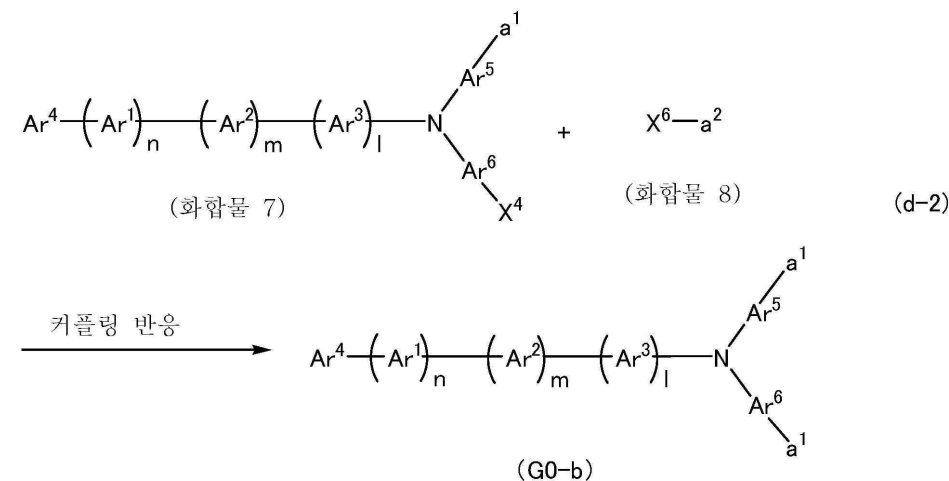
반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 그리나르 시약을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. Negishi 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 유기 아연기를 나타내고, X^5 가 할로젠기를 나타내고, 유기 아연기와 할로젠기가 반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 유기 아연 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다.

[0160]

일반식(G0)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물에서 A^1 및 A^2 가 서로 상이한 구조를 가지는 경우, 합성 스킴(d-1 및 d-2)에 나타낸 바와 같이, a^1 또는 a^2 를 포함하는 화합물(화합물 6 또는 화합물 8)을 2개의 단계에서 반응시킴으로써 유기 화합물을 합성할 수 있다. 2개의 단계에서 수행된 반응에 의하여, 구조 A^1 및 A^2 는 서로 상이한 구조의 화합물을 얻을 수 있게 된다.



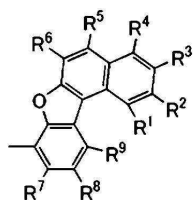
[0161]



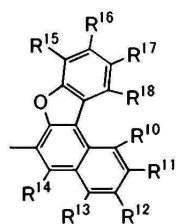
[0162]

[0163]

합성 스킴(d-1 및 d-2)에서, Ar^1 내지 Ar^3 은 독립적으로, 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 2가의 방향족 탄화수소기를 나타내고, Ar^4 는 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기를 나타내고, n , m , 및 l 은 독립적으로 0 또는 1의 정수를 나타내고, X^3 내지 X^6 은 할로젠기, 보론산기, 유기 붕소기, 또는 트라이플레이트기를 나타낸다. 또한 a^1 및 a^2 는 각각 일반식(g0-1 또는 g1-1)으로 나타내어지는 기를 나타낸다.



(g0-1)



(g1-1)

[0164]

[0165]

일반식(g0-1 및 g1-1)에서 R^1 내지 R^{18} 은 독립적으로, 수소, 탄소수 1 내지 6의 탄화수소기, 탄소수 3 내지 6의 환식 탄화수소기, 탄소수 1 내지 6의 알콕시기, 사이아노기, 할로젠, 탄소수 1 내지 6의 할로알킬기, 및 치환 또는 비치환된 탄소수 6 내지 25의 방향족 탄화수소기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0166]

합성 스킴(d-1 및 d-2)에서는, 합성 스킴(c-1)에서와 같이, Suzuki-Miyaura 커플링 반응, Migita-Kosugi-Stille 커플링 반응, 그리냐르 시약을 사용하는 Kumada-Tamao-Corriu 커플링 반응, 유기 아연 화합물을 사용하는 Negishi 커플링 반응, 또는 구리 또는 구리 화합물을 사용하는 반응 등의 반응을 채용할 수 있다. Migita-Kosugi-Stille 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 유기 주석기를 나타낼 때 X^5 및 X^6 이 각각 할로젠기를 나타내고, 유기 주석기와 할로젠기가 반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 유기 주석 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. 또한 화합물 7 및 화합물 8 중 한쪽은 유기 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. Kumada-Tamao-Corriu 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 할로젠화 마그네슘기를 나타낼 때 X^5 및 X^6 이 각각 할로젠기를 나타내고, 할로젠화 마그네슘기와 할로젠기가 반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 그리냐르 시약을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. 또한 화합물 7 및 화합물 8 중 한쪽은 그리냐르 시약을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. Negishi 커플링 반응을 사용하는 경우, X^3 및 X^4 가 각각 유기 아연기를 나타내고, X^5 및 X^6 이 각각 할로젠기를 나타내고, 유기 아연기와 할로젠기가 반대로도 같다. 즉, 화합물 5 및 화합물 6 중 한쪽은 유기 아연 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다. 또한 화합물 7 및 화합물 8 중 한쪽은 유기 아연 화합물을 나타내고, 다른 쪽은 할로젠화물을 나타낸다.

[0167]

또한, 일반식(G0)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 합성에 있어서, 합성 방법은 합성 스킴(a-1 내지 d-2)에 한정되지 않는다.

[0168]

(실시형태 3)

[0169]

본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 포함하는 발광 소자의 구조예에 대하여 도 1의 (A) 내지 (D) 및 도 2의 (A) 내지 (C)를 참조하여 이하에서 설명한다.

[0170]

도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자(100)의 단면도이다. 발광 소자(100)는 적어도 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))과, 상기 한 쌍의 전극 사이에 제공된 EL층(103)을 포함한다.

[0171]

EL층(103)은 적어도 발광층(113) 및 정공 수송층(112)을 포함한다. 또한 EL층(103)은 정공 주입층(111), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115) 등의 기능층을 포함한다.

[0172]

본 실시형태에서는, 전극(101)이 양극으로서 기능하고 전극(102)이 음극으로서 기능하는 것으로 가정하여 설명하지만, 발광 소자의 구조는 이에 한정되지 않는다. 즉, 전극(101)이 음극으로서 기능할 수 있고 전극(102)이 양극으로서 기능할 수 있다. 그 경우, 적층 순서가 뒤바뀐다. 바꿔 말하면, 양극 측으로부터 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 및 전자 주입층이 이 순서대로 적층되어도 좋다.

[0173]

EL층(103)의 구조는 상술한 것에 한정되지 않고, 예를 들어 EL층(103)은 정공 또는 전자 수송성을 향상 또는 억제할 수 있고, 여기자의 확산을 억제할 수 있는 기능층을 포함하여도 좋다. 상기 기능층은 각각 단층이어도 좋고 적층이어도 좋다.

[0174]

발광 소자(100)에서, EL층(103)에서의 적어도 하나의 층은, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 함유한다. 또한 유기 화합물은 발광층(113)에 함유되는 것이 바람직하고, 정공 수송층(112)에 함유되는 것이 더 바람직하다.

[0175]

본 발명의 일 형태의 유기 화합물이 발광층(113)에 함유되는 경우, 상기 유기 화합물은 높은 정공 수송성 및 넓은

은 밴드 갭을 가지기 때문에 상기 유기 화합물을 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

- [0176] 본 발명의 일 형태의 유기 화합물이 정공 수송층(112)에 함유되는 경우, 상기 유기 화합물은 높은 정공 수송성 및 넓은 밴드 갭을 가지기 때문에, 발광 효율이 높고 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다. 특히, 유기 화합물은, 정공 주입층(111)이 정공 수송층(112)과 전극(101) 사이에 제공되고, 전극으로부터의 정공의 주입을 용이하게 하는 억제특성을 가지는 유기 화합물을 포함하는 경우에 사용되는 것이 바람직하다.
- [0177] <발광 소자의 구조에 1>
- [0178] 억제특성을 가지는 유기 화합물을 사용하여 정공 주입을 수행하는 경우, 정공 주입층(111)과 접촉하는 정공 수송층(112)에 함유되는 화합물은, 억제특성을 가지는 유기 화합물에 의한 전자의 추출을 용이하게 하기 위하여, HOMO 준위가 비교적 높은 정공 수송 재료인 것이 바람직하다. 그러나 정공은, HOMO 준위가 높은 정공 수송 재료로부터 발광층(113)으로 쉽게 주입될 수 없다. 발광층(113)을, HOMO 준위가 높은 정공 수송 재료로 이루어진 정공 수송층(112)과 접촉하도록 형성하면, 그 계면에 캐리어가 축적되어, 발광 소자의 수명 및 효율의 저하를 일으킬 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 함유하는 층을 발광층(113)과, HOMO 준위가 높은 정공 수송 재료 사이에 제공하면, 정공을 발광층에 쉽게 주입할 수 있고, 발광 소자의 수명 및 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0179] 이 경우의 발광 소자의 구조는, 도 1의 (B) 내지 (D)를 참조하여 설명한다. 여기서는, 정공 주입 재료(131)로서 억제특성을 가지는 유기 화합물을 사용하고, 정공 주입 재료(131)의 LUMO 준위가 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위보다 낮은 경우에 대하여 설명한다. 이 경우의 재료의 HOMO 준위 및 LUMO 준위의 상관을 도 1의 (D)에 모식적으로 나타내었다. 도 1의 (C) 및 (D)에서의 용어 및 부호를 이하에 열거한다.
- [0180] HIM(131): 정공 주입 재료(131);
- [0181] HTM(132): 제 1 정공 수송 재료(132);
- [0182] HTM(133): 제 2 정공 수송 재료(133);
- [0183] HTM(134): 제 3 정공 수송 재료(134);
- [0184] Host(135): 호스트 재료(135); 및
- [0185] 게스트 재료(136).
- [0186] 도 1의 (B)에 도시된 바와 같이, 정공 수송층(112)은 복수의 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 구체적으로, 정공 수송층(112)이, 정공 주입층(111) 측으로부터 제 1 정공 수송 재료(132)를 함유하는 제 1 정공 수송층(112-a) 및 제 2 정공 수송 재료(133)를 함유하는 제 2 정공 수송층(112-b)을 포함하는 구조를 채용하여도 좋다. 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 제 2 정공 수송 재료(133)로서 사용되어도 좋다. 이러한 구조의 경우, 제 2 정공 수송 재료(133)의 HOMO 준위가 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위보다 낮으면, 수명이 길고 효율이 높은 발광 소자가 달성된다. 또한 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위가 -5.4eV 이상인 경우, 정공 주입 재료(131)로부터 전자를 쉽게 추출할 수 있어 바람직하다(도 1의 (D) 참조).
- [0187] 도 1의 (D)에 나타낸 바와 같이, 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위와 제 2 정공 수송 재료(133)의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하인 것이 바람직하고 0.2eV 이하인 것이 더 바람직하고, 이 경우, 정공이 제 1 정공 수송층(112-a)으로부터 제 2 정공 수송층(112-b)으로 쉽게 주입될 수 있다. 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 HOMO 준위는 약 -5.5eV이기 때문에, 유기 화합물을 제 2 정공 수송 재료(133)로서 적합하게 사용할 수 있다.
- [0188] 정공 수송층(112)은 제 2 정공 수송층(112-b)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-c)을 더 포함하여도 좋고, 제 3 정공 수송층(112-c)은 제 3 정공 수송 재료(134)를 함유하여도 좋다(도 1의 (B) 및 (C) 참조). 이 경우, 도 1의 (D)에 나타낸 바와 같이, 제 3 정공 수송 재료(134)의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송층(112-b)에 함유되는 본 발명의 일 형태의 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 낮은 것이 바람직하고, HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하인 것이 바람직하고 0.2eV 이하인 것이 더 바람직하다. 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 HOMO 준위는 약 -5.5eV이기 때문에, 상기 유기 화합물을 제 3 정공 수송 재료(134)로서 적합하게 사용할 수 있다.
- [0189] 제 3 정공 수송 재료(134)의 HOMO 준위는 호스트 재료(135)의 HOMO 준위 이하인 것이 바람직하고, 이 경우, 정공이 발광층으로 적합하게 수송되어 수명 및 효율이 높아진다.
- [0190] 또한 도 1의 (D)에서는, 정공 주입 재료(131)의 LUMO 준위가 호스트 재료(135)의 HOMO 준위보다 낮지만, 이 관

계에 한정은 없다. 즉, 정공 주입 재료(131)의 LUMO 준위는 호스트 재료(135)의 HOMO 준위 이상이어도 좋다. 또한 호스트 재료(135)의 HOMO 준위가 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위보다 높은 것, 호스트 재료(135)의 HOMO 준위가 제 2 정공 수송 재료(133)의 HOMO 준위보다 높은 것, 또한 호스트 재료(135)의 HOMO 준위가 제 3 정공 수송 재료(134)의 HOMO 준위보다 높은 것이 가능하다. 또한 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위가 제 2 정공 수송 재료(133)의 HOMO 준위보다 낮아도 좋다. 또한 제 2 정공 수송 재료(133)의 HOMO 준위는 제 3 정공 수송 재료(134)의 HOMO 준위보다 낮아도 좋다. 또한 제 1 정공 수송 재료(132)의 HOMO 준위는 제 3 정공 수송 재료(134)의 HOMO 준위보다 낮아도 좋다.

[0191] 또한 게스트 재료(136)의 HOMO 준위가 호스트 재료(135)의 HOMO 준위보다 높은 경우, 게스트 재료(136)에 주입된 정공의 비율은 정공 수송층의 HOMO 준위의 위치에 따라 증가되고, 또한 정공이 게스트 재료(136)에 트랩되어, 불균일하게 위치하는 발광 영역으로 인한 수명의 저하가 일어날 수 있다. 본 발명의 발광 소자의 구조를, 이러한 경우, 예를 들어 청색 형광 소자에 적용하는 것이 바람직하다. 특히, 본 발명의 구조는 우수한 청색 형광을 방출하는 방향족 다이아민 화합물, 더 구체적으로는 피렌다아민 화합물 등에 바람직하게 사용되고, 수명, 효율, 및 색도가 우수한 발광 소자가 달성된다.

[0192] 전자 수송층(114)은, 반드시 도 1의 (A)에 도시된 바와 같은 단층일 필요는 없고, 복수의 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 전자 수송층(114)은 복수의 재료로 형성된 혼합막이어도 좋다. 구체적으로는, 도 1의 (B)에 도시된 바와 같이, 전자 수송층(114)이, 발광층(113) 측으로부터 제 1 전자 수송층(114-b) 및 제 2 전자 수송층(114-a)을 포함하여도 좋다. 이러한 구조는, 전자 수송층(114-a)으로의 전자 주입층(115)의 전자 주입성, 및 전자 수송층(114-b) 및 전자 수송층(114-a)의 전자 수송성을 조절할 수 있어 바람직하다.

[0193] <발광 소자의 구조에 2>

[0194] 다음에, 청색 형광 소자의 구조예에 대하여 도 2의 (A) 내지 (C)를 참조하여 설명한다.

[0195] 도 2의 (A)에 도시된 발광 소자(120)는, 적어도 정공 수송층(112)에 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 함유한다. 도 2의 (B)는, 발광층(113)의 재료의 구조예를 도시한 것이다. 도 2의 (C)는, 발광층(113)의 재료의 에너지 준위의 상관을 모식적으로 나타낸 것이다.

[0196] 여기서는, 호스트 재료(121)의 T1 준위가 게스트 재료(122)의 T1 준위보다 낮은 경우에 대하여 설명한다. 도 2의 (C)에서의 용어 및 부호를 이하에 열거한다. 또한 호스트 재료(121)의 T1 준위가 게스트 재료(122)의 T1 준위보다 높아도 좋다.

[0197] Host(121): 호스트 재료(121);

[0198] Guest(122): 게스트 재료(122)(형광 재료);

[0199] S_{HH} : 호스트 재료(121)의 S1 준위;

[0200] T_{HH} : 호스트 재료(121)의 T1 준위;

[0201] S_{FG} : 게스트 재료(122)(형광 재료)의 S1 준위; 및

[0202] T_{FG} : 게스트 재료(122)(형광 재료)의 T1 준위.

[0203] 호스트 재료(121)는, 삼중항 여기 에너지를 삼중항-삼중항 소멸(TTA: triplet-triplet annihilation)에 의하여 단일항 여기 에너지로 변환하는 기능을 가지는 것이 바람직하고, 이에 의하여, 통상 시에는 형광에 기여하지 않고 발광층(113)에서 생성되는 삼중항 여기 에너지가, 호스트 재료(121)에서의 단일항 여기 에너지로 부분적으로 변환될 수 있다. 단일항 여기 에너지는 게스트 재료(122)로 이동하여(도 2의 (C)에서의 루트 E_1 참조), 형광으로서 추출될 수 있다. 따라서 형광 소자의 발광 효율이 향상될 수 있다. 또한 TTA에 의하여 생성된 형광은 수명이 긴 삼중항 여기 상태를 거쳐 얻어지기 때문에, 지연 형광이 관찰된다.

[0204] 발광층(113)에서 단일항 여기 에너지를 게스트 재료(122)로 효율적으로 이동시키기 위해서는, 도 2의 (C)에 도시된 바와 같이, 호스트 재료(121)의 단일항 여기 에너지(S_1 준위)의 가장 낮은 준위가 게스트 재료(122)의 S_1 준위보다 높은 것이 바람직하다. 또한 호스트 재료(121)의 삼중항 여기 에너지(T_1 준위)의 가장 낮은 준위가 게스트 재료(122)의 T_1 준위보다 낮은 것이 바람직하다(도 2의 (C)에서의 루트 E_2 참조). 이러한 구조에 의하여, 발광층(113)에서 TTA를 효율적으로 일으킬 수 있다.

- [0205] 또한 호스트 재료(121)의 T1 준위는, 발광층(113)에 접촉하는 정공 수송층(112)(도 2의 (A)에서의 정공 수송층(112-c))에 사용된 재료의 T1 준위보다 낮은 것이 바람직하다. 즉, 정공 수송층(112)은 여기자의 확산을 억제하는 기능을 가지는 것이 바람직하다. 이러한 구조에 의하여, 발광층(113)에서 생성된 삼중항 여기자가 정공 수송층(112)으로 확산되는 것을 억제할 수 있어, 발광 효율이 높은 소자를 제공할 수 있다.
- [0206] 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 높은 T1 준위 및 높은 정공 수송성을 가지기 때문에, 발광 소자에서의 TTA를 이용한 정공 수송 재료로서 적합하게 사용할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태의 유기 화합물은 호스트 재료(121)로서도 사용할 수 있다.
- [0207] 유기 화합물의 가장 낮은 단일항 여기 에너지 준위는 유기 화합물에서의 단일항 기저 상태에서부터 가장 낮은 단일항 여기 상태로의 전이 시의 흡수 스펙트럼으로부터 관찰될 수 있다. 또는, 가장 낮은 단일항 여기 에너지 준위를 유기 화합물의 형광 스펙트럼의 피크 파장으로부터 추정하여도 좋다. 또한, 가장 낮은 삼중항 여기 에너지 준위는 유기 화합물에서의 단일항 기저 상태에서부터 가장 낮은 삼중항 여기 상태로의 전이 시의 흡수 스펙트럼으로부터 관찰될 수 있지만, 이 전이는 금지된 전이이기 때문에, 관찰하기 어려운 경우가 있다. 이러한 경우, 가장 낮은 삼중항 여기 에너지 준위를 유기 화합물의 인광 스펙트럼의 피크 파장으로부터 추정하여도 좋다.
- [0208] <재료>
- [0209] 다음으로 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 구성 요소에 대하여 이하에서 자세히 설명한다.
- [0210] <<발광층>>
- [0211] 발광층(113)에서는, 호스트 재료(121)의 중량비가 적어도 게스트 재료(122)의 중량비보다 높고, 게스트 재료(122)(형광 재료)가 호스트 재료(121) 내에 분산된다. 또한 발광층(113)에서, 호스트 재료(121)는 일종의 화합물 또는 복수의 화합물로 이루어져도 좋다.
- [0212] 발광층(113)에서, 게스트 재료(122)는 이들에 특별히 한정되지 않지만, 안트라센 유도체, 테트라센 유도체, 크리센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 페릴렌 유도체, 스틸벤 유도체, 아크리돈 유도체, 쿠마린 유도체, 페녹사진 유도체, 또는 페노싸이아진 유도체 등이 바람직하고, 예를 들어 다음 재료 중 임의의 재료를 사용할 수 있다.
- [0213] 예에는 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), N,N'-다이페닐-N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-비스(4-tert-뷰틸페닐)피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6tBu-FLPAPrn), N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-3,8-다이사이클로헥실피렌-1,6-다이아민(약칭: ch-1,6FLPAPrn), N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐스틸벤-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPA), N,9-다이페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-뷰틸)페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBAPA), N,N'-(2-tert-뷰틸안트라센-9,10-다이일다이-4,1-페닐렌)비스[N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민](약칭: DPABPA), N,9-다이페닐-N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[4-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPPA), N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-옥타페닐다이벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린 30, N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린 6, 쿠마린 545T, N,N'-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 2,8-다이-tert-뷰틸-5,11-비스(4-tert-뷰틸페닐)-6,12-다이페닐테트라센(약칭: TBRb), Nile red, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에틸일}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이 나이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[i,j]퀴놀리진-9-일)에틸일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이 나이트릴(약칭: DCM2), N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-다이페닐-

N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-다리아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-*tert*-뷰틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스[2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCJTM), 및 5,10,15,20-테트라페닐비스벤조[5,6]인데노[1,2,3-*cd*:1',2',3'-*lm*]페릴렌이 포함된다.

[0214] 또한 발광층(113)은 호스트 재료(121) 및 게스트 재료(122) 외의 재료를 포함하여도 좋다.

[0215] 발광층(113)에 사용할 수 있는 재료에 특별한 한정은 없지만, 예를 들어 다음 재료 중 임의의 재료를 사용할 수 있다: 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[*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-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPB0), 및 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체; 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(*p*-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)-트리스(1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP), 및 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CO11) 등의 헤테로고리 화합물; 및 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α-NPD), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다리아민(약칭: TPD), 및 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물. 또한, 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 및 다이벤조[*g,p*]크리센 유도체 등의 축합 다환 방향족 화합물을 사용할 수 있다. 이들의 구체적인 예에는 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), *N,N*-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: DPhPA), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), *N*,9-다이페닐-*N*-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), *N*,9-다이페닐-*N*-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPBA), *N*,9-다이페닐-*N*-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), 6,12-다이메톡시-5,11-다이페닐크리센, *N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''*-옥타페닐다이벤조[*g,p*]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: PCzPA), 3,6-다이페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: DPCzPA), 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 2-*tert*-뷰틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 9,9'-바이안트릴(약칭: BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-다이일)다이페난트렌(약칭: DPNS2), 및 1,3,5-트라이(1-피렌일)벤젠(약칭: TPB3)이 포함된다. 이들 물질 및 공지의 물질 중에서, 게스트 재료(122)의 에너지 갭보다 넓은 에너지 갭을 가지는 하나 이상의 물질을 선택하는 것이 바람직하다.

[0216] 또한, 발광층(113)은 2층 이상이 적층된 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측으로부터 이 순서대로 적층하여 발광층(113)을 형성하는 경우, 제 1 발광층은 정공 수송성을 가지는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성되고, 제 2 발광층은 전자 수송성을 가지는 물질을 호스트 재료로서 사용하여 형성된다.

[0217] 다음에, 도 1의 (A)에서의 발광 소자(100) 및 도 2의 (A)에서의 발광 소자(120)의 다른 구성의 상세한 사항에 대하여 이하에서 설명한다.

[0218] <<정공 수송층>>

[0219] 정공 주입층(111)은 한 쌍의 전극 중 한쪽(전극(101) 또는 전극(102))으로부터의 정공 주입의 배리어를 저감하여 정공 주입을 촉진하는 기능을 가지고, 예를 들어 전이 금속 산화물, 프탈로사이아닌 유도체, 또는 방향족 아민을 사용하여 형성된다. 전이 금속 산화물의 예에는 몰리브데넘 산화물, 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 및 망가니즈 산화물이 포함된다. 프탈로사이아닌 유도체의 예에는 프탈로사이아닌 및 금속 프탈로사이아닌이 포함된다. 방향족 아민의 예에는, 벤지딘 유도체 및 페닐렌다이아민 유도체가 포함된다. 폴리싸이오펜 또는 폴리아닐린 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있고, 그 대표적인 예는 자기 도핑된 폴리싸이오펜인

폴리(에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌설폰산)이다.

- [0220] 정공 주입층(111)으로서, 정공 수송 재료와, 정공 수송 재료로부터 전자를 받는 성질을 가지는 재료의 복합 재료를 함유하는 층을 사용할 수도 있다. 또는 전자 수용성을 가지는 재료를 함유하는 층과 정공 수송 재료를 함유하는 층의 적층을 사용하여도 좋다. 정상(定常) 상태 또는 전계 존재하에서 이들 재료 사이를 전하가 이동할 수 있다. 전자 수용성을 가지는 재료의 예에는 퀴노다이메테인 유도체, 클로라닐 유도체, 및 헥사아자트라이페닐렌 유도체 등의 유기 화합물이 포함된다. 구체적인 예는 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐, 또는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN) 등의 전자 흡인기(할로젠기 또는 사이아노기)를 가지는 화합물이다. 또는 제 4족 내지 제 8족 금속의 산화물 등의 전이 금속 산화물을 사용할 수도 있다. 구체적으로는 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 또는 산화 레늄 등을 사용할 수 있다. 특히, 산화 몰리브데넘은 대기 중에서 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0221] 정공 수송 재료로서는 전자보다 정공을 더 수송하는 성질을 가지는 재료를 사용할 수 있고, 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 재료가 바람직하다. 구체적으로는 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 또는 스틸벤 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.
- [0222] 정공 수송성이 높은 방향족 아민 화합물의 예에는 *N,N'*-다이(*p*-톨릴)-*N,N'*-다이페닐-*p*-페닐렌디아민(약칭: DTDP), 4,4'-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), *N,N'*-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-*N,N'*-다이페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-다이아민(약칭: DNTPD), 및 1,3,5-트리스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B)이 포함된다.
- [0223] 카바졸 유도체의 구체적인 예에는 3-[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA1), 3,6-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzDPA2), 3,6-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-(1-나프틸)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzTPN2), 3-[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2), 및 3-[*N*-(1-나프틸)-*N*-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1)이 있다.
- [0224] 카바졸 유도체의 다른 예에는 4,4'-다이(*N*-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 및 1,4-비스[4-(*N*-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠이 있다.
- [0225] 방향족 탄화수소의 예에는, 2-*tert*-부틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-부틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-다이페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-다이(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-다이페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-다이(2-나프틸)안트라센, 9,9'-바이안트릴, 10,10'-다이페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 및 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌이 있다. 다른 예에는 펜타센 및 코로넨이 있다. 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상이고 탄소수가 14 내지 42인 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.
- [0226] 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐 기를 가지는 방향족 탄화수소의 예에는 4,4'-비스(2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi) 및 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA)이 있다.
- [0227] 다른 예에는 폴리(*N*-바이닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[*N*-(4-{*N*'-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]페닐-*N*'-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 및 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘](약칭: poly-TPD) 등의 고분자 화합물이 있다.
- [0228] 정공 수송성이 높은 재료의 예에는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α -NPD), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 4,4',4'-트리스(카바졸-9-일)트라이페닐아민(약칭: TCTA), 4,4',4'-트리스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]트라이페닐아민(약칭: 1'-TNATA), 4,4',4'-트리스(*N,N'*-다이페닐아미노)트라이페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4'-트리스[*N*-(3-메틸페닐)-*N*-페닐아

미노]트라이페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[*N*-(스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: mBPAFLP), *N*-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)-*N*'-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)아미노]-9*H*-플루오렌-7-일]페닐아민(약칭: DFLADFL), *N*-(9,9-다이메틸-2-다이페닐아미노-9*H*-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭: DPNF), 2-[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPASF), 4-페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 4-페닐다이페닐-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)아민(약칭: PCA1BP), *N,N'*-비스(9-페닐카바졸-3-일)-*N,N'*-다이페닐벤젠-1,3-다이아민(약칭: PCA2B), *N,N',N'*-트라이페닐-*N,N',N'*-트리스(9-페닐카바졸-3-일)벤젠-1,3,5-트리아민(약칭: PCA3B), *N*-(4-바이페닐)-*N*-(9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-일)-9-페닐-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCBIF), *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF), 2-[*N*-(9-페닐카바졸-3-일)-*N*-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: PCASF), 2,7-비스[*N*-(4-다이페닐아미노페닐)-*N*-페닐아미노]-스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPA2SF), *N*-[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N*-(4-페닐)페닐아닐린(약칭: YGA1BP), 및 *N,N'*-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-*N,N'*-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F) 등의 방향족 아민 화합물이 있다. 다른 예로서는 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPN), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPPn), 3,3'-비스(9-페닐-9*H*-카바졸)(약칭: PCCP), 1,3-비스(*N*-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,6-다이(9*H*-카바졸-9-일)-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PhCzGI), 2,8-다이(9*H*-카바졸-9-일)-다이벤조싸이오펜(약칭: Cz2DBT), 4-{3-[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBI-II), 4,4',4'-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 1,3,5-트라이(다이벤조싸이오펜-4-일)-벤젠(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐-4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV), 및 4-[3-(트라이페닐렌-2-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: mDBTPTp-II) 등의 아민 화합물, 카바졸 화합물, 싸이오펜 화합물, 퓨란 화합물, 플루오렌 화합물, 트라이페닐렌 화합물, 및 페난트렌 화합물 등이 있다. 상술한 화합물 중에서 피롤 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 방향족 아민 골격 중 적어도 하나를 포함하는 화합물은 안정성 및 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 또한 이러한 골격을 가지는 화합물은 정공 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0229] <<정공 수송층>>

[0230] 정공 수송층(112)은 정공 수송 재료를 포함하는 층이며 정공 주입층(111)의 재료의 예로서 든 정공 수송 재료 중 임의의 것을 사용하여 형성할 수 있다. 정공 수송층(112)이 정공 주입층(111)에 주입된 정공을 발광층(113)에 수송하는 기능을 가지기 위해서는, 정공 수송층(112)의 HOMO 준위가 정공 주입층(111)의 HOMO 준위와 동등하거나 가까운 것이 바람직하다.

[0231] 정공 수송성 재료로서는 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높기만 하면 상술한 물질 외의 임의의 물질을 사용하여도 좋다. 정공 수송성이 높은 물질을 함유하는 층은 단층으로 한정되지 않고, 전술한 물질을 함유하는 2개 이상의 층을 적층시킬 수 있다.

[0232] 또한 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 적합하게 사용할 수 있다.

[0233] <<전자 수송층>>

[0234] 전자 수송층(114)은, 전자 주입층(115)을 통하여 한 쌍의 전극 중 다른 쪽(전극(101) 또는 전극(102))으로부터 주입된 전자를 발광층(113)으로 수송하는 기능을 가진다. 전자 수송 재료로서는 정공보다 전자를 더 수송하는 성질을 가지는 재료를 사용할 수 있고, 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 재료가 바람직하다. 전자를 쉽게 받는 화합물(전자 수송성을 가지는 재료)로서는, 질소 함유 헤테로방향족 화합물 등의 π 전자 부족형 헤테로방향족 화합물 또는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적인 예에는 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 가지는 금속 착체, 옥사다리아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴놀살린 유도체, 다이벤조퀴놀살린 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체, 및 트리아아진 유도체가 포함된다. 또한 정공 수송성보다 전자 수송성이 높기만 하면, 상기

물질 외의 물질을 사용하여도 좋다. 전자 수송층(114)은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 함유하는 2층 이상의 적층이어도 좋다.

[0235] 구체적 예에는 트리스(8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀레이토)알루미늄(III)(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 및 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq)과 같은, 퀴놀린 또는 벤조퀴놀린 골격을 가지는 금속 착체가 포함된다. 또는, 비스[2-(2-벤조옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPB0) 또는 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 옥사졸계 또는 싸이아졸계 배위자를 가지는 금속 착체를 사용할 수 있다. 이러한 금속 착체 외에, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다리아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다리아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 9-[4-(4,5-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸-3-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzTAZ1), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBI-1), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 2,9-비스(나프탈렌-2-일)-4,7-다이페닐-1,10-페난트롤린(약칭: NBPhen), 및 바소큐프로인(약칭: BCP), 등의 헤테로고리 화합물; 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 2-[4-(3,6-다이페닐-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2CzPDBq-III), 7-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 7mDBTPDBq-II), 6-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 6mDBTPDBq-II), 2-[3-(3,9'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzCzPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II), 및 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 등의 다이아진 골격을 가지는 헤테로고리 화합물; 2-[4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn) 등의 트리아진 골격을 가지는 헤테로고리 화합물; 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy) 및 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)-페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 가지는 헤테로고리 화합물; 및 4,4'-비스(5-메틸벤조옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: Bz0s) 등의 헤테로 방향족 화합물 중 임의의 것을 사용할 수 있다. 헤테로고리 화합물 중에서 트리아진 골격, 다이아진 골격(피리미딘, 피라진, 피리다진), 및 피리딘 골격 중 적어도 하나를 가지는 헤테로고리 화합물은 신뢰성 및 안정성이 높기 때문에 바람직하다. 또한, 이 골격을 가지는 헤테로고리 화합물은 전자 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여한다. 또는, 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-co-(피리딘-3,5-다이일)](약칭: PF-Py), 또는 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-co-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭: PF-BPy) 등의 고분자 화합물이 사용될 수 있다. 여기에 기재된 물질은 주로 전자 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질이다.

[0236] 또한 정공 수송성보다 전자 수송성이 높기만 하면, 상기 물질 외의 물질을 사용하여도 좋다. 전자 수송층(114)은 단층에 한정되지 않고, 상술한 물질을 함유하는 2층 이상의 적층이어도 좋다.

[0237] 전자 수송층(114)과 발광층(113) 사이에, 캐리어의 수송을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 이는 높은 전자 트랩핑성을 가지는 소량의 물질을, 상술한 바와 같은 높은 전자 수송성을 가지는 재료에 첨가함으로써 형성된 층이고, 상기 층은 캐리어의 수송을 억제함으로써 캐리어 밸런스를 조정할 수 있다. 이러한 구조는, 전자가 발광층을 통과할 때 발생하는 문제(소자 수명의 저하 등)를 방지하는 데 매우 효과적이다.

[0238] n형 화합물 반도체를 사용하여도 좋고, 예를 들어 산화 타이타늄, 산화 아연, 산화 실리콘, 산화 주석, 산화 텅스텐, 산화 탄탈럼, 타이타늄산 바륨, 지르콘산 바륨, 산화 지르코늄, 산화 하프늄, 산화 알루미늄, 산화 이트륨, 또는 지르코늄 실리케이트 등의 산화물; 질화 실리콘 등의 질화물; 황화 카드뮴; 셀레늄화 아연; 또는 황화 아연을 사용할 수 있다.

[0239] <<전자 주입층>>

[0240] 전자 주입층(115)은 전극(102)으로부터의 전자 주입의 장벽을 저감하여 전자 주입을 촉진하는 기능을 가지고, 예를 들어 제 1족 금속 또는 제 2족 금속, 또는 이들 금속 중 어느 것의 산화물, 할로겐화물, 또는 탄산염을 사용하여 형성할 수 있다. 또는 전자 수송 재료(상술하였음)와, 전자 수송 재료에 대하여 전자를 공여하는 성질을 가지는 재료를 함유하는 복합 재료를 사용할 수도 있다. 전자 공여성을 가지는 재료의 예에는 제 1족 금속, 제 2족 금속, 또는 이들 금속 중 어느 것의 산화물 등이 포함된다. 구체적으로는 플루오린화 리튬, 플루오린화

소듐, 플루오린화 세슘, 플루오린화 칼슘, 또는 리튬 산화물 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 플루오린화 어븀 등의 희토류 금속 화합물을 사용할 수도 있다. 전자 주입층(115)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물의 예에는 산화 칼슘-산화 알루미늄에 높은 농도로 전자를 첨가한 물질이 포함된다. 전자 주입층(115)은 전자 수송층(114)에 사용할 수 있는 물질을 사용하여 형성할 수 있다.

[0241] 전자 주입층(115)에는 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에서 전자가 발생하기 때문에, 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물은, 발생한 전자의 수송이 우수한 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는 예를 들어 상술한 전자 수송층(114)을 형성하는 물질(예를 들어 금속 착체 및 헥테로 방향족 화합물)을 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질을 사용하여도 좋다. 구체적으로는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 및 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 소듐, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 어븀, 또는 이터븀 등을 사용할 수 있다. 또한 알칼리 금속 산화물 또는 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 또는 바륨 산화물 등을 사용할 수 있다. 산화 마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 테트라싸이아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0242] 또한 상술한 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 또는 그라비아 인쇄법 등에 의하여 형성할 수 있다. 상술한 재료 이외에도, 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층에는 퀀텀닷(quantum dot) 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(예를 들어 올리고머, 덴드리머, 및 폴리머)을 사용하여도 좋다.

[0243] <<퀀텀닷>>

[0244] 퀀텀닷은 크기가 수nm 내지 수십nm인 반도체 나노 결정이고, 약 1×10^3 내지 1×10^6 개의 원자를 함유한다. 퀀텀닷의 에너지 시프트는 그 크기에 의존하기 때문에, 같은 물질로 만들어진 퀀텀닷은 그 크기에 따라 상이한 파장의 광을 방출한다. 그러므로, 퀀텀닷의 크기를 바꿈으로써 발광 파장을 쉽게 조정할 수 있다.

[0245] 퀀텀닷은 피크가 좁은 발광 스펙트럼을 가지기 때문에 색 순도가 높은 발광을 얻을 수 있다. 또한 퀀텀닷의 이론적 내부 양자 효율은 약 100%라고 하고, 형광 유기 화합물의 이론적 내부 양자 효율 즉 25%를 크게 웃돌고, 인광 유기 화합물의 이론적 내부 양자 효율과 동등하다. 그러므로 퀀텀닷을 발광 재료로서 사용함으로써 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 무기 재료인 퀀텀닷은 그 본질적인 안정성이 높기 때문에 수명의 관점에서도 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0246] 퀀텀닷의 재료의 예에는 제 14족 원소, 제 15족 원소, 제 16족 원소, 복수의 제 14족 원소의 화합물, 제 4족 내지 제 14족 중 어느 것에 속하는 원소와 제 16족 원소의 화합물, 제 2족 원소와 제 16족 원소의 화합물, 제 13족 원소와 제 15족 원소의 화합물, 제 13족 원소와 제 17족 원소의 화합물, 제 14족 원소와 제 15족 원소의 화합물, 제 11족 원소와 제 17족 원소의 화합물, 산화 철류, 산화 타이타늄류, 칼코게나이드스피넬류, 및 반도체 클러스터가 포함된다.

[0247] 구체적인 예에는 셀레늄화 카드뮴; 황화 카드뮴; 텔루륨화 카드뮴; 셀레늄화 아연; 산화 아연; 황화 아연; 텔루륨화 아연; 황화 수은; 셀레늄화 수은; 텔루륨화 수은; 비화 인듐; 인화 인듐; 비화 갈륨; 인화 갈륨; 질화 인듐; 질화 갈륨; 안티모니화 인듐; 안티모니화 갈륨; 인화 알루미늄; 비화 알루미늄; 안티모니화 알루미늄; 셀레늄화 납; 텔루륨화 납; 황화 납; 셀레늄화 인듐; 텔루륨화 인듐; 황화 인듐; 셀레늄화 갈륨; 황화 비소; 셀레늄화 비소; 텔루륨화 비소; 황화 안티모니; 셀레늄화 안티모니; 텔루륨화 안티모니; 황화 비스무트; 셀레늄화 비스무트; 텔루륨화 비스무트; 실리콘; 탄소화 실리콘; 저마늄; 주석; 셀레늄; 텔루륨; 붕소; 탄소; 인; 질화 붕소; 인화 붕소; 비화 붕소; 질화 알루미늄; 황화 알루미늄; 황화 바륨; 셀레늄화 바륨; 텔루륨화 바륨; 황화 칼슘; 셀레늄화 칼슘; 텔루륨화 칼슘; 황화 베릴륨; 셀레늄화 베릴륨; 텔루륨화 베릴륨; 황화 마그네슘; 셀레늄화 마그네슘; 황화 저마늄; 셀레늄화 저마늄; 텔루륨화 저마늄; 황화 주석; 셀레늄화 주석; 텔루륨화 주석; 산화 납; 플루오린화 구리; 염화 구리; 브로민화 구리; 아이오딘화 구리; 산화 구리; 셀레늄화 구리; 산화 니켈; 산화 코발트; 황화 코발트; 사산화 삼철; 황화 철; 산화 망가니즈; 황화 몰리브데넘; 산화 바나듐; 산화 텅스텐; 산화 탄탈럼; 산화 타이타늄; 산화 지르코늄; 질화 실리콘; 질화 저마늄; 산화 알루미늄; 타이타늄산 바륨; 셀레늄과 아연과 카드뮴의 화합물; 인듐과 비소와 인의 화합물; 카드뮴과 셀레늄과 황의 화합물; 카드뮴과 셀레늄과 텔루륨의 화합물; 인듐과 갈륨과 비소의 화합물; 인듐과 갈륨과 셀레늄의 화합물; 인듐과 셀레늄과 황의 화합물; 구리와 인듐과 황의 화합물; 및 이들의 조합이 포함되지만, 이들에 한정되지 않는다. 조성이 임의의 비율로 나타내어지는, 소위 합금형 퀀텀닷을 사용하여도 좋다. 예를 들어 카드뮴과 셀레늄과 황의 합금형 퀀텀닷

은, 원소의 함유 비율을 바꿈으로써 발광 파장을 변경할 수 있기 때문에 청색광을 얻는 데 효과적인 재료이다.

[0248] 퀀텀닷으로서는 코어형 퀀텀닷, 코어 셸 퀀텀닷, 및 코어 멀티셸 퀀텀닷 등 중 어느 것을 사용할 수 있다. 또한 더 넓은 밴드 갭을 가지는 다른 무기 재료로 형성되는 셸로 코어가 덮이면, 나노 결정의 표면에 존재하는 결함 및 dangling 본드의 영향을 저감시킬 수 있다. 이러한 구조는 발광의 양자 효율을 크게 향상시킬 수 있기 때문에 코어 셸 또는 코어 멀티셸 퀀텀닷을 사용하는 것이 바람직하다. 셸의 재료의 예에는 황화 아연 및 산화 아연이 포함된다.

[0249] 퀀텀닷은 표면 원자의 비율이 높기 때문에 반응성이 높고 응집하기 쉽다. 이러한 이유로 퀀텀닷의 표면에는 보호제가 부착되거나 또는 보호기가 제공되는 것이 바람직하다. 상기 보호제의 부착 또는 상기 보호기의 제공에 의하여 응집을 방지하고 용매에 대한 용해성을 높일 수 있다. 반응성을 저감시키고 전기적 안정성을 향상시킬 수도 있다. 보호제(또는 보호기)의 예에는 폴리옥시에틸렌라우릴에터, 폴리옥시에틸렌스테아릴에터, 및 폴리옥시에틸렌올레일에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬에터; 트라이프로필포스핀, 트라이부틸포스핀, 트라이헥실포스핀, 및 트라이옥틸포스핀 등의 트라이알킬포스핀; 폴리옥시에틸렌 *n*-옥틸페닐에터 및 폴리옥시에틸렌 *n*-노닐페닐에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬페닐에터; 트라이(*n*-헥실)아민, 트라이(*n*-옥틸)아민, 및 트라이(*n*-데실)아민 등의 제 3급 아민류; 트라이프로필포스핀옥사이드, 트라이부틸포스핀옥사이드, 트라이헥실포스핀옥사이드, 트라이옥틸포스핀옥사이드, 및 트라이데실포스핀옥사이드 등의 유기 인 화합물; 폴리에틸렌글라이콜다이하우레이트 및 폴리에틸렌글라이콜다이스테아레이트 등의 폴리에틸렌글라이콜다이에스터; 피리딘류, 루티딘류, 콜리딘류, 및 퀴놀린류 등의 질소 함유 방향족 화합물 등의 유기 질소 화합물; 헥실아민, 옥틸아민, 데실아민, 도데실아민, 테트라데실아민, 헥사데실아민, 및 옥타데실아민 등의 아미노알칸류; 다이부틸설파이드 등의 다이알킬설파이드; 다이메틸설파이드 및 다이부틸설파이드 등의 다이알킬설파이드류; 싸이오펜 등의 황 함유 방향족 화합물 등의 유기 황 화합물; 팔미트산, 스테아르산, 및 올레산 등의 고급지방산; 알코올; 소르비탄지방산 에스터; 지방산변성 폴리에스터; 3급 아민변성 폴리우레탄; 및 폴리에틸렌이민이 포함된다.

[0250] 퀀텀닷의 크기가 작아질수록 그 밴드 갭이 커지기 때문에 원하는 파장의 광을 얻을 수 있도록 그 크기를 적절히 조정한다. 결정 크기가 작아질수록 퀀텀닷으로부터의 발광은 청색 측, 즉 고에너지 측으로 시프트하기 때문에, 퀀텀닷의 크기를 변경함으로써 자외 영역, 가시 영역, 및 적외 영역의 스펙트럼의 파장 영역에 걸쳐 퀀텀닷의 발광 파장을 조정할 수 있다. 보통 사용되는 퀀텀닷의 크기(직경)의 범위는 0.5nm 이상 20nm 이하, 바람직하게는 1nm 이상 10nm 이하이다. 퀀텀닷의 크기 분포가 작을수록 발광 스펙트럼이 좁아지기 때문에 색 순도가 높은 발광을 얻을 수 있다. 퀀텀닷의 형상은 특별히 한정되지 않고, 구상(球狀), 봉상(棒狀), 또는 원반 형상 등이어도 좋다. 막대 형상의 퀀텀닷인 양자 로드에는 지향성의 광을 방출하는 기능을 가지기 때문에 양자 로드를 발광 재료로서 사용함으로써 외부 양자 효율이 더 높은 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0251] 대부분의 유기 EL 소자에서, 발광 재료가 호스트 재료에서 확산됨으로써 발광 재료의 농도 소광이 억제되어 발광 효율이 향상된다. 호스트 재료는 발광 재료 이상의 단일항 여기 에너지 준위 또는 삼중항 여기 에너지 준위를 가지는 재료일 필요가 있다. 발광 재료로서 청색 인광 재료를 사용하는 경우, 삼중항 여기 에너지 준위가 청색 인광 재료 이상이며 수명의 관점에서 우수한 호스트 재료를 개발하는 것이 특히 어렵다. 호스트 재료를 사용하지 않고 퀀텀닷으로 발광층을 구성하는 경우에도 퀀텀닷은 발광 효율을 확보할 수 있기 때문에 수명의 관점에서 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다. 발광층이 퀀텀닷으로 구성되는 경우에는 퀀텀닷은 코어셸 구조(코어 멀티셸 구조를 포함함)를 가지는 것이 바람직하다.

[0252] 발광층의 발광 재료로서 퀀텀닷을 사용하는 경우, 발광층의 두께는 3nm 이상 100nm 이하, 바람직하게는 10nm 이상 100nm 이하로 하고, 발광층은 퀀텀닷의 1volume% 이상 100volume% 이하를 함유한다. 또한 발광층은 퀀텀닷으로 구성되는 것이 바람직하다. 발광 재료로서 퀀텀닷을 호스트 재료에 분산시키는 발광층을 형성하기 위해서는, 호스트 재료에 퀀텀닷을 분산 또는 호스트 재료와 퀀텀닷을 적절한 액체 매체에 용해 또는 분산시킨 후 웨트 프로세스(예를 들어 스핀 코팅법, 캐스트법, 다이 코팅법, 블레이드 코팅법, 롤 코팅법, 잉크젯법, 인쇄법, 스프레이 코팅법, 커튼 코팅법, 또는 랭뮤어-블라젯법(Langmuir-Blodgett method))를 채용하면 좋다. 인광 재료를 포함한 발광층에 대해서는, 상기 웨트 프로세스에 더하여, 진공 증착법도 적합하게 이용할 수 있다.

[0253] 웨트 프로세스에 사용되는 액체 매체의 예에는 메틸에틸케톤 및 사이클로헥사논 등의 케톤류; 아세트산에틸 등의 지방산에스터류; 다이클로로벤젠 등의 할로젠화 탄화수소류; 톨루엔, 자일렌, 메시틸렌, 및 사이클로헥실벤젠 등의 방향족 탄화수소류; 사이클로헥세인, 데칼린, 및 도데케인 등의 지방족 탄화수소류; 다이메틸폼아마이드(DMF); 또는 다이메틸설파이드(DMSO) 등의 유기 용매가 있다.

[0254] <<한 쌍의 전극>>

- [0255] 전극(101 및 102)은 각각 발광 소자의 양극 및 음극으로서 기능한다. 전극(101 및 102)은 예를 들어 금속, 합금, 또는 도전성 화합물, 또는 이들의 혼합물 또는 적층체를 사용하여 형성될 수 있다.
- [0256] 전극(101 및 102) 중 한쪽은 광을 반사하는 기능을 가지는 도전 재료를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 도전 재료의 예에는 알루미늄(Al) 및 Al을 함유하는 합금이 포함된다. Al을 함유하는 합금의 예에는, Al 및 Ti를 함유하는 합금 그리고 Al, Ni, 및 La를 함유하는 합금 등, Al 및 L(L은 타이타늄(Ti), 네오디뮴(Nd), 니켈(Ni), 및 란타넘(La) 중 하나 이상을 나타냄)을 함유하는 합금이 포함된다. 알루미늄은 저항이 낮고 광의 반사율이 높다. 알루미늄은 지각(地殼)에 대량으로 포함되고 저렴하기 때문에, 알루미늄을 사용한 발광 소자는 저비용으로 제작할 수 있다. 또는 은(Ag), Ag와 N(N은 이트륨(Y), Nd, 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), Al, Ti, 갈륨(Ga), 아연(Zn), 인듐(In), 텅스텐(W), 망가니즈(Mn), 주석(Sn), 철(Fe), Ni, 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 및 금(Au) 중 하나 이상을 나타냄) 등을 사용할 수 있다. 은을 함유하는 합금의 예에는 은, 팔라듐, 및 구리를 함유하는 합금, 은 및 구리를 함유하는 합금, 은 및 마그네슘을 함유하는 합금, 은 및 니켈을 함유하는 합금, 은 및 금을 함유하는 합금, 그리고 은 및 이터븀을 함유하는 합금이 포함된다. 그 이외에 텅스텐, 크로뮴(Cr), 몰리브덴(Mo), 구리, 또는 타이타늄 등의 전이 금속을 사용할 수 있다.
- [0257] 발광층으로부터 방출되는 광은 전극(101) 및/또는 전극(102)을 통하여 추출된다. 그러므로 전극(101 및 102) 중 적어도 한쪽은 광을 투과시키는 기능을 가지는 도전 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 도전 재료의 예에는 가시광 투과율이 40% 이상 100% 이하, 바람직하게는 60% 이상 100% 이하이고, 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 도전 재료가 포함된다.
- [0258] 전극(101 및 102)의 각각은 광을 투과시키는 기능 및 광을 반사하는 기능을 가지는 도전 재료를 사용하여 형성하여도 좋다. 도전 재료의 예에는 가시광 반사율이 20% 이상 80% 이하, 바람직하게는 40% 이상 70% 이하이고, 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 도전 재료가 포함된다. 예를 들어 도전성의 금속 및 합금, 및 도전성 화합물 등을 1종류 이상 사용할 수 있다. 구체적으로는 인듐 주석 산화물(이후 ITO라고 함), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO), 산화 인듐-산화 아연(indium zinc oxide), 타이타늄을 함유하는 산화 인듐-주석 산화물, 인듐-타이타늄 산화물, 또는 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유하는 산화 인듐 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 광을 투과시키는 두께(바람직하게는 1nm 이상 30nm 이하의 두께)의 금속 박막을 사용할 수도 있다. 금속으로서는 Ag, Ag와 Al의 합금, Ag와 Mg의 합금, Ag와 Au의 합금, 또는 Ag와 Yb의 합금 등을 사용할 수 있다.
- [0259] 본 명세서 등에서 광을 투과시키는 재료는, 가시광을 투과시키고 도전성을 가지는 재료이어도 좋다. 상기 재료의 예에는 상술한 ITO로 대표되는 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체, 및 유기 물질을 함유하는 유기 도전체가 포함된다. 유기 물질을 함유하는 유기 도전체의 예에는 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합한 복합 재료, 및 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터 재료)를 혼합한 복합 재료가 포함된다. 또는 그래핀 등의 무기 탄소계 재료를 사용하여도 좋다. 상기 재료의 저항률은 바람직하게는 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더 바람직하게는 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.
- [0260] 또는 전극(101) 및/또는 전극(102)은 이들 재료 중 2개 이상을 적층시켜 형성하여도 좋다.
- [0261] 광 추출 효율을 향상시키기 위하여, 광을 투과시키는 기능을 가지는 전극보다 굴절률이 높은 재료를 상기 전극과 접촉시켜 형성하여도 좋다. 이러한 재료는 가시광을 투과시키는 기능을 가지기만 하면 도전 재료이어도 도전 재료가 아니어도 된다. 상술한 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체 및 유기 재료를 예로 들 수 있다. 유기 재료의 예에는 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층의 재료가 포함된다. 또는 무기 탄소계 재료 또는 광이 투과될 정도로 얇은 금속막을 사용할 수 있다. 또는, 수 나노미터 내지 수십 나노미터의 두께를 가지는 적층을 사용하여도 좋다.
- [0262] 전극(101) 또는 전극(102)이 음극으로서 기능하는 경우, 전극은 일함수가 낮은(3.8eV 이하) 재료를 함유하는 것이 바람직하다. 이 예에는 원소 주기율표의 제 1족 또는 제 2족에 속하는 원소(예를 들어 리튬, 소듐, 또는 세슘 등의 알칼리 금속, 칼슘 또는 스트론튬 등의 알칼리 토금속, 또는 마그네슘), 이들 원소 중 어느 것을 함유하는 합금(예를 들어 Ag-Mg 또는 Al-Li), 유로퓸(Eu) 또는 Yb 등의 희토류 금속, 이들 희토류 금속 중 어느 것을 포함하는 합금, 및 알루미늄 및 은을 함유하는 합금이 포함된다.
- [0263] 전극(101) 또는 전극(102)이 양극으로서 사용되는 경우, 일함수가 높은(4.0eV 이상) 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

- [0264] 또는, 전극(101 및 102)은 각각 광을 반사하는 기능을 가지는 도전 재료와 광을 투과시키는 기능을 가지는 도전 재료의 적층이어도 좋다. 이 경우, 전극(101 및 102) 각각은 각 발광층으로부터 방출되는 원하는 광이 공진되고 강화되도록 광로 길이를 조정하는 기능을 가질 수 있으므로, 이러한 구조는 바람직하다.
- [0265] 전극(101 및 102)의 형성 방법으로는 스퍼터링법, 증착법, 인쇄법, 도포법, MBE(molecular beam epitaxy)법, CVD법, 펄스 레이저 퇴적법, 또는 ALD(atomic layer deposition)법 등을 적절히 사용할 수 있다.
- [0266] <<기관>>
- [0267] 본 발명의 일 형태의 발광 소자는 유리 또는 플라스틱 등의 기관 위에 형성시켜도 좋다. 기관 위에 적층하는 방법으로는 층들을 전극(101) 측으로부터 순차적으로 적층하여도 좋고 전극(102) 측으로부터 순차적으로 적층시켜도 좋다.
- [0268] 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 형성할 수 있는 기관에는 유리, 석영, 또는 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 또는 플렉시블 기관을 사용할 수 있다. 플렉시블 기관이란 예를 들어 폴리카보네이트 또는 폴리아릴레이트로 만들어진 플라스틱 기관 등의 구부릴 수 있는 기관을 의미한다. 또는 필름 또는 무기 증착 필름 등을 사용할 수 있다. 기관이 발광 소자 또는 광학 소자의 제작 공정에서 지지체로서 기능하기만 하면, 다른 재료를 사용하여도 좋다. 발광 소자 또는 광학 소자를 보호하는 기능을 가지는 다른 재료를 사용하여도 좋다.
- [0269] 본 명세서 등에서 발광 소자는 예를 들어 다양한 기관 중 어느 것을 사용하여 형성할 수 있다. 기관의 종류는 특정한 종류에 한정되지 않는다. 기관의 예에는 반도체 기관(예를 들어 단결정 기관 또는 실리콘 기관), SOI 기관, 유리 기관, 석영 기관, 플라스틱 기관, 금속 기관, 스테인리스강 기관, 스테인리스강 포일을 포함하는 기관, 텅스텐 기관, 텅스텐 포일을 포함하는 기관, 플렉시블 기관, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 및 베이스 재료 필름이 포함된다. 유리 기관의 예에는 바륨보로실리케이트 유리 기관, 알루미늄보로실리케이트 유리 기관, 및 소다 석회 유리 기관이 포함된다. 플렉시블 기관, 접합 필름, 및 기재 필름 등의 예는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리에터 설폰(PES), 및 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 대표되는 플라스틱의 기관이다. 다른 예에는 아크릴 등의 수지가 있다. 또는, 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화 바이닐, 또는 폴리염화 바이닐 등을 사용할 수 있다. 또는, 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 또는 종이 등을 사용할 수 있다.
- [0270] 또는, 상기 기관으로서 플렉시블 기관을 사용하여도 좋고, 플렉시블 기관 위에 직접 발광 소자를 제공하여도 좋다. 또는, 기관과 발광 소자 사이에 분리층을 제공하여도 좋다. 분리층은, 분리층 위에 형성된 발광 소자의 일부 또는 전체를 기관으로부터 분리하여 다른 기관으로 전치할 때에 사용할 수 있다. 이러한 경우, 발광 소자를 내열성이 낮은 기관 또는 플렉시블 기관으로도 전치할 수 있다. 또한 상술한 분리층은, 텅스텐막과 산화 실리콘막의 무기막이 적층된 구조 또는 기관 위에 폴리이미드 등의 수지막이 형성된 구조 등을 가져도 좋다.
- [0271] 바꿔 말하면, 기관을 사용하여 발광 소자를 형성한 후에 발광 소자를 다른 기관으로 전치하여도 좋다. 발광 소자가 전치되는 기관의 예에는, 상술한 기관에 더하여, 셀로판 기관, 석재 기관, 목재 기관, 천 기관(천연 섬유(예를 들어 견, 면, 및 마), 합성 섬유(예를 들어 나일론, 폴리우레탄, 및 폴리에스터), 및 재생 섬유(예를 들어 아세테이트, 큐프라, 레이온, 및 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기관, 및 고무 기관이 포함된다. 이러한 기관을 사용하면, 내구성이 높고, 내열성이 높고, 가볍고, 또는 얇은 발광 소자를 형성할 수 있다.
- [0272] 발광 소자(110)는 예를 들어 상술한 기관 중 어느 것 위에 형성된 전계 효과 트랜지스터(FET)에 전기적으로 접속된 전극 위에 형성되어도 좋다. 이에 따라, FET가 발광 소자(110)의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 표시장치를 제작할 수 있다.
- [0273] 본 실시형태에서는, 본 발명의 일 형태에 대하여 설명하였다. 다른 실시형태에서는, 본 발명의 다른 실시형태에 대하여 설명한다. 또한 본 발명의 일 형태는 상술한 예에 한정되지 않는다. 바꿔 말하면 본 실시형태 및 다른 실시형태에는 발명의 다양한 형태가 기재되어 있고, 본 발명의 일 형태는 특정의 형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 일 형태를 발광 소자에 사용한 예를 설명하였지만, 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 예를 들어 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태는 반드시 발광 소자에 사용할 필요는 없다.
- [0274] 본 실시형태에서 상술한 구조는 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0275] (실시형태 4)
- [0276] 본 실시형태에서는, 복수의 발광 유닛이 적층된 구조를 가지는 발광 소자(이하, 적층형 소자라고도 함)의 일 형태에 대하여 도 3을 참조하여 설명한다. 이 발광 소자는 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 포

함한다. 각 발광 유닛은, 실시형태 3에서 설명한 EL층(103)과 동일한 구조를 가질 수 있다. 바꿔 말하면, 실시형태 3에서 설명한 발광 소자는 하나의 발광 유닛을 포함하고, 본 실시형태에서 설명한 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 포함한다.

[0277] <발광 장치의 구조에 1>

[0278] 도 3에서, 제 1 전극(510)과 제 2 전극(502) 사이에는 제 1 발광 유닛(521) 및 제 2 발광 유닛(522)이 적층되고, 제 1 발광 유닛(521)과 제 2 발광 유닛(522) 사이에는 전하 발생층(523)이 제공된다. 제 1 전극(510) 및 제 2 전극(502)은 각각 실시형태 3에서의 전극(101) 및 전극(102)에 상당하고, 실시형태 3에서 설명한 재료를 사용할 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(521) 및 제 2 발광 유닛(522)은 같은 구조를 가져도 좋고 상이한 구조를 가져도 좋다. 예를 들어 실시형태 3에서 설명한 EL층(103)이 제 1 발광 유닛(521)에 사용되는 것이 바람직하다.

[0279] 전하 발생층(523)은 정공 수송 재료에 전자 수용체인 엑셉터 물질이 첨가된 구조를 가져도 좋고, 전자 수송 재료에 전자 공여체인 도너 물질이 첨가된 구조를 가져도 좋다. 또는, 이들 구조의 양쪽이 적층되어도 좋다.

[0280] 전하 발생층(523)이 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 함유하는 경우, 상기 복합 재료에는, 실시형태 3에서 설명한 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 복합 재료를 사용할 수 있다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 또는 폴리머 등) 등의 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 유기 화합물로서는, 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 전자보다 정공의 수송성이 높기만 하면, 임의의 다른 물질을 사용하여도 좋다. 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료는 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동 또는 저전류 구동을 달성할 수 있다. 또한, 양극 측의 발광 유닛의 표면이 전하 발생층(523)과 접촉하는 경우에는, 전하 발생층(523)이 발광 유닛의 정공 주입층 또는 정공 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 상기 발광 유닛에 정공 주입층 또는 정공 수송층이 반드시 포함될 필요는 없다. 음극 측의 발광 유닛의 표면이 전하 발생층(523)과 접촉하는 경우에는, 전하 발생층(523)이 발광 유닛의 전자 주입층 또는 전자 수송층으로서도 기능할 수 있기 때문에, 상기 발광 유닛에 전자 주입층 또는 전자 수송층이 반드시 포함될 필요는 없다.

[0281] 전하 발생층(523)은, 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 함유하는 층과, 다른 재료를 함유하는 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 전하 발생층(523)은 유기 화합물과 엑셉터 물질의 복합 재료를 함유하는 층과, 전자 도너성 재료 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자 수송성이 높은 화합물을 함유하는 층의 조합을 사용하여 형성되어도 좋다. 또한 전하 발생층(523)을, 유기 화합물 및 엑셉터 물질의 복합 재료를 함유하는 층과 투명 도전막을 함유하는 층의 조합을 사용하여 형성하여도 좋다.

[0282] 제 1 발광 유닛(521)과 제 2 발광 유닛(522) 사이에 제공된 전하 발생층(523)은, 제 1 전극(510)과 제 2 전극(502) 사이에 전압을 인가할 때, 한쪽 발광 유닛에 전자를 주입할 수 있고 다른 쪽 발광 유닛에 정공을 주입할 수 있기만 하면 어떤 구조를 가져도 좋다. 예를 들어 도 3에서, 제 1 전극(510)의 전위가 제 2 전극(502)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가할 때, 전하 발생층(523)은 제 1 발광 유닛(521)에 전자를 주입하고 제 2 발광 유닛(522)에 정공을 주입한다.

[0283] 또한 광 추출 효율의 관점에서, 전하 발생층(523)은 가시광 투과성(구체적으로는, 40% 이상의 가시광 투과율)을 가지는 것이 바람직하다. 전하 발생층(523)은 한 쌍의 전극(전극(510) 및 502))보다 도전율이 낮더라도 기능한다.

[0284] 상술한 재료 중 임의의 것을 사용하여 전하 발생층(523)을 형성함으로써, 발광층의 적층에 의하여 일어나는 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.

[0285] 전하 발생층(523)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과, 다른 재료를 함유하는 층의 적층 구조를 가져도 좋다. 예를 들어, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함하는 층을, 전자 공여성 물질로부터 선택된 물질의 화합물 및 전자 수송성이 높은 화합물을 포함하는 층과 조합하여도 좋다. 또한 전하 발생층(523)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과, 투명 도전막과의 조합을 사용하여 형성되어도 좋다.

[0286] 제 1 발광 유닛(521)과 제 2 발광 유닛(522) 사이에 제공된 전하 발생층(523)은, 제 1 전극(510)과 제 2 전극(502) 사이에 전압을 인가할 때, 한쪽 발광 유닛에 전자를 주입할 수 있고 다른 쪽 발광 유닛에 정공을 주입할 수 있기만 하면 어떤 구조를 가져도 좋다. 예를 들어 도 3에서, 제 1 전극(510)의 전위가 제 2 전극(502)의 전

위보다 높아지도록 전압을 인가할 때, 전하 발생층(523)은 제 1 발광 유닛(521)에 전자를 주입하고 제 2 발광 유닛(522)에 정공을 주입한다.

[0287] 본 실시형태에서는, 2개의 발광 유닛을 가지는 발광 소자에 대하여 설명하였지만, 3개 이상의 발광 유닛이 적층된 발광 소자에도 본 발명을 마찬가지로 적용할 수 있다. 본 실시형태의 발광 소자와 같이, 한 쌍의 전극 사이에서 복수의 발광 유닛이 전하 발생층에 의하여 분할됨으로써, 전류 밀도를 낮게 유지한 채로 휘도가 높은 광을 얻을 수 있기 때문에, 수명이 긴 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한, 낮은 전압으로 구동할 수 있고 소비전력이 낮은 발광 장치를 달성할 수 있다.

[0288] 발광 유닛이 상이한 발광색을 가지는 경우, 발광 소자 전체로서, 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 제 1 발광 유닛의 발광색 및 제 2 발광 유닛의 발광색이 보색이 되도록 2개의 발광 유닛을 가지는 발광 소자를 형성함으로써, 발광 소자는 전체로서 백색 발광을 제공할 수 있다. 또한, "보색"이란 용어는 색이 혼합되면 무채색을 얻을 수 있는 색 관계를 의미한다. 바꿔 말하면, 보색의 광을 방출하는 물질들로부터 얻어진 광의 성분을 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 3개의 발광 유닛을 가지는 발광 소자에 대해서도 같은 것이 적용될 수 있다. 예를 들어, 제 1 발광 유닛의 발광색이 적색이고, 제 2 발광 유닛의 발광색이 녹색이고, 제 3 발광 유닛의 발광색이 청색이면, 발광 소자 전체로서 백색 발광을 제공할 수 있다. 또는, 한쪽 발광 유닛의 발광층에 인광 발광 중심 물질을 사용하고, 다른 쪽 발광 유닛의 발광층에 형광 발광 중심 물질을 사용하는 발광 소자를 채용하는 경우, 발광 소자로부터 형광 및 인광의 양쪽을 효율적으로 방출시킬 수 있다. 예를 들어, 한쪽 발광 유닛으로부터 적색 인광 및 녹색 인광을 얻고, 다른 쪽 발광 유닛으로부터 청색 형광을 얻으면, 발광 효율이 높은 백색의 광을 얻을 수 있다.

[0289] 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 발광 소자에 사용하면, 구동 전압이 낮고 효율이 높고 수명이 긴 청색 형광 소자를 제공할 수 있다. 그러므로 발광 소자 전체로서 더 낮은 구동 전압, 더 높은 효율, 더 긴 수명, 및 색의 조정이 쉽게 달성될 수 있다.

[0290] 본 실시형태는, 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0291] (실시형태 5)

[0292] 본 실시형태에서는, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대하여 도 4의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다.

[0293] 도 4의 (A)는 발광 장치의 상면도이고, 도 4의 (B)는 도 4의 (A)에서 라인 A-B 및 라인 C-D를 따라 취한 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 소자의 발광을 제어하며 점선으로 도시된 구동 회로부(소스 측 구동 회로)(601), 화소부(602), 및 구동 회로부(게이트 측 구동 회로)(603)를 포함한다. 또한 부호(604)는 밀봉 기판을 나타내고, 부호(625)는 건조제를 나타내고, 부호(605)는 실재를 나타낸다. 실재(605)에 의하여 둘러싸인 부분은 공간(607)이다.

[0294] 또한, 리드 배선(608)은 소스 측 구동 회로(601) 및 게이트 측 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하며, 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC(flexible printed circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 및 리셋 신호 등을 받는 배선이다. 여기서는 FPC만을 도시하였지만, FPC에 PWB(printed wiring board)가 장착되어도 좋다. 본 명세서에서의 발광 장치는, 그 범주에 발광 장치 자체뿐만 아니라, FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 포함한다.

[0295] 다음에, 상기 발광 장치의 단면 구조에 대하여 도 4의 (B)를 참조하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에 구동 회로부 및 화소부를 형성한다. 여기서는 구동 회로부인 소스 측 구동 회로(601)와, 화소부(602) 중 하나의 화소를 도시하였다.

[0296] 소스 측 구동 회로(601)에는, n채널 TFT(623)와 p채널 TFT(624)가 조합된 CMOS 회로가 형성된다. 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등의 다양한 회로를 사용하여 형성하여도 좋다. 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성된 드라이버 일체형을 설명하지만, 구동 회로는 반드시 기판 위에 형성될 필요는 없고, 기판 외부에 형성되어도 좋다.

[0297] 화소부(602)는 스위칭 TFT(611), 전류 제어 TFT(612), 및 전류 제어 TFT(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 또한 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연체(614)가 형성된다. 절연체(614)는 포지티브 감광성 수지막을 사용하여 형성될 수 있다.

[0298] 절연체(614) 위에 형성되는 막의 피복성을 향상시키기 위하여, 절연체(614)는 그 상단부 또는 하단부에 곡률을

가지는 곡면을 가지도록 형성된다. 예를 들어 감광성 아크릴을 절연체(614)의 재료로서 사용하는 경우, 절연체(614)의 상단부만이 곡면을 가지는 것이 바람직하다. 곡면의 곡률 반경은 0.2 μ m 이상 0.3 μ m 이하인 것이 바람직하다. 절연체(614)로서, 네거티브 감광성 재료 또는 포지티브 감광성 재료를 사용할 수 있다.

[0299] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 형성된다. 양극으로서 기능하는 제 1 전극(613)에 사용하는 재료로서는, 일함수가 높은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, IT0막, 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물막, 산화 아연을 2wt% 내지 20wt% 함유하는 산화 인듐막, 질화 타이타늄막, 크로뮴막, 텅스텐막, Zn막, 또는 Pt막 등의 단층막, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로서 함유하는 막을 함유하는 적층, 또는 질화 타이타늄막, 알루미늄을 주성분으로서 포함하는 막, 및 질화 타이타늄막의 3개의 층을 포함하는 적층 등을 사용할 수 있다. 적층 구조는 낮은 배선 저항, 양호한 옴 콘택트(ohmic contact), 및 양극으로서의 기능을 달성한다.

[0300] EL층(616)은 증착 마스크를 사용하는 증착법, 잉크젯법, 및 스핀 코팅법 등 다양한 방법 중 어느 것에 의하여 형성된다. EL층(616)에 포함되는 다른 재료로서는 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머 또는 덴드리머를 포함함)을 사용하여도 좋다.

[0301] EL층(616) 위에 형성되고 음극으로서 기능하는 제 2 전극(617)에 사용되는 재료로서는, 일함수가 작은 재료(예를 들어 Al, Mg, Li, Ca, 또는 이들의 합금 또는 화합물, MgAg, MgIn, 또는 AILi 등)가 사용되는 것이 바람직하다. EL층(616)에서 발생한 광이 제 2 전극(617)을 통과하는 경우에는, 금속 박막과 투명 도전막(예를 들어, IT0, 산화 아연을 2wt% 이상 20wt% 이하로 함유하는 산화 인듐, 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물, 또는 산화 아연(ZnO))을 함유하는 적층을 제 2 전극(617)에 사용하는 것이 바람직하다.

[0302] 또한 제 1 전극(613), EL층(616), 및 제 2 전극(617)으로 발광 소자(618)가 형성된다. 발광 소자(618)는 실시 형태 3 및 실시 형태 4에서 설명한 구조를 가지는 것이 바람직하다. 본 실시 형태의 발광 장치에서, 복수의 발광 소자를 포함하는 화소부는, 실시 형태 3 및 실시 형태 4에서 설명한 구조를 가지는 발광 소자와, 이와 상이한 구조를 가지는 발광 소자의 양쪽을 포함하여도 좋다.

[0303] 실재(605)로 밀봉 기관(604)을 소자 기관(610)에 접촉시켜, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 공간(607)은 충전제로 충전되어 있다. 충전제는 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등), 또는 수지 및/또는 건조제이어도 좋다.

[0304] 실재(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(604)으로서는 유리 기관, 석영 기관, 또는 FRP(fiber reinforced plastic), PVF(polyvinyl fluoride), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.

[0305] 상술한 바와 같이, 실시 형태 3 및 실시 형태 4에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0306] <발광 장치의 구조예 2>

[0307] 도 5의 (A) 및 (B)는 각각, 백색 발광을 나타내는 발광 소자 및 착색층(컬러필터)을 포함하는 발광 장치의 예를 도시한 것이다.

[0308] 도 5의 (A)에는, 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007, 및 1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 및 1024B), 격벽(1026), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 및 실재(1032) 등을 도시하였다.

[0309] 도 5의 (A) 및 (B)에서는, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 투명 기재(1033)에 제공된다. 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 추가로 제공되어도 좋다. 착색층 및 흑색층이 제공된 투명 기재(1033)는 위치가 맞추어져(positioned) 기관(1001)에 고정된다. 또한, 착색층 및 흑색층은 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 도 5의 (A)에서는, 발광층의 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과하지 않는 한편, 다른 발광층으로부터 방출된 광은 착색층을 통과한다. 착색층을 통과하지 않는 광은 백색이고, 착색층 중 어느 하나를 통과하는 광은 적색, 청색, 또는 녹색이기 때문에, 4색의 화소들을 사용하여 화상을 표시할 수 있다.

[0310] 도 5의 (B)는 적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B)이 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 형성되는 예를 도시한 것이다. 도 5의 (B)에 도시된 바와 같이, 착색층은 기관

(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

- [0311] 상술한 발광 장치는, TFT가 형성되는 기관(1001) 측으로부터 광이 추출되는 구조(보텀 이미션 구조(bottom emission structure))를 가지지만, 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광이 추출되는 구조(탑 이미션 구조(top emission structure))를 가져도 좋다.
- [0312] <발광 장치의 구조예 3>
- [0313] 도 6은 탑 이미션 구조를 가지는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 기관(1001)으로서 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. TFT와 발광 소자의 양극을 접속시키는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은 보텀 이미션 구조를 가지는 발광 장치와 비슷한 식으로 수행된다. 그리고, 전극(1022)을 덮도록 제 3 층간 절연막(1037)을 형성한다. 이 절연막은 평탄화 기능을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막(1021)과 같은 재료를 사용하여 형성할 수 있고, 또는 다른 다양한 재료 중 어느 것을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0314] 발광 소자의 하부 전극(1025W, 1025R, 1025G, 및 1025B)은, 여기서는 각각 양극으로서 기능하지만, 음극으로서 기능하여도 좋다. 또한 도 6에 도시된 바와 같은 탑 이미션 구조를 가지는 발광 장치의 경우, 하부 전극(1025W, 1025R, 1025G, 및 1025B)은 반사 전극인 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(1029)은 광을 반사하는 기능 및 광을 투과시키는 기능을 가지는 것이 바람직하다. 제 2 전극(1029)과 하부 전극(1025W, 1025R, 1025G, 및 1025B) 사이에서 마이크로캐비티 구조(microcavity structure)를 사용하면, 특정의 파장을 가지는 광이 증폭되므로 바람직하다. EL층(1028)은 실시형태 2 및 실시형태 3에서 설명한 구조와 같은 구조를 가지도록 형성하고, 이에 의하여 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0315] 도 5의 (A) 및 (B), 및 도 6에서, 백색 발광을 제공하는 EL층의 구조는 예를 들어, 복수의 발광층을 사용하거나 복수의 발광 유닛을 사용함으로써 달성할 수 있다. 또한, 백색 발광을 제공하는 구조는 상술한 것에 한정되지 않는다.
- [0316] 도 6의 (A)에 도시된 바와 같은 탑 이미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공되는 밀봉 기관(1031)으로 밀봉을 수행할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 제공되어도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))과 흑색층(블랙 매트릭스)은 오버코트층으로 덮여도 좋다. 또한, 밀봉 기관(1031)으로서 투광성 기관이 사용된다.
- [0317] 여기서는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4가지 색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 나타내었지만, 특별한 제한은 없으며, 적색, 녹색, 및 청색의 3가지 색 또는 적색, 녹색, 청색, 및 황색의 4가지 색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.
- [0318] 상술한 바와 같이, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0319] 본 실시형태는, 다른 실시형태 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0320] (실시형태 6)
- [0321] 본 실시형태에서는, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 포함하는 표시 장치의 구체적인 예에 대하여 설명한다. 이하에서 설명하는 표시 장치는 반사형의 액정 소자와 발광 소자의 양쪽을 포함한다. 표시 장치는 투과 모드 및 반사 모드에서 표시를 수행할 수 있다. 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0322] [표시 장치 1의 구조예]
- [0323] 도 7의 (A)는 표시 장치(400)의 구조예를 도시한 블록도이다. 표시 장치(400)는, 표시부(362)에서 매트릭스로 배열된 복수의 화소(410)를 포함한다. 표시 장치(400)는 회로(GD) 및 회로(SD)도 포함한다. 또한 표시 장치(400)는, 회로(GD)에 전기적으로 접속된 복수의 배선(G1), 복수의 배선(G2), 복수의 배선(ANO), 및 복수의 배선(CSCOM), 그리고 방향 R로 배열된 복수의 화소(410)를 포함한다. 또한 표시 장치(400)는 회로(SD)에 전기적으로 접속된 복수의 배선(S1) 및 복수의 배선(S2), 그리고 방향 C로 배열된 복수의 화소(410)를 포함한다.
- [0324] 화소(410)는 반사형 액정 소자 및 발광 소자를 포함한다. 화소(410)에서, 액정 소자와 발광 소자는 서로 부분적으로 중첩한다.

- [0325] 도 7의 (B1)은, 화소(410)에 포함되는 전극(311b)의 구조예를 도시한 것이다. 전극(311b)은 화소(410)에서 액정 소자의 반사 전극으로서 기능한다. 전극(311b)은 개구(451)를 가진다.
- [0326] 도 7의 (B1)에서는, 전극(311b)과 중첩하는 영역에서의 발광 소자(360)를 파선(破線)으로 나타내었다. 발광 소자(360)는 전극(311b)에 포함되는 개구(451)와 중첩한다. 그러므로, 발광 소자(360)로부터의 광은 개구(451)를 통하여 표시면 측으로 방출된다.
- [0327] 도 7의 (B1)에서, 방향 R로 인접한 화소(410)는 상이한 발광색에 대응한다. 도 7의 (B1)에 도시된 바와 같이 개구(451)는 방향 R로 서로 인접한 2개의 화소에서 정렬되지 않도록, 전극(311b)에서 상이한 위치에 제공되는 것이 바람직하다. 이에 의하여 2개의 발광 소자(360)를 서로 떨어지게 할 수 있어, 발광 소자(360)로부터 방출된 광이 인접한 화소(410)에서의 착색층에 침입하는 것(이러한 현상을 크로스토크라고도 함)이 방지된다. 또한 인접한 2개의 발광 소자(360)가 서로 떨어져 배치되기 때문에, 발광 소자(360)의 EL층이 새도마스크 등에 의하여 따로따로 형성되는 경우에도, 해상도가 높은 표시 장치를 달성할 수 있다.
- [0328] 또는 도 7의 (B2)에 도시된 배열을 채용하여도 좋다.
- [0329] 개구를 제외한 전체 면적에 대한 개구(451)의 전체 면적의 비율이 지나치게 크면, 액정 소자를 사용하여 수행하는 표시가 어두워진다. 개구를 제외한 전체 면적에 대한 개구(451)의 전체 면적의 비율이 지나치게 작으면, 표시 소자(360)를 사용하여 수행되는 표시가 어두워진다.
- [0330] 반사 전극으로서 기능하는 전극(311b)에서의 개구(451)의 면적이 지나치게 작으면, 발광 소자(360)로부터 방출되는 광이 효율적으로 추출되지 않는다.
- [0331] 개구(451)는 예를 들어 다각형, 사각형, 타원형, 원형, 십자형, 줄무늬 형상, 슬릿 형상, 또는 체크무늬 형상을 가져도 좋다. 개구(451)는 인접한 화소에 가까워도 좋다. 바람직하게는 개구(451)를, 같은 색의 광을 방출하는 다른 화소에 가깝게 제공하고, 이에 의하여 크로스토크를 억제할 수 있다.
- [0332] [회로 구성예]
- [0333] 도 8은 화소(410)의 구성예를 도시한 회로도이다. 도 8은 인접한 2개의 화소(410)를 도시한 것이다.
- [0334] 화소(410)는 스위치(SW1), 용량 소자(C1), 액정 소자(340), 스위치(SW2), 트랜지스터(M), 용량 소자(C2), 및 발광 소자(360) 등을 포함한다. 화소(410)는 배선(G1), 배선(G2), 배선(ANO), 배선(CSCOM), 배선(S1), 및 배선(S2)에 전기적으로 접속된다. 또한 도 8은 액정 소자(340)와 전기적으로 접속된 배선(VCOM1) 및 발광 소자(360)에 전기적으로 접속된 배선(VCOM2)을 도시한 것이다.
- [0335] 도 8은 트랜지스터가 스위치(SW1 및 SW2) 각각으로서 사용된 예를 도시한 것이다.
- [0336] 스위치(SW1)의 게이트는 배선(G1)에 접속된다. 스위치(SW1)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S1)에 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C1)의 한쪽 전극 및 액정 소자(340)의 한쪽 전극에 접속된다. 용량 소자(C1)의 다른 쪽 전극은 배선(CSCOM)에 접속된다. 액정 소자(340)의 다른 쪽 전극은 배선(VCOM1)에 접속된다.
- [0337] 스위치(SW2)의 게이트는 배선(G2)에 접속된다. 스위치(SW2)의 소스 및 드레인 중 한쪽은 배선(S2)에 접속되고, 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 용량 소자(C2)의 한쪽 전극 및 트랜지스터(M)의 게이트에 접속된다. 용량 소자(C2)의 다른 쪽 전극은 트랜지스터(M)의 소스 및 드레인 중 한쪽, 및 배선(ANO)에 접속된다. 트랜지스터(M)의 소스 및 드레인 중 다른 쪽은 발광 소자(360)의 한쪽 전극에 접속된다. 발광 소자(360)의 다른 쪽 전극은 배선(VCOM2)에 접속된다.
- [0338] 도 8은 반도체가 사이에 제공되고, 서로 접속된 2개의 게이트를 트랜지스터(M)가 포함하는 예를 도시한 것이다. 이 구조에 의하여 트랜지스터(M)를 통하여 흐르는 전류량을 증가시킬 수 있다.
- [0339] 배선(G1)에는 스위치(SW1)의 온/오프 상태를 변경하는 신호를 공급할 수 있다. 배선(VCOM1)에는 소정의 전위를 공급할 수 있다. 배선(S1)에는 액정 소자(340)의 액정 배향을 변경하는 신호를 공급할 수 있다. 배선(CSCOM)에는 소정의 전위를 공급할 수 있다.
- [0340] 배선(G2)에는 스위치(SW2)의 온/오프 상태를 전환하는 신호를 공급할 수 있다. 배선(VCOM2) 및 배선(ANO)에는, 발광 소자(360)가 광을 방출할 정도로 큰 차이를 가지는 전위를 공급할 수 있다. 배선(S2)에는 트랜지스터(M)의 도전 상태를 변경하는 신호를 공급할 수 있다.
- [0341] 도 8의 화소(410)에서는 예를 들어, 배선(G1) 및 배선(S1)에 공급되는 신호에 의하여 화소를 구동하고 액정 소

자(340)의 광학 변조를 이용함으로써, 반사 모드에서 화상을 표시할 수 있다. 화상을 투과 모드에서 표시하는 경우, 배선(G2) 및 배선(S2)에 공급되는 신호에 의하여 화소가 구동되고 발광 소자(360)가 광을 방출한다. 양 쪽 모드가 동시에 수행되는 경우, 배선(G1), 배선(G2), 배선(S1), 및 배선(S2)에 공급되는 신호에 의하여 화소가 구동될 수 있다.

[0342] 도 8에는, 하나의 화소(410)에 하나의 액정 소자(340)와 하나의 발광 소자(360)가 제공된 예를 도시하였지만, 본 발명의 일 형태는 이 예에 한정되지 않는다. 도 9의 (A)에는, 하나의 화소(410)에 하나의 액정 소자(340)와 4개의 발광 소자(360)(발광 소자(360r, 360g, 360b, 및 360w))가 제공된 예를 도시하였다. 도 9의 (A)에 도시된 화소(410)는, 하나의 화소에 의하여 풀 컬러 표시를 수행할 수 있다는 점에서 도 8과 상이하다.

[0343] 도 8에서의 예에 더하여, 도 9의 (A)의 화소(410)는 배선(G3) 및 배선(S3)에 접속된다.

[0344] 도 9의 (A)에 도시된 예에서는, 예를 들어 4개의 발광 소자(360)로서 적색(R), 녹색(G), 청색(B), 및 백색(W)을 나타내는 발광 소자를 사용할 수 있다. 또한 액정 소자(340)로서, 백색 광을 방출하는 반사형 액정 소자를 사용할 수 있다. 따라서, 반사 모드에서 표시를 수행하는 경우, 반사율이 높은 백색 표시를 수행할 수 있다. 투과 모드에서 표시를 수행하는 경우, 연색성이 높은 화상을 낮은 소비전력으로 표시할 수 있다.

[0345] 도 9의 (B)는 화소(410)의 구성예를 도시한 것이다. 화소(410)는 전극(311)에서의 개구와 중첩하는 발광 소자(360w) 및 전극(311) 가까이 위치하는 발광 소자(360r, 360g, 및 360b)를 포함한다. 발광 소자(360r, 360g, 및 360b)는 실질적으로 같은 발광 면적을 가지는 것이 바람직하다.

[0346] [표시 장치의 구조예 2]

[0347] 도 10은 본 발명의 일 형태의 표시 장치(300)의 사시 개략도이다. 표시 장치(300)에서는, 기관(351)과 기관(361)이 서로 접합된다. 도 10에서는 기관(361)을 과선으로 나타내었다.

[0348] 표시 장치(300)는 표시부(362), 회로부(364), 배선(365), 회로부(366), 및 배선(367) 등을 포함한다. 기관(351)에는 회로부(364), 배선(365), 회로부(366), 배선(367), 및 화소 전극으로서 기능하는 전극(311b) 등이 제공된다. 도 10에서는 IC(373), FPC(372), IC(375), 및 FPC(374)가 기관(351)에 실장된다. 그러므로 도 10에 도시된 구조는, 표시 장치(300), IC(373), FPC(372), IC(375), 및 FPC(374)를 포함하는 디스플레이 모듈이라고 할 수 있다.

[0349] 회로부(364)에는 예를 들어 주사선 구동 회로로서 기능하는 회로를 사용할 수 있다.

[0350] 배선(365)은 표시부 및 회로부(364)에 신호 및 전력을 공급하는 기능을 가진다. 상기 신호 및 전력은 IC(373)로부터, 또는 FPC(372)를 통하여 외부로부터 배선(365)에 입력된다.

[0351] 도 10에는, COG(chip on glass)법 등에 의하여 IC(373)가 기관(351)에 제공된 예를 도시하였다. IC(373)로서는, 주사선 구동 회로 또는 신호선 구동 회로 등으로서 기능하는 IC를 사용할 수 있다. 또한 예를 들어 표시 장치(300)가 주사선 구동 회로 및 신호선 구동 회로로서 기능하는 회로를 포함하는 경우, 그리고 주사선 구동 회로 및 신호선 구동 회로로서 기능하는 회로가 외부에 제공되고 표시 장치(300)를 구동하기 위한 신호가 FPC(372)를 통하여 입력되는 경우에는, IC(373)를 제공하지 않는 것이 가능하다. 또는 IC(373)를 COF(chip on film)법 등에 의하여 FPC(372)에 실장하여도 좋다.

[0352] 도 10에는 표시부(362)의 일부의 확대도를 도시하였다. 복수의 표시 소자에 포함되는 전극(311b)은 표시부(362)에서 매트릭스로 배열된다. 전극(311b)은 가시광을 반사하는 기능을 가지고, 후술하는 액정 소자(340)의 반사 전극으로서 기능한다.

[0353] 도 10에 도시된 바와 같이 전극(311b)은 개구를 가진다. 발광 소자(360)는 전극(311b)보다 기관(351) 가까이 위치한다. 광은 발광 소자(360)로부터 전극(311b)의 개구를 통하여 기관(361) 측에 방출된다.

[0354] 도 11에는, 도 10에 도시된 표시 장치의, FPC(372)를 포함하는 영역의 일부, 회로부(364)를 포함하는 영역의 일부, 표시부(362)를 포함하는 영역의 일부, 회로부(366)를 포함하는 영역의 일부, 및 FPC(374)를 포함하는 영역의 일부의 단면의 예를 도시하였다.

[0355] 도 11에 도시된 표시 장치는, 표시 패널(700)과 표시 패널(800)이 적층된 구조를 가진다. 표시 패널(700)은 수지층(701) 및 수지층(702)을 포함한다. 표시 패널(800)은 수지층(201) 및 수지층(202)을 포함한다. 수지층(702)과 수지층(201)은 접착층(50)에 의하여 서로 접합된다. 수지층(701)은 접착층(51)에 의하여 기관(351)에 접합된다. 수지층(202)은 접착층(52)에 의하여 기관(361)에 접합된다.

- [0356] [표시 패널(700)]
- [0357] 표시 패널(700)은 수지층(701), 절연층(478), 복수의 트랜지스터, 용량 소자(405), 절연층(411), 절연층(412), 절연층(413), 절연층(414), 절연층(415), 발광 소자(360), 스페이서(416), 접착층(417), 착색층(425), 차광층(426), 절연층(476), 및 수지층(702)을 포함한다.
- [0358] 회로부(364)는 트랜지스터(401)를 포함한다. 표시부(362)는 트랜지스터(402) 및 트랜지스터(403)를 포함한다.
- [0359] 트랜지스터의 각각은 게이트, 절연층(411), 반도체층, 소스, 및 드레인을 포함한다. 게이트와 반도체층은 절연층(411)을 개재(介在)하여 서로 중첩한다. 절연층(411)의 일부는 게이트 절연층으로서 기능하고, 절연층(411)의 다른 일부는 용량 소자(405)의 유전체로서 기능한다. 트랜지스터(402)의 소스 또는 드레인으로서 기능하는 도전층은 용량 소자(405)의 한쪽 전극으로서도 기능한다.
- [0360] 도 11에 도시된 트랜지스터는 보텀 게이트 구조를 가진다. 회로부(364)와 표시부(362) 간에서 트랜지스터 구조가 상이하여도 좋다. 회로부(364) 및 표시부(362)는 각각 복수 종류의 트랜지스터를 포함하여도 좋다.
- [0361] 용량 소자(405)는 한 쌍의 전극과 그 사이의 유전체를 포함한다. 용량 소자(405)는 트랜지스터의 게이트와 같은 재료 및 같은 공정을 사용하여 형성된 도전층, 및 트랜지스터의 소스 및 드레인과 같은 재료 및 같은 공정을 사용하여 형성된 도전층을 포함한다.
- [0362] 절연층(412), 절연층(413), 및 절연층(414)은 각각 트랜지스터 등을 덮도록 제공된다. 트랜지스터 등을 덮는 절연층의 수는 특별히 한정되지 않는다. 절연층(414)은 평탄화층으로서 기능한다. 절연층(412), 절연층(413), 및 절연층(414) 중 적어도 하나는 물 및 수소 등의 불순물의 확산을 억제하는 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 외부로부터 트랜지스터로 불순물이 확산되는 것을 효과적으로 억제할 수 있어, 표시 장치의 신뢰성의 향상으로 이어진다.
- [0363] 절연층(414)에 유기 화합물을 사용하는 경우, 표시 장치의 단부에서 노출된 절연층(414)을 통하여 표시 장치의 외부로부터 발광 소자(360) 등으로 수분 등의 불순물이 침입될 수 있다. 불순물의 침입으로 인한 발광 소자(360)의 열화는, 표시 장치의 열화로 이어질 수 있다. 이러한 이유로, 도 11에 도시된 바와 같이, 절연층(414)은 표시 장치의 단부에 위치하지 않는 것이 바람직하다. 도 11의 구조에서는, 유기 화합물을 사용하여 형성된 절연층이 표시 장치의 단부에 위치하지 않기 때문에, 발광 소자(360)로의 불순물의 침입을 억제할 수 있다.
- [0364] 발광 소자(360)는 전극(421), EL층(422), 및 전극(423)을 포함한다. 발광 소자(360)는 광학 조정층(424)을 포함하여도 좋다. 발광 소자(360)는, 착색층(425) 측으로 광이 방출되는 톱 이미션 구조를 가진다.
- [0365] 트랜지스터, 용량 소자, 및 배선 등이, 발광 소자(360)의 발광 영역과 중첩되도록 위치됨으로써, 표시부(362)의 개구율을 높일 수 있다.
- [0366] 전극(421) 및 전극(423) 중 한쪽은 양극으로서 기능하고, 다른 쪽은 음극으로서 기능한다. 발광 소자(360)의 문턱 전압보다 높은 전압이 전극(421)과 전극(423) 사이에 인가되면, 정공이 양극 측으로부터 EL층(422)에 주입되고 전자가 음극 측으로부터 EL층(422)에 주입된다. 주입된 전자 및 정공은 EL층(422)에서 재결합되고 EL층(422)에 함유된 발광 물질이 광을 방출한다.
- [0367] 전극(421)은 직접 또는 도전층을 통하여, 트랜지스터(403)의 소스 또는 드레인에 전기적으로 접속된다. 화소 전극으로서 기능하는 전극(421)은 발광 소자(360) 각각에 제공된다. 인접한 2개의 전극(421)은 절연층(415)에 의하여 서로 전기적으로 절연된다.
- [0368] 공통 전극으로서 기능하는 전극(423)은 복수의 발광 소자(360)에 의하여 공유된다. 전극(423)에는 고정 전위가 공급된다.
- [0369] 발광 소자(360)는 접착층(417)을 개재하여 착색층(425)과 중첩한다. 스페이서(416)는 접착층(417)을 개재하여 차광층(426)과 중첩한다. 도 11에는, 공간이 전극(423)과 차광층(426) 사이에 제공되는 경우를 도시하였지만, 전극(423)과 차광층(426)은 서로 접촉하여도 좋다. 도 11에 도시된 구조에서는, 스페이서(416)가 기판(351) 측에 제공되었지만, 스페이서(416)는 기판(361) 측(예를 들어 차광층(426)보다 기판(361)에 가까운 위치)에 제공되어도 좋다.
- [0370] 컬러필터(착색층(425))와 마이크로캐비티 구조(광학 조정층(424))의 조합에 의하여 표시 장치로부터 색 순도가 높은 광을 추출할 수 있다. 광학 조정층(424)의 두께는 화소의 색에 따라 상이하게 한다.

- [0371] 착색층(425)은 특정의 파장 범위의 광을 투과시키는 착색층이다. 예를 들어, 적색, 녹색, 청색, 또는 황색의 파장 범위의 광을 투과시키는 컬러 필터를 사용할 수 있다.
- [0372] 또한, 본 발명의 일 형태는 컬러 필터 방식에 한정되지 않고, 독립 화소 방식, 색 변환 방식, 및 퀀텀닷 방식 등을 채용하여도 좋다.
- [0373] 차광층(426)은 인접한 착색층(425)들 사이에 제공된다. 차광층(426)은 인접한 발광 소자(360)로부터 방출되는 광을 차단하여, 인접한 발광 소자(360)들 간의 혼색을 억제한다. 여기서, 착색층(425)을 그 단부가 차광층(426)과 중첩되도록 제공함으로써, 광 누설을 저감할 수 있다. 차광층(426)에는 발광 소자(360)로부터 방출된 광을 차단하는 재료를 사용할 수 있다. 또한 회로부(364) 등, 표시부(362) 외의 영역에 차광층(426)을 제공하면, 도파광(guided light) 등의 원하지 않는 누설을 억제할 수 있어 바람직하다.
- [0374] 절연층(478)은 수지층(701)의 표면에 형성된다. 절연층(476)은 수지층(702)의 표면에 형성된다. 절연층(476) 및 절연층(478)은 방습성이 높은 것이 바람직하다. 발광 소자(360) 및 트랜지스터 등이, 방습성이 높은 한 쌍의 절연층 사이에 제공되면, 이들 소자에 물 등의 불순물이 침입하는 것을 방지할 수 있어 표시 장치의 신뢰성이 높아지므로 바람직하다.
- [0375] 방습성이 높은 절연막의 예에는 질소와 실리콘을 함유하는 막(예를 들어, 질화 실리콘막 및 질화 산화 실리콘막) 및 질소와 알루미늄을 함유하는 막(예를 들어, 질화 알루미늄막)이 포함된다. 또는, 산화 실리콘막, 산화 질화 실리콘막, 또는 산화 알루미늄막 등을 사용하여도 좋다.
- [0376] 예를 들어 방습성이 높은 절연막의 수증기 투과량은 $1 \times 10^{-5} [\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})]$ 이하, 바람직하게는 $1 \times 10^{-6} [\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})]$ 이하, 더 바람직하게는 $1 \times 10^{-7} [\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})]$ 이하, 더욱 바람직하게는 $1 \times 10^{-8} [\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})]$ 이하이다.
- [0377] 접속부(406)는 배선(365)을 포함한다. 배선(365)은 트랜지스터의 소스 및 드레인과 같은 재료 및 같은 공정을 사용하여 형성될 수 있다. 접속부(406)는 외부로부터의 신호 및 전위를 회로부(364)에 전송하는 외부 입력 단자에 전기적으로 접속된다. 여기서는, 외부 입력 단자로서 FPC(372)를 제공하는 예에 대하여 설명한다. FPC(372)는 접속층(419)을 통하여 접속부(406)에 전기적으로 접속된다.
- [0378] 접속층(419)은 다양한 종류의 이방성 도전 필름(ACF: anisotropic conductive film) 및 이방성 도전 페이스트(ACP: anisotropic conductive paste) 등 중 어느 것을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0379] 상술한 것이 표시 패널(700)의 설명이다.
- [0380] [표시 패널(800)]
- [0381] 표시 패널(800)은 수직 전개 모드를 채용한 반사형 액정 표시 장치이다.
- [0382] 표시 패널(800)은 수지층(201), 절연층(578), 복수의 트랜지스터, 용량 소자(505), 배선(367), 절연층(511), 절연층(512), 절연층(513), 절연층(514), 액정 소자(529), 배향막(564a), 배향막(564b), 접착층(517), 절연층(576), 및 수지층(202)을 포함한다.
- [0383] 수지층(201 및 202)은 접착층(517)에 의하여 서로 접합된다. 액정(563)은 수지층(201), 수지층(202), 및 접착층(517)에 의하여 둘러싸인 영역에서 밀봉된다. 편광판(599)은 기판(361)의 외측면에 위치한다.
- [0384] 액정 소자(529)는 전극(311b), 전극(562), 및 액정(563)을 포함한다. 전극(311b)은 화소 전극으로서 기능한다. 전극(562)은 공통 전극으로서 기능한다. 액정(563)의 배향은, 전극(311b)과 전극(562) 사이에서 발생하는 전기장에 의하여 제어될 수 있다. 배향막(564a)은 액정(563)과 전극(311b) 사이에 제공된다. 배향막(564b)은 액정(563)과 전극(562) 사이에 제공된다.
- [0385] 수지층(202)에는 절연층(576), 전극(562), 및 배향막(564b) 등이 제공된다.
- [0386] 수지층(201)에는 전극(311b), 배향막(564a), 트랜지스터(501), 트랜지스터(503), 용량 소자(505), 접속부(506), 및 배선(367) 등이 제공된다.
- [0387] 수지층(201) 위에는 절연층(511), 절연층(512), 절연층(513), 및 절연층(514) 등의 절연층이 제공된다.
- [0388] 또한 전극(311b)과 전기적으로 접속되지 않는 트랜지스터(503)의 소스 또는 드레인으로서 기능하는 도전층의 일부는, 신호선의 일부로서 기능하여도 좋다. 트랜지스터(503)의 게이트로서 기능하는 도전층은 주사선의 일부로

서 기능하여도 좋다.

- [0389] 도 11에는, 착색층이 없는 구조를 표시부(362)의 예로서 도시하였다. 따라서 액정 소자(529)는 흑백 표시를 수행하는 소자이다.
- [0390] 도 11에는, 트랜지스터(501)가 제공된 회로부(366)의 예를 도시하였다.
- [0391] 트랜지스터를 덮는 절연층(512 및 513) 중 적어도 한쪽에, 물 및 수소 등의 불순물의 확산을 억제하는 재료가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0392] 전극(311b)은 절연층(514) 위에 제공된다. 전극(311b)은 절연층(514), 절연층(513), 및 절연층(512) 등에 형성된 개구를 통하여 트랜지스터(503)의 소스 및 드레인 중 한쪽에 전기적으로 접속된다. 전극(311b)은 용량 소자(505)의 한쪽 전극에 전기적으로 접속된다.
- [0393] 표시 패널(800)은 반사형 액정 표시 장치이기 때문에, 전극(311b)에 가시광을 반사하는 도전성 재료를 사용하고, 전극(562)에 가시광을 투과시키는 도전성 재료를 사용한다.
- [0394] 예를 들어, 가시광을 투과시키는 도전 재료에는, 인듐(In), 아연(Zn), 및 주석(Sn) 중 하나를 포함하는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 구체적인 예에는, 산화 인듐, 인듐 주석 산화물(ITO), 인듐 아연 산화물, 산화 텅스텐을 함유하는 인듐 산화물, 산화 텅스텐을 함유하는 인듐 아연 산화물, 산화 타이타늄을 함유하는 인듐 산화물, 산화 타이타늄을 함유하는 인듐 주석 산화물, 산화 실리콘을 함유하는 인듐 주석 산화물(ITSO), 산화 아연, 및 갈륨을 함유하는 산화 아연이 포함된다. 또한, 그래핀을 함유하는 막을 사용할 수도 있다. 그래핀을 포함하는 막은 예를 들어 산화 그래핀을 함유하는 막을 환원함으로써 형성할 수 있다.
- [0395] 가시광을 반사하는 도전성 재료의 예에는, 알루미늄, 은, 및 이들 금속 재료 중 어느 것을 함유하는 합금이 포함된다. 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크로뮴, 몰리브데넘, 철, 코발트, 구리, 또는 팔라듐 등의 금속 재료, 또는 이들 금속 재료 중 어느 것을 함유하는 합금을 사용할 수도 있다. 또한, 란타넘, 네오디뮴, 또는 저마늄 등을 상기 금속 재료 또는 합금에 첨가하여도 좋다. 또한, 알루미늄과 타이타늄의 합금, 알루미늄과 니켈의 합금, 알루미늄과 네오디뮴의 합금, 또는 알루미늄, 니켈, 및 란타넘의 합금(Al-Ni-La) 등의 알루미늄을 함유하는 합금(알루미늄 합금), 또는 은과 구리의 합금, 은, 팔라듐, 및 구리의 합금(Ag-Pd-Cu 또는 APC라고도 불림), 또는 은과 마그네슘의 합금 등의 은을 함유하는 합금을 사용하여도 좋다.
- [0396] 편광판(599)으로서는, 선 편광판 또는 원 편광판을 사용할 수 있다. 원 편광판의 예로서는 선 편광판과 1/4 파장 위상차판을 포함하는 적층이 있다. 이러한 구조에 의하여 외광의 반사를 저감할 수 있다. 액정 소자(529)로서 사용되는 액정 소자의 셀 갭, 배향, 및 구동 전압 등을 편광판(599)의 종류에 따라 제어함으로써, 원하는 콘트라스트를 얻는다.
- [0397] 전극(562)은, 수지층(202)의 단부에 가까운 위치에서 접속체(543)를 통하여 수지층(201) 측의 도전층에 전기적으로 접속된다. 그러므로 수지층(201) 측에 위치하는 FPC(374) 또는 IC 등으로부터 전극(562)에 전위 또는 신호를 공급할 수 있다.
- [0398] 접속체(543)로서는 예를 들어 도전성 입자를 사용할 수 있다. 도전성 입자로서는 금속 재료로 피복한 유기 수지 또는 실리카 등의 입자를 사용할 수 있다. 금속 재료로서 니켈 또는 금을 사용하면 접촉 저항을 저감할 수 있으므로 바람직하다. 니켈로 피복하고 금으로 더 피복한 입자 등, 2종류 이상의 금속 재료의 층으로 피복한 입자를 사용하는 것도 바람직하다. 접속체(543)로서는, 탄성 변형 또는 소성(塑性) 변형이 가능한 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 도 11에 도시된 바와 같이, 도전성 입자인 접속체(543)는 수직으로 찌부러진 형상을 가지는 경우가 있다. 찌부러진 형상으로 함으로써, 접속체(543)와, 접속체(543)와 전기적으로 접속된 도전층 사이의 접촉 면적을 증가시킬 수 있어, 접촉 저항을 저감하거나 접속 불량 등의 문제의 발생을 억제할 수 있다.
- [0399] 접속체(543)는 접착층(517)으로 덮이도록 제공되는 것이 바람직하다. 예를 들어 접착층(517)이 경화되기 전에 접착층(517)에 접속체(543)를 분산시킨다.
- [0400] 접속부(506)는 수지층(201)의 단부 가까이의 영역에 제공된다. 접속부(506)는 접속층(519)을 통하여 FPC(374)에 전기적으로 접속된다. 도 11에 도시된 구조의 예에서는, 배선(367)의 일부와, 전극(311b)과 같은 도전막을 가공하여 얻은 도전층을 적층함으로써 접속부(506)가 형성된다.
- [0401] 상술한 것이 표시 패널(800)의 설명이다.
- [0402] [표시 소자]

- [0403] 표시면 측에 위치하는 제 1 화소에 포함되는 표시 소자로서는, 외광을 반사함으로써 표시를 수행하는 소자를 사용할 수 있다. 이러한 소자는 광원을 포함하지 않기 때문에 표시에서의 소비전력을 상당히 저감할 수 있다. 제 1 화소에 포함되는 표시 소자로서는, 반사형 액정 소자를 대표적으로 사용할 수 있다. 또는 제 1 화소에 포함되는 표시 소자로서는, 서터 방식의 MEMS(micro electro mechanical systems) 소자, 광 간섭 방식의 MEMS 표시 소자 외에도, 마이크로캡슐 방식, 전기 영동 방식, 일렉트로 웨팅 방식, 또는 전자 분류체(電子粉流體, Electronic Liquid Powder(등록 상표)) 방식 등을 사용할 수 있다.
- [0404] 표시면 측과 반대 측에 위치하는 제 2 화소에 포함되는 표시 소자로서는, 광원을 포함하고 광원으로부터의 광을 사용하여 표시를 수행하는 소자를 사용할 수 있다. 이러한 화소로부터 방출되는 광의 휘도 및 색도는 외광의 영향을 받지 않기 때문에, 색 재현성이 높고(색 공간이 넓고) 콘트라스트가 높은 화상, 즉 선명한 화상을 표시할 수 있다. 제 2 화소에 포함되는 표시 소자로서는, OLED(organic light-emitting diode), LED(light-emitting diode), 또는 QLED(quantum-dot light-emitting diode) 등의 자기 발광의 발광 소자를 사용할 수 있다. 또는 광원인 백라이트와, 백라이트로부터 방출된 투과광의 양을 제어하는 투과형 액정 소자의 조합을, 제 2 화소에 포함되는 표시 소자로서 사용하여도 좋다.
- [0405] [액정 소자]
- [0406] 액정 소자에는 예를 들어 VA(vertical alignment) 모드를 채용할 수 있다. 수직 배향 모드의 예에는 MVA(multi-domain vertical alignment) 모드, PVA(patterned vertical alignment) 모드, 및 ASV(advanced super view) 모드가 포함된다.
- [0407] 액정 소자에는 다양한 모드를 채용할 수 있다. VA 모드 대신에 TN(twisted nematic) 모드, IPS(in-plane switching) 모드, FFS(fringe field switching) 모드, ASM(axially symmetric aligned micro-cell) 모드, OCB(optically compensated birefringence) 모드, FLC(ferroelectric liquid crystal) 모드, 또는 AFLC(antiferroelectric liquid crystal) 모드 등을 사용한 액정 소자를 사용할 수 있다.
- [0408] 액정 소자는 액정의 광학 변조 작용을 이용하여 광의 투과 또는 비투과를 제어한다. 액정의 광학 변조 작용은 액정에 인가되는 전계(수평 전계, 수직 전계, 및 경사 전계를 포함함)에 의하여 제어된다. 액정 소자에 사용되는 액정으로서, 서모트로픽 액정, 저분자 액정, 고분자 액정, 고분자 분산형 액정(PDLC), 강유전성 액정, 반강유전성 액정 등을 사용할 수 있다. 이들 액정 재료는, 조건에 따라 콜레스테릭상, 스멕틱상, 큐빅상, 키랄 네마틱상, 또는 등방상 등을 나타낸다.
- [0409] 액정 재료로서는, 포지티브형 액정 또는 네거티브형 액정 중 어느 쪽을 사용하여도 좋고, 사용되는 모드 또는 디자인에 따라 적절한 액정 재료를 사용할 수 있다.
- [0410] 액정의 배향을 조정하기 위하여 배향막을 제공할 수 있다. 횡전계 방식을 채용하는 경우, 배향막이 불필요한 블루상(blue phase)을 나타내는 액정을 사용하여도 좋다. 블루상은 액정상 중 하나이며, 콜레스테릭 액정의 온도가 상승되면서 콜레스테릭상이 등방상으로 전이하기 직전에 발현한다. 블루상은 좁은 온도 범위에서만 나타나기 때문에, 온도 범위를 향상시키기 위하여 키랄제가 수중량% 이상 함유하도록 혼합된 액정 조성물을 액정층에 사용한다. 블루상을 나타내는 액정과 키랄제를 포함하는 액정 조성물은 응답 시간이 짧으며 광학 등방성을 가진다. 또한, 블루상을 나타내는 액정과 키랄제를 포함하는 액정 조성물은 배향 처리를 필요로 하지 않고, 시야각 의존이 작다. 배향막을 제공할 필요가 없고 러빙 처리가 필요하지 않기 때문에, 러빙 처리에 기인하는 정전기 방전 대미지를 방지할 수 있고, 제작 공정에서의 액정 표시 장치의 불량 및 대미지를 감소시킬 수 있다.
- [0411] 반사형 액정 소자를 사용하는 경우에는, 표시면 측에 편광판을 제공한다. 또한 표시면 측에 광 확산판을 제공하면 시인성이 향상되어 바람직하다.
- [0412] [발광 소자]
- [0413] 발광 소자로서는, 자발광(self-luminous) 소자를 사용할 수 있고, 전류 또는 전압에 의하여 휘도가 제어되는 소자가 발광 소자의 범주에 포함된다. 예를 들어 LED, QLED, 유기 EL 소자, 또는 무기 EL 소자를 사용할 수 있지만, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자 중 어느 것을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0414] 본 실시형태에서, 특히 발광 소자는, 톱 이미션 구조를 가지는 것이 바람직하다. 광이 추출되는 전극으로서는 가시광을 투과시키는 도전막을 사용한다. 광이 추출되지 않는 전극으로서는 가시광을 반사하는 도전막을 사용하는 것이 바람직하다. 발광 소자는 하나의 EL층을 포함하는 싱글 소자 또는 복수의 EL층이 전하 발생층을 개재하여 적층되는 탠덤 소자이어도 좋다.

- [0415] EL층은 적어도 발광층을 포함한다. 발광층에 더하여, EL층은 정공 주입성이 높은 물질, 정공 수송성이 높은 물질, 정공 블로킹 재료, 전자 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 및 바이폴러성을 가지는 물질(전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질) 등 중 어느 것을 함유하는 하나 이상의 층을 더 포함하여도 좋다.
- [0416] EL층에는, 실시형태 3에서 설명한 저분자 화합물, 고분자 화합물, 또는 무기 화합물을 사용할 수 있다. EL층에 포함되는 각 층은 증착법(진공 증착법을 포함함), 전사법, 인쇄법, 잉크젯법, 및 코팅법 등 중 임의의 방법에 의하여 형성할 수 있다.
- [0417] [접착층]
- [0418] 접착층으로서, 반응 경화형 접착제, 열 경화형 접착제, 혐기형 접착제, 및 자외선 경화형 접착제 등의 광 경화형 접착제 등 다양한 경화형 접착제를 사용할 수 있다. 이들 접착제의 예에는 에폭시 수지, 아크릴 수지, 실리콘(silicone) 수지, 페놀 수지, 폴리아미드 수지, 이미드 수지, 폴리바이닐클로라이드(PVC) 수지, 폴리바이닐뷰티랄(PVB) 수지, 및 에틸렌바이닐아세테이트(EVA) 수지가 포함된다. 특히, 에폭시 수지 등의 투습성이 낮은 재료가 바람직하다. 또는 2액 혼합형 수지를 사용하여도 좋다. 또는 접착 시트 등을 사용하여도 좋다.
- [0419] 또한 이 수지는 건조제를 포함하여도 좋다. 예를 들어, 알칼리 토금속의 산화물(예를 들어 산화 칼슘 또는 산화 바륨) 등, 화학 흡착에 의하여 수분을 흡착하는 물질을 사용할 수 있다. 또는 제올라이트 또는 실리카겔 등, 물리 흡착에 의하여 수분을 흡착하는 물질을 사용하여도 좋다. 건조제를 포함하면, 소자에 수분 등의 불순물이 들어가는 것을 방지할 수 있기 때문에, 표시 패널의 신뢰성이 향상되어 바람직하다.
- [0420] 또한 상기 수지에 높은 굴절률을 가지는 필러 또는 광 산란 부재를 혼합하는 것이 바람직하고, 이 경우에 광 추출 효율을 높일 수 있다. 예를 들어, 산화 타이타늄, 산화 바륨, 제올라이트, 또는 지르코늄을 사용할 수 있다.
- [0421] [접속층]
- [0422] 접속층으로서 ACF(anisotropic conductive film) 또는 ACP(anisotropic conductive paste) 등을 사용할 수 있다.
- [0423] [착색층]
- [0424] 착색층에 사용할 수 있는 재료의 예에는 금속 재료, 수지 재료, 및 안료 또는 염료를 함유하는 수지 재료가 포함된다.
- [0425] [차광층]
- [0426] 차광층에 사용할 수 있는 재료의 예에는 카본 블랙, 타이타늄 블랙, 금속, 금속 산화물, 및 복수의 금속 산화물의 고용체를 함유하는 복합 산화물이 포함된다. 차광층은 수지 재료를 포함한 막이어도 좋고, 또는 금속 등의 무기 재료의 박막이어도 좋다. 착색층의 재료를 포함하는 적층막을 차광층에 사용할 수도 있다. 예를 들어 어떤 색의 광을 투과시키는 착색층의 재료를 함유하는 막과, 다른 색의 광을 투과시키는 착색층의 재료를 함유하는 막의 적층 구조를 채용할 수 있다. 착색층 및 차광층을 같은 재료를 사용하여 형성하면 같은 제조 장치를 사용할 수 있고 공정을 간략화할 수 있기 때문에 바람직하다.
- [0427] 본 실시형태에서 설명한 구조는 다른 실시형태에서 설명한 구조 중 어느 것과 적절히 조합될 수 있다.
- [0428] (실시형태 7)
- [0429] 본 실시형태에서는, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 각각 포함하는 전자 기기에 대해서 설명한다. 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자는 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하기 때문에, 소비전력이 저감되고 신뢰성이 높고, 결과적으로 본 실시형태에서 설명한 전자 기기는 각각 소비전력이 저감되고 신뢰성이 높은 표시부를 포함한다. 또한, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자는 구동 전압이 낮기 때문에, 전자 기기의 구동 전압을 저감할 수 있다.
- [0430] 상술한 발광 소자를 포함하는 전자 기기의 예에는 텔레비전 장치(TV 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화(이동 전화 또는 이동 전화기라고도 함), 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 및 파친코 기기 등의 대형 게임기가 포함된다. 이들 전자 기기의 구체적인 예에 대해서 이하에서 설명한다.
- [0431] 도 12의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한 것이다. 상기 텔레비전 장치에서는, 하우징(7101)에 표시부(710

3)가 내장되어 있다. 또한 여기서는, 하우징(7101)이 스탠드(7105)에 의하여 지지된다. 표시부(7103)는 화상을 표시할 수 있고, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자와 같은 매트릭스로 배열된 발광 소자를 포함한다. 발광 소자는 각각 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 포함하기 때문에, 발광 효율이 높아지고 구동 전압이 낮아질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자를 사용하여 형성되는 표시부(7103)를 포함하는 텔레비전 장치는 소비전력이 저감되고 구동 전압이 저감될 수 있다.

[0432] 텔레비전 장치는 하우징(7101)의 조작 스위치 또는 별체의 리모트 컨트롤러(7110)에 의하여 조작할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)의 조작키(7109)로 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤러(7110)에는 상기 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 데이터를 표시하는 표시부(7107)가 제공되어도 좋다.

[0433] 또한, 텔레비전 장치에는 수신기 및 모뎀 등이 제공된다. 수신기를 사용하여 일반적인 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선 통신 네트워크에 텔레비전 수상기를 접속하면, 단방향(송신자로부터 수신자로) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이 또는 수신자들끼리)의 정보 통신을 수행할 수 있다.

[0434] 도 12의 (B)는 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 도시한 것이다. 또한 이 컴퓨터는, 실시형태 3 또는 실시형태 4에서 설명한 발광 소자와 같은 매트릭스로 배열된 발광 소자를 표시부(7203)에 사용함으로써 제작된다. 발광 소자는 각각 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하기 때문에, 발광 효율이 높아지고 구동 전압이 낮아질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자를 사용하여 형성되는 표시부(7203)를 포함하는 컴퓨터는 소비전력이 저감되고 구동 전압이 낮아질 수 있다.

[0435] 도 12의 (C)는, 휴대용 게임기를 개폐할 수 있도록 연결부(7303)에 의하여 접속된 하우징(7301) 및 하우징(7302)의 2개의 하우징을 가지는 휴대용 게임기를 도시한 것이다. 하우징(7301)에는 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자와 같은 매트릭스로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부(7304)가 내장되어 있고, 하우징(7302)에는 표시부(7305)가 내장되어 있다. 또한, 도 12의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 및 입력 유닛(조작키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 가지는 센서), 및 마이크론(7312)) 등을 포함한다. 물론, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자들이 매트릭스로 배열된 표시부를 표시부(7304) 또는 표시부(7305), 또는 양쪽 모두에 사용하기만 하면, 휴대용 게임기의 구조는 상술한 것에 한정되지 않고, 상기 구조는 기타 부속물을 적절히 포함할 수 있다. 도 12의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는, 기록 매체에 저장되는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 이를 표시부에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의하여 또 다른 휴대용 게임기와 정보를 공유하는 기능을 가진다. 또한 도 12의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는 상술한 것에 한정되지 않고, 휴대용 게임기는 다양한 기능을 가질 수 있다. 표시부(7304)에 사용된 발광 소자는 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함함으로써 높은 발광 효율을 가지기 때문에, 상술한 표시부(7304)를 포함하는 휴대용 게임기는 소비전력이 저감될 수 있다. 표시부(7304)에 사용된 발광 소자는 각각 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함함으로써 구동 전압이 낮아지기 때문에, 휴대용 게임기도 구동 전압이 낮아질 수 있다.

[0436] 도 12의 (D)는 휴대 전화의 예를 도시한 것이다. 휴대 전화에는 하우징(7401)에 내장된 표시부(7402), 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 및 마이크론(7406) 등이 제공된다. 또한, 휴대 전화는 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자와 같은 매트릭스로 배열되어 있는 발광 소자를 포함하는 표시부(7402)를 포함한다. 발광 소자는 각각 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하기 때문에, 발광 효율이 높아지고 구동 전압이 낮아질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자를 사용하여 형성되는 표시부(7402)를 포함하는 휴대 전화는 소비전력이 저감되고 구동 전압이 낮아질 수 있다.

[0437] 도 12의 (D)에 도시된 휴대 전화의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하면, 휴대 전화에 데이터를 입력할 수 있다. 이 경우, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 등의 조작은, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 수행할 수 있다.

[0438] 표시부(7402)에는 주로 3가지 화면 모드가 있다. 제 1 모드는 주로 화상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제 2 모드는 주로 문자 등의 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2가지 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.

- [0439] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)에 대하여, 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드를 선택하여, 화면에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이 경우, 표시부(7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.
- [0440] 자이로스코프 센서 또는 가속도 센서 등, 기울기를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치가 휴대 전화 내부에 제공되면, 휴대 전화의 방향(휴대 전화가 수평으로 놓여 있는지 또는 수직으로 놓여 있는지)을 판정함으로써 표시부(7402)의 화면의 표시를 자동적으로 변경할 수 있다.
- [0441] 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)으로 조작함으로써 전환된다. 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 화면 모드를 전환할 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시되는 화상의 신호가 동영상 데이터의 신호이면 화면 모드는 표시 모드로 전환된다. 상기 신호가 텍스트 데이터의 신호이면 화면 모드는 입력 모드로 전환된다.
- [0442] 또한, 입력 모드에 있어서, 표시부(7402)에서 광 센서에 의하여 검출되는 신호를 검출하면서, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 수행되지 않으면 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 화면 모드를 제어하여도 좋다.
- [0443] 또한 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치하여, 장문 또는 지문 등의 화상을 촬영함으로써 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한 근적외광을 방출하는 백라이트 또는 센싱용 광원을 표시부에 제공함으로써 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥 등의 화상을 촬영할 수 있다.
- [0444] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 실시형태 1 내지 실시형태 4에서 설명한 구조 중 어느 것과 적절히 조합할 수 있다.
- [0445] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는, 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치의 적용 범위는 넓으므로 이 발광 장치를 다양한 분야의 전자 기기에 사용할 수 있다. 이 화합물을 사용함으로써, 소비전력이 저감되고 구동 전압이 낮아진 전자 기기를 얻을 수 있다.
- [0446] 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 광원 장치에 사용할 수도 있다. 일 형태에 대하여 도 13을 참조하여 설명한다. 또한 광원 장치는, 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 광 조사 유닛으로서 포함하고, 적어도 상기 발광 소자에 전류를 공급하는 입출력 단자부를 포함한다. 또한 상기 발광 소자는 밀봉에 의하여 외부 분위기로부터 차단되어 있는 것이 바람직하다.
- [0447] 도 13은 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 백라이트에 사용한 액정 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 13에 도시된 액정 표시 장치는 하우징(901), 액정층(902), 백라이트(903), 및 하우징(904)을 포함한다. 액정층(902)은 드라이버 IC(905)에 접속된다. 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자가 백라이트(903)에 사용되어 있으며, 단자(906)를 통하여 전류가 공급된다.
- [0448] 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자를 액정 표시 장치의 백라이트에 사용함으로써, 백라이트의 소비전력을 저감시킬 수 있다. 또한, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자를 사용함으로써, 면 발광의 조명 장치, 그리고 대면적 면 발광의 조명 장치의 제작이 가능해지므로, 백라이트를 대면적 백라이트로 할 수 있고, 액정 표시 장치도 대면적 장치로 할 수 있다. 또한, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자를 사용한 백라이트를 사용하면, 종래보다 발광 장치를 얇게 할 수 있어, 표시 장치도 얇게 할 수 있다.
- [0449] 도 14는, 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 조명 장치인 테이블 램프에 사용한 예를 도시한 것이다. 도 14에 도시된 테이블 램프는 하우징(2001) 및 광원(2002)을 포함하고, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자가 광원(2002)에 사용된다.
- [0450] 도 15는, 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 옥내 조명 장치(3001)에 사용한 예를 도시한 것이다. 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자는 소비전력이 저감되어 있으므로, 소비전력이 저감된 조명 장치를 얻을 수 있다. 또한, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자는 대면적을 가질 수 있으므로, 발광 소자를 대면적 조명 장치에 사용할 수 있다. 또한, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자는 얇으므로, 두께가 얇아진 조명 장치를 제작할 수 있다. 또한 도 15는 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자를 표시 장치(3002)에 사용한 예를 도시한 것이다.
- [0451] 본 발명의 일 형태의 화합물을 포함하는 발광 소자는 자동차의 앞유리 또는 자동차의 대시보드에 사용할 수도 있다. 도 16은 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자를 자동차의 앞유리 및 자동차의 대시보드에 사용한 일 형

태를 도시한 것이다. 표시 영역(5000 내지 5005)은 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자를 각각 포함한다.

[0452] 표시 영역(5000 및 5001)은 자동차의 앞유리에 제공되며, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자가 내장된 표시 장치이다. 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자는, 투광성을 가지는 전극으로 형성된 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함함으로써, 반대쪽을 볼 수 있는 소위 시스루(see-through) 표시 장치로 할 수 있다. 이러한 시스루 표시 장치는 시계(視界)를 방해하는 일 없이 자동차의 앞유리에도 제공할 수 있다. 또한, 구동 트랜지스터 등이 제공되는 경우, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투과성을 가지는 트랜지스터를 사용하는 것이 바람직하다.

[0453] 표시 영역(5002)은 필러(pillar) 부분에 제공되며, 상술한 화합물을 포함하는 발광 소자가 내장된 표시 장치이다. 표시 영역(5002)은 차체에 제공된 촬상 유닛으로 촬영한 화상을 표시함으로써, 필러 부분에 가려진 시계를 보완할 수 있다. 마찬가지로, 대시보드에 제공된 표시 영역(5003)은 차체의 외부에 제공된 촬상 유닛으로 촬영한 화상을 표시함으로써, 차체에 가려진 시계를 보완할 수 있어, 시각 지대가 없어지고 안전성이 높아진다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보완하도록 화상을 표시함으로써, 운전자가 쉽게, 그리고 편하게 안전을 확인할 수 있다.

[0454] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 내비게이션 데이터, 속도계, 태코미터, 주행 거리, 연료 미터, 기어 시프트 인디케이터, 및 에어컨디셔너의 설정 등, 다양한 종류의 정보를 제공할 수 있다. 표시의 내용 또는 레이아웃은 사용자에 의하여 자유롭게 적절히 변경될 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000 내지 5003)에 의해서도 표시될 수 있다. 표시 영역(5000 내지 5005)은 조명 장치로서 사용될 수도 있다.

[0455] 본 발명의 일 형태의 화합물을 유기 박막 태양 전지 등 전자 기기에 사용할 수 있다. 구체적으로는, 화합물은 캐리어 수송성을 가지기 때문에, 화합물을 캐리어 수송층 또는 캐리어 주입층에 사용할 수 있다. 화합물은 광여기될 수 있어 발전층에 사용할 수 있다.

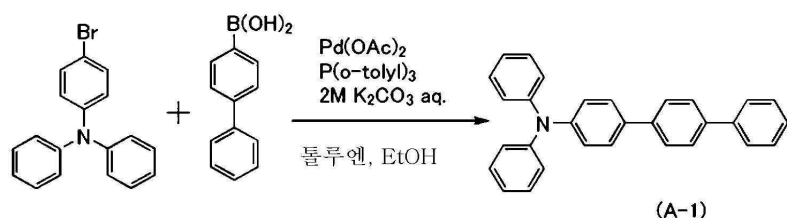
[0456] (실시예 1)

[0457] 본 실시예에서는, 구조식(103)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 *N,N*-비스[4-(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-*d*]퓨란-8-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: BnfBB1TP)의 합성 방법 및 이 화합물의 물성에 대하여 설명한다.

[0458] <합성에 1>

[0459] (단계 1: 4-(4-바이페닐릴)트라이페닐아민의 합성)

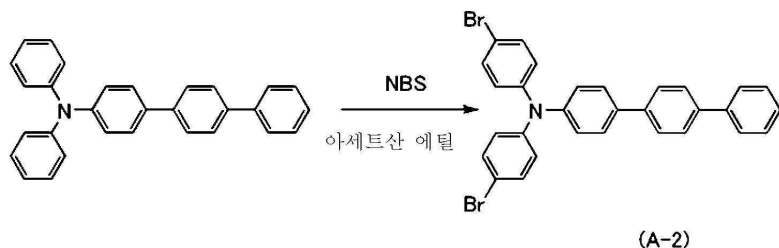
[0460] 1000mL의 3구 플라스크에 28g(85mmol)의 4-브로모트라이페닐아민, 17g(85mmol)의 4-바이페닐보론산, 0.92g(3.0mmol)의 트라이(오쏘-톨릴)포스핀, 340mL의 톨루엔, 85mL의 에탄올, 및 100mL의 탄산 포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열하였다. 다음에, 0.22g(1.0mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가한 후, 이 혼합물을 80℃에서 5.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하고, 물, 에탄올, 및 톨루엔으로 세정하여 목적의 연한 갈색 고체 29g을 수율 86%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (A-1)에 나타낸다.



[0461] (단계 2: *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐의 합성)

[0463] 2L의 3각 플라스크에 12g(30mmol)의 4-(4-바이페닐릴)트라이페닐아민 및 1.5L의 아세트산 에틸을 넣었다. 이 혼합물을 가열하고 교반하여 4-(4-바이페닐릴)트라이페닐아민을 충분히 용해시켰다. 용해를 육안 점검한 후, 11g(60mmol)의 *N*-브로모석신이미드(NBS)를 첨가하고, 다음에 이 용액을 실온에서 2일 동안 교반하였다. 교반 후, 얻어진 용액을 물 및 포화 식염수로 세정한 후, 황산 마그네슘을 첨가하여 건조시켰다. 이 혼합물을 중력 여과하고, 얻어진 여과액을 농축하여 12g의 목적의 백색 고체를 수율 73%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 이

하의 (A-2)에 나타낸다.



[0464]

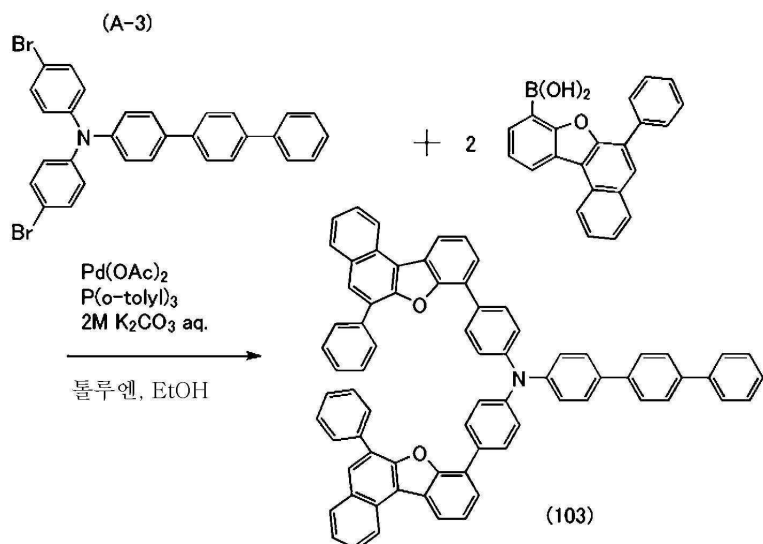
[0465] 얻어진 고체에 핵 자기 공명 분광법(^1H NMR)을 수행하였으며, 이 결과를 이하에 나타낸다.

[0466] ^1H NMR(클로로폼- d , 500MHz): δ =7.0 (d, J =9.0 Hz, 4H), 7.13(d, J =8.5Hz, 2H), 7.37(d, J =8.5Hz, 5H), 7.46(t, J =8.0Hz, 2H), 7.54(d, J =8.0Hz, 2H), 7.63-7.68(m, 6H).

[0467] 도 17의 (A) 및 (B)는 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트이다. 또한 도 17의 (B)는 도 17의 (A)에서의 6.5ppm 내지 8.0ppm의 범위의 부분을 확대하여 나타낸 차트이다. 이 결과에 의하여, 목적 물질인 *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐이 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0468] (단계 3: *N,N*-비스[4-(6-페닐벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란-8-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: BnfBB1TP)의 합성)

[0469] 200mL의 3구 플라스크에 1.4g(2.5mmol)의 *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐, 1.7g(5.0mmol)의 6-페닐벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란-8-보론산, 0.11g(0.40mmol)의 트리(오쏘-톨릴)포스핀, 20mL의 톨루엔, 5mL의 에탄올, 및 5mL의 탄산 포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열하였다. 다음에, 50mg(0.20mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하고 혼합물을 80℃에서 1.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하고 톨루엔, 물, 및 에탄올로 세정하여 1.0g의 갈색 분말을 수율 41%로 얻었다. 단계 3의 합성 스킴을 이하의 (A-3)에 나타낸다.



[0470]

[0471] 얻어진 1.0g의 갈색 분말을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 승화 정제에서는, 상기 갈색 분말을 3.2×10^{-2} Pa의 압력하, 430℃에서 15시간 동안 가열하였다. 승화 정제 후, 목적의 연한 황색 고체 0.65g을 회수율 63%로 얻었다.

[0472] 얻어진 고체에 핵 자기 공명 분광법(^1H NMR)을 수행하였으며, 이 결과를 이하에 나타낸다.

[0473] ^1H NMR(다이클로로메테인- d_2 , 500MHz): δ =7.34-7.39(m, 7H), 7.41(t, J =7.5 Hz, 2H), 7.46(t, J =7.5 Hz, 2H), 7.53(t, J =7.5Hz, 4H), 7.58-7.63(m, 4H), 7.65-7.68(m, 4H), 7.72-7.78(m, 8H), 7.97(d, J =9.0Hz, 4H),

8.06(d, J=7.5Hz, 4H), 8.11(t, J=4.0 Hz, 4H), 8.43(d, J=8.0Hz, 2H), 8.71(d, J=8.0Hz, 2H).

[0474] 도 18의 (A) 및 (B)는 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트이다. 또한 도 18의 (B)는 도 18의 (A)에서의 7.0ppm 내지 9.0ppm의 범위의 부분을 확대하여 나타낸 차트이다. 이 결과에 의하여, 목적 물질인 BnfBB1TP가 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0475] <BnfBB1TP의 특성>

[0476] 도 19는 톨루엔 용액에서의 BnfBB1TP의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 20은 BnfBB1TP의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 고체 박막을 진공 증착법에 의하여 석영 기판 위에 형성하였다. 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼은 자외 가시광 분광 광도계(V550형, JASCO Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 도 19에 나타낸 톨루엔 용액에서의 BnfBB1TP의 흡수 스펙트럼은, 톨루엔 용액에서의 BnfBB1TP의 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀에 톨루엔만을 넣은 흡수 스펙트럼을 뺀으로써 얻어진다. 박막의 흡수 스펙트럼은 분광 광도계(U-4100 분광 광도계, Hitachi High-Technologies Corporation 제조)를 사용하여 측정하였다. 발광 스펙트럼은 형광 분광 광도계(FS920, Hamamatsu Photonics K.K. 제조)를 사용하여 측정하였다.

[0477] 도 19에 나타낸 바와 같이, 톨루엔 용액에서의 BnfBB1TP는 370nm, 352nm, 및 324nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 416nm(여기 파장: 370nm)에 발광 파장 피크를 가진다. 도 20에 나타낸 바와 같이, BnfBB1TP의 박막은 383nm, 360nm, 332nm, 및 266nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 446nm(여기 파장: 365nm) 부근에 발광 파장 피크를 가진다. BnfBB1TP가 청색 광을 방출하는 것을 알았다. 본 발명의 일 형태의 화합물은 발광 물질의 호스트 재료, 또는 가시광 영역에서 형광을 방출하는 물질의 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

[0478] BnfBB1TP의 박막의 응집은 대기하에서도 쉽게 일어나지 않고, 박막은 형태의 변화가 작고 막의 품질이 높다는 것을 알았다.

[0479] BnfBB1TP의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법에 대해서는 이하에서 설명한다.

[0480] 측정 장치로서는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. CV 측정에 사용되는 용액으로서, 용매로서 탈수 다이메틸포아마이드(DMF, Sigma-Aldrich Inc. 제조, 99.8%, 카탈로그 번호 22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-*n*-부틸암모늄($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 제조, 카탈로그 번호 T0836)을 과염소산 테트라-*n*-부틸암모늄의 농도가 100mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 또한, 측정 대상도 농도가 2mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 작용 전극으로서 백금 전극(PTE 백금 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하고, 보조 전극으로서 다른 백금 전극(VC-3용 Pt 대향 전극(5cm), BAS Inc. 제조)을 사용하고, 참조 전극으로서 Ag/Ag^+ 전극(RE7 비수용매용 참조 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20℃ 내지 25℃)에서 수행하였다. 또한, CV 측정 시의 스캔 속도는 0.1V/sec로 하고, 참조 전극에 대한 산화 전위 $E_a[\text{V}]$ 및 환원 전위 $E_c[\text{V}]$ 를 측정하였다. 또한, E_a 는 산화-환원파의 중간 전위를 나타내고, E_c 는 환원-산화파의 중간 전위를 나타낸다. 여기서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 퍼텐셜 에너지는 -4.94[eV]인 것이 알려져 있기 때문에, HOMO 준위 및 LUMO 준위를 다음의 식으로부터 얻을 수 있다: HOMO 준위[eV]=-4.94- E_a 및 LUMO 준위[eV]=-4.94- E_c .

[0481] 또한, CV 측정을 100번 반복하고, 100사이클째의 산화-환원파와 1사이클째의 산화-환원파를 서로 비교하여 화합물의 전기 안정성을 조사하였다.

[0482] 결과적으로, BnfBB1TP의 산화 전위 $E_a[\text{V}]$ 의 측정에서, HOMO 준위는 -5.50eV이었다. 한편, LUMO 준위는 -2.52eV이었다. 산화-환원파를 반복적으로 측정하였을 때, E_a 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 79%를 유지하고, E_c 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 69%를 유지하였기 때문에, BnfBB1TP의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

[0483] 또한 PerkinElmer, Inc.가 제조한 Pyris1DSC에 의하여 BnfBB1TP의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 시차 주사 열량 측정에서는, 승온 속도 40℃/min으로 -10℃에서 320℃까지 온도를 올린 후, 이 온도를 1분 동안 유지하고 나서, 강온(降溫) 속도 50℃/min으로 -10℃까지 냉각시켰다. 이 조작을 2번 연속으로 반복하였다.

[0484] 2사이클째의 DSC 측정의 결과로부터, BnfBB1TP의 유리 전이점, 결정화 온도, 및 용점은 각각 163℃, 215℃, 및

307℃이고, BnfBB1TP가 매우 높은 내열성을 가진다는 것을 알았다.

[0485] BnfBB1TP에 대하여 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 이 측정은 고진공 차동형 시차 열 천칭(TG-DTA 2410SA, Bruker AXS K.K. 제조)을 사용하여 수행하였다. 이 측정은 질소 기류하(200mL/min의 유량)에 있어서, 대기압에서, 승온 속도 10℃/min으로 수행하였다. 열 중량-시차 열 분석에서는, 열 중량 분석에 의하여 얻어진 중량이 측정 개시(開始) 시의 중량에서 5% 저감된 온도(분해 온도)가 500℃ 이상인 것을 알았고, 이는 BnfBB1TP가 내열성이 높은 물질인 것을 나타낸다.

[0486] (실시예 2)

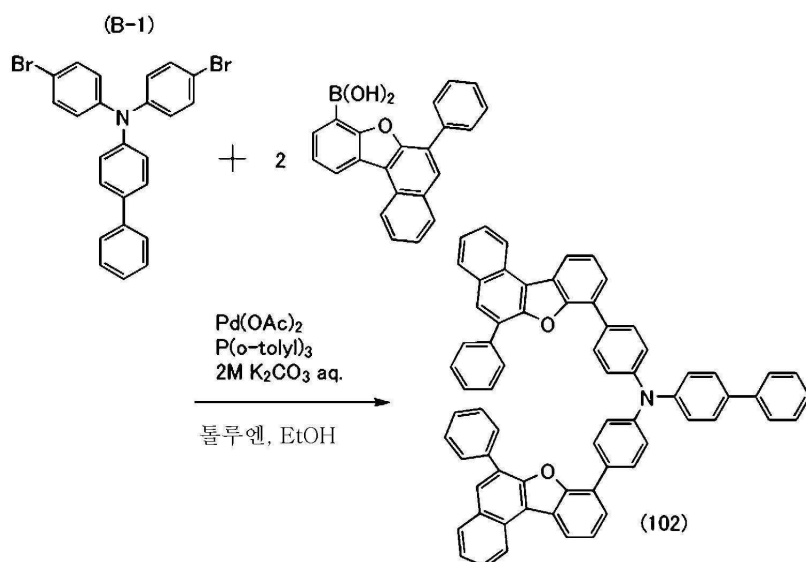
[0487] 본 실시예에서는, 구조식(102)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 4,4'-비스(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일)페닐]-4"-페닐트라이페닐아민(약칭: BnfBB1BP)의 합성 방법 및 이 화합물의 물성에 대하여 설명한다.

[0488] <합성에 2>

[0489] (단계 1: 4,4'-비스[4-(6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-일)페닐]-4"-페닐트라이페닐아민(약칭: BnfBB1BP)의 합성)

[0490] 200mL의 3구 플라스크에 1.4g(3.0mmol)의 4,4'-다이브로모-4''-페닐트라이페닐아민, 2.0g(6.0mmol)의 6-페닐벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란-8-보론산, 0.31g(1.0mmol)의 트라이(오쏘-톨릴)포스핀, 12mL의 톨루엔, 3mL의 에탄올, 및 5mL의 탄산 포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열하였다. 다음에, 73mg(0.32mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하고 혼합물을 80℃에서 6.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하고, 톨루엔, 물, 및 에탄올로 세정하였다. 얻어진 고체를 고성능 액체 크로마토그래피(이동상: 클로로폼)에 의하여 정제하여, 목적의 연한 황색 고체 1.1g을 수율 42%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (B-1)에 나타낸다.

[0491] 트레인 서블리메이션법에 의하여, 얻어진 1.0g의 고체를 정제하였다. 승화 정제에서는, 상기 고체를 3.6Pa의 압력하, 420℃에서 15시간 동안 가열하였다. 승화 정제 후, 목적의 연한 황색 고체 0.93g을 회수율 81%로 얻었다.



[0492]

[0493] 얻어진 고체에 핵 자기 공명 분광법(¹H NMR)을 수행하였으며, 이 결과를 이하에 나타낸다.

[0494] ¹H NMR(다이클로로메테인-d₂, 500MHz): δ=7.33-7.38(m, 7H), 7.41(t, J=7.5Hz, 2H), 7.46(t, J=7.5Hz, 2H), 7.52(t, J=7.5Hz, 4H), 7.58-7.62(m, 6H), 7.65 (d, J=7.5Hz, 2H), 7.74-7.78(m, 4H), 7.97(d, J=9.0Hz, 4H), 8.05(d, J=8.0Hz, 4H), 8.11(t, J=4.0Hz, 4H), 8.43(d, J=8.0Hz, 2H), 8.71(d, J=8.0Hz, 2H).

[0495] 도 21의 (A) 및 (B)는 얻어진 고체의 ¹H NMR 차트이다. 또한 도 21의 (B)는 도 21의 (A)에서의 7.0ppm 내지

9.0ppm의 범위의 부분을 확대하여 나타낸 차트이다. 이 결과에 의하여, 목적 물질인 BnfBB1BP가 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0496] <BnfBB1BP의 특성>

[0497] 다음에, 도 22에 톨루엔 용액에서의 BnfBB1BP의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타내었다. 도 23은 BnfBB1BP의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다.

[0498] 도 22에 나타낸 바와 같이, 톨루엔 용액에서의 BnfBB1BP는 370nm, 350nm, 및 324nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 404nm(여기 파장: 360nm)에 발광 파장 피크를 가진다. 도 23에 나타낸 바와 같이, BnfBB1BP의 박막은 382nm, 355nm, 330nm, 278nm, 257nm, 및 207nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 450nm(여기 파장: 370nm) 부근에 발광 파장 피크를 가진다. BnfBB1BP가 청색 광을 방출하는 것을 알았다. 본 발명의 일 형태의 화합물은 발광 물질의 호스트 재료, 또는 가시광 영역에서 형광을 방출하는 물질의 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

[0499] BnfBB1BP의 박막의 응집은 대기하에서도 쉽게 일어나지 않고, 박막은 형태의 변화가 작고 막의 품질이 높다는 것을 알았다.

[0500] 다음에, BnfBB1BP의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷하다.

[0501] 또한, CV 측정을 100번 반복하고, 100사이클째의 산화-환원과 1사이클째의 산화-환원을 서로 비교하여 화합물의 전기 안정성을 조사하였다.

[0502] 결과적으로, BnfBB1BP의 산화 전위 $E_a[V]$ 의 측정에서, HOMO 준위는 $-5.51eV$ 이었다. 한편, LUMO 준위는 $-2.50eV$ 이었다. 산화-환원을 반복적으로 측정하였을 때, E_a 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원의 피크 강도의 79%를 유지하고, E_c 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원의 피크 강도의 77%를 유지하였기 때문에, BnfBB1BP의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

[0503] 또한 BnfBB1BP의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다. 2사이클째의 DSC 측정 결과로부터, BnfBB1BP의 유리 전이점은 $155^{\circ}C$ 이고, BnfBB1BP가 매우 높은 내열성을 가진다는 것을 알았다.

[0504] BnfBB1BP에 대하여 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다. 열 중량-시차 열 분석에서는, 열 중량 분석에 의하여 얻어진 중량이 측정 개시 시의 중량에서 5% 저감된 온도(분해 온도)가 $500^{\circ}C$ 이상인 것을 알았고, 이는 BnfBB1BP가 내열성이 높은 물질인 것을 나타낸다.

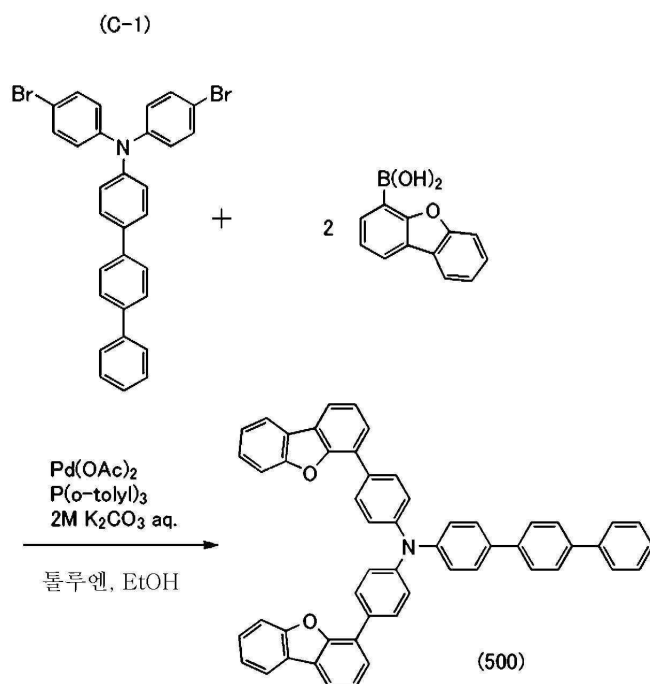
[0505] (실시예 3)

[0506] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물의 비교 물질로서 합성된 *N,N*-비스[4-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: DBfBB1TP)의 합성 방법 및 이 화합물의 물성에 대하여 설명한다.

[0507] <합성예 3>

[0508] (구조식(500)으로 나타내어지는 *N,N*-비스[4-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: DBfBB1TP)의 합성)

[0509] 200mL의 3구 플라스크에 2.8g(5.0mmol)의 *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐, 2.1g(10mmol)의 다이벤조퓨란-4-보론산, 0.63g(2.0mmol)의 트라이(오쏘-톨릴)포스핀, 20mL의 톨루엔, 5mL의 에탄올, 및 10mL의 탄산포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 $60^{\circ}C$ 까지 가열하였다. 다음에, 97mg(0.40mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하고 혼합물을 $80^{\circ}C$ 에서 8.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하고, 톨루엔, 물, 및 에탄올로 세정하였다. 얻어진 여과액의 유기층을 물, 다음에 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 이 혼합물을 중력 여과하고, 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체와, 반응 후에 회수된 침전 고체를 고성능 액체 크로마토그래피(이동상: 클로로폼)에 의하여 함께 정제하여 목적의 연한 황색 고체 1.8g을 수율 48%로 얻었다. 합성 스킴을 이하의 (C-1)에 나타낸다.



[0510]

[0511]

얻어진 고체 1.8g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 승화 정제에서는, 상기 고체를 3.7Pa의 압력 하, 436℃에서 15시간 동안 가열하였다. 승화 정제 후, 목적의 연한 황색 고체 1.6g을 회수율 91%로 얻었다.

[0512]

얻어진 고체에 핵 자기 공명 분광법(^1H NMR)을 수행하였으며, 이 결과를 이하에 나타낸다.

[0513]

^1H NMR(클로로폼- d , 500MHz): δ = 7.35-7.39(m, 5H), 7.40(d, J =9.0Hz, 4H), 7.44(t, J =7.5Hz, 2H), 7.48(q, J =7.5Hz, 4H), 7.64(t, J =7.5Hz, 7H), 7.67-7.73(m, 5H), 7.91-7.94(m, 6H), 8.01(d, J =7.0Hz, 2H).

[0514]

<DBfBB1TP의 특성>

[0515]

DBfBB1TP의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷하다.

[0516]

DBfBB1TP의 산화 전위 E_a [V]의 측정에서, HOMO 준위는 -5.49eV이었다. 한편, LUMO 준위는 -2.31eV이었다. BnfBB1TP 및 BnfBB1BP의 각각의 LUMO 준위는 약 -2.5eV이기 때문에, 벤조[b]나프토[1,2- d]퓨란 골격을 포함하는 물질이 다이벤조퓨란(DBf) 골격을 포함하는 물질보다 낮은 LUMO 준위를 가질 수 있다는 것을 알았다.

[0517]

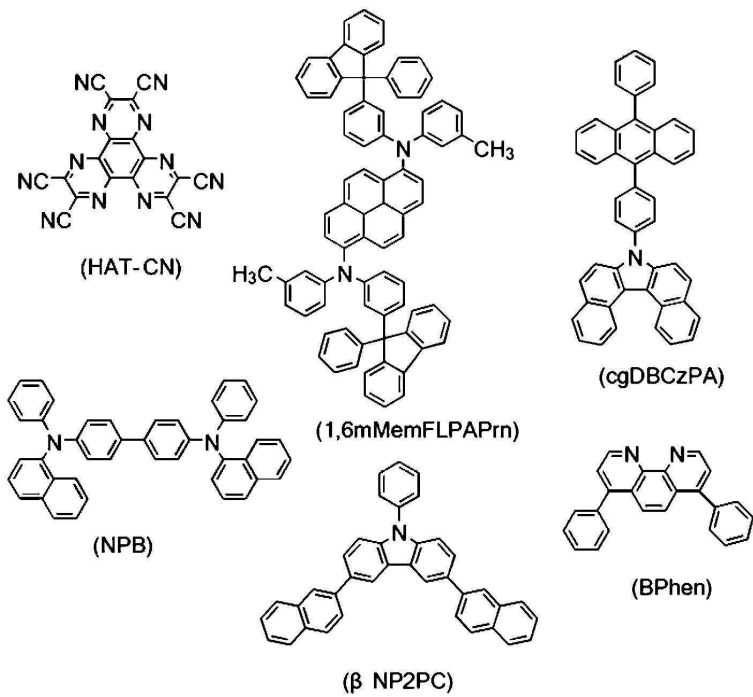
실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행한 DBfBB1TP의 DSC 측정 및 TG-DTA 측정으로부터, 유리 전이점은 124℃이고 용점은 258℃이고, 분해 온도는 483℃인 것을 알았다. 상술한 결과, 실시예 1, 및 실시예 2에 의하여, 본 발명의 벤조[b]나프토[1,2- d]퓨란 골격을 각각 포함하는 BnfBB1TP 및 BnfBB1BP가, 다이벤조퓨란 골격을 포함하는 DBfBB1TP보다 높은 내열성을 가진다는 것이 나타났다. 본 발명의 유기 화합물은, 승화 정제에서의 회수율이 높고 내열성이 우수하고, 승화성이 높다는 것도 알았다.

[0518]

(실시예 4)

[0519]

본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 각각 포함하는 발광 소자의 제작에 및 이 발광 소자의 특성에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작된 발광 소자의 각각의 단면도는 도 1의 (B)와 비슷하다. 표 1에는 소자 구조의 자세한 사항을 나타내었다. 또한, 여기서 사용되는 화합물의 구조 및 약칭을 이하에 나타낸다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조할 수 있다.



[0520]

[0521] [표 1]

	제 1 전극(101)	정공 주입층(111)	정공 수송층(112)			발광층(113)	전자 수송층(114)		전자 주입층(115)	제 2 전극(102)
			112-a	112-b	112-c		114-a	114-b		
두께(nm)	70	5	10	10	10	25	10	15	1	200
발광 소자 1	ITSO	HAT-CN	NPB	*	βNP2PC	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	Bphen	LiF	Al
발광 소자 2	ITSO	HAT-CN	NPB	**	βNP2PC	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF	Al
비교 발광 소자 3	ITSO	HAT-CN	NPB	***	βNP2PC	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF	Al

*BnfBB1TP

**BnfBB1BP

***DBfBB1BP

[0522]

[0523] <발광 소자의 제작>

[0524] <<발광 소자 1의 제작>>

[0525] 전극(101)으로서, 스퍼터링법에 의하여 유리 기판 위에 ITSO막을 두께 70nm로 형성하였다. 전극(101)의 전극 면적은 4mm²(2mmX2mm)로 하였다. 다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 건조시킨 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다. 그 후, 진공도가 약 10⁻⁴ Pa로 유지된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 170℃에서 30분 동안 베이킹을 수행하였다. 그리고,

기관을 약 30분 동안 냉각하였다.

- [0526] 다음에 정공 주입층(111)으로서, 전극(101) 위에 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적하였다.
- [0527] 다음에 제 1 정공 수송층(112-a)으로서, 정공 주입층(111) 위에 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.
- [0528] 다음에 제 2 정공 수송층(112-b)으로서, 제 1 정공 수송층(112-a) 위에 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 *N,N*-비스[4-(6-페닐벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란-8-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: BnfBB1TP)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.
- [0529] 다음에 제 3 정공 수송층(112-c)으로서, 제 2 정공 수송층(112-b) 위에 3,6-비스[4-(2-나프틸)페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: β NP2PC)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.
- [0530] 다음에 발광층(113)으로서, 제 3 정공 수송층(112-c) 위에 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c,g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 cgDBCzPA 대 1,6mMemFLPAPrn=1:0.03이 되도록, 공증착에 의하여 두께 25nm로 퇴적하였다. 발광층(113)에서, cgDBCzPA는 호스트 재료이고, 1,6mMemFLPAPrn은 발광 재료이다.
- [0531] 다음에 제 1 전자 수송층(114-b)으로서, 발광층(113) 위에 cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다. 그리고, 제 2 전자 수송층(114-a)으로서 제 1 전자 수송층(114-b) 위에 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적하였다.
- [0532] 그 후, 전자 주입층(115)으로서, 제 2 전자 수송층(114-a) 위에 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적하였다.
- [0533] 전극(102)으로서, 전자 주입층(115) 위에 알루미늄(Al)을 두께 200nm로 퇴적하였다.
- [0534] 다음에 질소 분위기를 함유하는 글로브 박스에서, 유기 EL 장치용 실재에 의하여, 발광 소자 1이 형성된 유리 기판을 기관(대향 기관)에 고정함으로써 발광 소자 1을 밀봉하였다. 구체적으로는, 대향 기관에 건조제를 부착시키고, 발광 소자를 둘러싸도록 대향 유리 기관에 실재를 도포하고, 대향 유리 기관과, 발광 소자가 형성된 기판을 서로 접합하여 형성하였다. 다음에, 파장 365nm의 자외광을 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 로 조사하고, 80℃에서 1시간 동안 가열 처리를 수행하였다. 상술한 단계를 거쳐 발광 소자 1을 제작하였다.
- [0535] <<발광 소자 2의 제작>>
- [0536] 발광 소자 2는, 제 2 정공 수송층(112-b)을 형성하는 단계를 제외하고는 발광 소자 1과 같은 단계를 거쳐 제작하였다.
- [0537] 발광 소자 2의 제 2 정공 수송층(112-b)으로서, BnfBB1BP를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.
- [0538] <<비교 발광 소자 3의 제작>>
- [0539] 비교 발광 소자 3은, 제 2 정공 수송층(112-b)을 형성하는 단계를 제외하고는 발광 소자 1과 같은 단계를 거쳐 제작하였다.
- [0540] 비교 발광 소자 3의 제 2 정공 수송층(112-b)으로서, DBfBB1TP를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.
- [0541] <발광 소자의 특성>
- [0542] 다음에, 제작된 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 특성을 측정하였다. 휘도 및 CIE 색도의 측정에는, 색채 휘도계(TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION 제조의 BM-5A)를 사용하였다. 전계 발광 스펙트럼의 측정에는, 멀티 채널 분광기(Hamamatsu Photonics K.K. 제조의 PMA-11)를 사용하였다.
- [0543] 도 24는 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 25는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 26은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 발광 소자의 측정은 실온(23℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.
- [0544] 표 2는 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 부근에서의 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 소자 특성을 나타낸 것이다.

[표 2]

	전압(V)	전류 밀도 (mA/cm ²)	CIE 색도(x, y)	휘도 (cd/m ²)	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 1	3.40	8.62	(0.139, 0.159)	1080	12.5	11.5	11.0
발광 소자 2	3.40	6.92	(0.138, 0.160)	930	13.5	12.4	11.7
비교 발광 소자 3	3.20	9.97	(0.139, 0.165)	1320	13.2	13.0	11.3

도 27은 12.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급된 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 전체 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 24, 도 26, 및 표 2에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3은 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 각각 가진다. 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각의 최대 외부 양자 효율은 11% 이상이고, 이는 형광 소자로서 우수한 값이다.

한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어(정공 및 전자)의 재결합에 의하여 생성되는 단일항 여기자의 형성 확률은 25%이기 때문에, 외부로의 광 추출 효율이 25%인 경우, 형광 소자의 이론적 외부 양자 효율은 최대 6.25%이다. 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3은 11% 이상의 외부 양자 효율을 각각 가지고, 이는 이론적 한계를 넘는다. 이는, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3이 한 쌍의 전극으로부터 주입된 캐리어의 재결합에 의하여 생성된 단일항 여기자에서 유래하는 발광이 얻어지고, 또한 실시형태 3에서 설명한 TTA에 의하여 삼중항 여기자의 일부가 단일항 여기자로 변환되어 형광에 기여하기 때문이라고 생각된다. 본 실시예에서는 설명하지 않지만, 과도(過渡) 형광을 측정함으로써, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 각각에서 지연 형광이 관측되었다. 따라서 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각에서는, 이론적 한계보다 높은 외부 양자 효율이 TTA에 의하여 얻어졌다는 것을 알았다.

표 2에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각의 구동 전압은 1000cd/m² 부근에서 3.5V 이하이고, 이는 높은 전력 효율을 나타낸다.

도 27에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3의 각각의 전체 발광 스펙트럼은 465nm 부근에 피크를 가지고, 반치전폭이 약 40nm이기 때문에, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3은 높은 색 순도의 청색 광을 방출한다.

<발광 소자의 신뢰성>

다음에, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3에 대하여 2mA의 정전류로 구동 시험을 수행하였다. 도 28은 결과를 나타낸 것이다. 도 28에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 3 각각의 LT₇₀(휘도가 30% 저감되기까지의 시간)은 250시간보다 길고, 이는 발광 소자가 높은 신뢰성을 가진다는 것을 의미한다. 또한 도 28에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1 및 발광 소자 2는 비교 발광 소자 3보다 높은 신뢰성을 가진다. 따라서 높은 신뢰성을 달성하기 위해서는, 다이벤조퓨란 골격보다 벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란 골격이 바람직하다는 것을 알았다.

(실시예 5)

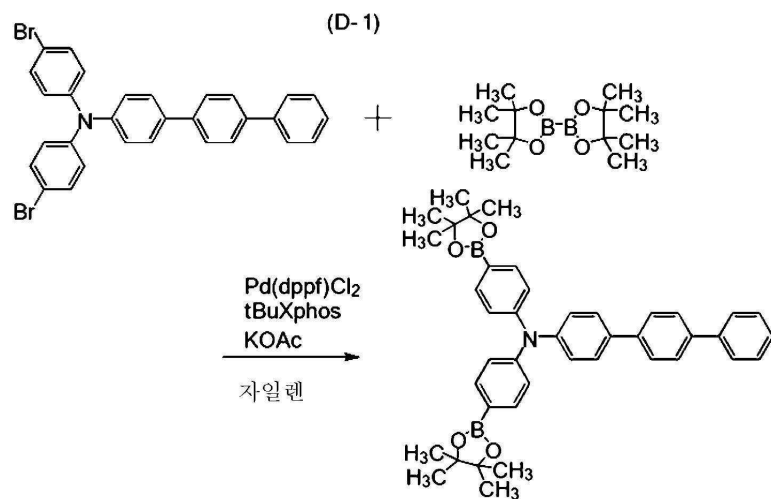
본 실시예에서는, 구조식(106)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 *N,N*-비스[4-(벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란-6-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: Bnf(6)BB1TP)의 합성 방법 및 이 화합물의 물성에 대하여 설명한다.

<합성예 4>

(단계 1: *N,N*-비스[4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐의 합성)

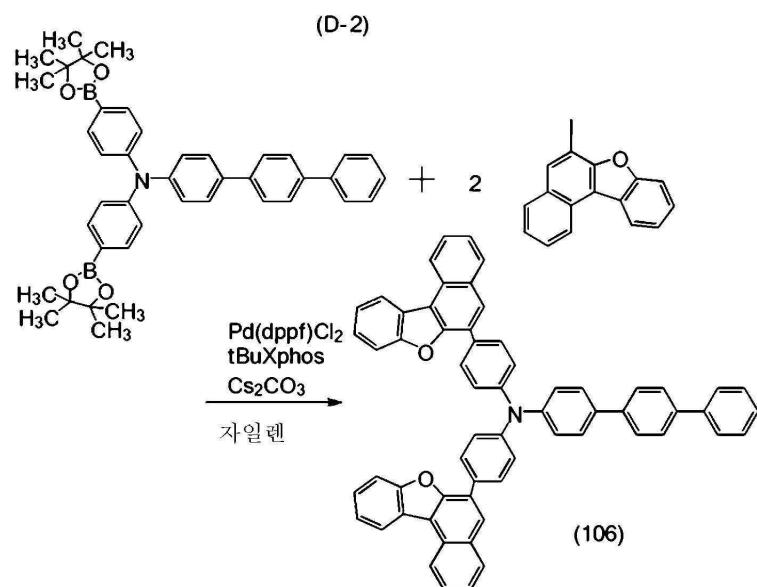
200mL의 3구 플라스크에 1.7g(3.0mmol)의 *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐, 1.4g(3.0mmol)의 비스(피나콜레이트)다이보론, 0.10g(0.20mmol)의 2-다이-*tert*-부틸포스포노-2',4',6'-트라이아이소프로필바이페닐(약칭: tBuXphos), 및 1.3g(12mmol)의 아세트산 포타슘을 넣었다. 다음에, 시스템 내의 공기를 질소로 치환하였다. 이 혼합물에 30mL의 자일렌을 첨가한 후, 얻어진 혼합물을 감압하에서 탈기한 다음, 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열한 후, 88mg(0.10mmol)의 [1,1'-비스(다이페닐포스포

노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드를 첨가하고 120℃에서 7.5시간 동안 교반을 수행하였다. 박층(thin layer) 크로마토그래피로 원료의 소실을 확인한 후, 다음 반응을 수행하였다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (D-1)에 나타낸다.



(단계 2: Bnf(6)BB1TP의 합성)

단계 1에서 얻어진 혼합물에 2.1g(6.0mmol)의 6-아이오도벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란, 85mg(0.20mmol)의 tBuXphos, 및 4.1g(12mmol)의 탄산 세슘을 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열하고, 86mg(0.10mmol)의 [1,1'-비스(다이페닐포스피노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드를 첨가하고 혼합물을 120℃에서 15시간 동안 교반하였다. 교반 후, 얻어진 혼합물을 물 및 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 얻어진 혼합물을 중력 여과하고, 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 고성능 액체 크로마토그래피(이동상: HPLC)에 의하여 정제하여, 목적의 연한 황색 고체 1.0g을 수율 60%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 이하의 (D-2)에 나타낸다.



얻어진 고체 0.89g을 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 승화 정제에서는, 15mL/min의 아르곤 유량으로 상기 고체를 3.1Pa의 압력하, 410℃에서 15시간 동안 가열하였다. 승화 정제 후, 목적의 연한 갈색 고체 0.59g을 회수율 67%로 얻었다.

얻어진 고체에 핵 자기 공명 분광법(^1H NMR)을 수행하였으며, 이 결과를 이하에 나타낸다.

^1H NMR(클로로폼-*d*, 500MHz): δ = 7.35-7.60(m, 14H), 7.65-7.77(m, 12H), 7.84(d, J =8.5Hz, 1H), 7.95-8.09(m,

8H), 8.39(d, J=8.5Hz, 1H), 8.46-8.50(m, 1H), 8.68(t, J=8.5Hz, 2H).

[0566] 도 29의 (A) 및 (B)는 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트이다. 또한 도 29의 (B)는 도 29의 (A)에서의 7.0ppm 내지 9.0ppm의 범위의 부분을 확대하여 나타낸 차트이다. 이 결과에 의하여, 목적 물질인 Bnf(6)BB1TP가 얻어졌다는 것이 밝혀졌다.

[0567] 얻어진 고체의 MS 스펙트럼은 레이저 탈착 이온화(LDI-TOFMS)법에 의하여 측정되었다. LDI-TOFMS 측정은, JEOL Ltd. 제조의 초고해상 MALDI-TOFMS를 사용하여 수행하였다. 측정은 포지티브 이온 스파이럴 모드에서 수행되고, 임의의 농도의 Bnf(6)BB1TP 클로로폼이 타겟 플레이트에 적하되었다. 레이저 파워를 40으로 하고, 연산을 200회 이상 수행한 결과, Bnf(6)BB1TP(목적 물질)가 얻어졌다고 시사하는 m/z 829.3이 관측되었다.

[0568] <Bnf(6)BB1TP의 특성>

[0569] 다음에, 도 30에 톨루엔 용액에서의 Bnf(6)BB1TP의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타내었다. 도 31은 Bnf(6)BB1TP의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다.

[0570] 도 30에 나타낸 바와 같이, 톨루엔 용액에서의 Bnf(6)BB1TP는 367nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 424nm(여기 파장: 366nm)에 발광 파장 피크를 가진다. 도 31에 나타낸 바와 같이, Bnf(6)BB1TP의 박막은 374nm, 350nm, 및 256nm 부근에 흡수 피크를 가지고, 451nm(여기 파장: 380nm) 부근에 발광 파장 피크를 가진다. Bnf(6)BB1TP가 청색 광을 방출하는 것을 알았다. 본 발명의 일 형태의 화합물은 발광 물질의 호스트 재료, 또는 가시광 영역에서 형광을 방출하는 물질의 호스트 재료로서 사용할 수 있다.

[0571] Bnf(6)BB1TP의 박막의 응집은 대기하에서도 쉽게 일어나지 않고, 박막은 형태의 변화가 작고 막의 품질이 높다는 것을 알았다.

[0572] 다음에, Bnf(6)BB1TP의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷하다.

[0573] 또한, CV 측정을 100번 반복하고, 100사이클째의 산화-환원파와 1사이클째의 산화-환원파를 서로 비교하여 화합물의 전기 안정성을 조사하였다.

[0574] 결과적으로, Bnf(6)BB1TP의 산화 전위 $E_a[V]$ 의 측정에서, HOMO 준위는 -5.50eV이었다. 한편, LUMO 준위는 -2.51eV이었다. 산화-환원파를 반복적으로 측정하였을 때, E_a 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 88%를 유지하고, E_c 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 99%를 유지하였기 때문에, Bnf(6)BB1TP의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

[0575] 또한 Bnf(6)BB1TP의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다. 2사이클째의 DSC 측정 결과로부터, Bnf(6)BB1TP의 유리 전이점은 163℃이고, Bnf(6)BB1TP가 매우 높은 내열성을 가진다는 것을 알았다.

[0576] Bnf(6)BB1TP에 대하여 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 측정은 실시예 1에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다. 열 중량-시차 열 분석에서는, 열 중량 분석에 의하여 얻어진 중량이 측정 개시 시의 중량에서 5% 저감된 온도(분해 온도)가 500℃ 이상인 것을 알았고, 이는 Bnf(6)BB1TP가 내열성이 높은 물질인 것을 나타낸다.

[0577] (실시예 6)

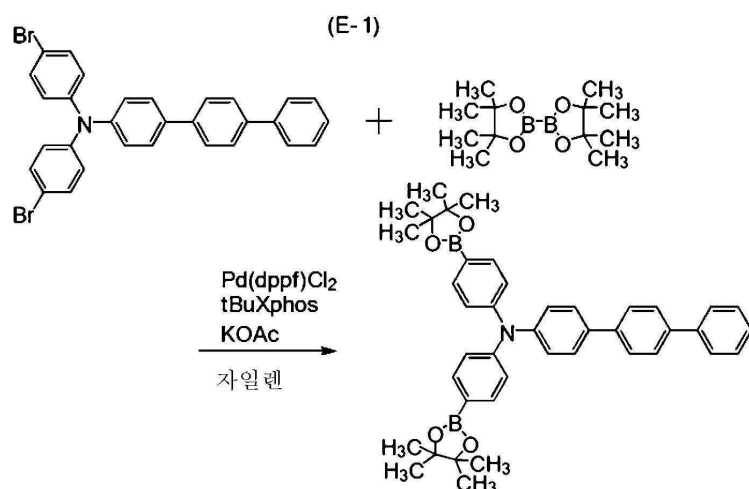
[0578] 본 실시예에서는, 구조식(117)으로 나타내어지는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 *N,N*-비스[4-(벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란-8-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐(약칭: Bnf(8)BB1TP)의 합성 방법 및 이 화합물의 물성에 대하여 설명한다.

[0579] <합성예 5>

[0580] (단계 1: *N,N*-비스[4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)페닐]-4-아미노-*p*-터페닐의 합성)

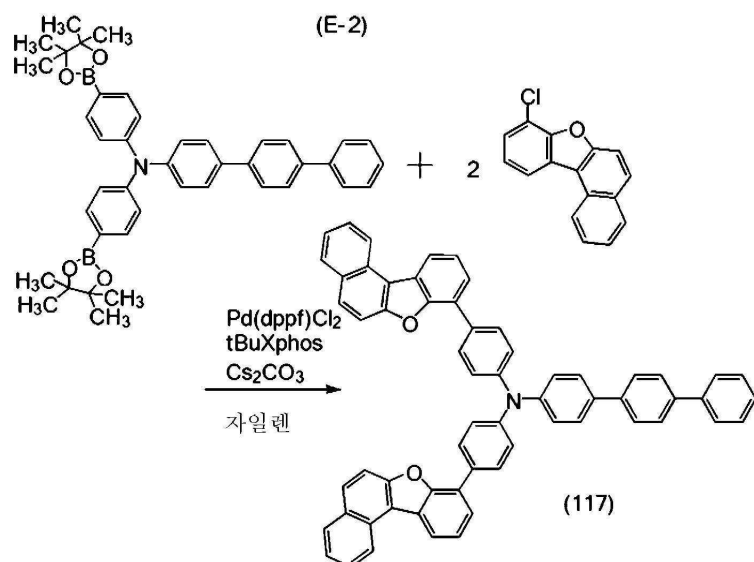
[0581] 200mL의 3구 플라스크에 0.56g(1.0mmol)의 *N,N*-비스(4-브로모페닐)-4-아미노-*p*-터페닐, 0.52g(2.0mmol)의 비스(피나콜레이트)다이보론, 0.85g(0.20mmol)의 2-다이-*tert*-뷰틸포스포노-2',4',6'-트라이아이스프로필바이페닐(약칭: tBuXphos), 및 0.39g(4.0mmol)의 아세트산 포타슘을 넣었다. 다음에, 시스템 내의 공기를 질소로 치환

하였다. 이 혼합물에 10mL의 자일렌을 첨가한 후, 얻어진 혼합물을 감압하에서 탈기한 다음, 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열한 후, 87mg(0.10mmol)의 [1,1'-비스(다이페닐포스피노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드를 첨가하고 120℃에서 6시간 동안 교반하였다. 박층 크로마토그래피로 원료의 소실을 확인한 후, 다음 반응을 수행하였다. 단계 1의 합성 스킴을 이하의 (E-1)에 나타낸다.



(단계 2: Bnf(8)BB1TP의 합성)

단계 1에서 얻어진 혼합물에, 0.51g(2.0mmol)의 8-클로로벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란, 83mg(0.20mmol)의 tBuXphos, 및 1.4g(4.0mmol)의 탄산 세슘을 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기하고, 다음에 시스템 내에 질소 가스를 연속적으로 흘렸다. 이 혼합물을 60℃까지 가열한 후, 82mg(0.10mmol)의 [1,1'-비스(다이페닐포스피노)페로센]팔라듐(II) 다이클로라이드를 첨가하고 이 혼합물을 120℃에서 15시간 동안 교반하였다. 교반 후, 얻어진 혼합물을 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호 537-02305), 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호 066-05265), 및 알루미늄을 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 목적의 연한 황색 고체를 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 이하의 (E-2)에 나타낸다.

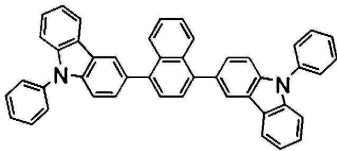


얻어진 고체의 MS 스펙트럼을 LDI-TOFMS에 의하여 측정하였다. 측정은 실시예 5에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다. 측정의 결과로서, Bnf(8)BB1TP(목적 물질)가 얻어졌다고 시사하는 *m/z* 829.3이 관측되었다.

(실시예 7)

본 실시예에서는, 정공 수송층(112-b)에, 본 발명의 일 형태의 유기 화합물인 Bnf(6)BB1TP를 각각 포함하는 발광 소자에 대하여 설명한다. 본 실시예에서 제작된 발광 소자의 구조는 실시예 4에서 설명한 발광 소자와 비슷하기 때문에, 제작 방법의 설명을 생략한다. 본 실시예에서 제작된 발광 소자의 각각의 구조의 단면도는 도 1의 (B)와 비슷하다. 표 3에는 소자 구조의 자세한 사항을 나타내었다. 또한, 여기서 사용되는 화합물의 구조

및 약칭을 이하에 나타낸다. 또한, 다른 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조할 수 있다.



PCzN2

[표 3]

	제 1 전극(101)	정공 주입층(111)	정공 수송층(112)			발광층(113)	전자 수송층(114)		전자 주입층(115)	제 2 전극(102)
			112-a	112-b	112-c		114-a	114-b		
두께(nm)	70	5	10	10	10	25	15	10	1	200
발광 소자 4	ITSO	HAT-CN	NPB	*	PCzN2	cgDBCzPA : 1,6mMemFL PAPrn (1:0.03)	cgDB CzPA	NBPhen	LiF	Al
비교 발광 소자 5	ITSO	HAT-CN	NPB	**	PCzN2	cgDBCzPA : 1,6mMemFL PAPrn (1:0.03)	cgDB CzPA	NBPhen	LiF	Al

<발광 소자의 정공 수송층(112-c)>

정공 수송층(112-c)으로서, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각의 정공 수송층(112-b) 위에 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCzN2)를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하였다.

<발광 소자의 특성>

다음으로, 제작한 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 특성을 측정하였다. 측정은 실시예 4에서 설명한 것과 비슷한 식으로 수행하였다.

도 32는 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 33은 전류 밀도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 34는 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다.

표 4는 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 소자 특성을 나타낸 것이다.

[표 4]

	전압(V)	전류 밀도(mA/cm ²)	CIE 색도(x, y)	휘도(cd/m ²)	전류 효율(cd/A)	전력 효율(lm/W)	외부 양자 효율(%)
발광 소자 4	3.20	6.87	(0.141, 0.154)	901	14.2	12.9	11.6
비교 발광 소자 5	3.10	5.36	(0.140, 0.160)	758	13.1	14.3	12.4

도 35는 12.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류가 공급된 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5의 전계 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 32, 도 34, 및 표 4에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각은 높은 전류 효율 및 높은 외부 양자 효율을 가진다. 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각의 최대 외부 양자 효율은 11% 이상이고, 이는 형광 소자로서 우수한 값이다. 실시예 4에서 설명한 발광 소자에서와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각에서는, 이론적 한계보다 높은 외부 양자 효율이 TTA에 의하여 얻어졌다.

표 4에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각의 구동 전압은 1000cd/m² 부근에서 3.2V 이하이고, 이는 높은 전력 효율을 나타낸다.

도 35에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5 각각의 전계 발광 스펙트럼은 465nm 부근에 피크를 가지고 반치전폭이 약 35nm이기 때문에, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5는 높은 색 순도의 청색 광을 방출한다.

[0604] <발광 소자의 신뢰성>

[0605] 다음에, 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 5에 대하여 2mA의 정전류로 구동 시험을 수행하였다. 도 36은 결과를 나타낸 것이다. 도 36에 나타난 바와 같이, 발광 소자 4의 LT₉₀(휘도가 10% 저감되기까지의 시간)은 100시간보다 길고, 이는 발광 소자가 높은 신뢰성을 가진다는 것을 의미한다. 또한 도 36에 나타난 바와 같이, 발광 소자 4는 비교 발광 소자 5보다 높은 신뢰성을 가진다. 따라서 높은 신뢰성을 달성하기 위해서는, 다이벤조퓨란 골격보다 벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란 골격이 바람직하다는 것을 알았다.

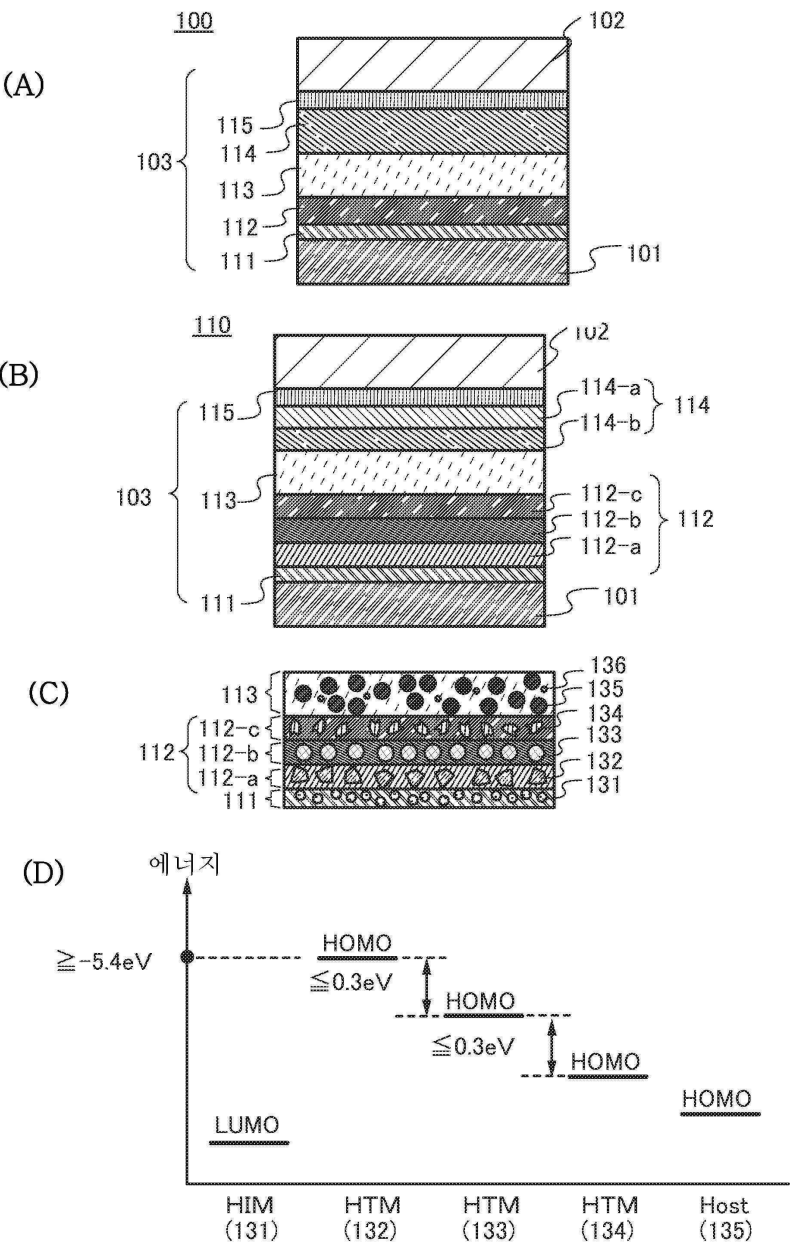
부호의 설명

[0606] 50: 접착층, 51: 접착층, 52: 접착층, 100: 발광 소자, 101: 전극, 102: 전극, 103: EL층, 110: 발광 소자, 111: 정공 주입층, 112: 정공 수송층, 112-a: 정공 수송층, 112-b: 정공 수송층, 112-c: 정공 수송층, 113: 발광층, 114: 전자 수송층, 114-a: 전자 수송층, 114-b: 전자 수송층, 115: 전자 주입층, 120: 발광 소자, 121: 호스트 재료, 122: 게스트 재료, 131: 정공 주입 재료, 132: 정공 수송 재료, 133: 정공 수송 재료, 134: 정공 수송 재료, 135: 호스트 재료, 136: 게스트 재료, 150: 발광 소자, 201: 수지층, 202: 수지층, 300: 표시 장치, 311: 전극, 311b: 전극, 340: 액정 소자, 351: 기관, 360: 발광 소자, 360b: 발광 소자, 360g: 발광 소자, 360r: 발광 소자, 360w: 발광 소자, 361: 기관, 362: 표시부, 364: 회로부, 365: 배선, 366: 회로부, 367: 배선, 372: FPC, 373: IC, 374: FPC, 375: IC, 400: 표시 장치, 401: 트랜지스터, 402: 트랜지스터, 403: 트랜지스터, 405: 용량 소자, 406: 접속부, 410: 화소, 411: 절연층, 412: 절연층, 413: 절연층, 414: 절연층, 415: 절연층, 416: 스페이서, 417: 접착층, 419: 접속층, 421: 전극, 422: EL층, 423: 전극, 424: 광학 조정층, 425: 착색층, 426: 차광층, 451: 개구, 476: 절연층, 478: 절연층, 501: 트랜지스터, 502: 전극, 503: 트랜지스터, 505: 용량 소자, 506: 접속부, 510: 전극, 511: 절연층, 512: 절연층, 513: 절연층, 514: 절연층, 517: 접착층, 519: 접속층, 521: 발광 유닛, 522: 발광 유닛, 523: 전하 발생층, 529: 액정 소자, 543: 접속체, 562: 전극, 563: 액정, 564a: 배향막, 564b: 배향막, 576: 절연층, 578: 절연층, 599: 편광판, 601: 소스 측 구동 회로, 602: 화소부, 603: 게이트 측 구동 회로, 604: 밀봉 기관, 605: 실재, 607: 공간, 608: 배선, 610: 소자 기관, 611: 스위칭 TFT, 612: 전류 제어 TFT, 613: 전극, 614: 절연체, 616: EL층, 617: 전극, 618: 발광 소자, 623: n채널 TFT, 624: p채널 TFT, 700: 표시 패널, 701: 수지층, 702: 수지층, 800: 표시 패널, 901: 하우징, 902: 액정층, 903: 백라이트, 904: 하우징, 905: 드라이버 IC, 906: 단자, 1001: 기관, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 층간 절연막, 1021: 층간 절연막, 1022: 전극, 1025B: 하부 전극, 1024B: 전극, 1025G: 하부 전극, 1024G: 전극, 1025R: 하부 전극, 1024R: 전극, 1026: 격벽, 1028: EL층, 1029: 전극, 1031: 밀봉 재료, 1032: 실재, 1033: 기재, 1034B: 착색층, 1034G: 착색층, 1034R: 착색층, 1035: 흑색층(블랙매트릭스), 1036: 오버코트층, 1037: 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 드라이버 회로부, 1042: 주변부, 2001: 하우징, 2002: 광원, 3001: 조명 장치, 3002: 표시 장치, 5000: 표시 영역, 5001: 표시 영역, 5002: 표시 영역, 5003: 표시 영역, 5004: 표시 영역, 5005: 표시 영역, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작키, 7110: 리모트 컨트롤러, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7301: 하우징, 7302: 하우징, 7303: 연결부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커부, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 조작키, 7310: 접속 단자, 7311: 센서, 7312: 마이크로폰, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 및 7406: 마이크로폰.

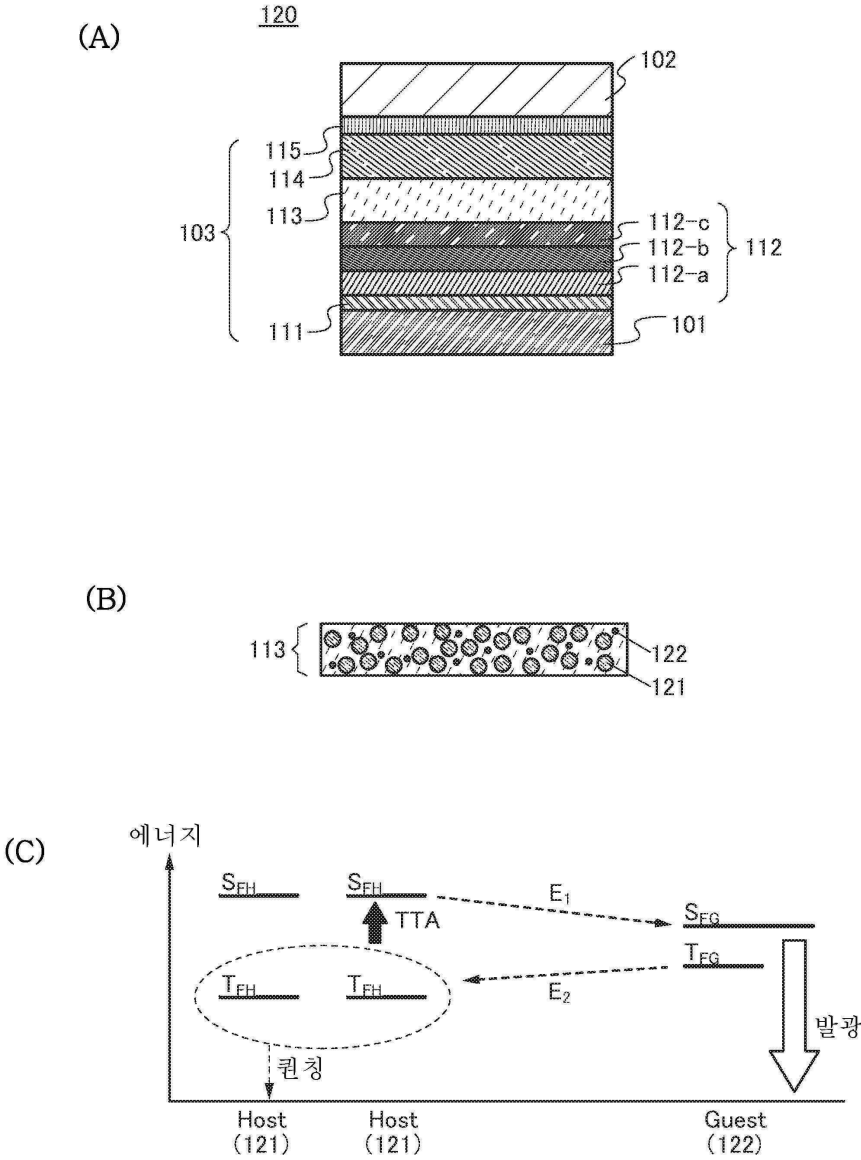
본 출원은 2016년 9월 14일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2016-179489의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

도면

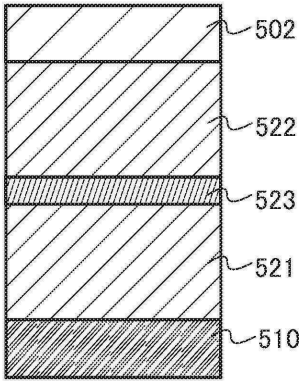
도면1

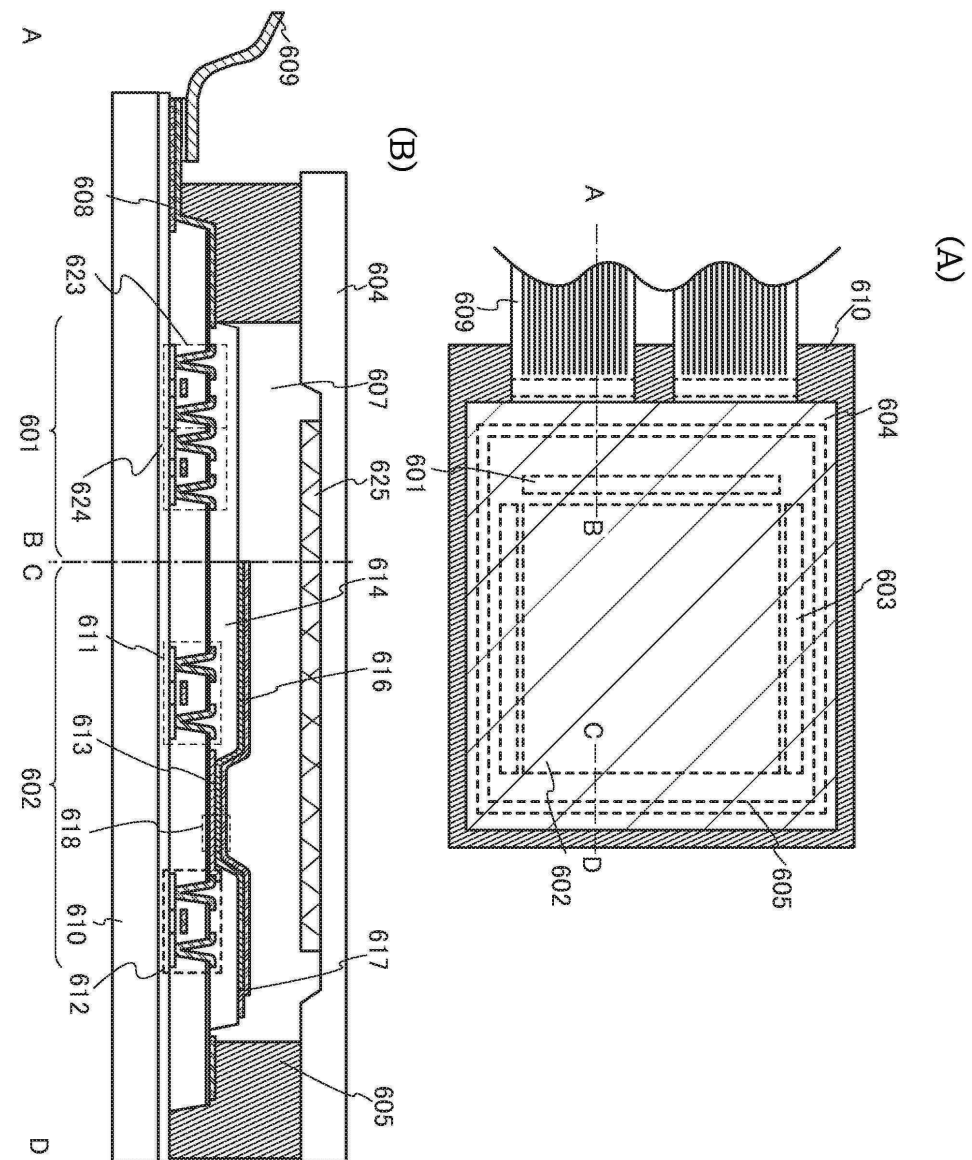


도면2

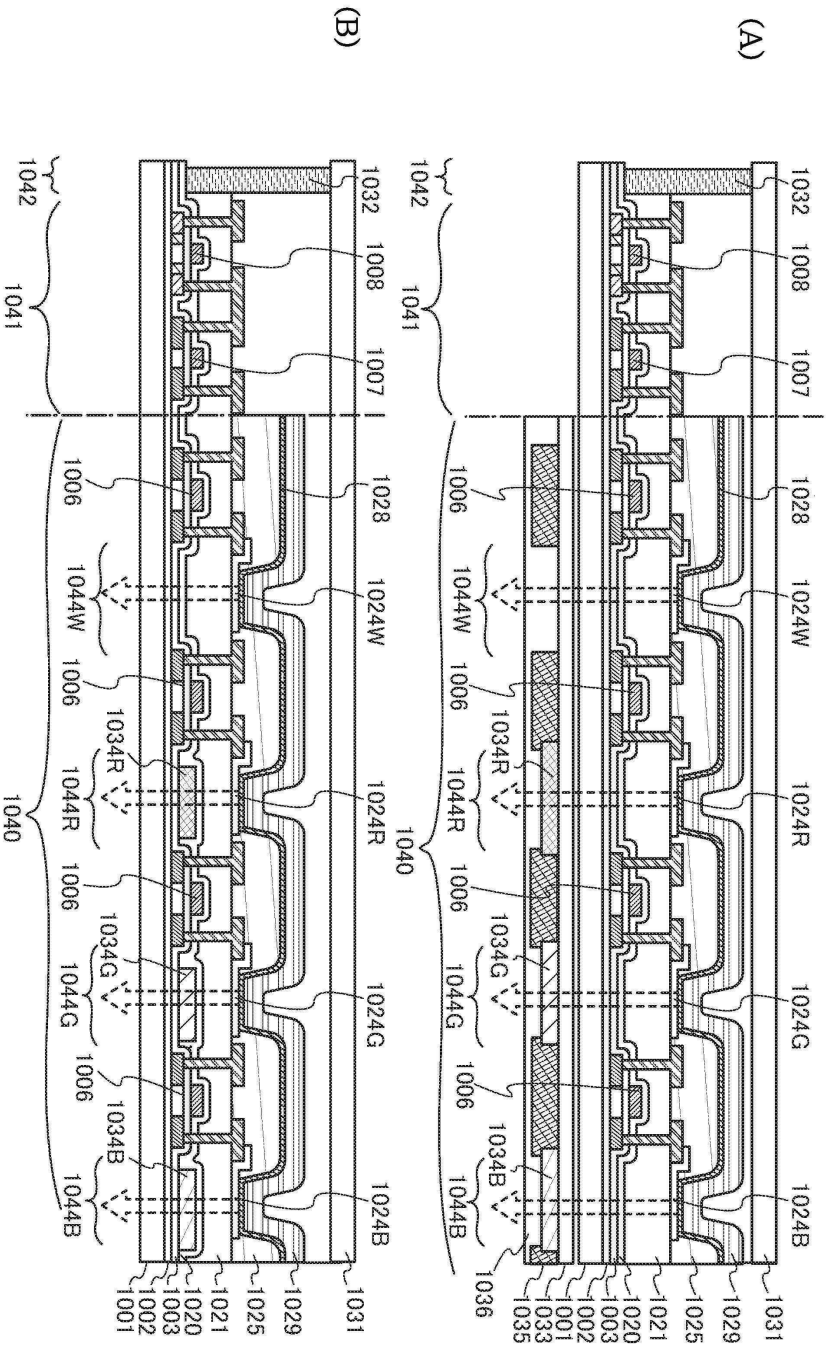


도면3

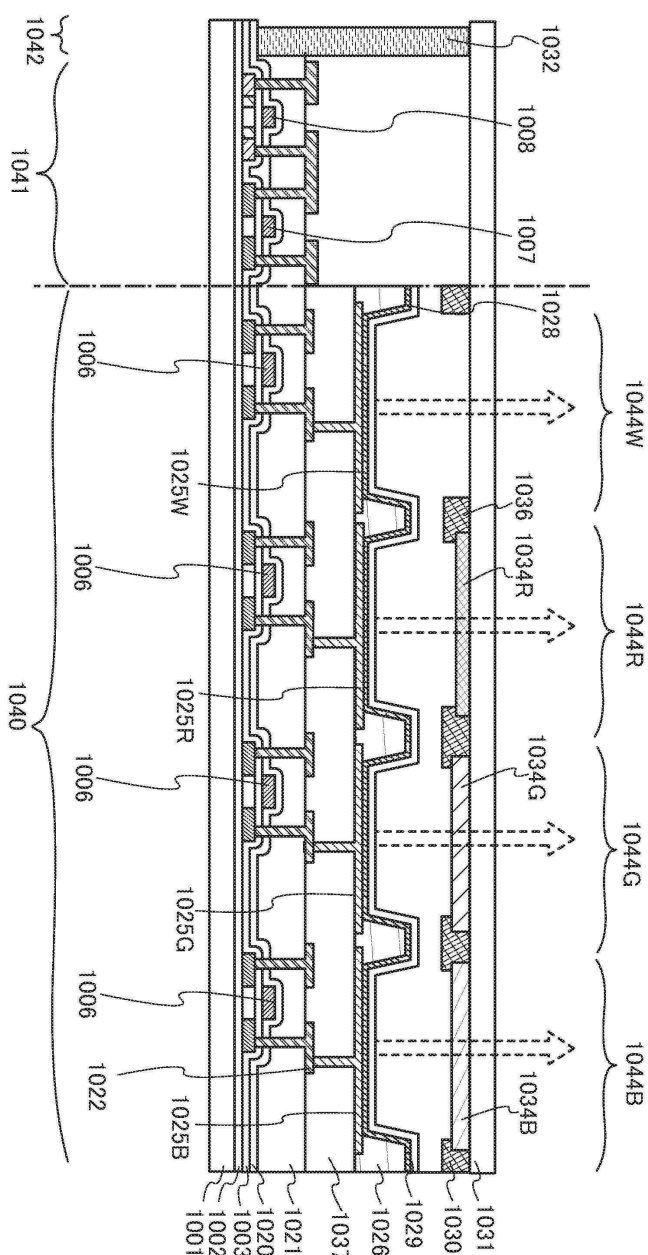




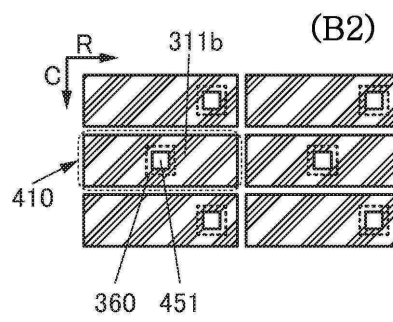
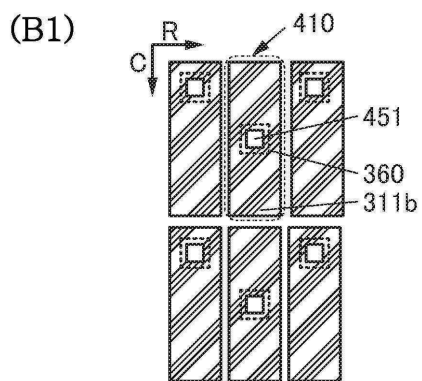
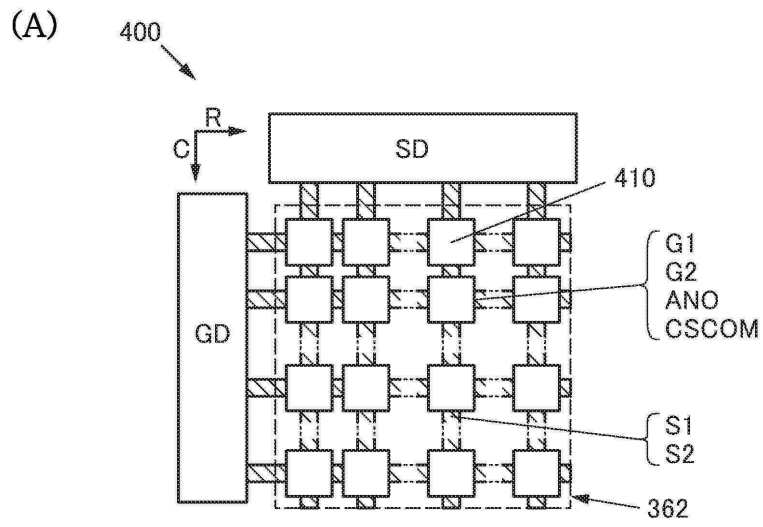
도면5



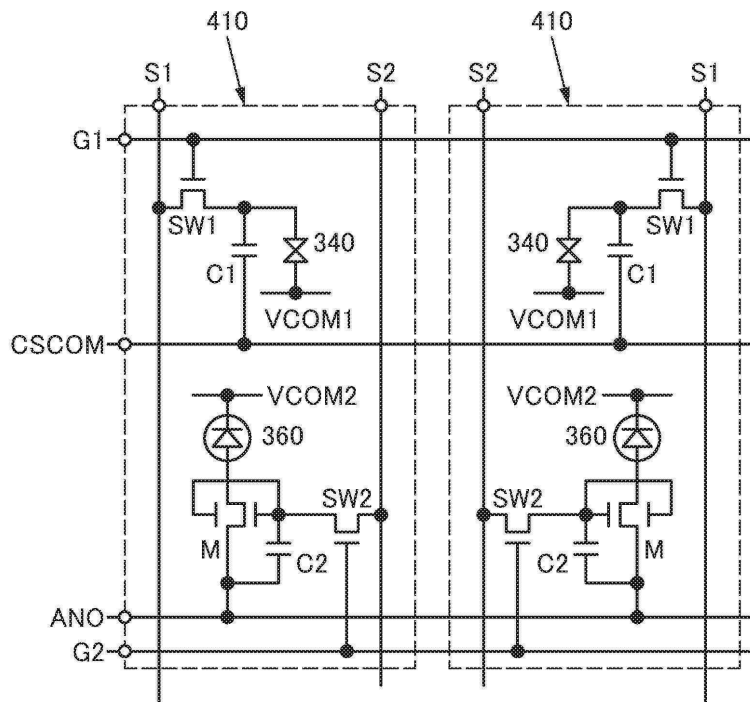
도면6



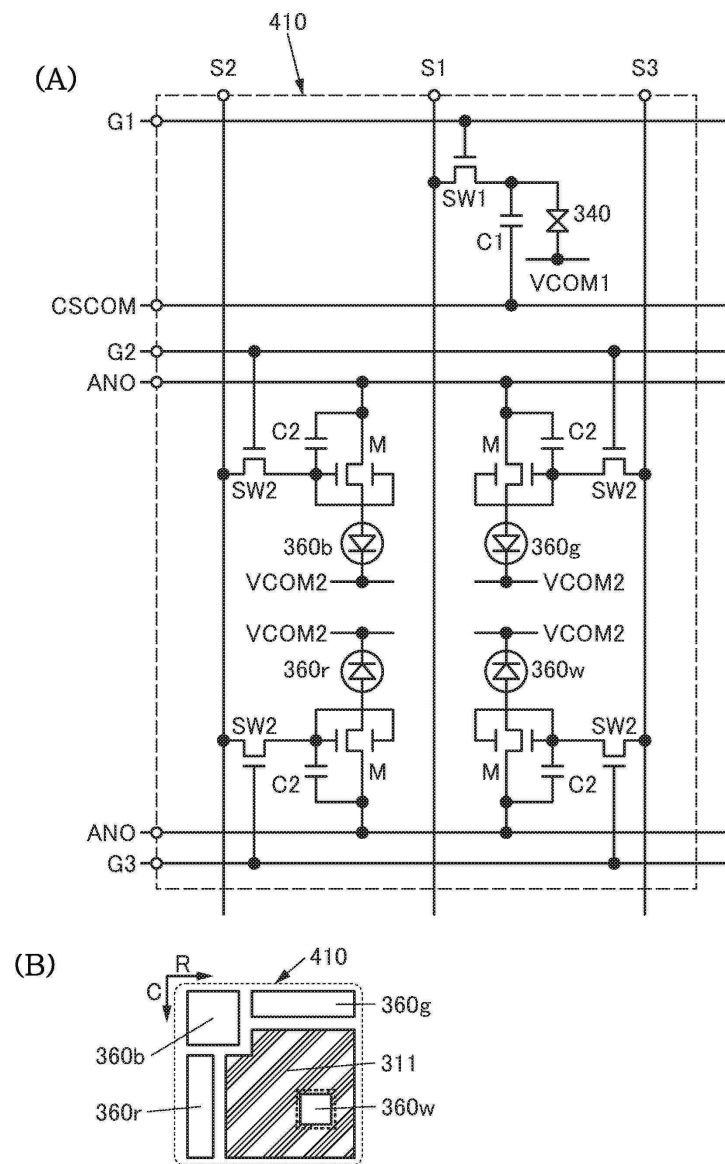
도면7



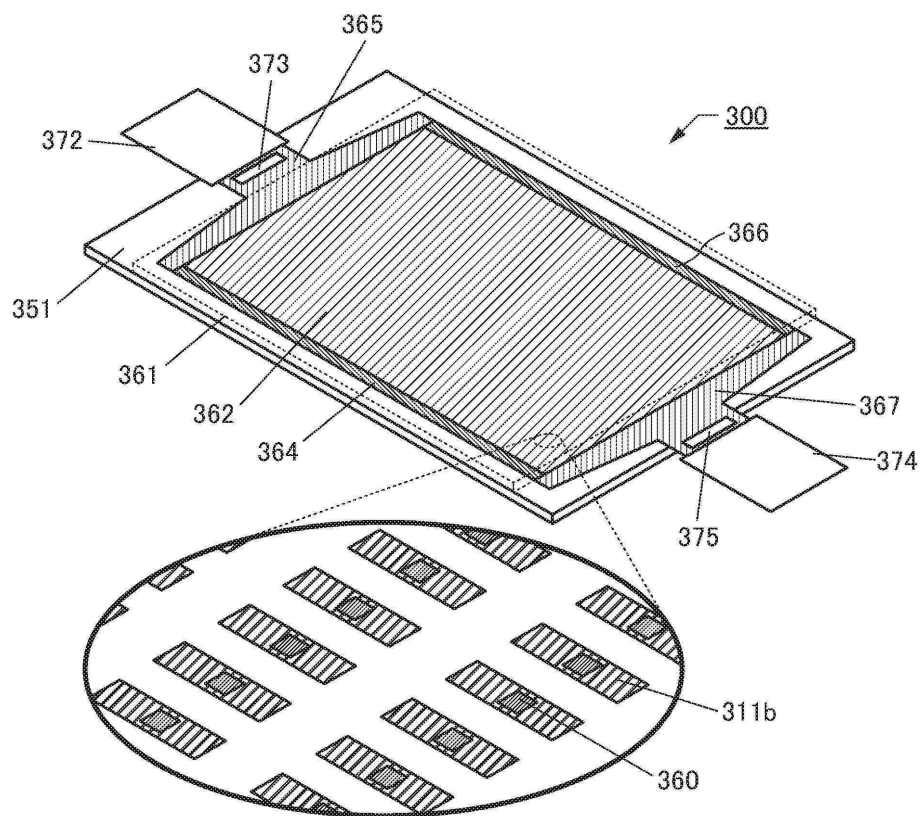
도면8



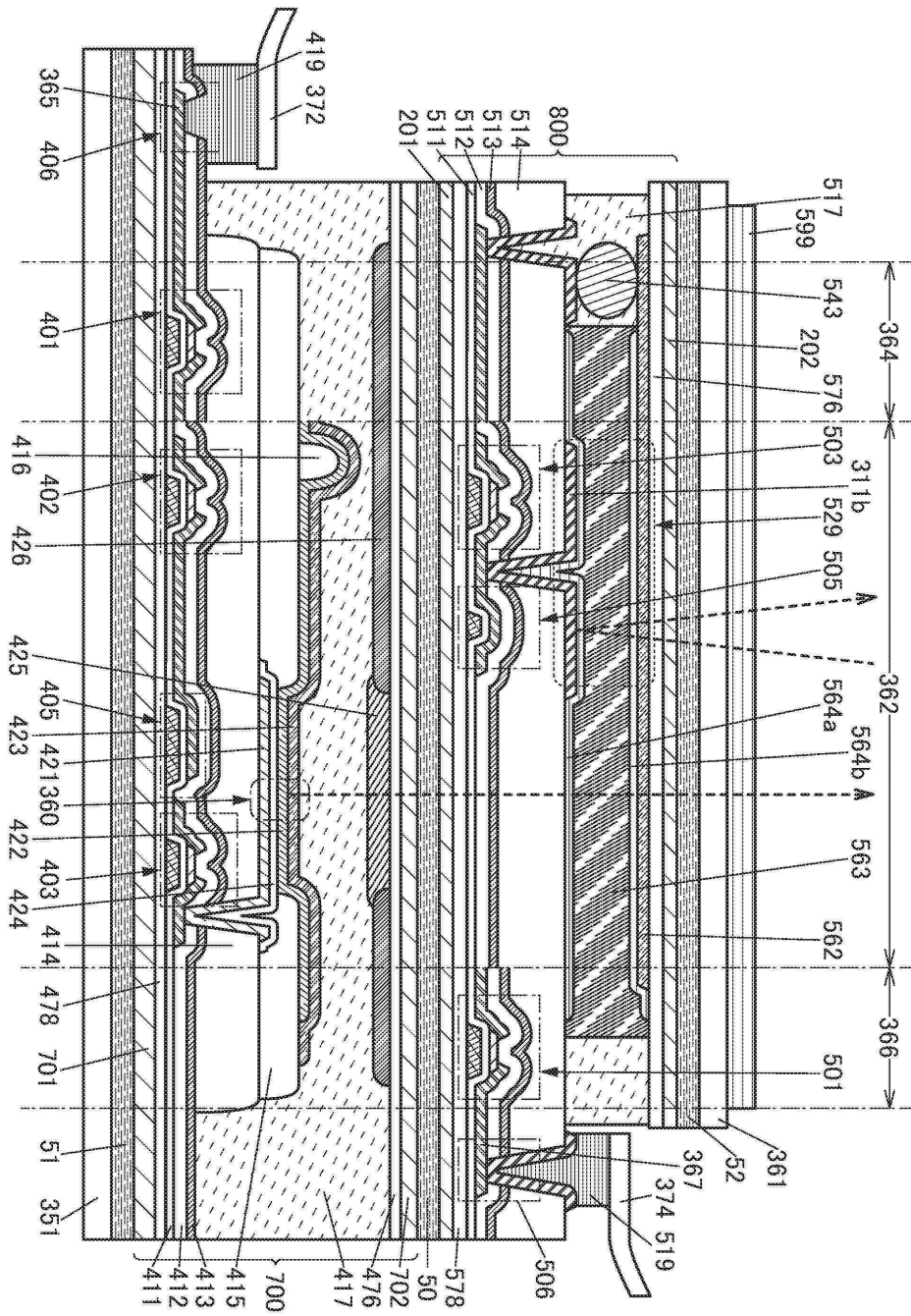
도면9



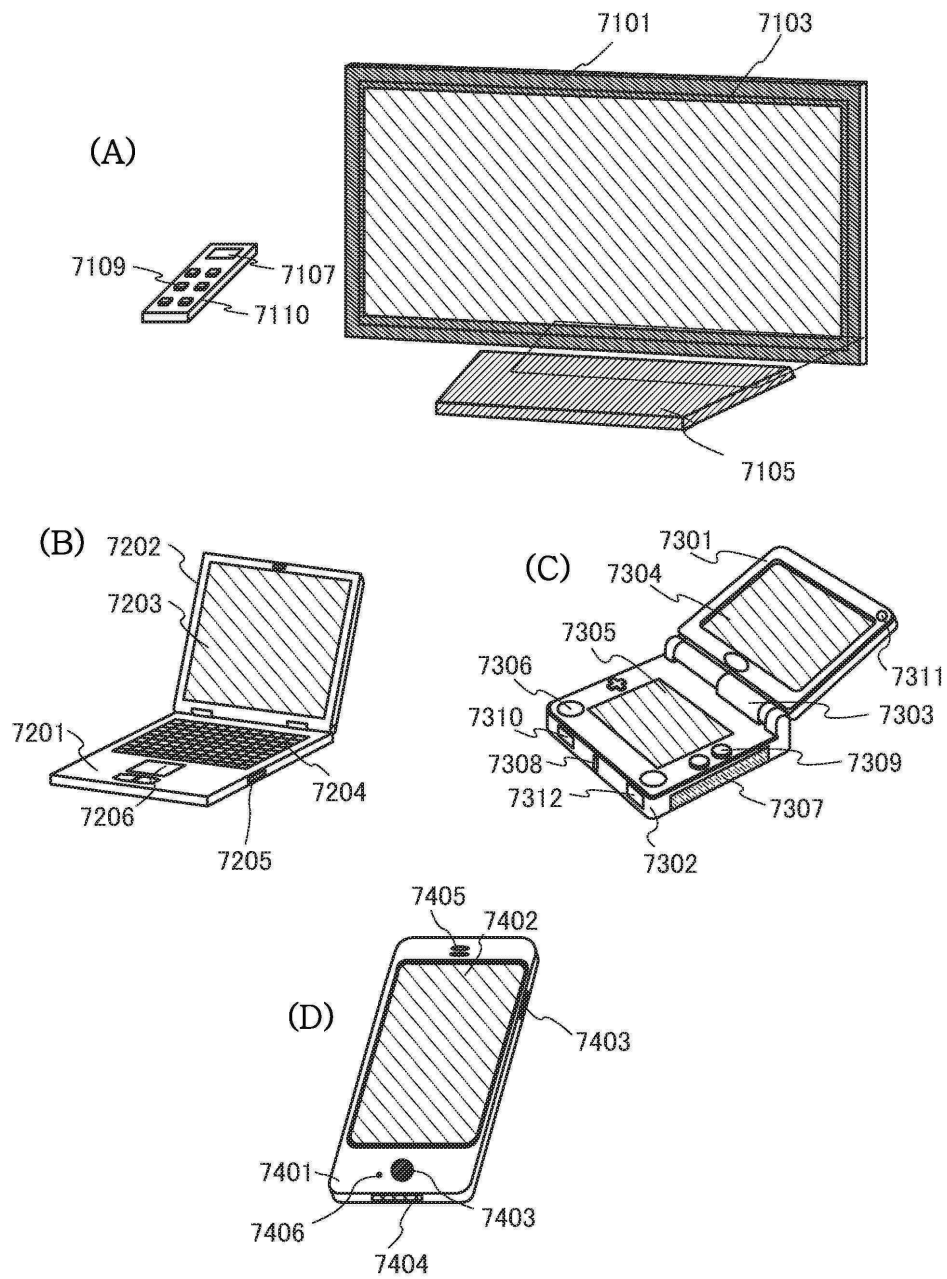
도면10



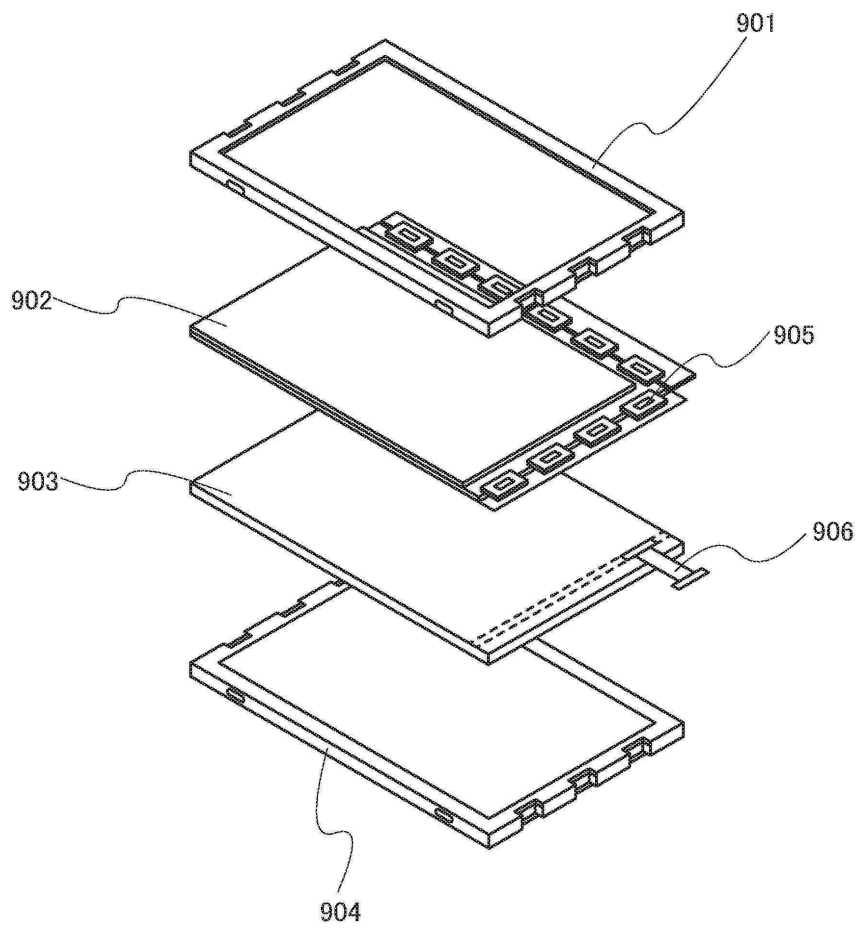
도면11



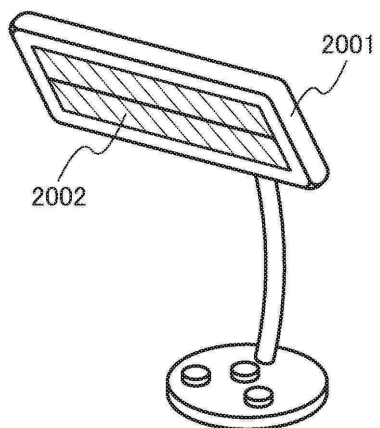
도면12



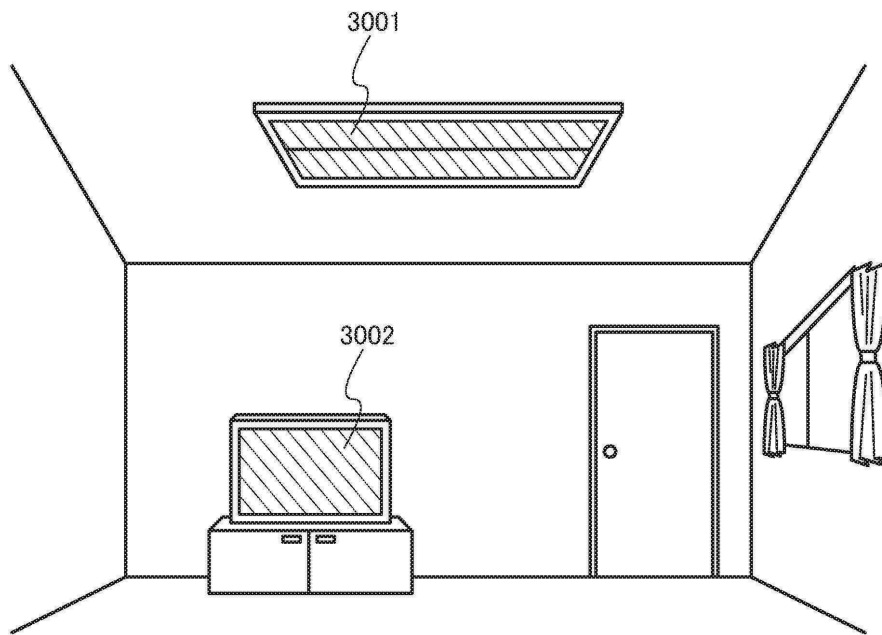
도면13



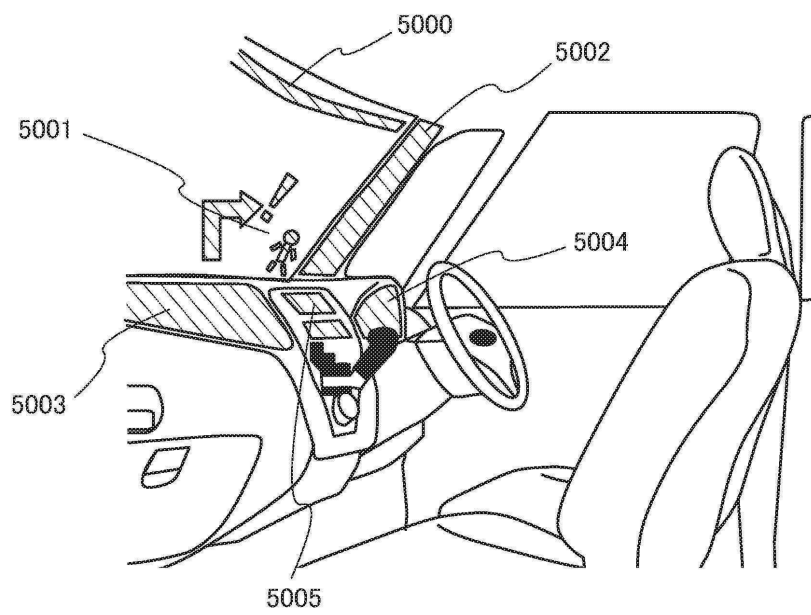
도면14



도면15

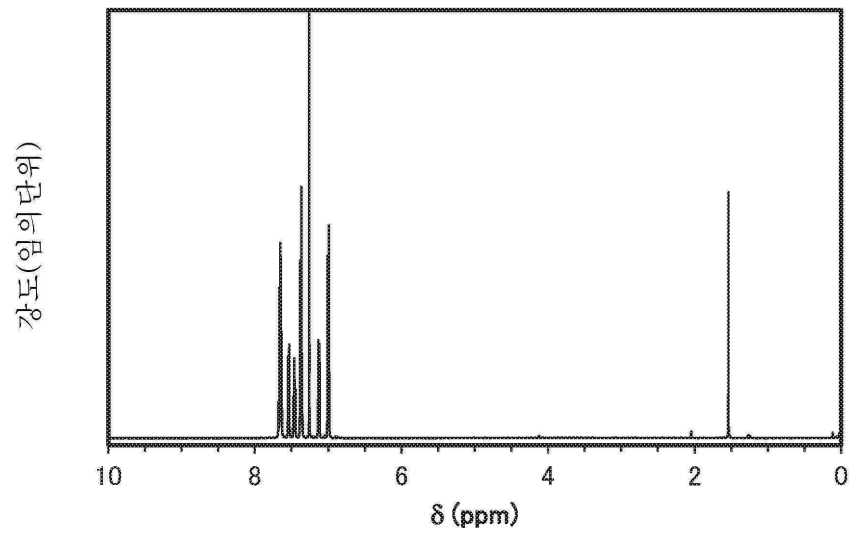


도면16

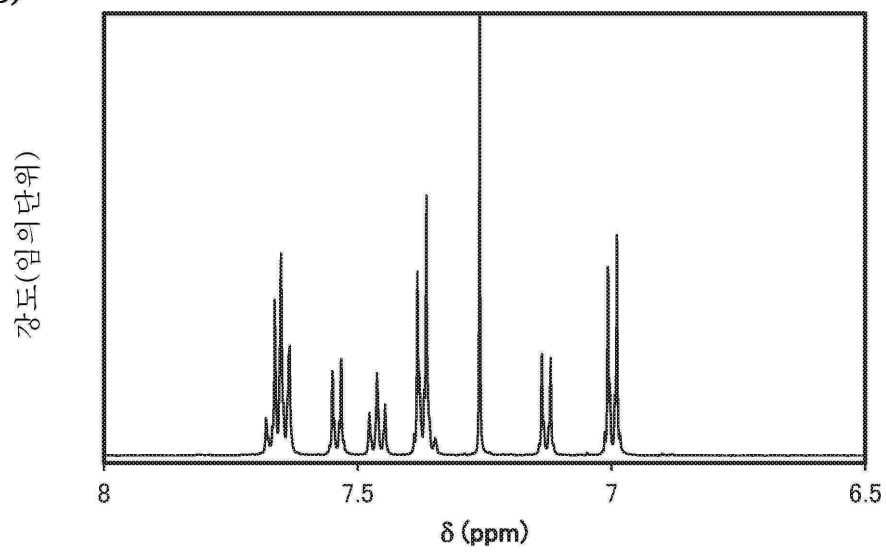


도면17

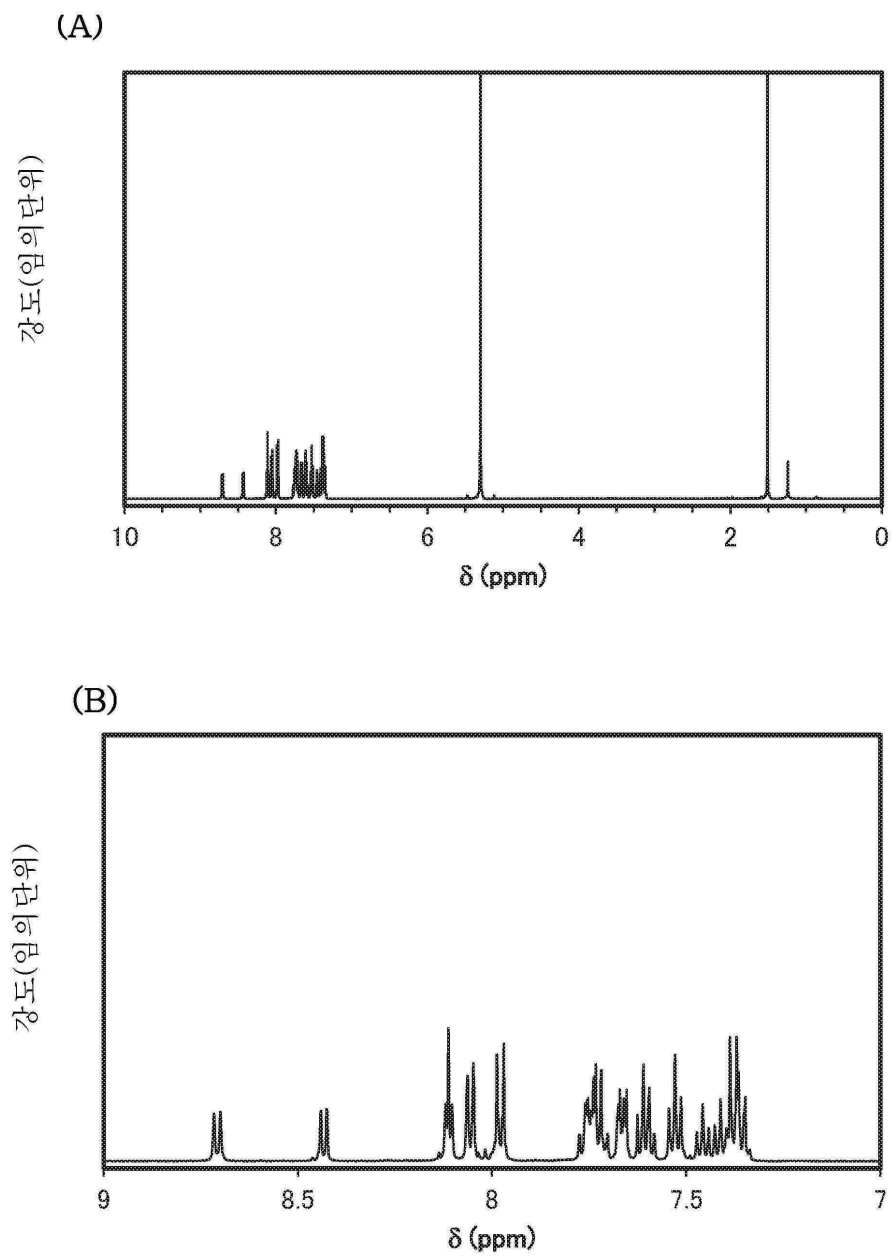
(A)



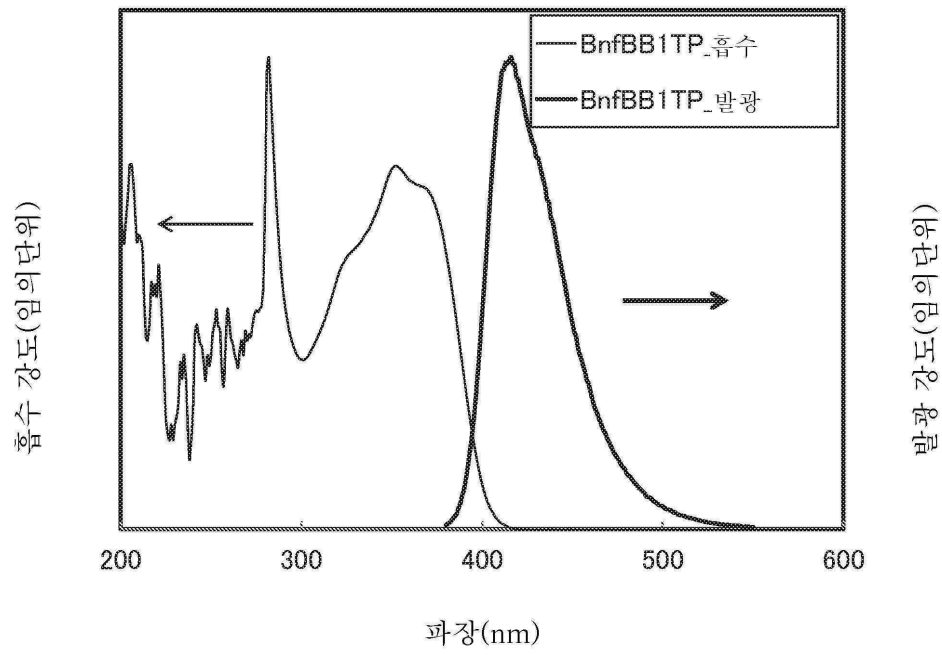
(B)



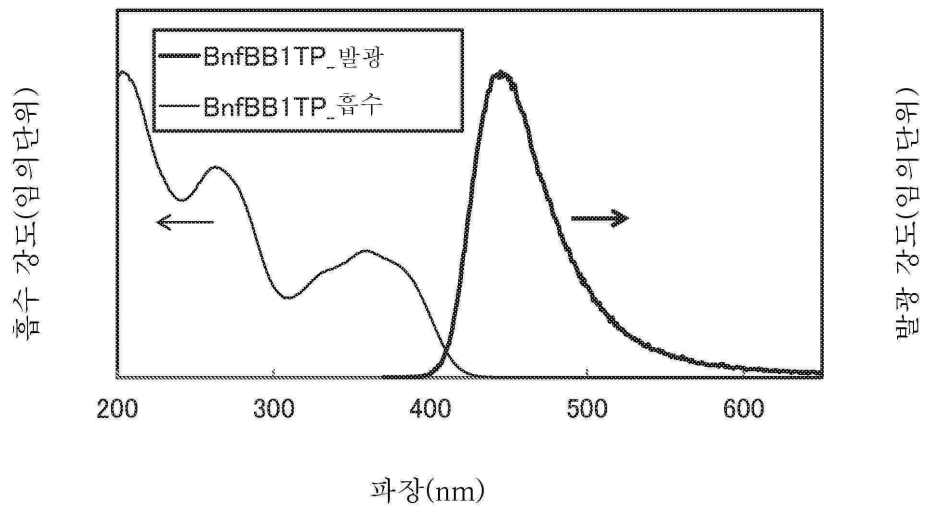
도면18



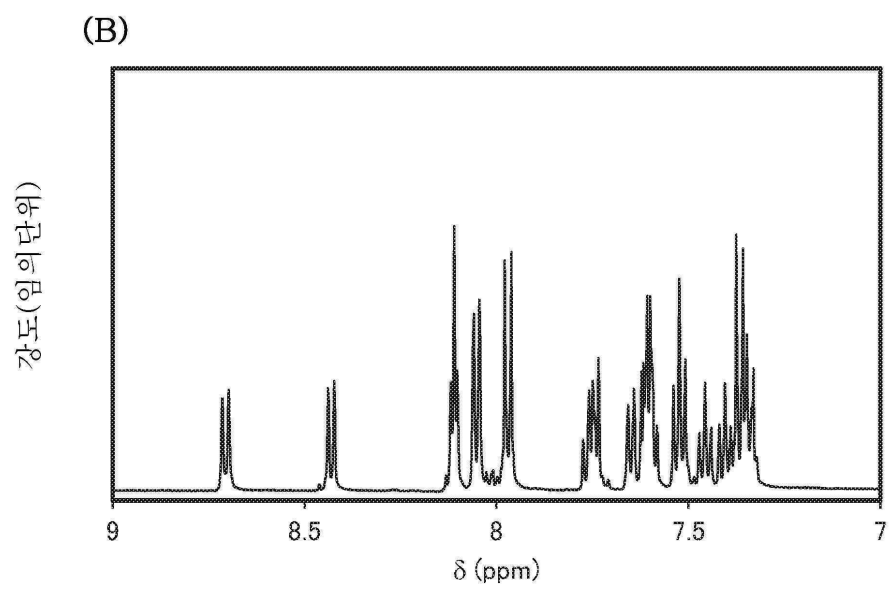
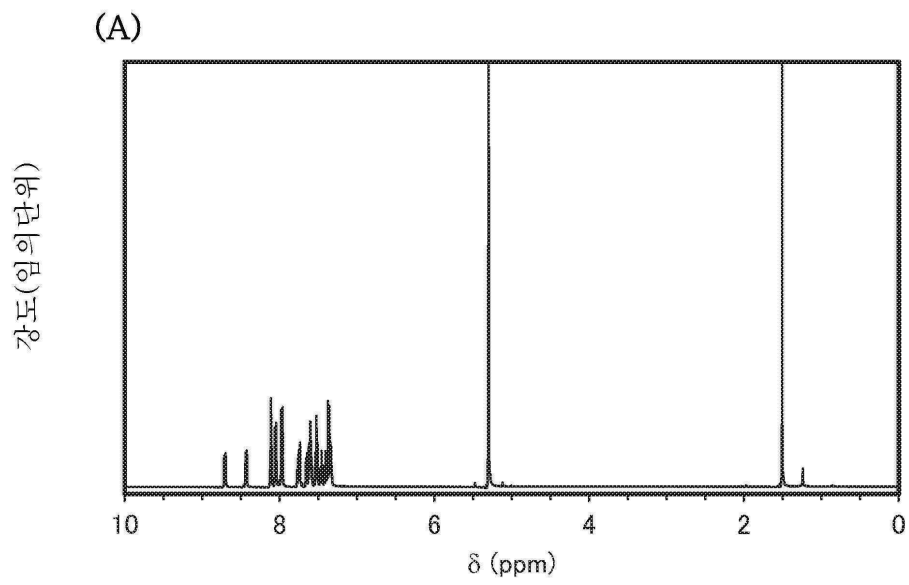
도면19



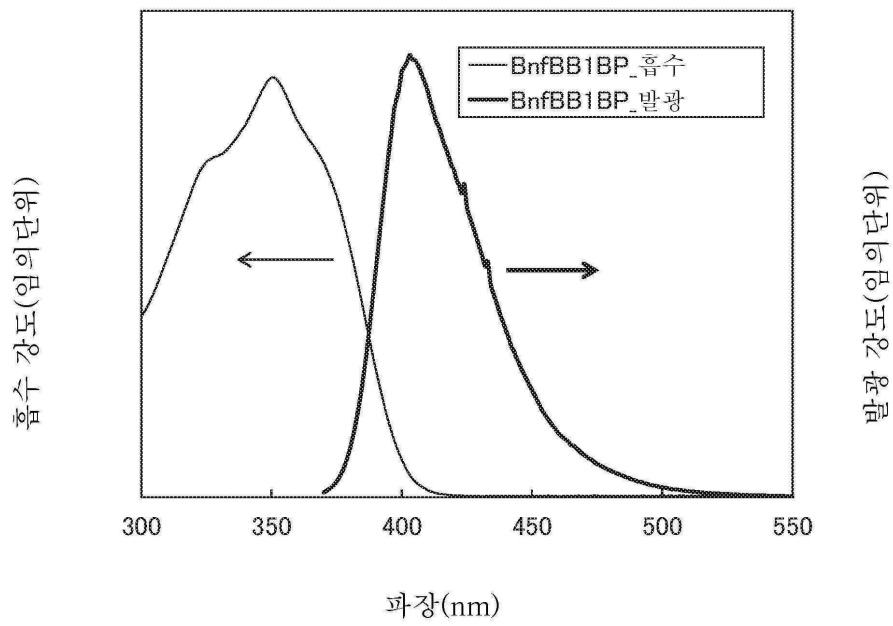
도면20



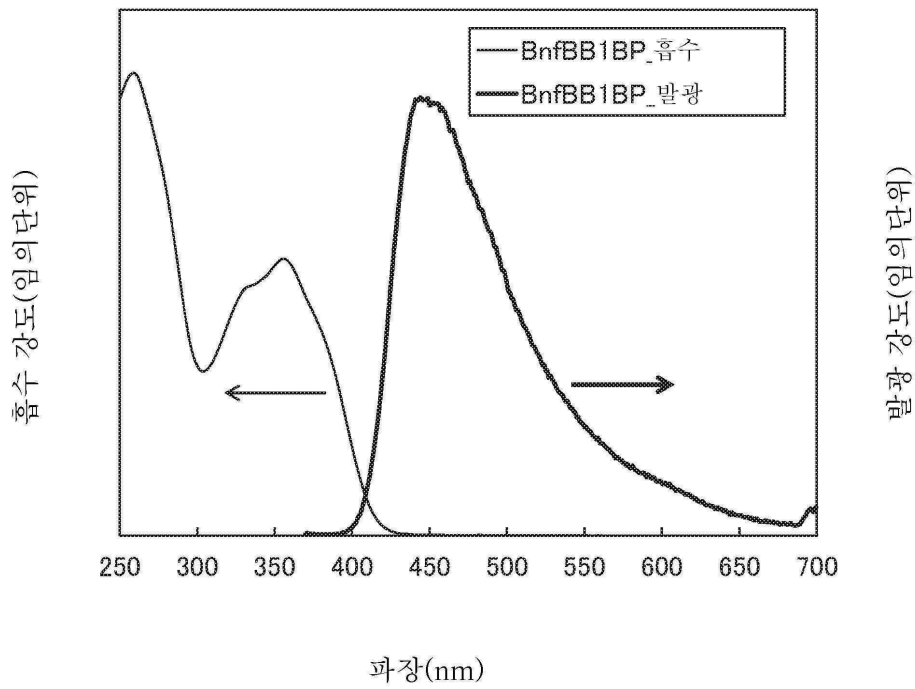
도면21



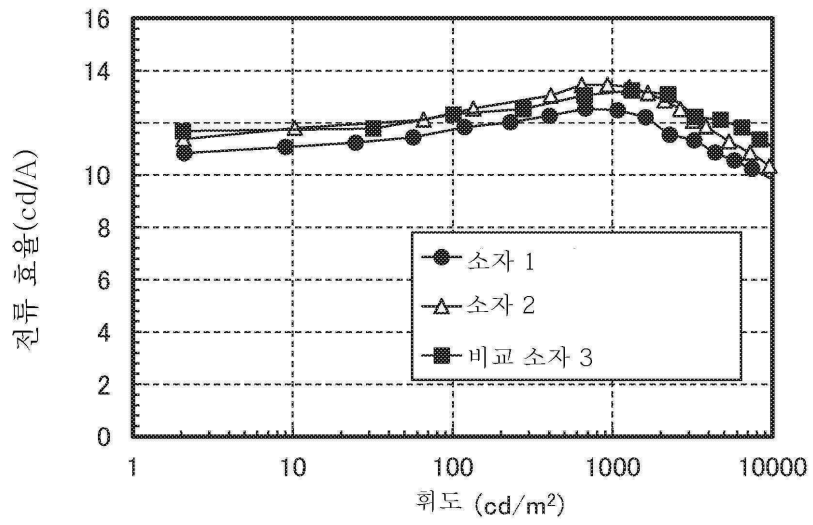
도면22



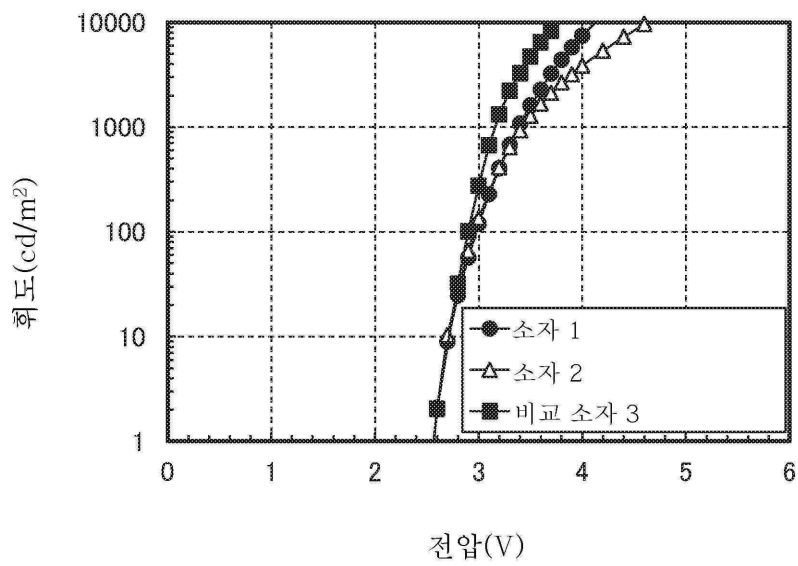
도면23



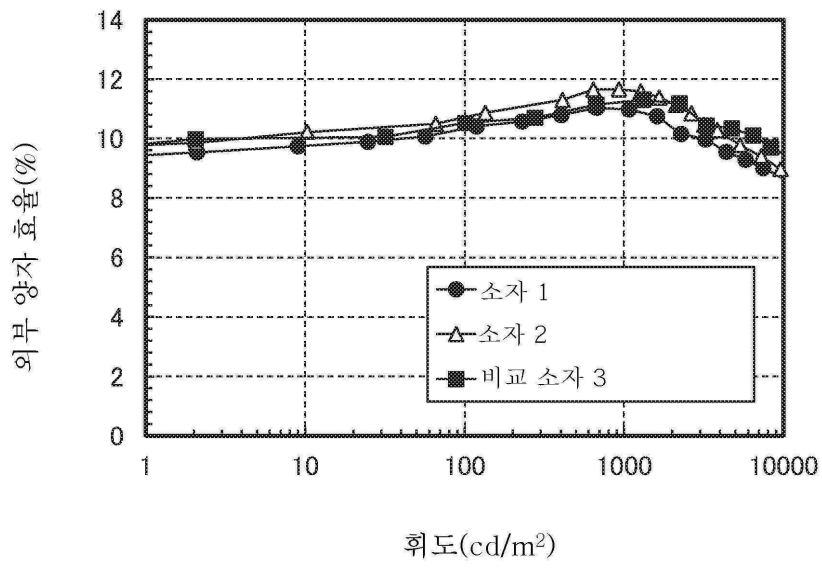
도면24



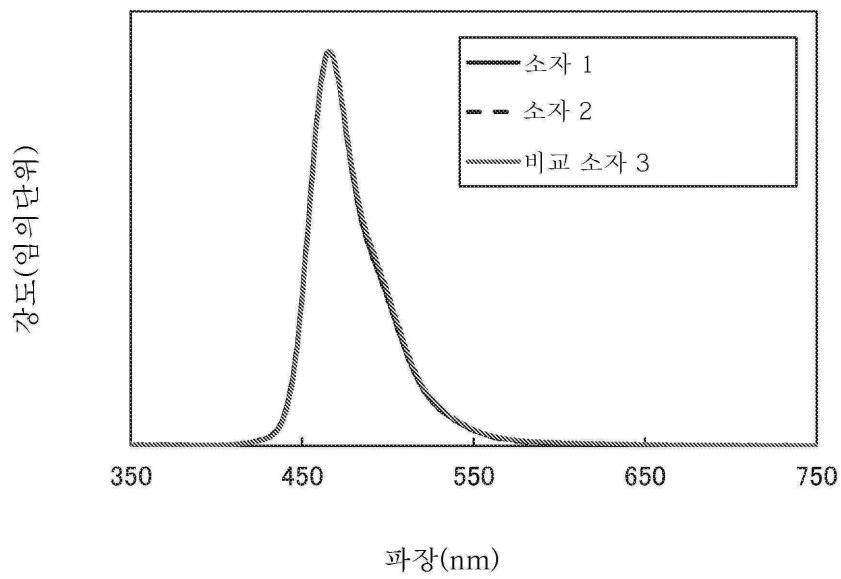
도면25



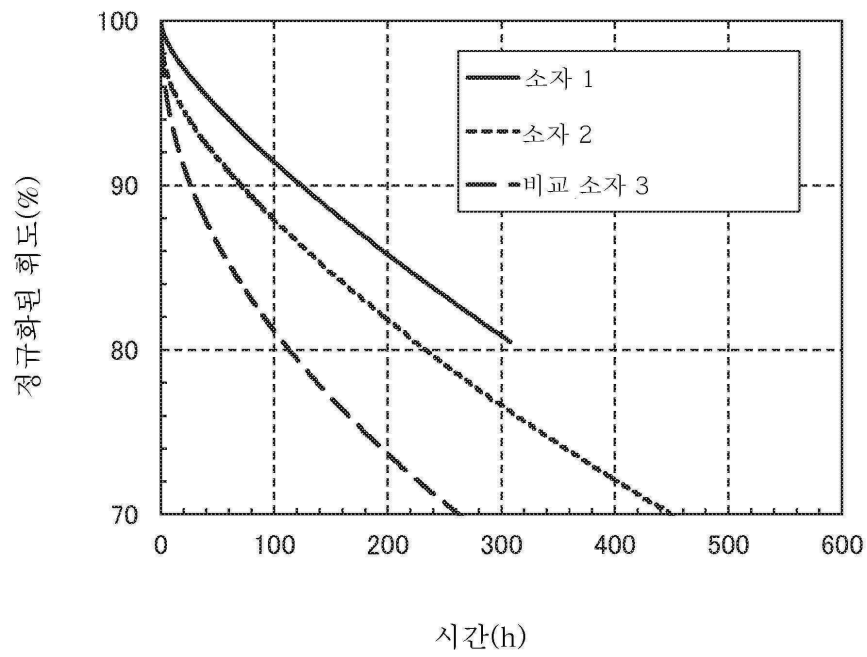
도면26



도면27

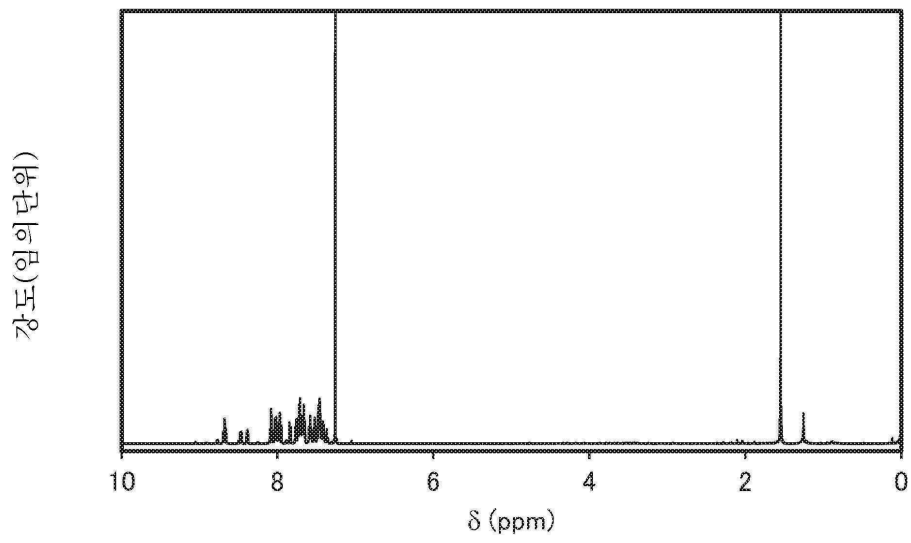


도면28

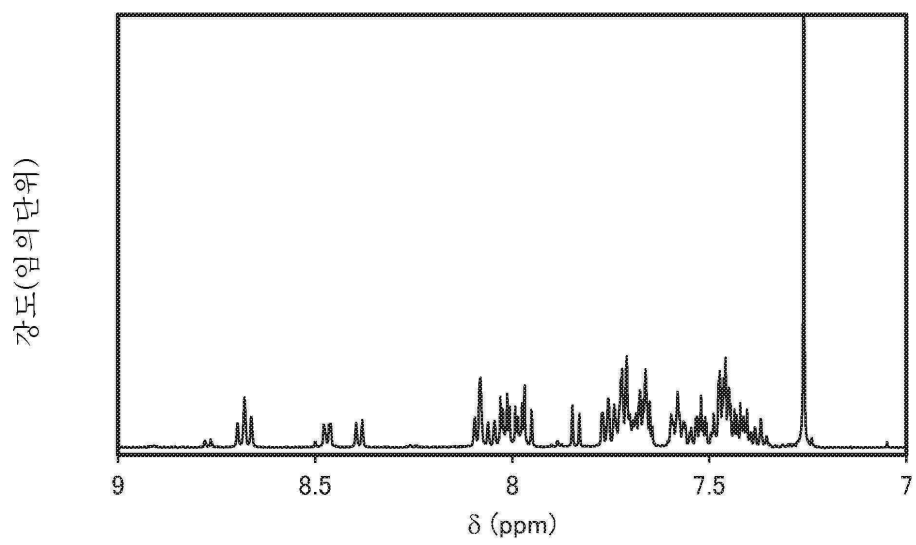


도면29

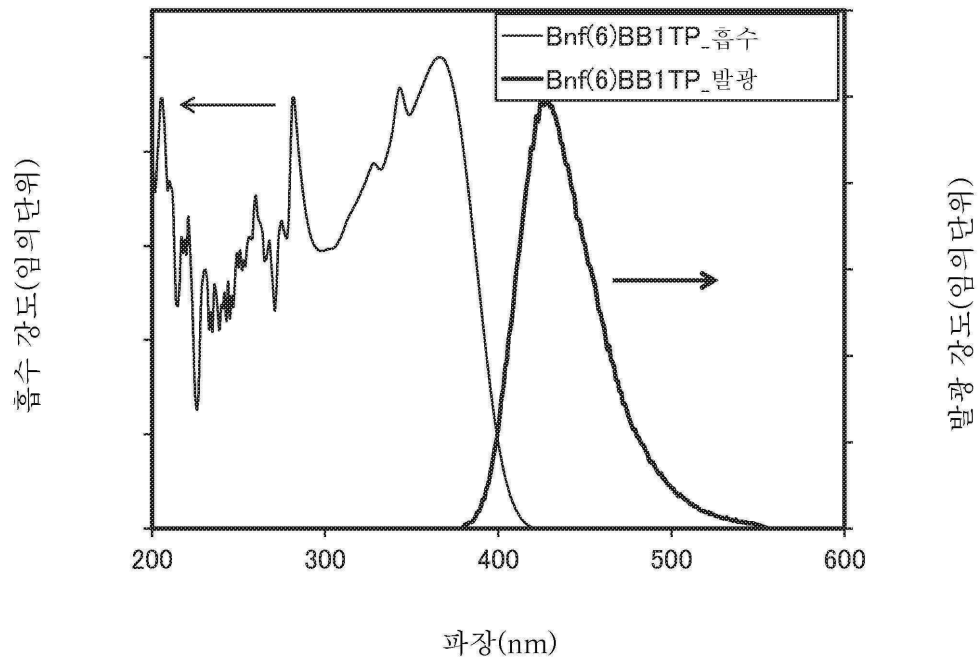
(A)



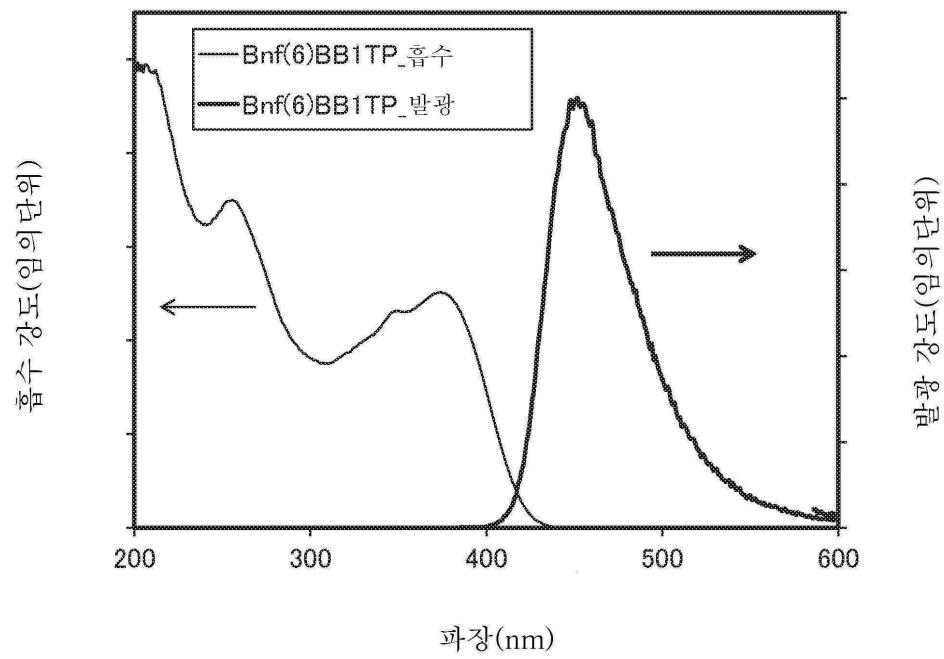
(B)



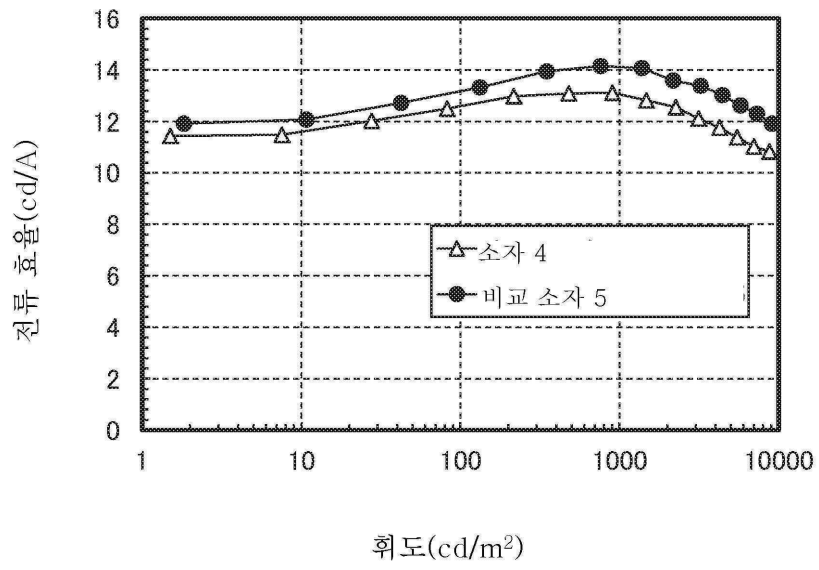
도면30



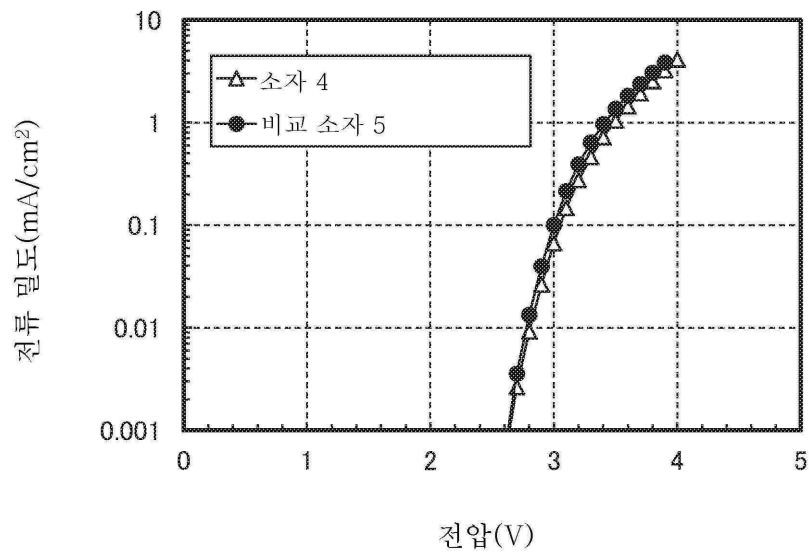
도면31



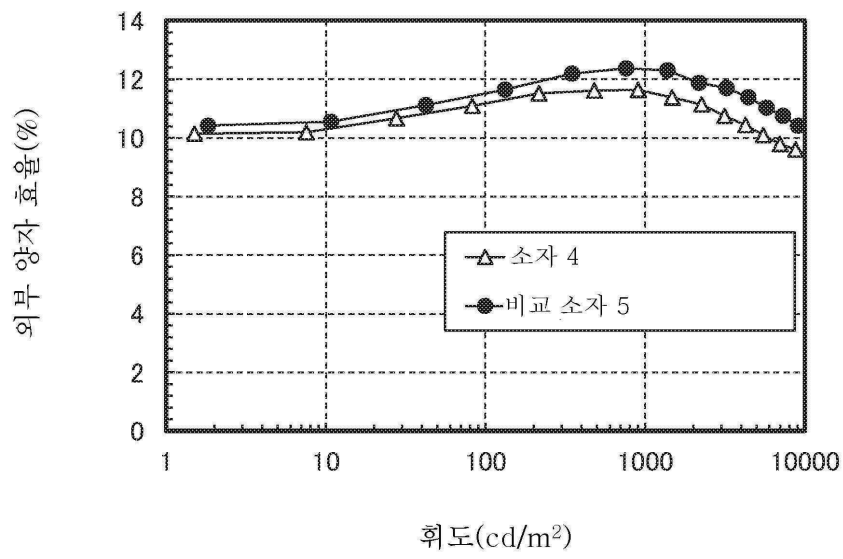
도면32



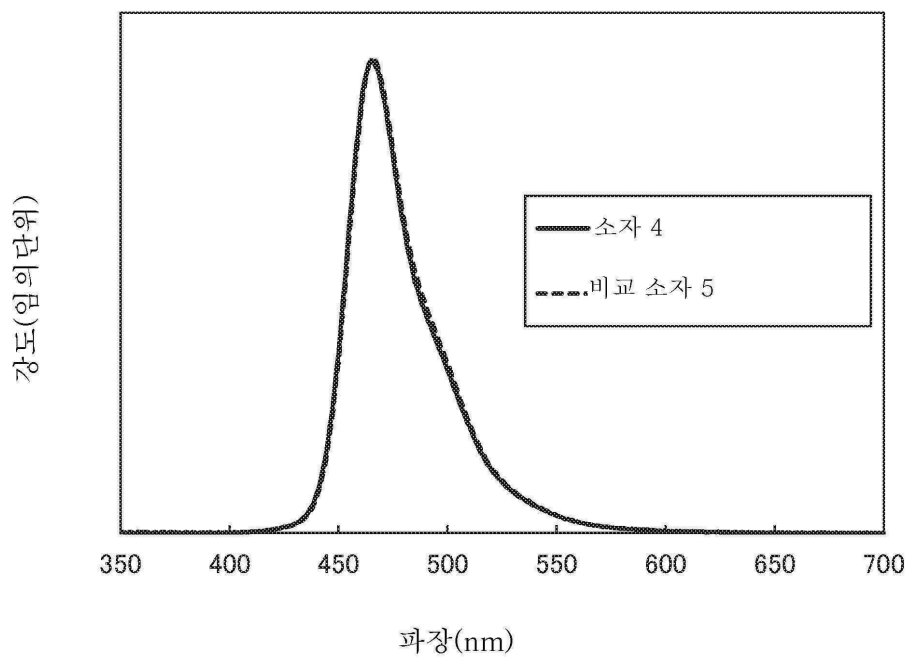
도면33



도면34



도면35



도면36

