



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년12월26일

(11) 등록번호 10-2616441

(24) 등록일자 2023년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 491/048 (2006.01) C07D 209/82 (2006.01)
C07D 495/04 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
H10K 50/00 (2023.01) H10K 99/00 (2023.01)

(52) CPC특허분류
C07D 491/048 (2013.01)
C07D 209/82 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0171870

(22) 출원일자 2017년12월14일

심사청구일자 2020년12월09일

(65) 공개번호 10-2018-0074582

(43) 공개일자 2018년07월03일

(30) 우선권주장
JP-P-2016-250190 2016년12월23일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150009462 A*

KR1020150133998 A*

WO2013102992 A1*

KR1020180048758 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자

구리하라 미키

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

요시즈미 히데코

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 최정예

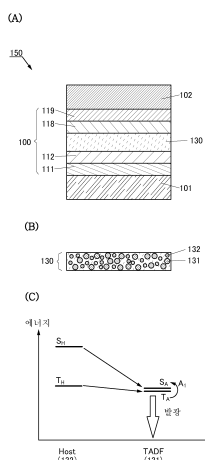
(54) 발명의 명칭 유기 화합물, 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

본 발명은 신규 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 또한 발광 효율, 소자 수명이 양호한 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다.

바이카바졸 골격과 하나 또는 2개의 축합 고리를 적어도 갖는 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격을 갖는 신규 유기 화합물을 제공한다. 또한 상기 유기 화합물을 갖는 발광 소자를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C07D 495/04 (2013.01)

C09K 11/06 (2022.01)

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 85/657 (2023.02)

H10K 85/6572 (2023.02)

(72) 발명자

기도 히로미츠

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

다카하시 다츠요시

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

세오 사토시

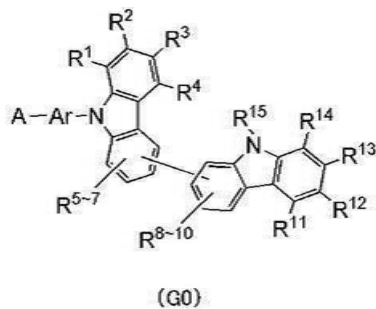
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

명세서

청구범위

청구항 1

일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물에 있어서,



A는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 포함하는 치환된 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격을 나타내고, 상기 축합 고리는 축합 헤테로 고리 화합물을 포함하고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, 상기 Ar은 상기 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에 결합되는, 유기 화합물.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 축합 고리에서 탄소수가 10 내지 20인, 유기 화합물.

청구항 4

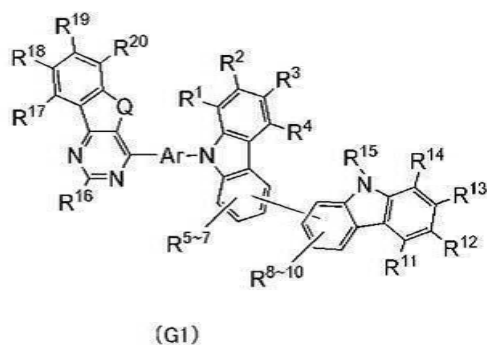
제 1 항에 있어서,

상기 축합 고리는 카바졸 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하는, 유기 화합물.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 일반식(G1)으로 나타내어지는, 유기 화합물:

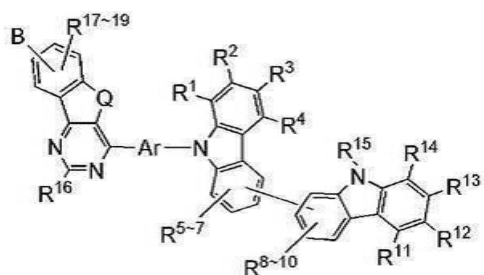


상기 일반식(G1)에 있어서,

Q는 산소를 나타내고, R^{16} 내지 R^{20} 중 어느 하나는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타내고, 이 외는 수소, 치환 또는 비치환의 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, 상기 축합 고리는 축합 헥테로 고리 화합물을 포함한다.

청구항 6

일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 화합물에 있어서,



(G2)

Q는 산소를 나타내고, R^1 내지 R^{19} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타내고, 상기 축합 고리는 축합 헥테로 고리 화합물을 포함하는, 유기 화합물.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 축합 고리에서 탄소수가 10 내지 20인, 유기 화합물.

청구항 8

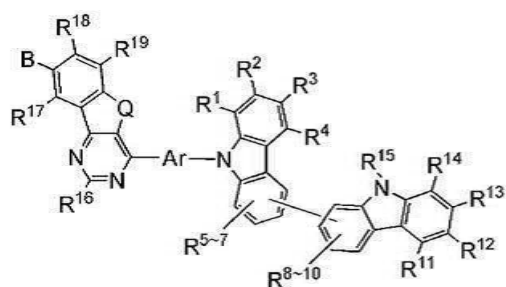
제 6 항에 있어서,

상기 축합 고리는 카바졸 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하는, 유기 화합물.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 일반식(G3)으로 나타내어지는, 유기 화합물.

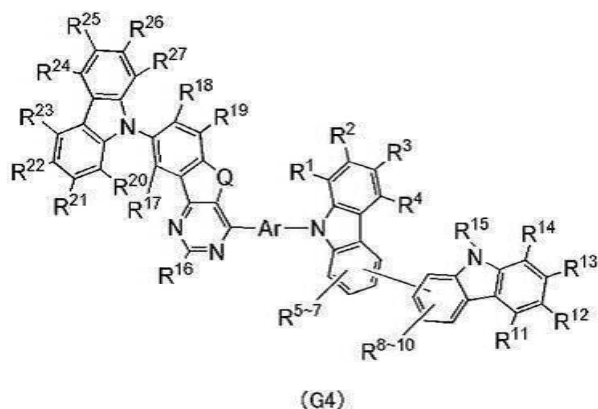


(G3)

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 일반식(G4)으로 나타내어지는, 유기 화합물:



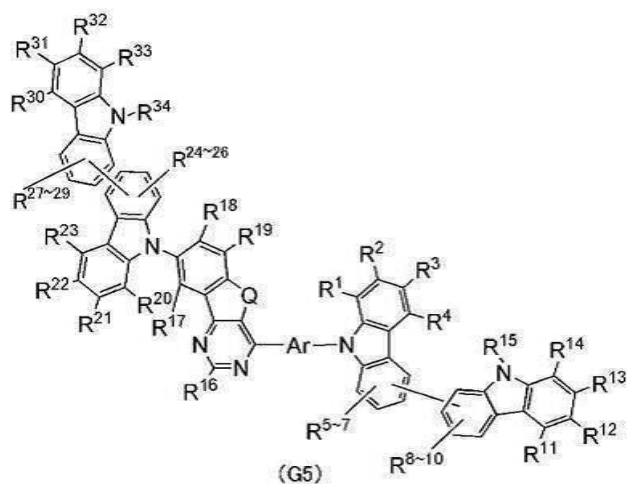
상기 일반식(G4)에 있어서,

R^{20} 내지 R^{27} 은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타낸다.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 일반식(G5)으로 나타내어지는, 유기 화합물:



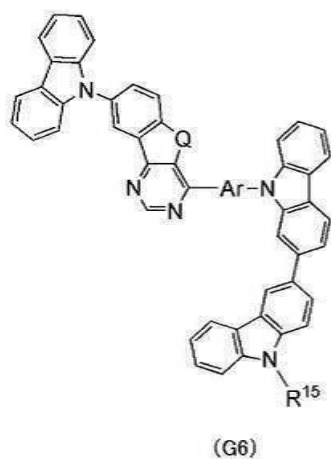
상기 일반식(G5)에 있어서,

R^{20} 내지 R^{34} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타낸다.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

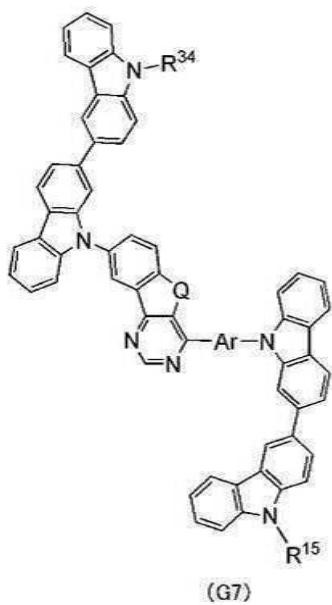
상기 유기 화합물은 일반식(G6)으로 나타내어지는, 유기 화합물.



청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 유기 화합물은 일반식(G7)으로 나타내어지는, 유기 화합물.

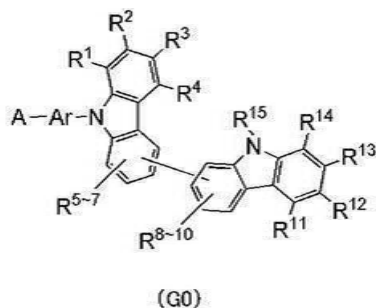


청구항 14

발광 소자로서,

한 쌍의 전극; 및

상기 한 쌍의 전극 사이에 제공되고, 일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물을 포함하는 층을 포함하고,



A는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 포함하는 치환된 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격을 나타내고, 상기 축합 고리는 축합 헤테로 고리 화합물을 포함하고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, 상기 Ar은 상기 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에 결합되는, 발광 소자.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 축합 고리에서 탄소수가 10 내지 20인, 발광 소자.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 축합 고리는 카바졸 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 및 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하는, 발광 소자.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

지연 형광을 포함하는 성분을 포함하는 광을 발하는, 발광 소자.

청구항 19

제 14 항에 있어서,

인광 재료를 더 포함하는, 발광 소자.

청구항 20

발광 장치로서,

제 14 항에 따른 발광 소자를 포함하는 발광부; 및

기판을 포함하는, 발광 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명의 일 형태는 신규 유기 화합물에 관한 것이다. 또는 바이카바졸 골격과 축합 고리를 갖는 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 화합물 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 화합물에 관한 것이다. 또는 상기 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. 또는 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, 및 이들의 제작 방법에 관한 것이다. 또한 본 발명의 일 형태는 바이카바졸 골격과 축합 고리를 갖는 벤조퓨로피리미딘 화합물 또는 벤조티에노피리미딘 화합물의 신규 합성 방법에 관한 것이다. 그러므로 본 명세서에서 기재하는 본 발명의 일 형태로서 더 구체적으로는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치의 제작 방법을 일례로서 들 수 있다.

배경 기술

[0003] 유기 화합물을 사용한 일렉트로루미네선스(EL: Electroluminescence)를 이용하는 발광 소자(유기 EL 소자)의 실용화가 진행되고 있다. 이들 발광 소자의 기본적인 구성은 발광 재료를 포함하는 유기 화합물층(EL층)을 한 쌍의 전극 사이에 끼운 것이다. 이 소자에 전압을 인가하여 캐리어를 주입하고, 상기 캐리어의 재결합 에너지를 이용함으로써 발광 재료로부터의 발광을 얻을 수 있다.

[0004] 이와 같은 발광 소자는 자발광형이므로 디스플레이의 화소로서 사용하면 시인성이 높고 백라이트가 필요 없다는 등의 장점이 있어, 플랫 패널 디스플레이 소자로서 적합하다. 또한 이와 같은 발광 소자를 사용한 디스플레이는 얇고 가볍게 제작할 수 있다는 것도 큰 장점이다. 또한 응답 속도가 매우 빠르다는 것도 특징 중 하나이다.

[0005] 또한 이들 발광 소자는 발광층을 이차원으로 연속하여 형성할 수 있으므로 면발광을 얻을 수 있다. 이것은 백열 전구나 LED로 대표되는 점광원, 또는 형광등으로 대표되는 선 광원으로는 얻기 어려운 특색이다. 또한 유기 화합물로부터의 발광은 재료 선택에 따라 자외광을 포함하지 않는 발광으로 할 수 있으므로 조명 등에 응용할 수 있는 면광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0006] 이와 같이 유기 EL 소자를 사용한 디스플레이나 조명 장치는 다양한 전자 기기에 적합하므로 효율이나 소자 수명이 더 양호한 발광 소자를 위하여 연구 개발이 진행되고 있다. 특히, EL층에 주로 사용되는 유기 화합물은 발광 소자의 소자 특성의 향상에 크게 영향을 주기 때문에 다양한 신규 유기 화합물의 개발이 수행되고 있다.

[0007] 유기 화합물을 사용한 발광 소자의 경우, 그 소자 수명이나 특성에 영향을 미치는 요소로서 다양한 요소를 들 수 있지만 호스트 재료나 전자 수송성 재료의 특성이 큰 영향을 미치는 경우가 있다.

[0008] 호스트 재료에는 다양한 골격의 물질이 사용되지만 그 중에서도 바이카바졸 화합물은 높은 삼중항 들뜬 준위(T1 준위)를 가지므로 다양한 바이카바졸 화합물이 보고되고 있다. 다만, 바이카바졸 화합물을 사용한 발광 소자는 효율이나 내구성을 비롯하여 다양한 특성에 대한 고도한 요구에 대응하기에는 아직 불충분하다고 할 수 있다(예를 들어 특허문헌 1 및 특허문헌 2 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2014-209611호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 특표2013-536196호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 일 형태는 신규 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 특히, 신규 헤테로 방향 고리 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 또는 본 발명의 일 형태는 신규 전자 수송성을 갖는 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 또는 수명이 양호한 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또는 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또는 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0011] 또는 본 발명의 다른 일 형태는 신뢰성이 높은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 각각 제공하는 것을 과제로 한다. 또는 본 발명의 다른 일 형태는 소비전력이 작은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 각각 제공하

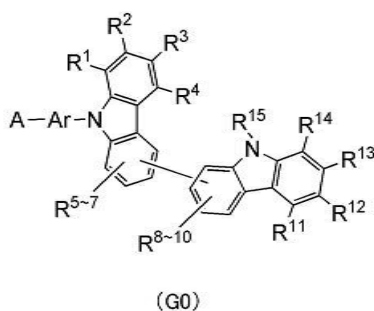
는 것을 과제로 한다.

[0012] 또한 이들 과제의 기재는 다른 과제의 존재를 방해하는 것은 아니다. 또한 본 발명의 일 형태는 반드시 이들 과제 모두를 해결할 필요는 없다. 또한 이들 이외의 과제는 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 저절로 명백해지는 것이며, 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 이들 이외의 과제를 추출할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 형태는 아래의 일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0014] [화학적식 1]



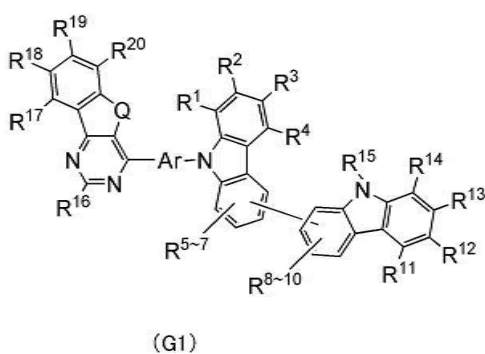
[0015]

[0016] 일반식(G0)에서 A는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격, 또는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0017] 상술한 구성에서 Ar은 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에 결합되어 있는 것이 바람직하다.

[0018] 또한 본 발명의 일 형태는 아래의 일반식(G1)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0019] [화학적식 2]

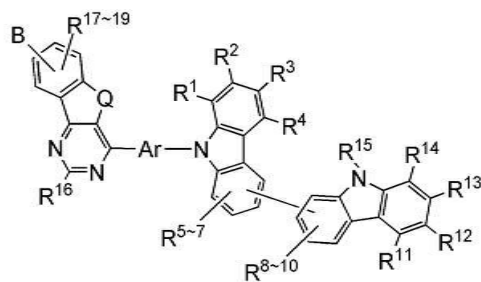


[0020]

[0021] 일반식(G1)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, R¹⁶ 내지 R²⁰ 중 어느 하나는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타내고, 이 외는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0022] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 아래의 일반식(G2)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0023] [화학식 3]



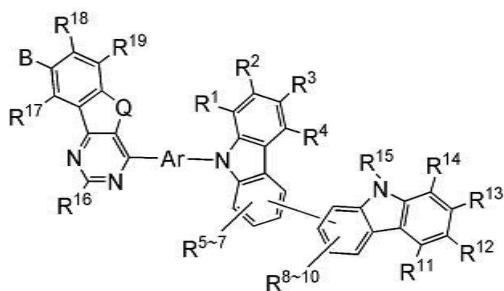
(G2)

[0024]

[0025] 일반식(G2)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁹는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0026] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 아래의 일반식(G3)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0027] [화학식 4]



(G3)

[0028]

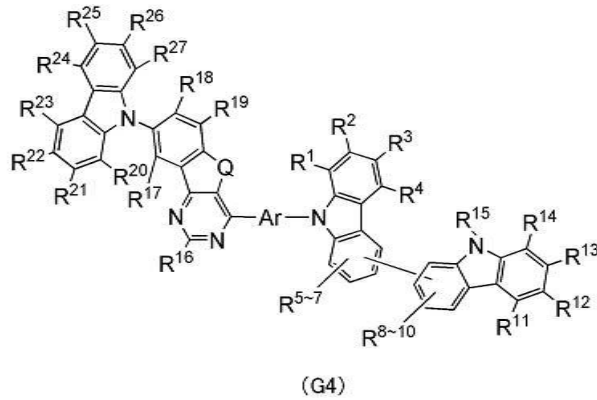
[0029] 일반식(G3)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁹는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0030] 상술한 구성에서 축합 고리를 형성하는 탄소수가 10 내지 20인 것이 바람직하다.

[0031] 상술한 구성에서 축합 고리가 카바졸 골격, 벤조싸이오펜 골격, 및 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하는 것이 바람직하다.

[0032] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 아래의 일반식(G4)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0033] [화학식 5]

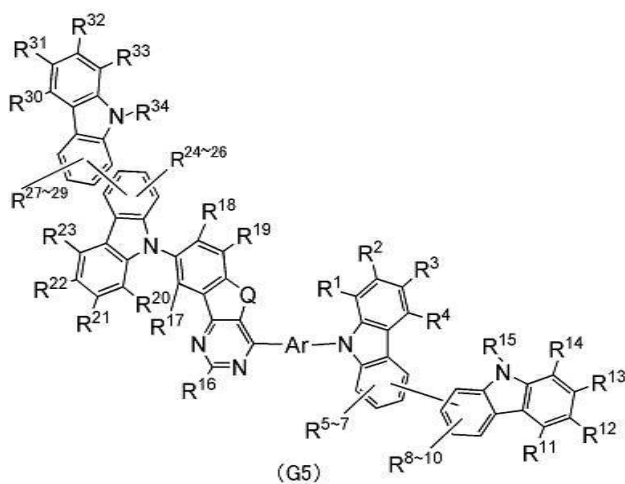


[0034]

[0035] 일반식(G4)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R²⁷은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0036] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 아래의 일반식(G5)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0037] [화학식 6]

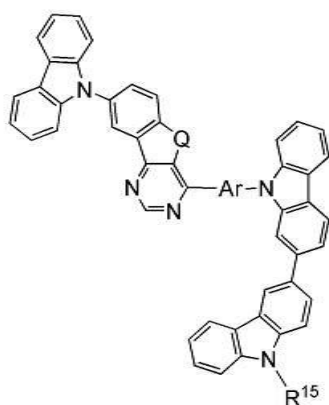


[0038]

[0039] 일반식(G5)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R³⁴은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0040] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 아래의 일반식(G6)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0041] [화학식 7]



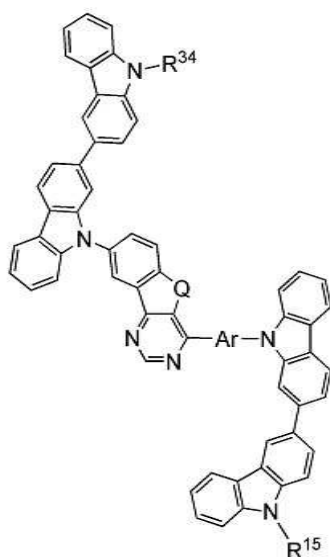
(G6)

[0042]

[0043] 일반식(G6)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0044] 또한 본 발명의 일 형태는 아래의 일반식(G7)으로 나타내어지는 유기 화합물이다.

[0045] [화학식 8]



(G7)

[0046]

[0047] 일반식(G7)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹⁵ 및 R³⁴는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0048] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 각 구성에 기재된 유기 화합물을 포함하는 발광 소자이다.

[0049] 또한 상술한 각 구성에서의 발광 소자는 양극과 음극 사이에 EL층을 갖는다. 또한 EL층은 발광층, 정공수송층, 정공주입층, 전자수송층, 및 전자주입층 중 적어도 어느 것을 갖는다. 또한 EL층은 다른 기능층을 포함하여도 좋다.

[0050] 또한 상술한 구성에서 발광층이 발광 재료를 포함하는 것이 바람직하다.

[0051] 또한 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 각 구성의 발광 소자와, 컬러 필터 및 트랜지스터 중 적어도 하나를 갖는 표시 장치이다. 또한 본 발명의 다른 일 형태는 상기 표시 장치와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나를

갖는 전자 기기이다. 또한 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 각 구성의 발광 소자와, 하우징 및 터치 센서 중 적어도 하나를 갖는 조명 장치이다. 또한 본 발명의 일 형태는 발광 소자를 갖는 발광 장치뿐만 아니라, 발광 장치를 갖는 전자 기기도 그 범주에 포함된다. 따라서, 본 명세서 중의 발광 장치란 화상 표시 디바이스, 또는 광원(조명 장치를 포함함)을 가리킨다. 또한 발광 소자에 커넥터, 예를 들어 FPC(Flexible Printed Circuit), TCP(Tape Carrier Package)가 장착된 표시 모듈, TCP의 끝에 프린트 배선판이 제공된 표시 모듈, 또는 발광 소자에 COG(Chip On Glass)방식에 의하여 IC(집적 회로)가 직접 실장된 표시 모듈도 본 발명의 일 형태이다.

발명의 효과

[0052] 본 발명의 일 형태에 의하여 신규 유기 화합물을 제공할 수 있다. 특히, 신규 헥테로 방향 고리 화합물을 제공할 수 있다. 또는 본 발명의 일 형태는 신규 전자 수송성을 갖는 유기 화합물을 제공할 수 있다. 또는 수명이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는 신뢰성이 높은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 각각 제공할 수 있다. 또는 소비전력이 작은 발광 소자, 발광 장치, 및 전자 기기를 각각 제공할 수 있다.

[0053] 또한 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하는 것은 아니다. 또한 본 발명의 일 형태는 반드시 이들 효과 모두를 가질 필요는 없다. 또한 상술한 것 이외의 효과는 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 저절로 명백해지는 것이며, 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 상술한 것 외의 효과를 추출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0054] 도 1은 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도 및 발광층에 따른 에너지 준위의 상관을 설명하기 위한 모식도.

도 2는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도 및 발광층에 따른 에너지 준위의 상관을 설명하기 위한 모식도.

도 3은 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 단면 모식도 및 발광층에 따른 에너지 준위의 상관을 설명하기 위한 모식도.

도 4는 본 발명의 일 형태에 따른 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 5는 본 발명의 일 형태에 따른 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 6은 본 발명의 일 형태에 따른 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 7은 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기의 개략도.

도 8은 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기의 개략도.

도 9는 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시한 도면.

도 10은 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도시한 도면.

도 11은 실시예에 따른 화합물의 NMR 차트를 설명하기 위한 도면.

도 12는 실시예에 따른 화합물의 MS 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.

도 13은 실시예에 따른 화합물의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.

도 14는 실시예에 따른 화합물의 NMR 차트를 설명하기 위한 도면.

도 15는 실시예에 따른 화합물의 MS 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.

도 16은 실시예에 따른 화합물의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.

도 17은 실시예에 따른 발광 소자의 전류-휘도 특성을 설명하기 위한 도면.

도 18은 실시예에 따른 발광 소자의 휘도-전압 특성을 설명하기 위한 도면.

도 19는 실시예에 따른 발광 외부 양자 효율-휘도 특성을 설명하기 위한 도면.

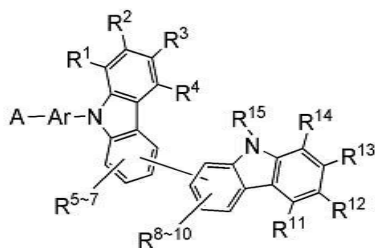
도 20은 실시예에 따른 발광 소자의 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.

- 도 21은 실시예에 따른 발광 소자의 신뢰성 시험을 설명하기 위한 도면.
- 도 22는 실시예에 따른 화합물의 NMR 차트를 설명하기 위한 도면.
- 도 23은 실시예에 따른 화합물의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.
- 도 24는 실시예에 따른 화합물의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.
- 도 25는 실시예에 따른 발광 소자의 전류 효율-휘도 특성을 설명하기 위한 도면.
- 도 26은 실시예에 따른 발광 소자의 전류 밀도-전압 특성을 설명하기 위한 도면.
- 도 27은 실시예에 따른 발광 소자의 외부 양자 효율-휘도 특성을 설명하기 위한 도면.
- 도 28은 실시예에 따른 발광 소자의 발광 스펙트럼을 설명하기 위한 도면.
- 도 29는 실시예에 따른 발광 소자의 신뢰성 시험을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다. 다만, 본 발명은 많은 다른 형태로 실시될 수 있으며, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있다는 것은 통상의 기술자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 실시형태의 기재 내용에 한정되어 해석되는 것은 아니다.
- [0056] 또한 본 명세서에서 설명하는 각 도면에 도시된 양극, EL층, 중간층, 음극 등의 크기나 두께 등은 각각 설명의 명료화를 위하여 과장되어 있는 경우가 있다. 따라서, 각 구성 요소는 반드시 그 크기에 한정되는 것은 아니고, 또한 각 구성 요소들 사이에서의 상대적인 크기에 한정되지 않는다.
- [0057] 또한 본 명세서 등에서 제 1, 제 2, 제 3 등의 서수사는 편의상 사용하는 것이며, 공정 순서나 상하 위치 관계 등을 나타내는 것이 아니다. 따라서, 예를 들어 "제 1"을 "제 2" 또는 "제 3" 등으로 적절히 바뀌어서 설명할 수 있다. 또한 본 명세서 등에 기재되어 있는 서수사와 본 발명의 일 형태를 특정하기 위하여 사용되는 서수사는 일치되지 않는 경우가 있다.
- [0058] 또한 본 명세서 등에서 설명하는 본 발명의 구성에서 동일 부분 또는 같은 기능을 갖는 부분에는 동일한 부호를 다른 도면 간에서 공통적으로 사용하고, 그 반복 설명은 생략한다. 또한 같은 기능을 갖는 부분을 가리키는 경우에는 해치 패턴을 같게 하여, 특별히 부호를 붙이지 않는 경우가 있다.
- [0059] 또한 본 명세서에서 색이란, 색상(단색광의 파장에 상당함), 채도(선명한 정도, 즉 백색을 띠지 않는 정도), 및 명도(밝기, 즉 빛의 강도)의 3요소로 규정된 것이다. 또한 본 명세서에서 색이란, 상기 3요소 중 어느 하나의 요소만, 또는 임의로 선택한 2개의 요소만을 의미하여도 좋다. 또한 본 명세서에서 2개의 광의 색이 다르다란, 상술한 3요소 중 적어도 어느 하나가 다른 것을 말하며, 또한 2개의 광의 스펙트럼의 형상 또는 각 피크의 상대 강도비의 분포가 다른 것을 포함한다.
- [0060] 또한 본 명세서에서 "막"이라는 말과 "층"이라는 말은 경우 또는 상황에 따라 서로 바꿀 수 있다. 예를 들어 "도전층"이라는 용어를 "도전막"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다. 또는 예를 들어 "절연막"이라는 용어를 "절연층"이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다.
- [0061] 또한 본 명세서에서 축합 고리란, 2개 이상의 탄소 고리 화합물끼리 서로 2개 이상의 원자를 공유하여 결합된 유기 화합물, 2개 이상의 헤테로 고리 화합물끼리 서로 2개 이상의 원자를 공유하여 결합된 유기 화합물, 또는 2개 이상의 탄소 고리 화합물과 헤테로 고리 화합물이 서로 2개 이상의 원자를 공유하여 결합된 유기 화합물을 가리킨다.
- [0062] (실시형태 1)
- [0063] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물에 대하여 아래에서 설명한다.
- [0064] 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G0)으로 나타내어진다.

[0065] [화학식 9]



(G0)

[0066]

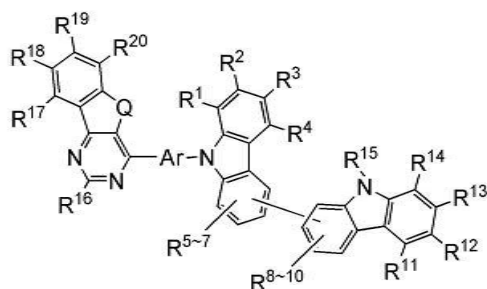
[0067] 일반식(G0)에서 A는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격, 또는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0068] 이 경우, 일반식(G0)에서의 Ar은 상기 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 상기 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에 결합하는 것이 바람직하다.

[0069] 바이카바졸 골격이 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에서 직접 또는 아릴렌기를 통하여 결합하는 구조는, 전기 화학적인 안정성이 높고, 캐리어 수송성이 높고, 신뢰성이 높고, 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있어 바람직하다. 또한 상기 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격이 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 가짐으로써, 전기 화학적인 안정성 향상 및 막질의 개선에 효과적이므로 발광 소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0070] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G1)으로 나타내어진다.

[0071] [화학식 10]



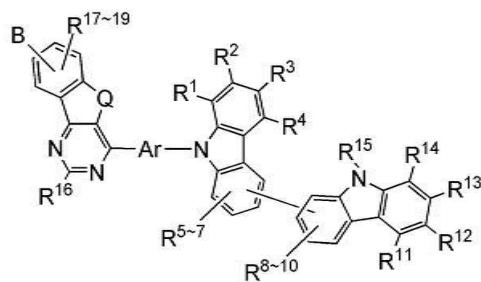
(G1)

[0072]

[0073] 일반식(G1)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, R¹⁶ 내지 R²⁰ 중 어느 하나는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타내고, 이 외에는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0074] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G2)으로 나타내어진다.

[0075] [화학식 11]



(G2)

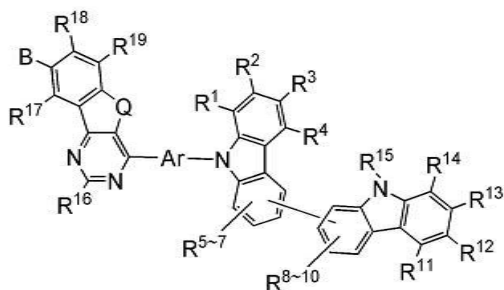
[0076]

[0077] 일반식(G2)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁹는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타낸다.

[0078] 일반식(G1) 및 일반식(G2)에서 나타낸 바와 같이 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 6위 내지 9위에 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 갖는 구조는 전기 화학적인 안정성 향상 및 막질의 개선에 특히 효과적이므로 발광 소자의 신뢰성을 비약적으로 향상시킬 수 있다.

[0079] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G3)으로 나타내어진다. 일반식(G3)으로 나타낸 바와 같이 상술한 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기는 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 8위에 결합하는 것이 바람직하다. 이와 같은 구조는 전기 화학적인 안정성 및 막질이 우수한 뿐만 아니라 높은 T1 준위를 발현할 수 있다.

[0080] [화학식 12]



(G3)

[0081]

[0082] 일반식(G3)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R¹⁹는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타내고, B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 나타낸다.

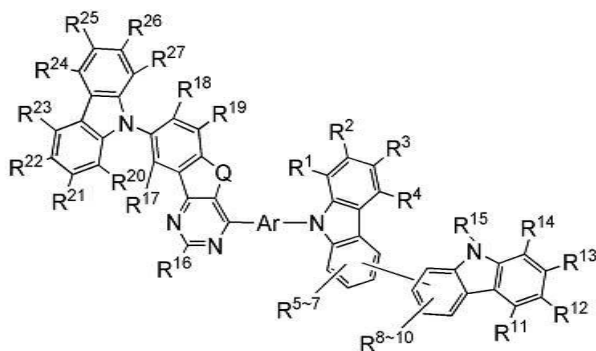
[0083] 상술한 구성에서 상기 축합 고리가 지나치게 작으면 효과가 작고, 지나치게 크면 승화성이나 용해성을 저하시킨다. 따라서, 축합 고리를 형성하는 탄소수는 10 내지 20인 것이 바람직하다. 이와 같은 축합 고리로서는 나프탈렌 고리, 플루오렌 고리, 페난트렌 고리, 트라이페닐렌 고리와 같은 축합 방향 고리나, 카바졸 고리, 다이벤조퓨란 고리, 다이벤조싸이오펜 고리, 벤조나프토피란 고리, 벤조나프토히오펜 고리, 인돌로카바졸 고리, 벤조퓨로카바졸 고리, 벤조티에노카바졸 고리, 인데노카바졸 고리, 다이벤조카바졸 고리와 같은 축합 헤테로 방향 고리를 들 수 있다. 또한 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기(일반식(G2), (G3)에서의 B)는 이들의 축합 방향 고리나 축합 헤테로 방향 고리뿐만 아니라 벤젠 고리를 포함하여도 좋다. 즉, 치환 또는 비치환의 상기 축합 방향 고리, 치환 또는 비치환의 상기 축합 헤테로 방향 고리, 및 치환 또는 비치환의 벤젠 고리를 조합하여 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기(일반식(G2), (G3)에서의 B)를 구성하여도 좋다. 예를 들

어 상기 축합 헥테로 방향 고리가 페닐렌기나 바이페닐다이일기를 통하여 벤조퓨로피리미딘 골격이나 벤조티에노피리미딘 골격에 결합되어도 좋다.

[0084] 상술한 구성에서 축합 고리가 카바졸 골격, 다이벤조싸이오펜 골격, 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하면 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 전기 화학적인 안정성이 높고 캐리어 수송성도 높아 바람직하다. 또한 이들의 골격이라면 높은 T1 준위를 유지하기 쉬워진다.

[0085] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G4)으로 나타내어진다. 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 8위에 카바졸 골격을 갖는 치환기를 갖는 구조는, 특히 높은 T1 준위를 가지므로 바람직하다.

[0086] [화학식 13]



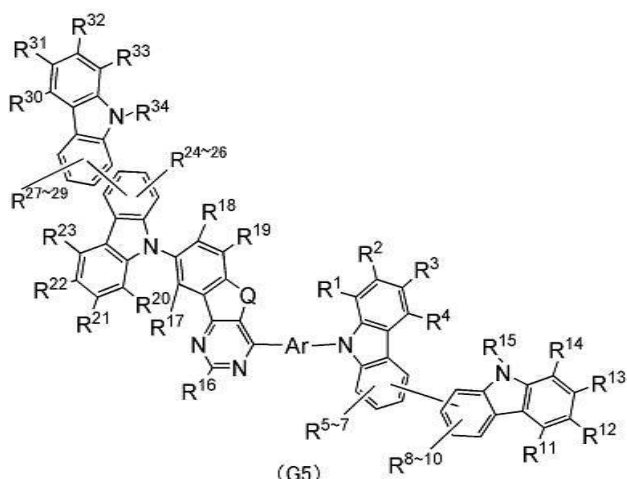
(G4)

[0087]

[0088] 일반식(G4)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R²⁷은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0089] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G5)으로 나타내어진다. 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 8위에 카바졸 골격을 갖는 치환기를 갖는 구조는, 특히 높은 T1 준위를 가지므로 바람직하다.

[0090] [화학식 14]



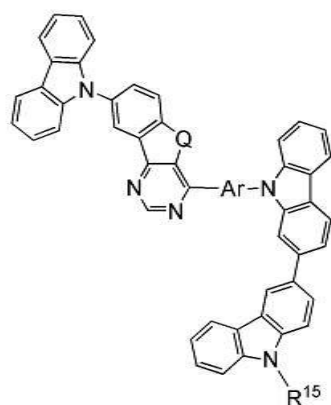
(G5)

[0091]

[0092] 일반식(G5)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹ 내지 R³⁴은 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0093] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G6)으로 나타내어진다. 바이카바졸 골격이 2,3'-바이-9H-카바졸 골격이라면 캐리어 수송성이 특히 높아 바람직하다.

[0094] [화학식 15]



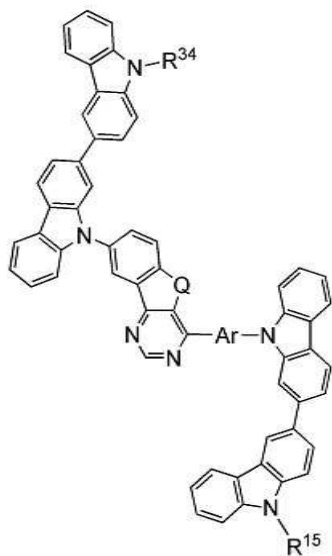
(G6)

[0095]

[0096] 일반식(G6)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹⁵는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0097] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 아래의 일반식(G7)으로 나타내어진다. 바이카바졸 골격이 2,3'-바이-9H-카바졸 골격이라면 캐리어 수송성이 특히 높아 바람직하다.

[0098] [화학식 16]



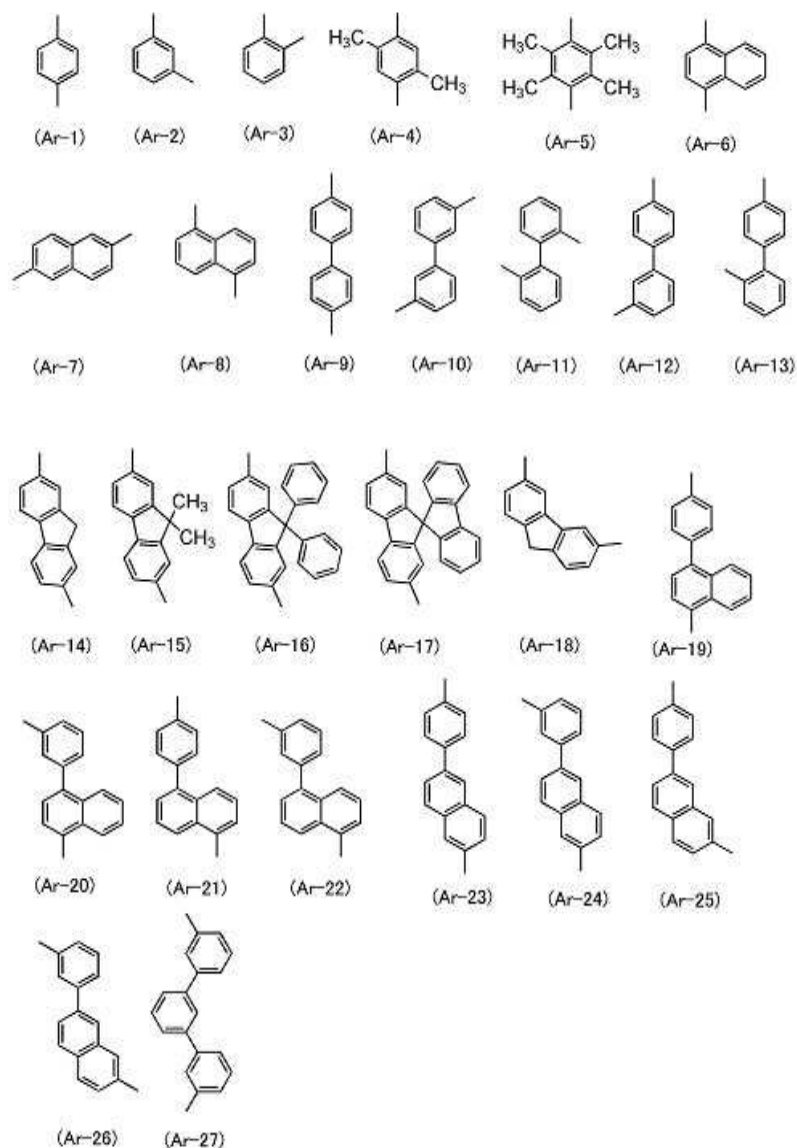
(G7)

[0099]

[0100] 일반식(G7)에서 Q는 산소 또는 황을 나타내고, R¹⁵ 및 R³⁴는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기 중 어느 것을 각각 독립적으로 나타내고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기, 또는 단결합을 나타낸다.

[0101] 또한 일반식(G0) 내지 일반식(G7)에서 Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기를 나타내었지만 상기 아릴렌기로서 예를 들어, 페닐렌기, 나프틸렌기, 바이페닐다이일기, 플루오렌다이일기, 스파이로플루오렌다이일기 등을 들 수 있다. 더 구체적으로 예를 들어, 아래의 구조식(Ar-1) 내지 구조식(Ar-27)으로 나타내어지는 기를 적용할 수 있다. 또한 Ar로 나타내어지는 기는 이들에 한정되지 않고, 치환기를 가져도 좋다.

[0102] [화학식 17]



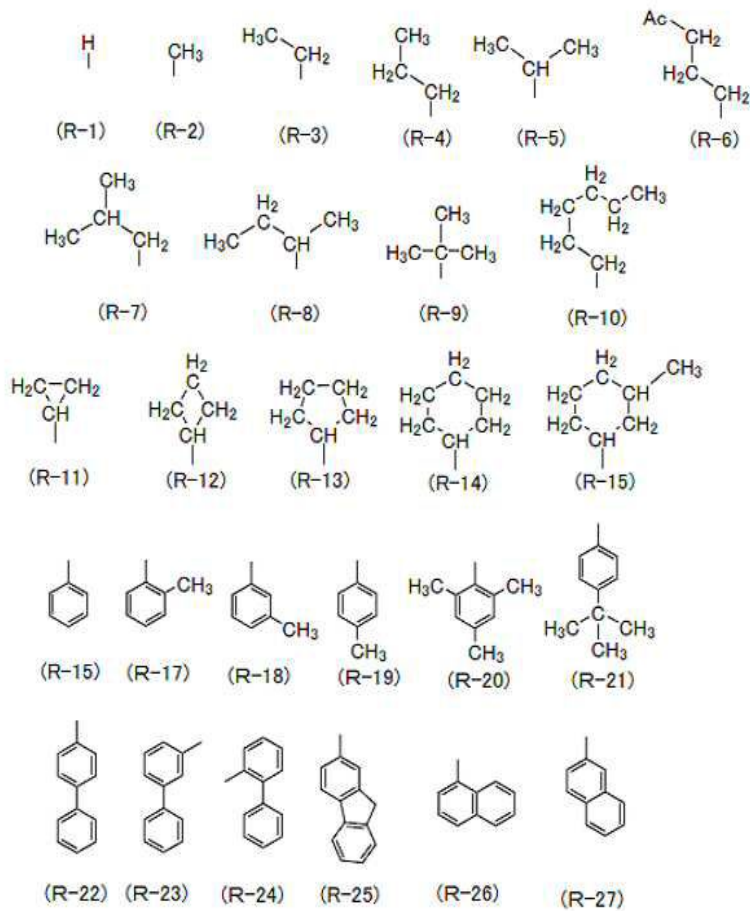
[0103]

[0104] 또한 일반식(G0) 내지 일반식(G7)에서 R^1 내지 R^{34} 는 수소, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 및 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 나타낸다. 상기 알킬기로서 예를 들어, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, 뷰틸기, 아이소뷰틸기, tert-뷰틸기, n-헥실기 등을 들 수 있고, 상기 사이클로알킬기로서 예를 들어, 사이클로프로필기, 사이클로뷰틸기, 사이클로펜틸기, 사이클로헥실기 등을 들 수 있고, 상기 아릴기로서 페닐기, 나프틸기, 바이페닐기, 플루오렌일기 등을 들 수 있다. 예를 들어, 아래의 구조식(R-1) 내지 구조식(R-27)으로 나타내어지는 기를 들 수 있다. 또한 R^1 내지 R^{34} 로 나타내어지는 기는 이들에 한정되지 않는다.

[0105]

또한 축합 고리가 치환기를 갖는 경우, 이 치환기로서 예를 들어, 탄소수 1 내지 6의 알킬기, 탄소수 3 내지 7의 사이클로알킬기, 탄소수 6 내지 13의 아릴기를 들 수 있다. 예를 들어, 아래의 구조식(R-1) 내지 구조식(R-27)으로 나타내어지는 기를 들 수 있지만 이들에 한정되지 않는다.

[0106] [화학식 18]

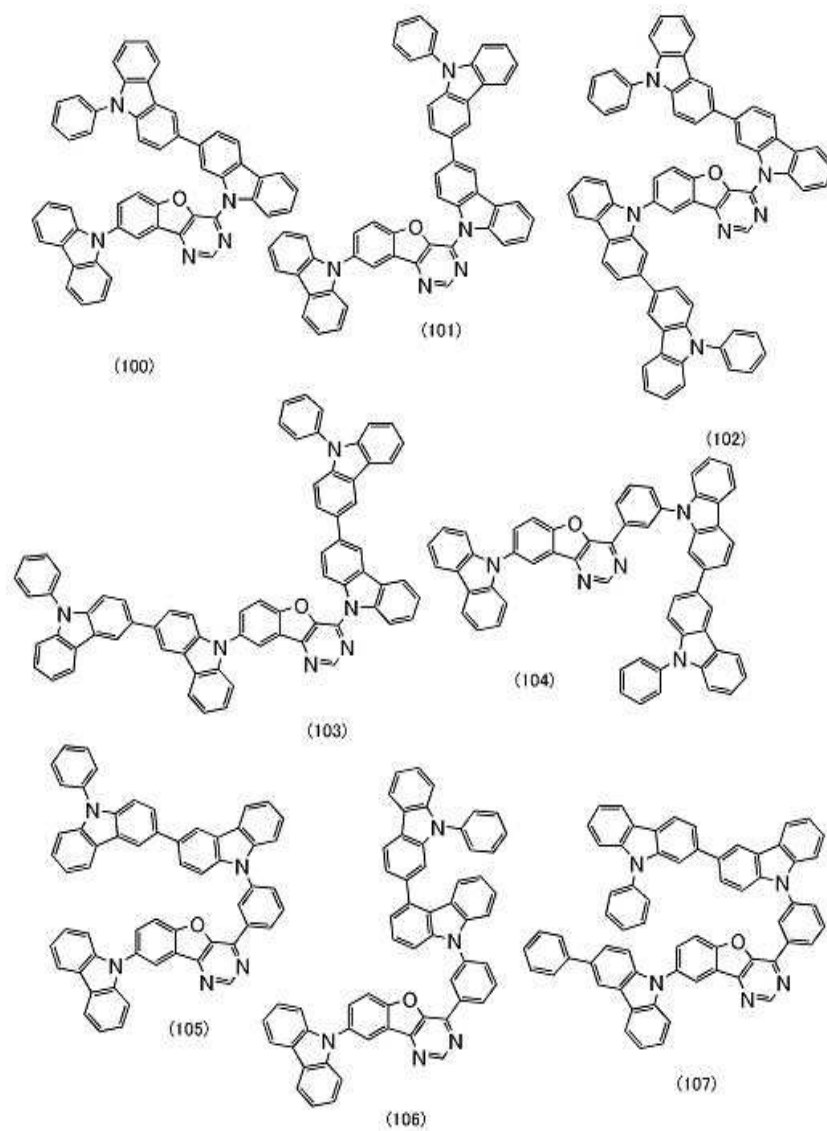


[0107]

[0108] <화학식의 구체적인 예>

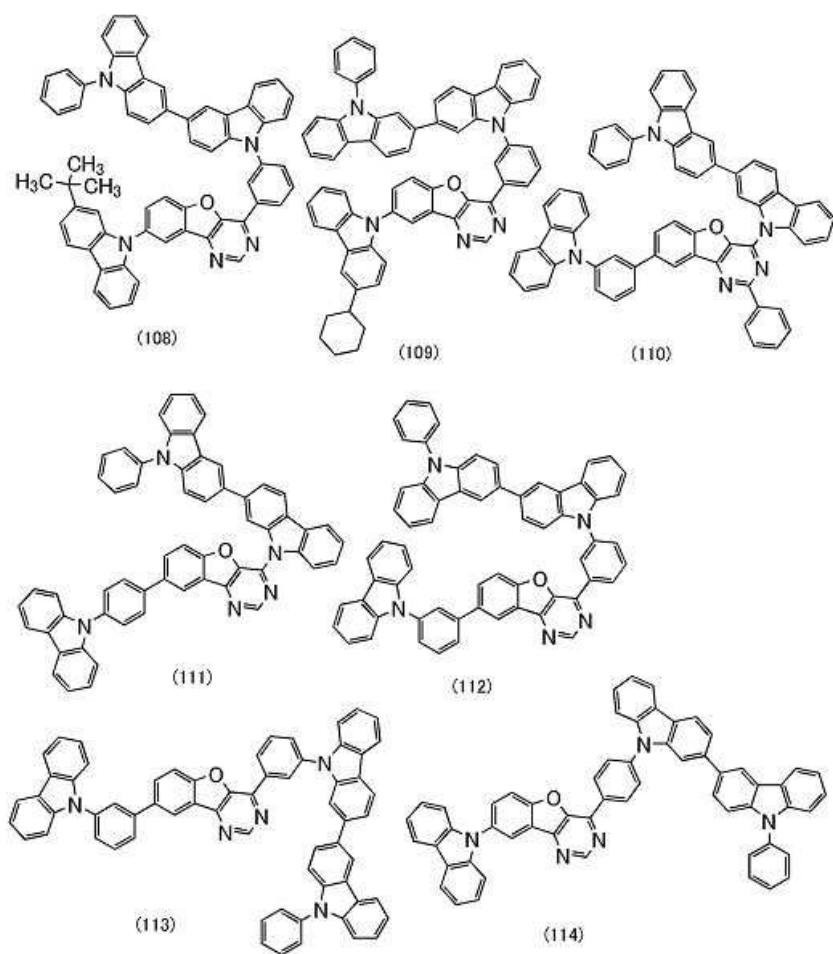
[0109] 일반식(G0) 내지 일반식(G7)으로서 나타내어지는 화합물의 구체적인 구조로서는, 아래의 구조식(101) 내지 구조식(152)으로 나타내어지는 화합물 등을 들 수 있다. 또한 일반식(G0) 내지 일반식(G7)으로서 나타내어지는 화합물은 아래의 예에 한정되지 않는다.

[0110] [화학식 19]



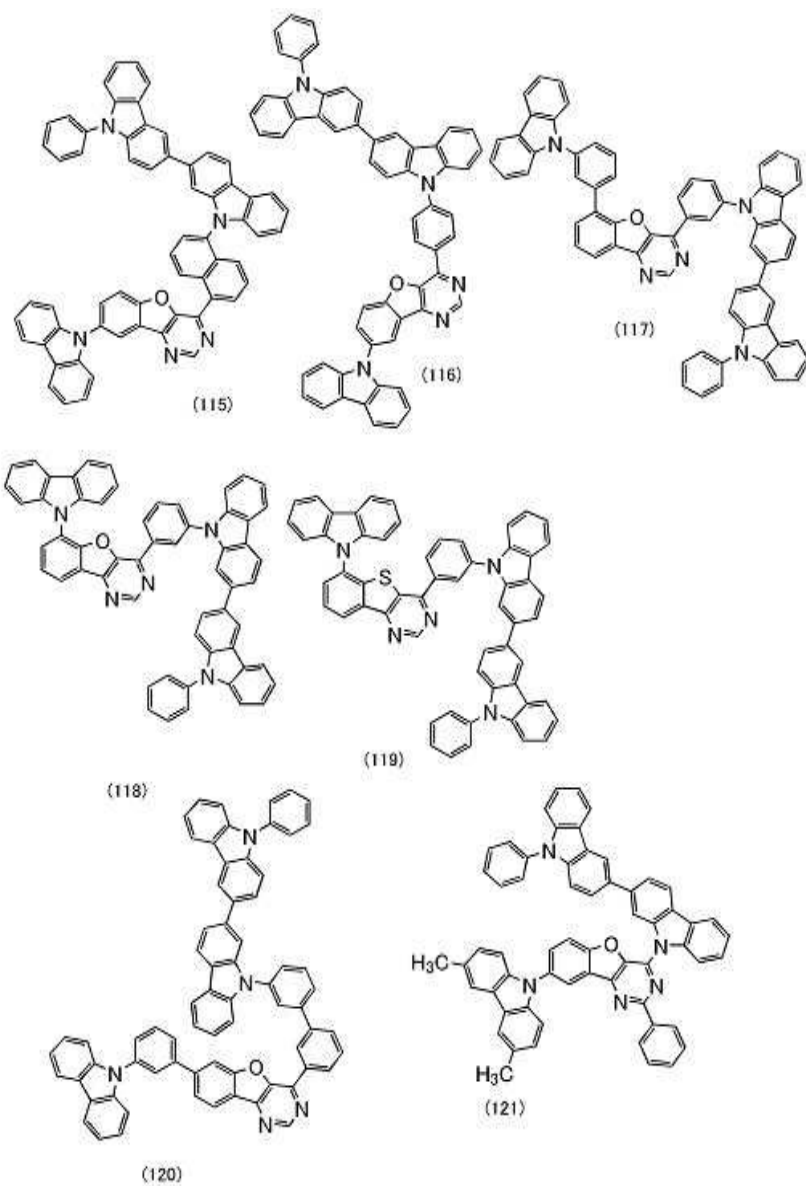
[0111]

[0112] [화학식 20]



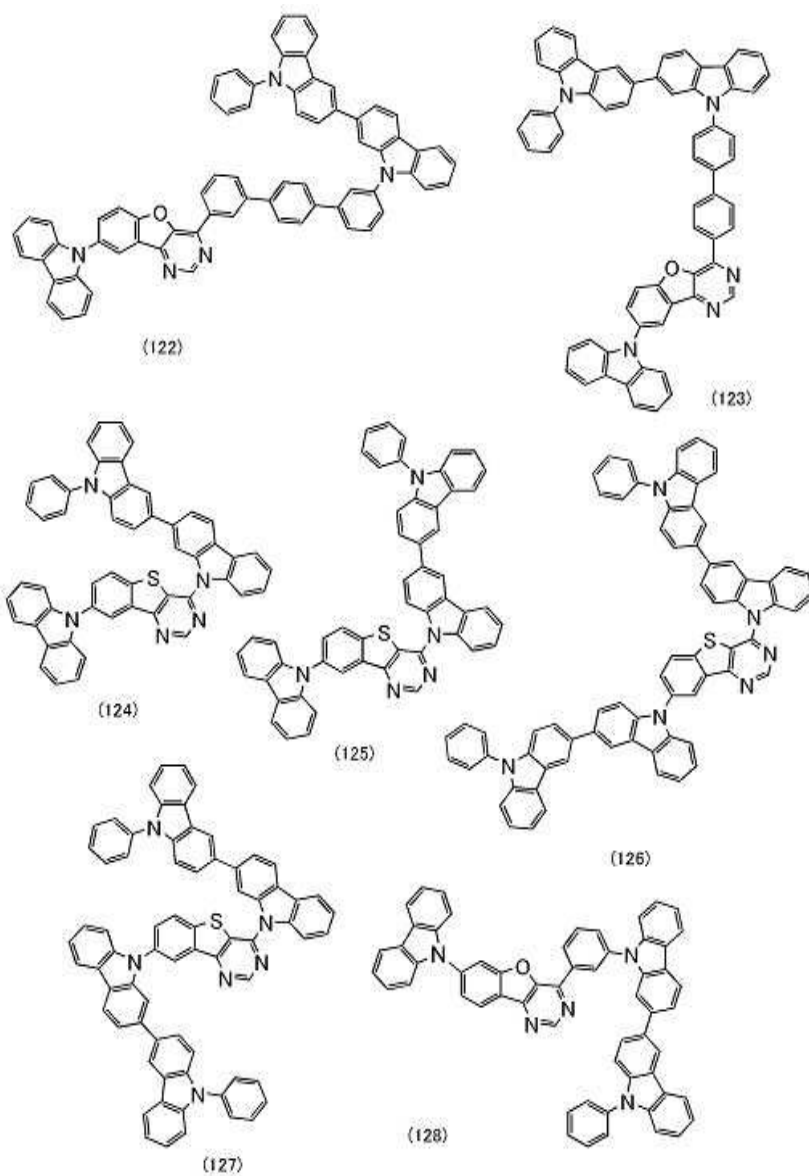
[0113]

[0114] [화학식 21]



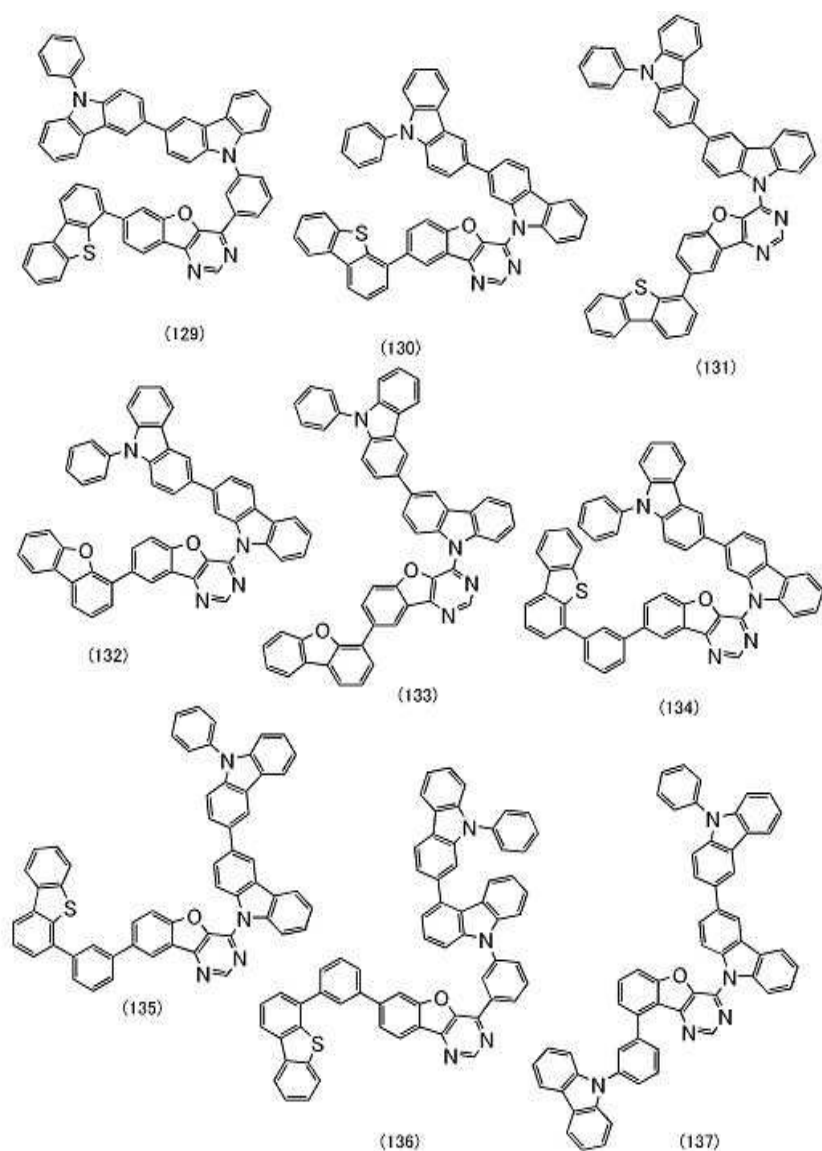
[0115]

[0116] [화학식 22]



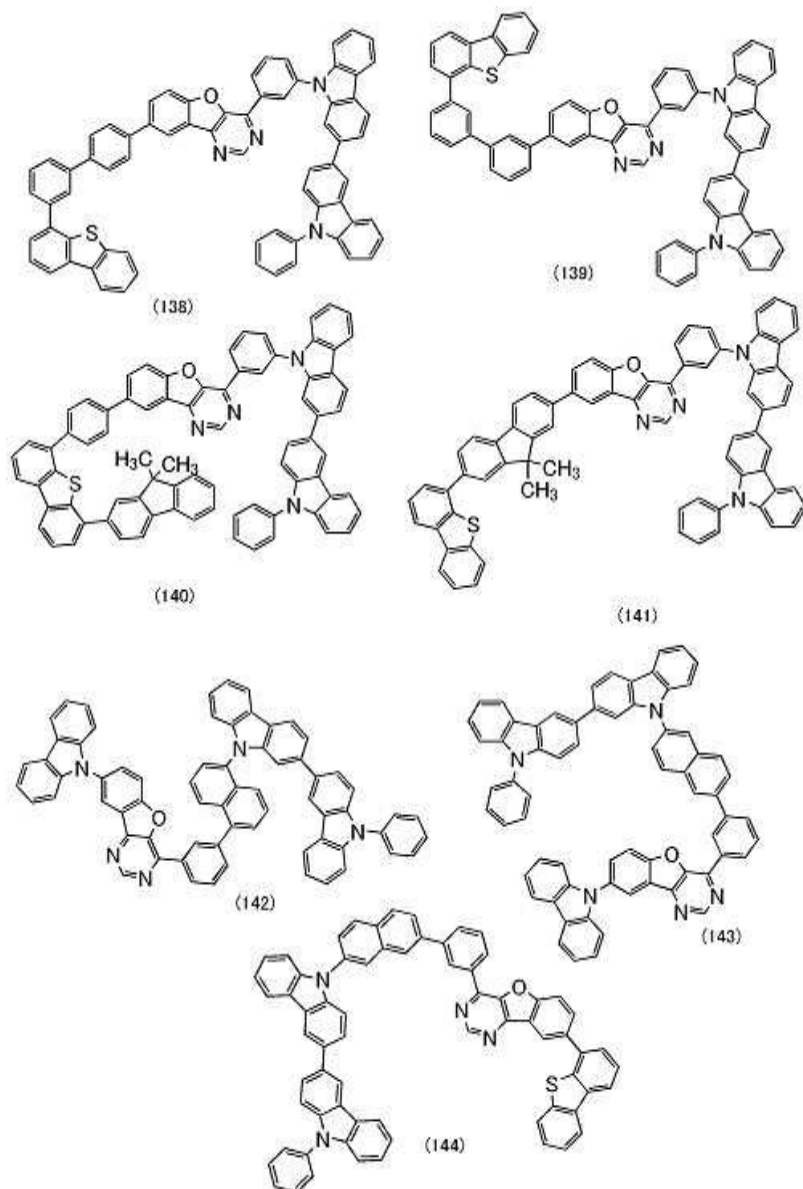
[0117]

[0118] [화학식 23]



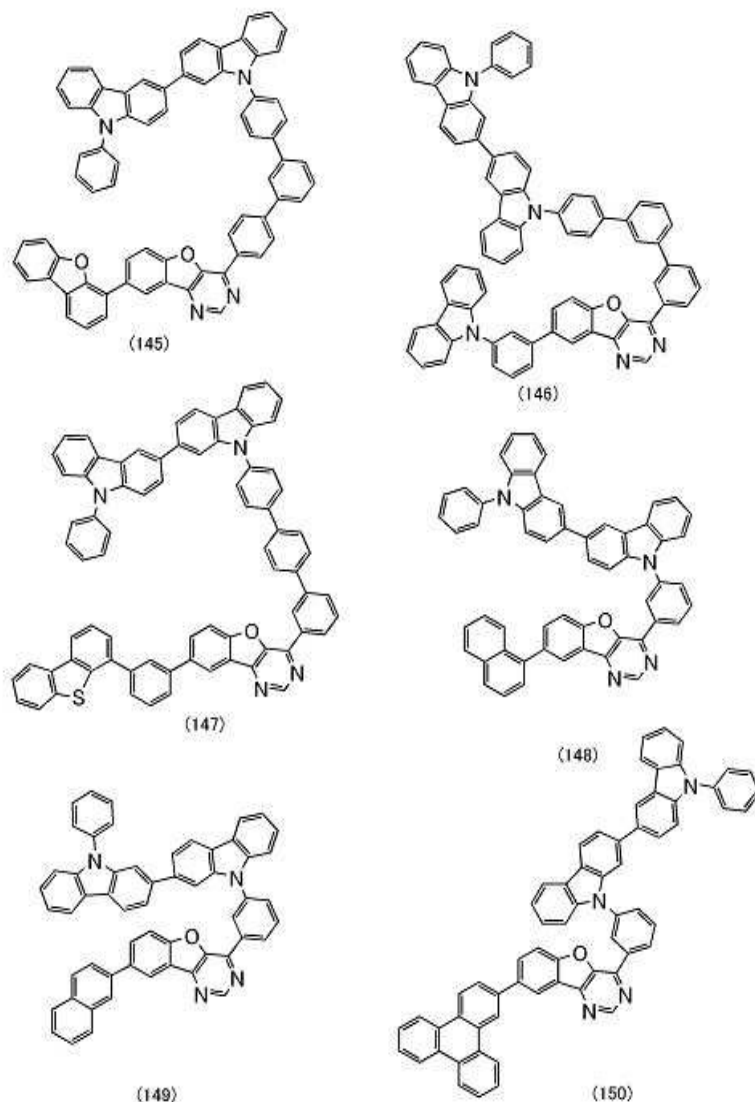
[0119]

[0120] [화학식 24]



[0121]

[0122] [화학식 25]



[0123]

[0124]

본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 바이카바졸 골격을 갖고, 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격과, 하나 또는 2개의 축합 고리를 갖는 치환기를 갖는다. 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 넓은 밴드 갭을 가지므로 상기 화합물을 발광 소자에 사용함으로써 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 캐리어 수송성이 우수하므로 상기 화합물을 발광 소자에 사용함으로써 구동 전압이 저감된 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 산화 및 환원의 반복에 대하여 양호한 내성을 가지므로 상기 화합물을 발광 소자에 사용함으로써 신뢰성이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0125]

발광 소자의 호스트 재료나 전자 수송성 재료로서는 일반적으로 방향족 화합물로 대표되는 π 공액계가 분자 전체에 넓게 존재하는 화합물이 사용된다. 특히, π 전자 부족 화합물이 적합하게 사용된다. π 전자 부족 화합물 중에서도 다이아진 골격을 갖는 축합 헤테로 고리 골격은 높은 T1 준위를 갖고, 안정적이고 신뢰성이 양호하여 바람직하다. 또한 벤조퓨로피리미딘 골격 및 벤조티에노피리미딘 골격은 엑셉터성이 높아 특히 바람직하다.

[0126]

여기서 본 발명자들은, 바이카바졸 골격을 갖고, 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격과 하나 또는 2개의 축합 고리를 갖는 치환기를 갖는 유기 화합물은 T1 준위가 높아 발광 소자의 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있고, 또한 상기 유기 화합물을 호스트 재료로서 사용한 발광 소자는 양호한 신뢰성을 갖는 것을 발견하였다.

[0127]

벤조퓨로피리미딘 골격으로서는 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격이 저렴하게 입수할 수 있어 바람직하다. 또한 벤조티에노피리미딘 골격으로서는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격이 저렴하게 입수할 수 있어 바람직하다.

- [0128] 또한 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격이 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 갖는 구조는 전기 화학적인 안정성 향상 및 막질의 개선에 효과적이므로 발광 소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있어 바람직하다.
- [0129] 바이카바졸 골격이 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에서 직접 또는 아릴렌기를 통하여 결합하는 구조는, 전기 화학적인 안정성이 높고, 캐리어 수송성이 높고, 신뢰성이 높고, 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있어 바람직하다.
- [0130] 또한 바이카바졸 골격과, 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격이 직접 결합하는 경우, 비교적 저분자량의 화합물이 되므로 진공 증착에 적합한 구조가 되어 발광 소자 재료로서 바람직하다. 또한 일반적으로는 분자량이 적으면 성막 후의 내열성이 낮아지는 경우가 많지만, 본 발명의 일 형태의 화합물은 벤조퓨로피리미딘 골격, 벤조티에노피리미딘 골격, 및 바이카바졸 골격이 튼튼한 골격이므로 분자량이 비교적 적어도 충분한 내열성을 가질 수 있다. 또한 상기 구조는 밴드 갭이 커져 들뜬 에너지 준위가 높아지므로 바람직하다.
- [0131] 또한 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격 또는 벤조티에노[3,2-d]피리미딘 골격의 6위 내지 9위에 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 갖는 구조는 특히 전기 화학적인 안정성 향상 및 막질의 개선에 효과적이므로 발광 소자의 신뢰성을 비약적으로 향상시킬 수 있어 바람직하다.
- [0132] 상기 축합 고리를 형성하는 탄소수가 과잉한 경우, 캐리어 수송성을 저해하는 경우가 있다. 그러므로 상기 축합 고리 골격은 탄소수가 10 내지 20인 것이 바람직하다.
- [0133] 이와 같은 축합 고리로서는 상술한 바와 같이 나프탈렌 고리, 플루오렌 고리, 페난트렌 고리, 트라이페닐렌 고리와 같은 축합 방향 고리나, 카바졸 고리, 다이벤조퓨란 고리, 다이벤조싸이오펜 고리, 벤조나프토피란 고리, 벤조나프토히오펜 고리, 인돌로카바졸 고리, 벤조퓨로카바졸 고리, 벤조티에노카바졸 고리, 인데노카바졸 고리, 다이벤조카바졸 고리와 같은 축합 헤테로 방향 고리를 들 수 있다. 또한 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기(일반식(G2), (G3)에서의 B)는 이들의 축합 방향 고리나 축합 헤테로 방향 고리뿐만 아니라 벤젠 고리를 포함하여도 좋다. 즉, 치환 또는 비치환의 상기 축합 방향 고리, 치환 또는 비치환의 상기 축합 헤테로 방향 고리, 및 치환 또는 비치환의 벤젠 고리를 조합하여 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기(일반식(G2), (G3)에서의 B)를 구성하여도 좋다. 예를 들어 상기 축합 헤테로 방향 고리가 페닐렌기나 바이페닐다이일기를 통하여 벤조퓨로피리미딘 골격이나 벤조티에노피리미딘 골격에 결합되어도 좋다.
- [0134] 또한 상기 축합 고리가 카바졸 골격, 벤조싸이오펜 골격, 다이벤조퓨란 골격 중 어느 하나를 포함하면 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 T1 준위가 높고 전기 화학적인 안정성이 높고 캐리어 수송성도 높아 바람직하다.
- [0135] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 하나의 분자 내에 전자 수송성을 갖는 벤조퓨로피리미딘 골격과 정공 수송성을 갖는 카바졸 골격의 양쪽을 포함하므로 바이폴러 재료로 간주할 수 있다. 이와 같은 재료는 캐리어 수송성이 양호하므로 발광 소자의 호스트 재료로서 사용함으로써 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제공할 수 있어 바람직하다.
- [0136] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리(바이카바졸 골격)와 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리(벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격)를 갖는다. 그러므로 분자 내에서 도너-억셉터형 들뜬 상태를 형성하기 쉽다. 또한 π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리(바이카바졸 골격)와 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리(벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격)가 직접 또는 아릴렌기를 통하여 결합하는 구조로 함으로써 도너성과 억셉터성을 함께 강하게 할 수 있다. 분자 내에서의 도너성과 억셉터성을 함께 강하게 함으로써 화합물에서의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital: 최고준위 점유 분자궤도라고도 함)의 분자 궤도가 분포되는 영역과 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital: 최저준위 비점유 분자궤도라고도 함)의 분자 궤도가 분포되는 영역의 중첩을 작게 할 수 있어 화합물의 단일항 들뜬 에너지 준위와 삼중항 들뜬 에너지 준위의 들뜬 에너지 차이를 작게 할 수 있다. 또한 화합물의 삼중항 들뜬 에너지 준위를 높은 에너지로 유지할 수 있게 된다. 또한 분자 궤도는 분자 내의 전자의 공간 분포를 나타내고 전자를 찾아내는 확률을 나타낼 수 있다. 분자 궤도에 의하여 분자의 전자 배치(전자의 공간적 분포 및 에너지)를 상세히 기술할 수 있다.
- [0137] 단일항 들뜬 에너지 준위와 삼중항 들뜬 에너지 준위의 에너지 차이가 작은 경우, 100℃ 이하, 바람직하게는 실온 정도의 미량의 열 에너지에 의하여 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 업컨버전(역향간 교차)할 수 있게 된다. 즉, 본 발명의 일 형태의 화합물은 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 변환하는 기능을

갖는 화합물로서 적합하다. 또한 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 변환하여 발광으로 변환하는 기능을 갖는 화합물로서 적합하다. 효율 좋게 역향간 교차가 일어나기 위해서는 단일항 들뜬 에너지 준위와 삼중항 들뜬 에너지 준위의 에너지 차이가 바람직하게는 0eV보다 크고 0.3eV 이하, 더 바람직하게는 0eV보다 크고 0.2eV 이하, 더욱 바람직하게는 0eV보다 크고 0.1eV 이하라면 좋다.

[0138] 또한 HOMO의 분자 궤도가 분포되는 영역과 LUMO의 분자 궤도가 분포되는 영역이 중첩되고, HOMO 준위와 LUMO 준위 사이의 전이 쌍극자 모멘트가 0보다 큰 경우, HOMO 준위와 LUMO 준위에 따른 들뜬 상태(예를 들어 최저 들뜬 단일항 상태)로부터 발광을 얻을 수 있게 된다. 상술한 내용으로부터 본 발명의 일 형태의 화합물은 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 변환하는 기능을 갖는 발광 재료로서 적합하고, 즉 열 활성화 지연 형광 재료로서 바람직하다.

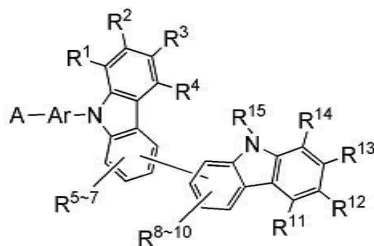
[0139] 또한 본 실시형태에서의 유기 화합물은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 그라비아 인쇄법 등의 방법을 사용하여 성막할 수 있다.

[0140] 또한 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.

[0141] (실시형태 2)

[0142] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인, 일반식(G0)으로 나타내어지는 유기 화합물의 합성 방법에 대하여 설명한다. 또한 본 발명의 일 형태인 화합물의 합성 방법은 아래의 합성 방법에 한정되지 않는다.

[0143] [화학식 26]

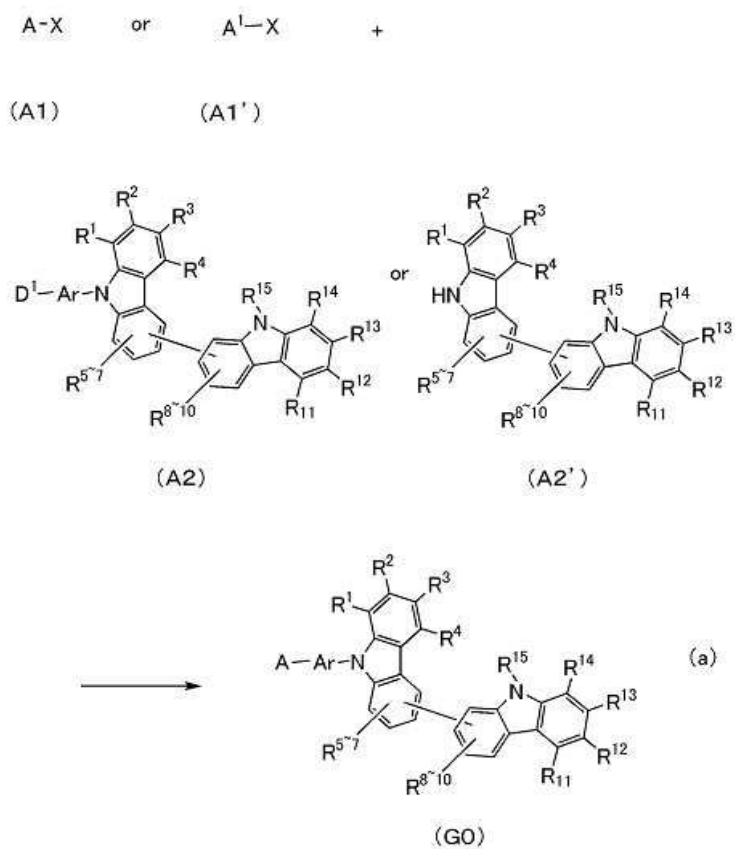


(G0)

[0144]

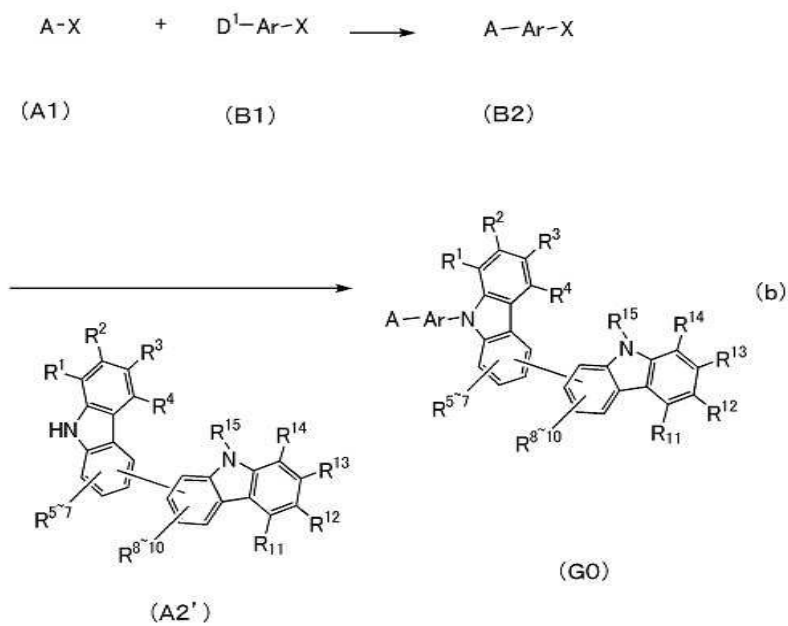
[0145] 일반식(G0)으로 나타내어지는 바이카바졸 화합물은 아래와 같은 간편한 합성 스킴으로 합성할 수 있다. 예를 들어 아래의 스킴(a)으로 나타낸 바와 같이 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 갖는 벤조퓨로피리미딘의 할로젠 화합물, 또는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 갖는 벤조티에노피리미딘의 할로젠 화합물(A1), 또는 치환 또는 비치환의 벤조퓨로피리미딘의 다이할로젠 화합물, 또는 치환 또는 비치환의 벤조티에노피리미딘의 다이할로젠 화합물(A1')과, 바이카바졸 유도체의 아릴보론산 화합물(A2) 또는 바이카바졸 유도체(A2')를 반응시킴으로써 얻을 수 있다. 이때, 아래의 스킴(b)으로 나타낸 바와 같이 할로젠으로 치환된 아릴보론산(B1)과의 반응을 경유하고, 중간체(B2)를 얻은 후, 바이카바졸 유도체(A2')를 반응시켜도 좋다. 또한 아래의 스킴(c)으로 나타낸 바와 같이 치환 또는 비치환의 벤조퓨로피리미딘의 다이할로젠 화합물 및 치환 또는 비치환의 벤조티에노피리미딘의 다이할로젠 화합물(A1') 중 한쪽의 할로젠과, 바이카바졸 유도체의 아릴보론산 화합물(A2) 또는 바이카바졸 유도체(A2')과의 반응을 경유하고, 중간체(C1)를 얻은 후, 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 유도체의 보론산 화합물(C2)을 반응시켜도 좋다.

[0146] [화학식 27]



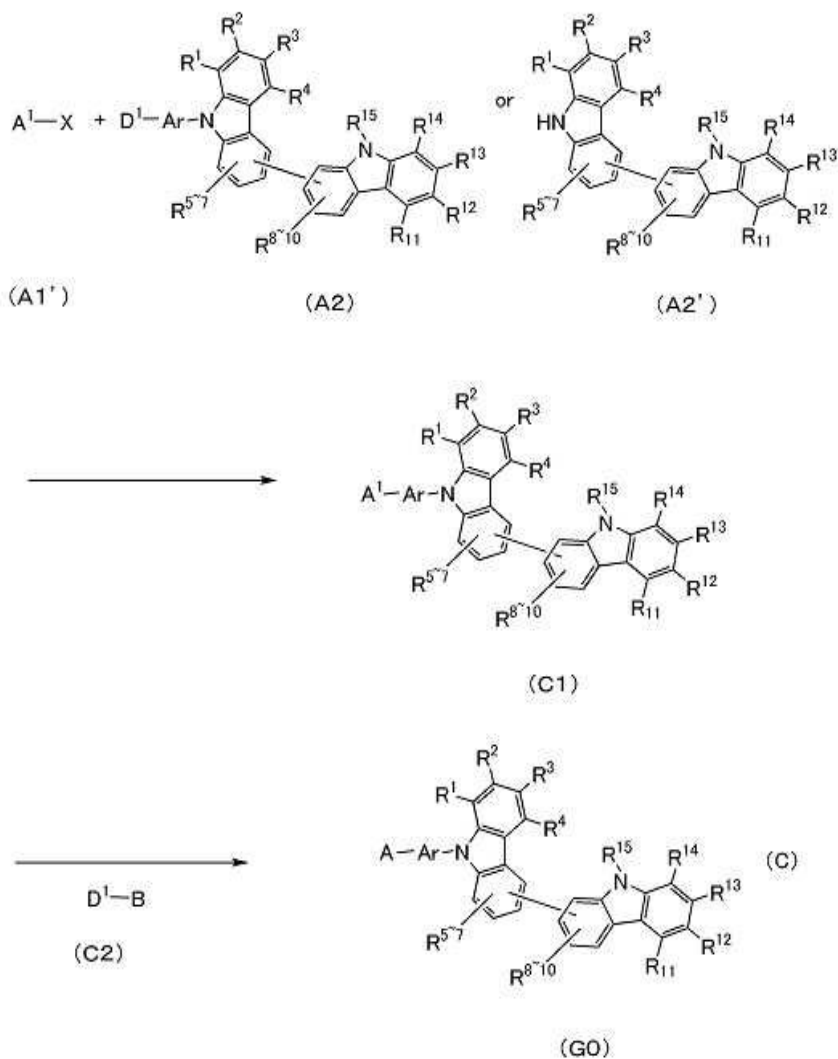
[0147]

[0148] [화학식 28]



[0149]

[0150] [화학식 29]



[0151]

[0152] 또한 식 중 X는 할로젠 원소를 나타낸다. 또한 D^1 은 보론산 또는 보론산 에스터 또는 고리상 트라이올보레이트 염 등을 나타낸다. 고리상 트라이올보레이트 염은 리튬 염 외에 포타슘 염, 소듐 염을 사용하여도 좋다. 또한 A^1 은, 치환 또는 비치환의 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 치환 또는 비치환의 벤조티에노피리미딘 골격에 할로젠 원소가 치환된 화합물을 나타낸다. 또한 B는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 유도체를 나타낸다. 또한 A는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 하나 또는 2개의 축합 고리를 포함하는 치환기를 적어도 갖는 벤조티에노피리미딘 골격을 나타내고, 또한 Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 25의 아릴렌기 또는 단결합을 나타낸다.

[0153] 상술한 화합물(A1), 화합물(A1'), 화합물(A2), 화합물(A2'), 화합물(B1), 화합물(B2), 화합물(C1), 화합물(C2)은 다양한 종류가 시판되고 있거나, 또는 합성이 가능하므로 일반식(GO)으로 나타내어지는 바이카바줄 화합물은 수많은 종류를 합성할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 다양한 화합물 예를 갖는다.

[0154] 이상, 본 발명의 일 형태의 바이카바줄 화합물의 합성 방법의 일례에 대하여 설명하였지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 합성 방법으로 합성되어도 좋다.

[0155] (실시형태 3)

[0156] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 유기 화합물을 갖는 발광 소자의 구성예를 도 1, 도 2를 사용하여 아래에서 설명한다.

- [0157] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태의 발광 소자(150)의 단면도이다. 발광 소자(150)는 적어도 한 쌍의 전극(전극(101)과 전극(102))을 갖고, 이 전극 사이에 EL층(100)을 갖는다.
- [0158] EL층(100)은 적어도 발광층(130)을 갖는다. 또한 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(118), 전자 주입층(119) 등의 기능층을 갖는다.
- [0159] 또한 본 실시형태에서는 전극(101)을 양극, 전극(102)을 음극으로 하여 설명하지만 발광 소자의 구성은 이에 한정되지 않는다. 즉, 전극(101)을 음극, 전극(102)을 양극으로 하는 구성이어도 좋다. 이 경우, 적층 순서가 반대가 된다. 즉, 양극 측으로부터 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층의 순서로 적층하면 좋다.
- [0160] 또한 EL층(100)의 구성은 이에 한정되지 않고, 전자 또는 정공의 수송성을 향상 또는 저해시키거나 들뜬자의 확산을 억제할 수 있는 등의 기능층을 가져도 좋다. 이들 기능층은 각각 단층이어도 좋고, 복수의 층의 적층 구조이어도 좋다.
- [0161] 발광 소자(150)는 EL층(100) 중 어느 층에 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물이 포함되어 있으면 좋다. 또한 상기 유기 화합물이 포함되는 층으로서의 바람직하게는 전자 수송층(118) 또는 정공 수송층(112), 더 바람직하게는 발광층(130)을 들 수 있다.
- [0162] 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물이 발광층(130)에 포함되어 있는 경우, 상기 유기 화합물은 양호한 정공 수송성 및 넓은 밴드 갭을 가짐으로써 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있다.
- [0163] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 단일항 들뜬 에너지 준위와 삼중항 들뜬 에너지 준위의 에너지 차이를 작게 할 수 있으므로 열 활성화 지연 형광 재료에 적합하다. 그러므로 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 발광 재료로서 사용함으로써 발광 효율이 높은 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0164] 또한 상기 화합물은 캐리어 수송성이 우수하므로 발광 소자의 호스트 재료나 캐리어 수송 재료로서 적합하다. 따라서, 본 실시형태의 구성을 사용함으로써 구동 전압이 낮은 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0165] 또한 상기 화합물은 산화 및 환원의 반복에 대하여 양호한 내성을 가지므로 본 실시형태의 구성을 사용함으로써 구동 수명이 양호한 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0166] <발광 소자의 구성에 1>
- [0167] 도 1의 (B)는 도 1의 (A)에 도시된 발광층(130)의 일례를 나타낸 단면 모식도이다. 도 1의 (B)에 도시된 발광층(130)은 재료(131)와 호스트 재료(132)를 갖는다.
- [0168] 재료(131)로서는 발광성 유기 재료를 사용하면 좋고, 상기 발광성 유기 재료로서는 형광을 발할 수 있는 재료(이하, 형광 재료라고도 함)라면 적합하다.
- [0169] 본 발명의 일 형태의 발광 소자(150)에서는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 전압을 인가함으로써 음극으로부터 전자가, 양극으로부터 정공(홀)이 각각 EL층(100)에 주입되어 전류가 흐른다. 그리고 주입된 전자와 정공이 재결합함으로써 들뜬자가 형성된다. 캐리어(전자 및 정공)의 재결합에 의하여 생성되는 들뜬자 중 단일항 들뜬자와 삼중항 들뜬자의 비율(이하, 들뜬자의 생성 확률이라고 함)은 통계적 확률에 따라 1:3이 된다. 그러므로 형광 재료를 사용한 발광 소자에서 발광에 기여하는 단일항 들뜬자가 생성되는 비율은 25%이고, 발광에 기여하지 않는 삼중항 들뜬자가 생성되는 비율은 75%가 된다. 따라서, 발광에 기여하지 않는 삼중항 들뜬자를 발광에 기여하는 단일항 들뜬자로 변환하는 것이 발광 소자의 발광 효율을 향상시키기 위해서는 중요하다.
- [0170] 그러므로 재료(131)는 역항간 교차에 의하여 삼중항 들뜬자를 단일항 들뜬자로 변환하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 따라서, 재료(131)가 열 활성화 지연 형광 재료인 것이 바람직하다. 즉, 바이카바졸 골격과, 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격을 갖는 본 발명의 일 형태의 화합물을 재료(131)에 사용할 수 있다.
- [0171] 재료(131)의 단일항 들뜬 에너지 준위와 삼중항 들뜬 에너지 준위의 차이는 바람직하게는 0eV보다 크고 0.3eV 이하이고, 더 바람직하게는 0eV보다 크고 0.2eV 이하이고, 더욱 바람직하게는 0eV보다 크고 0.1eV 이하이다.
- [0172] 여기서 발광층(130)에서의 재료(131)와 호스트 재료(132)의 에너지 준위의 상관관계를 도 1의 (C)에 도시하였다. 또한 도 1의 (C)에 나타난 표기 및 부호는 다음과 같다.
- [0173] · TADF(131): 재료(131)

- [0174] · Host(132): 호스트 재료(132)
- [0175] · S_A : 재료(131)의 S1 준위
- [0176] · T_A : 재료(131)의 T1 준위
- [0177] · S_H : 호스트 재료(132)의 S1 준위
- [0178] · T_H : 호스트 재료(132)의 T1 준위
- [0179] 발광층(130)에서 캐리어가 재결합하고, 호스트 재료(132)에서 단일항 들뜬 상태와 삼중항 들뜬 상태가 생성되는 경우, 생성된 단일항 들뜬 상태의 에너지는 호스트 재료(132)의 S1 준위(S_H)로부터 재료(131)의 S1 준위(S_A)로 에너지 이동하고, 삼중항 들뜬 상태의 에너지는 호스트 재료(132)의 T1 준위(T_H)로부터 재료(131)의 T1 준위(T_A)로 에너지 이동하여, 재료(131)의 단일항 들뜬 상태 및 삼중항 들뜬 상태가 형성된다.
- [0180] 또는 재료(131)에서 캐리어가 재결합하여, S1 준위(S_A)에 상당하는 들뜬 에너지를 갖는 단일항 들뜬 상태 및 T1 준위(T_A)에 상당하는 들뜬 에너지를 갖는 삼중항 들뜬 상태가 각각 형성된다.
- [0181] 따라서, 어느 경우에서도 캐리어의 재결합에 의하여 재료(131)의 단일항 들뜬 상태 및 삼중항 들뜬 상태가 형성된다.
- [0182] 본 발명의 일 형태의 발광 소자(150)에서는 발광층(130)이 갖는 재료(131)의 S1 준위(S_A)와 T1 준위(T_A)는 서로 인접한 에너지 준위가 된다.
- [0183] 재료(131)의 S1 준위(S_A)와 T1 준위(T_A)는 서로 인접한 에너지 준위이므로 재료(131)는 역항간 교차에 의하여 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 변환하는 기능을 갖는다(도 1의 (C)의 루트(A_1) 참조). 따라서, 발광층(130)에서 생성된 삼중항 들뜬 에너지의 일부는 재료(131)에 의하여 단일항 들뜬 에너지로 변환된다. 그러기 위해서는 재료(131)의 S1 준위(S_A)와 T1 준위(T_A)의 에너지 차이가 0eV보다 크고 0.3eV 이하인 것이 바람직하다. 또한 단일항 들뜬 상태가 된 재료(131)로부터는 형광 발광을 얻을 수 있다.
- [0184] 재료(131)의 단일항 들뜬 상태로부터 발광을 효율적으로 얻기 위해서는 재료(131)의 형광 양자 수율이 높은 것이 바람직하고, 구체적으로는 50% 이상이 바람직하고, 70% 이상이 더 바람직하고, 90% 이상이 더욱 바람직하다.
- [0185] 또한 재료(131)에서 역항간 교차를 효율적으로 발생시키기 위해서는 재료(131)의 T1 준위(T_A)가 호스트 재료(132)의 T1 준위(T_H)보다 낮은 것이 바람직하다. 이에 의하여 호스트 재료(132)로 인한 재료(131)의 삼중항 들뜬 에너지의 퀸치(quench)가 발생하기 어려워져 재료(131)에서 효율적으로 역항간 교차를 발생시킬 수 있게 된다. 또한 재료(131)에서 효율적으로 발광을 얻기 위해서는 재료(131)의 S1 준위(S_A)가 호스트 재료(132)의 S1 준위(S_H)보다 낮은 것이 바람직하다. 이에 의하여 재료(131)로부터 호스트 재료(132)로의 단일항 들뜬 에너지의 이동을 억제할 수 있다.
- [0186] 또한 재료(131)가 바이카바졸 골격이라는 도너성이 강한 골격을 갖는 경우, 발광층(130)에 주입된 정공이 재료(131)에 주입되어 수송되기 쉬워져 바람직하다. 또한 재료(131)가 벤조퓨로피리미딘 골격 또는 벤조티에노피리미딘 골격이라는 억셉터성이 강한 골격을 갖는 경우, 발광층(130)에 주입된 전자가 재료(131)에 주입되어 수송되기 쉬워져 바람직하다. 이 경우, 호스트 재료(132)는 재료(131)가 갖는 도너성 골격보다 도너성이 약한 도너성 골격을 갖는 것이 바람직하고, 재료(131)가 갖는 억셉터성 골격보다 억셉터성이 약한 억셉터성 골격을 갖는 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써 재료(131)와 호스트 재료(132)에 의하여 들뜬 복합체가 형성되는 반응을 억제할 수 있다.
- [0187] 또한 예를 들어, 재료(131)의 HOMO 준위가 호스트 재료(132)의 HOMO 준위보다 높고, 또한 재료(131)의 LUMO 준위가 호스트 재료(132)의 LUMO 준위보다 낮은 경우, 발광층(130)에 주입된 캐리어인 전자 및 정공이 둘 다 재료(131)에 주입되어 수송되기 쉬워진다. 그러므로 재료(131)에서 캐리어의 재결합이 발생되기 쉬워 바람직하다.
- [0188] 또한 재료(131)와 호스트 재료(132)의 조합이 정공 수송성을 갖는 화합물과 전자 수송성을 갖는 화합물의 조합인 경우, 그 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있게 된다. 구체적으로는 정공 수송성을 갖는 화

합물: 전자 수송성을 갖는 화합물=1:9 내지 9:1(중량비)의 범위인 것이 바람직하다. 또한 상기 구성을 가짐으로써 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있으므로 캐리어 재결합 영역도 간편하게 제어할 수 있다.

[0189] 또한 발광층(130)에서 재료(131)만으로 캐리어 밸런스를 제어할 수 있다면 발광층(130)은 호스트 재료(132)를 갖지 않아도 된다. 또는 캐리어 밸런스를 제어하기 위하여 발광층(130)이 재료(131) 및 호스트 재료(132) 이외의 재료를 가져도 좋다.

[0190] 상술한 바와 같이 상술한 루트(A_1)의 역항간 교차 과정이 효율적으로 일어나면 재료(131)의 삼중항 들뜬 에너지가 효율적으로 단일항 들뜬 에너지로 변환되므로 발광 소자(150)는 높은 발광 효율로 발광할 수 있게 된다.

[0191] 발광층(130)을 상술한 구성으로 함으로써 발광층(130)의 재료(131)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0192] <발광 소자의 구성에 2>

[0193] 다음으로 상술한 구성과 상이한 구성의 발광 소자에 대하여 도 2의 (A), (B)를 사용하여 아래에서 설명한다. 또한 본 구성예에서 상술한 구성과 같은 구성에 대한 상세한 사항은 상술한 구성예를 참조하면 좋다.

[0194] 도 2의 (A)는 도 1의 (A)에 도시된 발광층(130)의 일례를 도시한 단면 모식도이다. 발광층(130)은 재료(131)와 게스트 재료(134)를 갖는다.

[0195] 또한 게스트 재료(134)로서는 발광성 유기 재료를 사용하면 좋고, 상기 발광성 유기 재료로서는 인광을 발할 수 있는 재료(이하, 인광 재료라고도 함)라면 적합하다. 이하에서는 게스트 재료(134)로서 인광 재료를 사용하는 구성에 대하여 설명한다. 또한 게스트 재료(134)를 인광 재료로 바꿔 읽어도 좋다.

[0196] 여기서 재료(131)와 게스트 재료(134)의 에너지 준위의 상관관계를 도 2의 (B)에 도시하였다. 또한 도 2의 (B)에 나타낸 표기 및 부호는 다음과 같다.

[0197] · TADF(131): 재료(131)

[0198] · Guest(134): 게스트 재료(134)(인광 재료)

[0199] · S_A : 재료(131)의 S1 준위

[0200] · T_A : 재료(131)의 T1 준위

[0201] · T_{PG} : 게스트 재료(134)(인광 재료)의 T1 준위

[0202] 발광층(130)에서 캐리어가 재결합하여, 재료(131)에서 단일항 들뜬 상태와 삼중항 들뜬 상태가 생성된다.

[0203] 그리고 재료(131)의 단일항 들뜬 에너지와 삼중항 들뜬 에너지 양쪽을 게스트 재료(134)(인광 재료)의 T1 준위(T_{PG})로 이동시킴으로써 게스트 재료(134)로부터 발광을 얻을 수 있다(도 2의 (B)의 루트(E_1), 루트(E_2) 참조).

[0204] 또한 재료(131)의 T1 준위(T_A)는 게스트 재료(134)의 T1 준위(T_{PG})보다 큰 것이 바람직하다. 이와 같은 T1 준위의 관계로 함으로써 재료(131)의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지를 재료(131)의 S1 준위(S_A) 및 T1 준위(T_A)로부터 게스트 재료(134)의 T1 준위(T_{PG})로 에너지 이동할 수 있다.

[0205] 발광층(130)을 상술한 구성으로 함으로써 발광층(130)의 게스트 재료(134)(인광 재료)로부터의 발광을 효율적으로 얻을 수 있다.

[0206] 또한 재료(131)에서 캐리어의 재결합이 발생하는 경우, 발광 소자(150)의 구동 전압을 저감하기 위해서는 본 발명의 일 형태의 화합물을 재료(131)에 사용하는 것이 바람직하다. 또한 본 실시형태에서 재료(131)는 반드시 T_A 로부터 S_A 로의 역항간 교차 효율이 높을 필요는 없고, S_A 로부터의 발광 양자 수율이 높을 필요도 없으므로 열 활성화 지연 형광을 나타내지 않아도 된다.

[0207] <재료>

[0208] 다음으로 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 구성 요소의 상세한 사항에 대하여 아래에서 설명한다.

[0209] <<발광층>>

[0210] 발광층(130)에 사용할 수 있는 재료에 대하여 아래에서 각각 설명한다.

- [0211] <<재료(131)>>
- [0212] 재료(131)는 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작은 것이 바람직하고, 구체적으로는 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가, 0eV보다 크고 0.3eV 이하인 것이 바람직하고, 0eV보다 크고 0.2eV 이하인 것이 더 바람직하고, 0eV보다 크고 0.1eV 이하인 것이 더욱 바람직하다. 이와 같은 재료로서 열 활성화 지연 형광 재료를 들 수 있다. 열 활성화 지연 형광 재료로서는 실시형태 1에서 나타난 화합물이 적합하다.
- [0213] 또한 재료(131)는 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작으면 좋고, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 기능을 갖지 않아도 된다.
- [0214] <<게스트 재료(134)>>
- [0215] 게스트 재료(134)로서는 이리듐, 로듐, 또는 백금계 유기 금속 착체, 또는 금속 착체를 들 수 있고, 그 중에서도 유기 이리듐 착체, 예를 들어 이리듐계 오쏘 메탈 착체가 바람직하다. 오쏘 메탈화하는 배위자로서는 4H-트리아아졸 배위자, 1H-트리아아졸 배위자, 이미다졸 배위자, 피리딘 배위자, 피리미딘 배위자, 피라진 배위자, 또는 아이소퀴놀린 배위자 등을 들 수 있다. 금속 착체로서는 포르피린 배위자를 갖는 백금 착체 등을 들 수 있다.
- [0216] 청색 또는 녹색에 발광 피크를 갖는 물질로서는, 트리스[2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아아졸-3-일- κN^2]페닐- κC]이리듐(III)(약칭: Ir(mptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아아졸레이토)이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz)₃), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrptz-3b)₃), 트리스[3-(5-바이페닐)-5-아이소프로필-4-페닐-4H-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: Ir(iPr5btz)₃) 등의 4H-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아아졸레이토]이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz1-mp)₃), 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아아졸레이토)이리듐(III)(약칭: Ir(Prptz1-Me)₃) 등의 1H-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, fac-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrpmi)₃), 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(dmpimpt-Me)₃) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N,C^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기 금속 이리듐 착체를 예로서 들 수 있다. 상술한 것 중에서도, 4H-트리아아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 우수하여 특히 바람직하다.
- [0217] 또한 녹색 또는 황색에 발광 피크를 갖는 물질로서는, 예를 들어, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₃), 트리스(4-tert-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[4-(2-노보닐)-6-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III)(약칭: Ir(mpmpm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스{4,6-다이메틸-2-[6-(2,6-다이메틸페닐)-4-피리미딘일- κN^3]페닐- κC }이리듐(III)(약칭: Ir(dmppm-dmp)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(4,6-다이페닐피리미디네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(dppm)₂(acac)) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토네이트)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)₂(acac)) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이

리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{ppy})_3$), 비스(2-페닐피리디네이트-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{bzq})_3$), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{pq})_3$), 비스(2-페닐퀴놀리네이트-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체나, 비스(2,4-다이페닐-1,3-옥사졸레이토-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})$), 비스{2-[4'-(피플루오로페닐)페닐]피리디네이트-N, $\text{C}^{2'}$ }이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})$), 비스(2-페닐벤조싸이아졸레이토-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})$) 등 유기 금속 이리튬 착체 외에, 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$) 등의 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 상술한 것 중에서도, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 눈에 띄게 우수하여 특히 바람직하다.

[0218] 또한, 황색 또는 적색에 발광 피크를 갖는 물질로서는, (다이아이소뷰티릴메타네이트)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트]이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$), 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](다이피발로일메타네이트)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})$) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체나, (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이트)(다이피발로일메타네이트)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리네이트]이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체나, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이트-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)(약칭: $\text{Ir}(\text{piq})_3$), 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이트-N, $\text{C}^{2'}$)이리튬(III)아세틸아세토네이트(약칭: $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체 외에, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 백금 착체나, 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$) 등의 희토류 금속 착체를 예로 들 수 있다. 상술한 것 중에서도, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 눈에 띄게 우수하여 특히 바람직하다. 또한 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리튬 착체는 색도가 좋은 적색 발광을 얻을 수 있다.

[0219] 또한 발광층(130)에 포함되는 발광 재료로서는 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료라면 좋다. 상기 삼중항 들뜬 에너지를 발광으로 변환할 수 있는 재료로서는 인광 재료 외에, 열 활성화 지연 형광(Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 재료를 들 수 있다. 따라서 인광 재료라고 기재한 부분에 관해서는 열 활성화 지연 형광 재료라고 바꿔 읽어도 좋다. 열 활성화 지연 형광 재료는 S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 작고, 역항간 교차에 의하여 삼중항 들뜬 에너지를 단일항 들뜬 에너지로 변환할 수 있는 기능을 갖는 재료이다. 그러므로 미소한 열 에너지에 의하여 삼중항 들뜬 상태를 단일항 들뜬 상태로 업컨버전(역항간 교차)할 수 있고, 단일항 들뜬 상태로부터의 발광(형광)을 효율적으로 나타낼 수 있다. 열 활성화 지연 형광을 효율적으로 얻을 수 있는 조건으로서는, S1 준위와 T1 준위의 에너지 차이가 바람직하게는 0eV보다 크고 0.3eV 이하, 더 바람직하게는 0eV보다 크고 0.2eV 이하, 더욱 바람직하게는 0eV보다 크고 0.1eV 이하인 것을 들 수 있다.

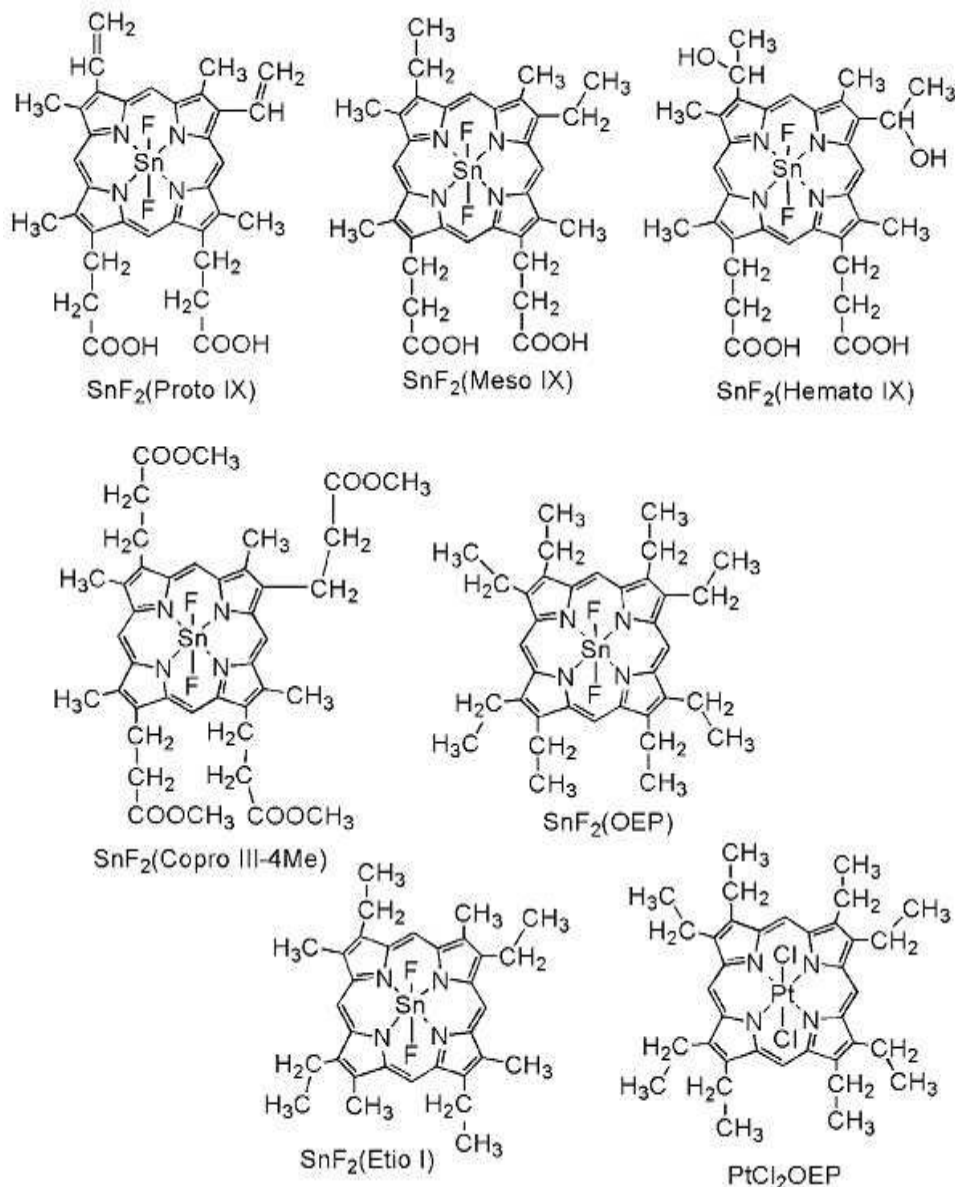
[0220] 열 활성화 지연 형광 재료가 1종류의 재료로 구성되는 경우, 예를 들어 아래의 재료를 사용할 수 있다.

[0221] 먼저, 풀러렌이나 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 에오신 등을 들 수 있다. 또한 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd) 등을 포함하는 금속 함유 포르피린을 들 수 있다. 이 금속 함유 포르피린으로서는, 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$), 코프로

포르피린테트라메틸에스터-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{OEP})$), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$), 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(PtCl_2OEP) 등을 예로 들 수 있다.

[0222]

[화학적식 30]



[0223]

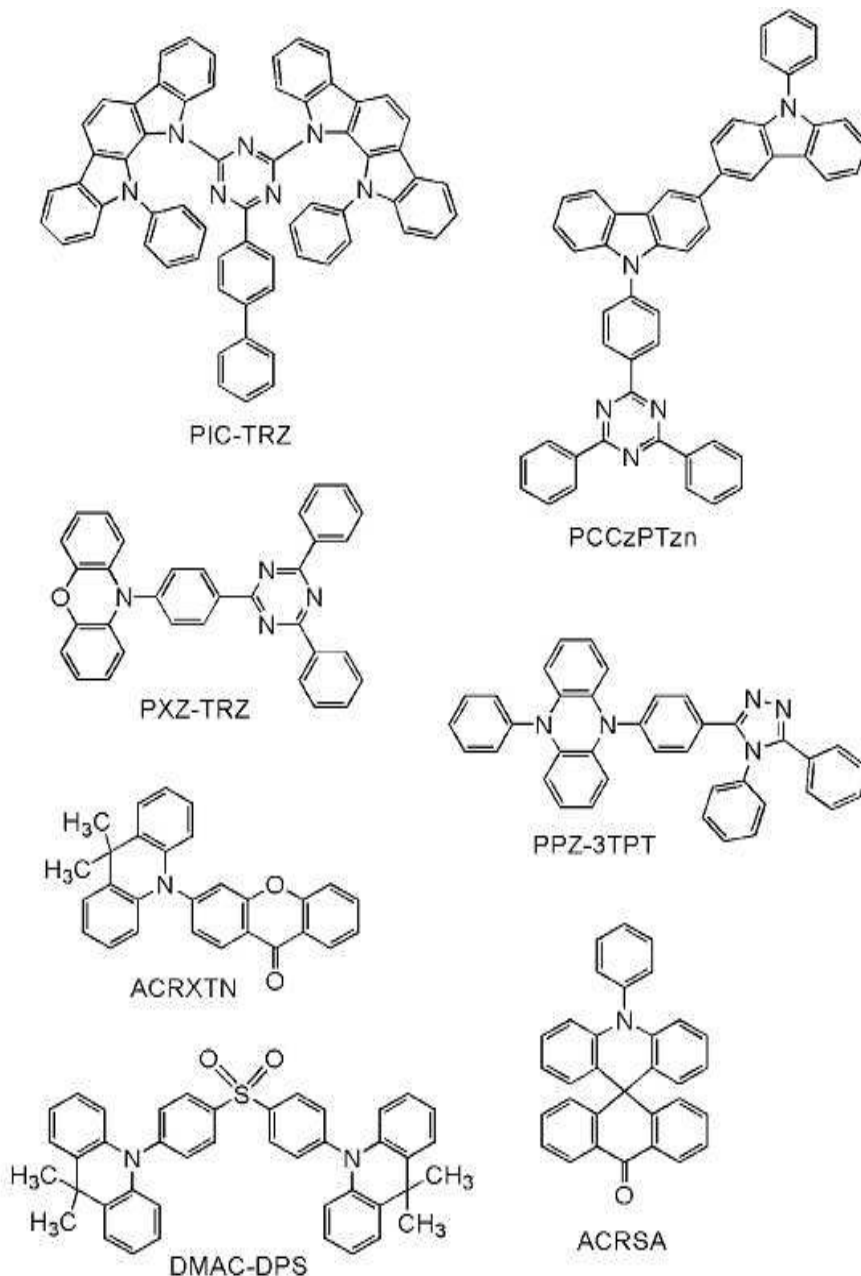
[0224]

또한 1종류의 재료로 구성되는 열 활성화 지연 형광 재료로서는, π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리 및 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리를 갖는 헤테로 고리 화합물을 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ), 2-{4-[3-(N-페닐-9H-카바졸-3-일)-9H-카바졸-9-일]페닐}-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10H-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트리아졸(약칭: PPZ-3TPT), 3-(9,9-다이메틸-9H-아크리딘-10-일)-9H-크산텐-9-온(약칭: ACRXTN), 비스[4-(9,9-다이메틸-9,10-다이하이드로아크리딘)페닐]설펜(약칭: DMAC-DPS), 10-페닐-10H,10'H-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(약칭: ACRSA) 등을 들 수 있다. 상기 헤테로 고리 화합물은, π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리 및 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리를 가지므로, 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다. 이들 중에서도, π 전자 부족형 헤테로 방향 고리를 갖는 골격 중, 다이아진 골격(피리미딘 골격, 피라진 골격, 피리다진 골격) 또는 트리아진 골격은 안정적이고 신뢰성이 양호하여 바람직하다. 또한 π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리를 갖는 골격 중에서도, 아크리딘 골격, 페녹사진 골격, 페노싸이아진 골격, 퓨란 골격, 싸이오펜 골격, 및 피롤 골격은 안정적이고

신뢰성이 양호하므로, 상기 골격 중 적어도 하나 또는 복수를 갖는 것이 바람직하다. 또한 피롤 골격으로서, 인돌 골격, 카바졸 골격, 및 9-페닐-3,3'-바이-9H-카바졸 골격이 특히 바람직하다. 또한 π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리와 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리가 직접 결합한 물질은, π 전자 과잉형 헤테로 방향 고리의 도너성과 π 전자 부족형 헤테로 방향 고리의 억셉터성이 둘 다 강하고, 단일항 들뜬 상태의 준위와 삼중항 들뜬 상태의 준위의 차이가 작아져 특히 바람직하다.

[0225]

[화학적식 31]



[0226]

[0227]

재료(131)의 발광 피크가 게스트 재료(134)(인광 재료)의 삼중항 MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer) 전이의 흡수대, 더 구체적으로는 가장 긴 파장 측의 흡수대와 중첩되도록 재료(131) 및 게스트 재료(134)(인광 재료)를 선택하는 것이 바람직하다. 이에 의하여 발광 효율이 비약적으로 향상된 발광 소자로 할 수 있다. 다만, 인광 재료 대신에 열 활성화 지연 형광 재료를 사용하는 경우에는 가장 긴 파장 측의 흡수대는 단일항의 흡수대인 것이 바람직하다.

[0228]

게스트 재료(134)에는 아래에서 예시하는 형광 재료도 사용할 수 있다. 특별히 한정은 없지만, 안트라센 유도체, 테트라센 유도체, 크리센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 페릴렌 유도체, 스틸벤 유도체, 아크리돈 유도체, 쿠마린 유도체, 페녹사진 유도체, 페노싸이아진 유도체 등이 바람직하고, 예를 들어 아래의 재료를 사용할 수 있다.

[0229] 구체적으로는, 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'-다이페닐-N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-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: 2YGAPPA), 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: 2PCAPPA), 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), 쿠마린30, 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), 쿠마린6, 쿠마린545T, N,N'-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 2,8-다이-tert-뷰틸-5,11-비스(4-tert-뷰틸페닐)-6,12-다이페닐테트라센(약칭: TBRb), 나일레드, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-다이페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이ナイト릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이ナイト릴(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-다이아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이ナイト릴(약칭: DCJTI), 2-{2-tert-뷰틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이ナイト릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴)프로페인다이ナイト릴(약칭: BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리덴}프로페인다이ナイト릴(약칭: BisDCJTM), 5,10,15,20-테트라페닐비스벤조[5,6]인테노[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]페릴렌 등을 들 수 있다.

[0230] 또한 재료(131)의 발광 피크가 게스트 재료(134)의 가장 긴 파장 측(저에너지 측)의 흡수대와 중첩되도록 재료(131) 및 게스트 재료(134)를 선택하는 것이 바람직하다. 이에 의하여 발광 효율이 비약적으로 향상된 발광 소자로 할 수 있다.

[0231] <<호스트 재료(132)>>

[0232] 호스트 재료(132)에 사용할 수 있는 화합물로서는, 특별히 한정은 없지만 아연이나 알루미늄계 금속 착체 외에, 옥사디아아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 벤즈이미다졸 유도체, 퀴놀살린 유도체, 다이벤조퀴놀살린 유도체, 다이벤조싸이오펜 유도체, 다이벤조푸란 유도체, 피리미딘 유도체, 트리아진 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 페난트롤린 유도체 등을 들 수 있다. 다른 예로서는 방향족 아민이나 카바졸 유도체 등을 들 수 있다.

[0233] 또한 호스트 재료(132)로서는 아래의 정공 수송성 재료 및 전자 수송성 재료를 사용할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물도 적합하게 사용할 수 있다.

[0234] 정공 수송성 재료로서는 전자보다 정공의 수송성이 높은 재료를 사용할 수 있고, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는 방향족 아민, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 스티벤 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한 상기 정공 수송성 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.

[0235] 이들 정공 수송성이 높은 재료로서, 방향족 아민 화합물로서는 N,N'-다이(p-톨릴)-N,N'-다이페닐-p-페닐렌다이아민(약칭: DTDPPA), 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), 1,3,5-트리스[N-

(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등을 예로 들 수 있다.

- [0236] 또한 카바졸 유도체로서, 구체적으로는 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), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등을 들 수 있다.
- [0237] 또한 카바졸 유도체로서는, 상술한 것 외에, 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]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 사용할 수 있다.
- [0238] 또한 방향족 탄화수소로서는, 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, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌 등을 예로 들 수 있다. 또한 이 외에, 펜타센, 코로넨 등도 사용할 수 있다. 이와 같이 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖고, 탄소 수 14 내지 42인 방향족 탄화수소를 사용하는 것이 더 바람직하다.
- [0239] 또한 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 갖는 방향족 탄화수소로서는 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등을 예로 들 수 있다.
- [0240] 또한 폴리(N-바이닐카바졸)(약칭: PVK)이나 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-다이페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0241] 또한 정공 수송성이 높은 재료로서는, 예를 들어 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB 또는 α -NPD)이나 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-페닐아미노]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-9H-플루오렌-2-일)-N-{9,9-다이메틸-2-[N'-페닐-N'-(9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-일)아미노]-9H-플루오렌-7-일}페닐아민(약칭: DFLADFL), N-(9,9-다이메틸-2-다이페닐아미노-9H-플루오렌-7-일)다이페닐아민(약칭: DPNF), 2-[N-(4-다이페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]스파이로-9,9'-바이플루오렌(약칭: DPASF), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 4-페닐다이페닐-(9-페닐-9H-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-9H-플루오렌-2-일)-9-페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCBiF), N-(1,1'-바이페닐-4-일)-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]-9,9-다이메틸-9H-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF), 9,9-다이메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-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-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-(4-페닐)페닐아닐린(약칭: YGA1BP), N,N'-비스[4-(카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐-9,9-다이메틸플루오렌-2,7-다이아민(약칭: YGA2F) 등의 방향족 아민 화합물

등을 사용할 수 있다. 또한 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPPn), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP), 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,6-다이(9H-카바졸-9-일)-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PhCzGI), 2,8-다이(9H-카바졸-9-일)-다이벤조싸이오펜(약칭: Cz2DBT), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-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-9H-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV), 4-[3-(트라이페닐렌-2-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: mDBTTP-II) 등의 아민 화합물, 카바졸 화합물, 싸이오펜 화합물, 퓨란 화합물, 플루오렌 화합물, 트라이페닐렌 화합물, 페난트렌 화합물 등을 사용할 수 있다. 여기서 설명한 물질은 주로 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면 이들 이외의 물질을 사용하여도 좋다.

[0242] 전자 수송성 재료로서는 정공보다 전자의 수송성이 높은 재료를 사용할 수 있고, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 전자를 받기 쉬운 재료(전자 수송성을 갖는 재료)로서는, 질소 함유 헤테로 방향족 화합물과 같은 π 전자 부족형 헤테로 방향족이나 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체, 옥사다이하졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체 등을 들 수 있다.

[0243] 예를 들어, 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) 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등으로 이루어지는 층이다. 또한 이 외에, 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 옥사졸계, 싸이아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한 금속 착체 이외에도 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이하졸(약칭: PBD)이나, 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이하졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이하졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아아졸(약칭: TAZ), 9-[4-(4,5-다이페닐-4H-1,2,4-트리아아졸-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-II), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등의 헤테로 고리 화합물이나, 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: 2mDBTBPDBq-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), 및 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), 4,6-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mCzP2Pm) 등의 다이아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물이나, PCCzPTzn 등의 트리아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물이나, 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy), 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물, 4,4'-비스(5-메틸벤즈옥사졸-2-일)스틸벤(약칭: BzOs) 등의 헤테로 방향족 화합물도 사용할 수 있다. 상술한 헤테로 고리 화합물 중에서도, 다이아진(피리미딘, 피라진, 피리다진) 골격 또는 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은 안정적이고 신뢰성이 양호하여 바람직하다. 또한 상기 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은 전자 수송성이 높고, 구동 전압 저감에도 기여한다. 또한 폴리(2,5-피리딘다이일)(약칭: PPy), 폴리[(9,9-다이헥실플루오렌-2,7-다이일)-co-(피리딘-3,5-다이일)](약칭: PF-Py), 폴리[(9,9-다이옥틸플루오렌-2,7-다이일)-co-(2,2'-바이피리딘-6,6'-다이일)](약칭: PF-BPy)과 같은 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 여기서 설명한 물질은 주로 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 또한 정공보다 전자의 수송성이 높은 물질이라면 상기 이외의 물질을 사용하여도 좋다.

[0244] 또한 발광층(130)은 2층 이상의 복수 층으로 구성할 수도 있다. 예를 들어 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공

수송층 측으로부터 순차적으로 적층하여 발광층(130)으로 하는 경우, 제 1 발광층의 호스트 재료로서 정공 수송성을 갖는 물질을 사용하고, 제 2 발광층의 호스트 재료로서 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하는 구성 등이 있다.

[0245] 또한 발광층(130)에서 재료(131), 호스트 재료(132), 및 게스트 재료(134) 이외의 재료를 가져도 좋다.

[0246] 또한 발광층(130)은 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 그라비어 인쇄 등의 방법으로 형성할 수 있다. 또한 상술한 재료 외에, 양자 도트 등의 무기 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머, 텐드리머, 폴리머 등)을 가져도 좋다.

[0247] 양자 도트를 구성하는 재료로서는, 제 14족 원소, 제 15족 원소, 제 16족 원소, 복수의 제 14족 원소로 이루어지는 화합물, 제 4족 내지 제 14족에 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, 각종 반도체 클러스터 등을 들 수 있다.

[0248] 구체적으로는, 셀레늄화 카드뮴(CdSe), 황화 카드뮴(CdS), 텔루륨화 카드뮴(CdTe), 셀레늄화 아연(ZnSe), 산화 아연(ZnO), 황화 아연(ZnS), 텔루륨화 아연(ZnTe), 황화 수은(HgS), 셀레늄화 수은(HgSe), 텔루륨화 수은(HgTe), 비소화 인듐(InAs), 인화 인듐(InP), 비소화 갈륨(GaAs), 인화 갈륨(GaP), 질화 인듐(InN), 질화 갈륨(GaN), 안티모니화 인듐(InSb), 안티모니화 갈륨(GaSb), 인화 알루미늄(AlP), 비소화 알루미늄(AlAs), 안티모니화 알루미늄(AlSb), 셀레늄화 납(II)(PbSe), 텔루륨화 납(II)(PbTe), 황화 납(II)(PbS), 셀레늄화 인듐(In₂Se₃), 텔루륨화 인듐(In₂Te₃), 황화 인듐(In₂S₃), 셀레늄화 갈륨(Ga₂Se₃), 황화 비소(III)(As₂S₃), 셀레늄화 비소(III)(As₂Se₃), 텔루륨화 비소(III)(As₂Te₃), 황화 안티모니(III)(Sb₂S₃), 셀레늄화 안티모니(III)(Sb₂Se₃), 텔루륨화 안티모니(III)(Sb₂Te₃), 황화 비스무트(III)(Bi₂S₃), 셀레늄화 비스무트(III)(Bi₂Se₃), 텔루륨화 비스무트(III)(Bi₂Te₃), 실리콘(Si), 탄소화 실리콘(SiC), 저마늄(Ge), 주석(Sn), 셀레늄(Se), 텔루륨(Te), 붕소(B), 탄소(C), 인(P), 질화 붕소(BN), 인화 붕소(BP), 비소화 붕소(BAs), 질화 알루미늄(AlN), 황화 알루미늄(Al₂S₃), 황화 바륨(BaS), 셀레늄화 바륨(BaSe), 텔루륨화 바륨(BaTe), 황화 칼슘(CaS), 셀레늄화 칼슘(CaSe), 텔루륨화 칼슘(CaTe), 황화 베릴륨(BeS), 셀레늄화 베릴륨(BeSe), 텔루륨화 베릴륨(BeTe), 황화 마그네슘(MgS), 셀레늄화 마그네슘(MgSe), 황화 저마늄(GeS), 셀레늄화 저마늄(GeSe), 텔루륨화 저마늄(GeTe), 황화 주석(IV)(SnS₂), 황화 주석(II)(SnS), 셀레늄화 주석(II)(SnSe), 텔루륨화 주석(II)(SnTe), 산화 납(II)(PbO), 플루오린화 구리(I)(CuF), 염화 구리(I)(CuCl), 브로민화 구리(I)(CuBr), 아이오드화 구리(I)(CuI), 산화 구리(I)(Cu₂O), 셀레늄화 구리(I)(Cu₂Se), 산화 니켈(II)(NiO), 산화 코발트(II)(CoO), 황화 코발트(II)(CoS), 사산화 삼철(Fe₃O₄), 황화 철(II)(FeS), 산화 망가니즈(II)(MnO), 황화 몰리브데넘(IV)(MoS₂), 산화 바나듐(II)(VO), 산화 바나듐(IV)(VO₂), 산화 텅스텐(IV)(WO₂), 산화 탄탈럼(V)(Ta₂O₅), 산화 타이타늄(TiO₂, Ti₂O₃, Ti₅O₉ 등), 산화 지르코늄(ZrO₂), 질화 실리콘(Si₃N₄), 질화 저마늄(Ge₃N₄), 산화 알루미늄(Al₂O₃), 타이타늄산 바륨(BaTiO₃), 셀레늄과 아연과 카드뮴의 화합물(CdZnSe), 인듐과 비소와 인의 화합물(InAsP), 카드뮴과 셀레늄과 황의 화합물(CdSeS), 카드뮴과 셀레늄과 텔루륨의 화합물(CdSeTe), 인듐과 갈륨과 비소의 화합물(InGaAs), 인듐과 갈륨과 셀레늄의 화합물(InGaSe), 인듐과 셀레늄과 황의 화합물(InSeS), 구리와 인듐과 황의 화합물(예를 들어, CuInS₂), 및 이들의 조합 등을 들 수 있지만, 이들에 한정되지 않는다. 또한 조성이 임의의 비율로 나타내어지는, 소위 합금형 양자 도트를 사용하여도 좋다. 예를 들어, CdS_xSe_{1-x}(x는 0 내지 1의 임의의 수)로 나타내어지는 합금형 양자 도트는 x의 비율을 변화시킴으로써 발광 파장을 바꿀 수 있으므로 청색 발광을 얻기 위해서는 유효한 수단 중 하나이다.

[0249] 양자 도트의 구조로서는, 코어형, 코어 쉘형, 코어 멀티셀형 등이 있고, 그 중 어느 것을 사용하여도 좋지만, 코어를 덮어 더 넓은 밴드 갭을 갖는 다른 무기 재료로 쉘을 형성함으로써, 나노 결정 표면에 존재하는 결함이나 맹글링 본드의 영향을 저감할 수 있다. 이에 의하여 발광의 양자 효율이 크게 개선되므로 코어 쉘형이나 코어 멀티셀형의 양자 도트를 사용하는 것이 바람직하다. 쉘의 재료의 예로서는 황화 아연(ZnS)이나 산화 아연(ZnO)을 들 수 있다.

[0250] 또한 양자 도트는 표면 원자의 비율이 높으므로 반응성이 높고, 응집이 일어나기 쉽다. 그러므로 양자 도트의 표면에는 보호제가 부착되어 있거나, 또는 보호기가 제공되어 있는 것이 바람직하다. 상기 보호제가 부착되어

있거나, 또는 보호기가 제공되어 있으면 응집을 방지할 수 있고, 용매의 용해성을 높일 수 있다. 또한 반응성을 저감시켜 전기적 안정성을 향상시킬 수도 있다. 보호제(또는 보호기)로서는, 폴리옥시에틸렌라우릴에터, 폴리옥시에틸렌스테아릴에터, 폴리옥시에틸렌올레일에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬에터류, 트라이프로필포스핀, 트라이부틸포스핀, 트라이헥실포스핀, 트라이옥틸포스핀 등의 트라이알킬포스핀류, 폴리옥시에틸렌n-옥틸페닐에터, 폴리옥시에틸렌n-노닐페닐에터 등의 폴리옥시에틸렌알킬페닐에터류, 트라이(n-헥실)아민, 트라이(n-옥틸)아민, 트라이(n-데실)아민 등의 제 3급 아민류, 트라이프로필포스핀옥사이드, 트라이부틸포스핀옥사이드, 트라이헥실포스핀옥사이드, 트라이옥틸포스핀옥사이드, 트라이데실포스핀옥사이드 등의 유기 인 화합물, 폴리에틸렌글라이콜다이라우레이트, 폴리에틸렌글라이콜다이스테아레이트 등의 폴리에틸렌글라이콜다이에스테르류, 또한 피리딘, 루티딘, 콜리딘, 퀴놀린류 등의 질소 함유 방향족 화합물 등의 유기 질소 화합물, 헥실아민, 옥틸아민, 데실아민, 도데실아민, 테트라데실아민, 헥사데실아민, 옥타데실아민 등의 아미노 알케인류, 다이부틸설파이드 등의 다이알킬설파이드류, 다이메틸설폭사이드나 다이부틸설폭사이드 등의 다이알킬설폭사이드류, 싸이오펜 등의 황 함유 방향족 화합물 등의 유기 황 화합물, 팔미틴산, 스테아르산, 올레산 등의 고급 지방산, 알코올류, 소르비탄 지방산 에스테르류, 지방산 변성 폴리에스테르류, 3급 아민 변성 폴리우레탄류, 폴리에틸렌이민류 등을 예로 들 수 있다.

[0251] 또한 양자 도트는 막대기 모양의 양자 도트인 양자 로드이어도 좋다. 양자 로드는 c축 방향으로 편광한 지향성을 갖는 빛을 나타내므로, 양자 로드를 발광 재료로서 사용함으로써 외부 양자 효율이 더 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다. 또한 페로브스카이트 구조의 양자 도트이어도 좋다.

[0252] 발광층의 발광 재료에 양자 도트를 사용하는 경우, 상기 발광층의 막 두께는 3nm 내지 100nm, 바람직하게는 10nm 내지 100nm로 하고, 발광층 중의 양자 도트의 함유율은 1volume% 내지 100volume%로 한다. 다만, 양자 도트만으로 발광층을 형성하는 것이 바람직하다. 또한 상기 양자 도트를 발광 재료로서 호스트로 분산시킨 발광층을 형성하는 경우에는, 호스트 재료에 양자 도트를 분산시키거나, 또는 호스트 재료와 양자 도트를 적당한 액상 매체에 용해 또는 분산시켜 웨트 프로세스(스핀 코팅법, 캐스트법, 다이 코팅법, 블레이드 코팅법, 롤 코팅법, 잉크젯법, 인쇄법, 스프레이 코팅법, 커튼 코팅법, 랭뮤어·블로드젯법 등)에 의하여 형성하면 좋다.

[0253] 웨트 프로세스에 사용하는 액상 매체로서는, 예를 들어 메틸에틸케톤, 사이클로헥사논 등의 케톤류, 아세트산 에틸 등의 지방산 에스테르류, 다이클로로벤젠 등의 할로젠화 탄화수소류, 톨루엔, 자일렌, 메시틸렌, 사이클로헥실벤젠 등의 방향족 탄화수소류, 사이클로헥세인, 데카린, 도데케인 등의 지방족 탄화수소류, 다이메틸폼아미드(DMF), 다이메틸설폭사이드(DMSO) 등의 유기 용매를 사용할 수 있다.

[0254] <<정공 주입층>>

[0255] 정공 주입층(111)은 한 쌍의 전극 중 한쪽(전극(101) 또는 전극(102))으로부터의 정공 주입의 장벽을 저감시킴으로써 정공 주입을 촉진하는 기능을 갖고, 예를 들어 전이 금속 산화물, 프탈로시아닌 유도체, 또는 방향족 아민 등으로 형성된다. 전이 금속 산화물로서는, 몰리브데넘 산화물이나 바나듐 산화물, 루테튬 산화물, 텅스텐 산화물, 망가니즈 산화물 등을 들 수 있다. 프탈로시아닌 유도체로서는 프탈로시아닌이나 금속 프탈로시아닌 등을 들 수 있다. 방향족 아민으로서는 벤지딘 유도체나 페닐렌다이아민 유도체 등을 들 수 있다. 폴리싸이오펜이나 폴리아닐린 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있고, 그 대표적인 예로서는 자기 도핑된 폴리싸이오펜인 폴리(에틸렌다이옥시싸이오펜)/폴리(스타이렌설폰산) 등을 들 수 있다.

[0256] 정공 주입층(111)으로서 정공 수송성 재료와 이에 대하여 전자 수용성을 나타내는 재료의 복합 재료를 갖는 층을 사용할 수도 있다. 또는 전자 수용성을 나타내는 재료를 포함하는 층과 정공 수송성 재료를 포함하는 층의 적층을 사용하여도 좋다. 이들 재료 사이에서는 정상(定常) 상태 또는 전계 존재 하에서 전하를 주고받을 수 있다. 전자 수용성을 나타내는 재료로서는 퀴노다이메테인 유도체나 클로라닐 유도체, 헥사아자트라이페닐렌 유도체 등의 유기 액셉터를 들 수 있다. 구체적으로는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐, 2,3,6,7,10,11-헥사시아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN) 등의 전자 흡인기(할로젠기나 사이아노기)를 갖는 화합물이다. 또한 전이 금속 산화물, 예를 들어 제 4족 내지 제 8족 금속의 산화물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 나이오븀, 산화 탄탈럼, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 산화 레늄 등이다. 이들 중에서도 산화 몰리브데넘은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉬워 바람직하다.

[0257] 정공 수송성 재료로서는 전자보다 정공의 수송성이 높은 재료를 사용할 수 있고, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 발광층(130)에 사용할 수 있는 정공 수송성 재료로서 든

방향족 아민, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 스틸벤 유도체 등을 사용할 수 있다. 또한 상기 정공 수송성 재료는 고분자 화합물이어도 좋다.

[0258] <<정공 수송층>>

[0259] 정공 수송층(112)은 정공 수송성 재료를 포함하는 층이고, 정공 주입층(111)의 재료로서 예시한 정공 수송성 재료를 사용할 수 있다. 정공 수송층(112)은 정공 주입층(111)에 주입된 정공을 발광층(130)으로 수송하는 기능을 가지므로 정공 주입층(111)의 최고준위 점유 분자궤도(Highest Occupied Molecular Orbital, HOMO라고도 함) 준위와 같거나, 또는 가까운 HOMO 준위를 갖는 것이 바람직하다.

[0260] 또한 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면 이들 이외의 물질을 사용하여도 좋다. 또한 정공 수송성이 높은 물질을 포함하는 층은 단층뿐만 아니라 상기 물질로 이루어지는 층이 2층 이상 적층되어도 좋다.

[0261] <<전자 수송층>>

[0262] 전자 수송층(118)은 전자 주입층(119)을 통하여 한 쌍의 전극 중 다른 쪽(전극(101) 또는 전극(102))으로부터 주입된 전자를 발광층(130)으로 수송하는 기능을 갖는다. 전자 수송성 재료로서는 정공보다 전자의 수송성이 높은 재료를 사용할 수 있고, $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 재료인 것이 바람직하다. 전자를 받기 쉬운 화합물(전자 수송성을 갖는 재료)로서는 질소 함유 헥테로 방향족 화합물과 같은 π 전자 부족형 헥테로 방향족 화합물이나 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 발광층(130)에 사용할 수 있는 전자 수송성 재료로서 든 퀴놀린 배위자, 벤조퀴놀린 배위자, 옥사졸 배위자, 또는 싸이아졸 배위자를 갖는 금속 착체, 옥사다이아졸 유도체, 트리아아졸 유도체, 페난트롤린 유도체, 피리딘 유도체, 바이피리딘 유도체, 피리미딘 유도체 등을 들 수 있다. 또한 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 전자 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 또한 정공보다 전자의 수송성이 높은 물질이라면 상기 이외의 물질을 전자 수송층으로서 사용하여도 좋다. 또한 전자 수송층(118)은 단층뿐만 아니라 상기 물질로 이루어지는 층이 2층 이상 적층되어도 좋다.

[0263] 또한 전자 수송층(118)과 발광층(130) 사이에 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층은 상술한 바와 같은 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 소량 첨가한 층이고, 전자 캐리어의 이동을 억제함으로써, 캐리어 밸런스를 조절할 수 있게 된다. 이와 같은 구성은 전자가 발광층을 통과하는 것으로 인하여 발생하는 문제(예를 들어 소자 수명의 저하)의 억제에 큰 효과를 발휘한다.

[0264] 또한 n형 화합물 반도체를 사용하여도 좋고, 예를 들어 산화 타이타늄(TiO_2), 산화 아연(ZnO), 산화 실리콘(SiO_2), 산화 주석(SnO_2), 산화 텅스텐(WO_3), 산화 탄탈럼(Ta_2O_3), 타이타늄산 바륨(BaTiO_3), 지르콘산 바륨(BaZrO_3), 산화 지르코늄(ZrO_2), 산화 하프늄(HfO_2), 산화 알루미늄(Al_2O_3), 산화 이트륨(Y_2O_3), 지르코늄 실리케이트(ZrSiO_4) 등의 산화물, 질화 실리콘(Si_3N_4)과 같은 질화물, 황화 카드뮴(CdS), 셀레늄화 아연(ZnSe) 및 황화 아연(ZnS) 등도 사용할 수 있다.

[0265] <<전자 주입층>>

[0266] 전자 주입층(119)은 전극(102)으로부터의 전자 주입의 장벽을 저감시킴으로써 전자 주입을 촉진하는 기능을 갖고, 예를 들어 제 1족 금속, 제 2족 금속, 또는 이들의 산화물, 할로젠화물, 탄산염 등을 사용할 수 있다. 또한 상술한 전자 수송성 재료와 이에 대하여 전자 공여성을 나타내는 재료의 복합 재료를 사용할 수도 있다. 전자 공여성을 나타내는 재료로서는 제 1족 금속, 제 2족 금속, 또는 이들의 산화물 등을 들 수 있다. 구체적으로는, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 소듐(NaF), 플루오린화 세슘(CsF), 플루오린화 칼슘(CaF_2), 리튬 산화물(LiOx) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 또한 플루오린화 어븀(ErF_3)과 같은 희토류 금속 화합물을 사용할 수 있다. 또한 전자 주입층(119)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 상기 전자화물로서는 예를 들어 칼슘과 알루미늄의 혼합 산화물에 전자를 고농도로 첨가한 물질 등을 들 수 있다. 또한 전자 수송층(118)에 사용할 수 있는 물질을 전자 주입층(119)에 사용하여도 좋다.

[0267] 또한 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합하여 이루어지는 복합 재료를 전자 주입층(119)에 사용하여도 좋다. 이와 같은 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에 전자가 발생하므로 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우, 유기 화합물로서는 발생한 전자의 수송에 뛰어난 재료인 것이 바람직하고, 구체적인

로는 예를 들어 상술한 전자 수송층(118)을 구성하는 물질(금속 착체나 헤테로 방향족 화합물 등)을 사용할 수 있다. 전자 공여체로서는 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질이라면 좋다. 구체적으로는 알칼리 금속이나 알칼리 토금속이나 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 소듐, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 어븀, 이터븀 등을 들 수 있다. 또한 알칼리 금속 산화물이나 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 바륨 산화물 등을 들 수 있다. 또한 산화 마그네슘과 같은 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 또한 테트라 싸이아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0268] 또한 상술한 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법, 그라비아 인쇄 등의 방법으로 형성할 수 있다. 또한 상술한 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 및 전자 주입층에는 상술한 재료 외에, 양자 도트 등의 무기 화합물이나, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등)을 사용하여도 좋다.

[0269] <<한 쌍의 전극>>

[0270] 전극(101) 및 전극(102)은 발광 소자의 양극 또는 음극으로서의 기능을 갖는다. 전극(101) 및 전극(102)은 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물이나 적층체 등을 사용하여 형성할 수 있다.

[0271] 전극(101) 및 전극(102) 중 한쪽은 광을 반사하는 기능을 갖는 도전성 재료로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 도전성 재료로서는 알루미늄(Al) 또는 Al을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. Al을 포함하는 합금으로서 Al과 L(L은 타이타늄(Ti), 네오디뮴(Nd), 니켈(Ni), 및 란타넘(La) 중 하나 또는 복수를 가리킴)을 포함하는 합금 등을 들 수 있고, 예를 들어 Al과 Ti, 또는 Al과 Ni와 La를 포함하는 합금 등이다. 알루미늄은 저항 값이 낮고 광의 반사율이 높다. 또한 알루미늄은 지각(地殼)에서의 존재량이 많고 저렴하므로, 알루미늄을 사용함으로써 발광 소자의 제작 비용을 저감할 수 있다. 또한 은(Ag) 또는 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), 또는 금(Au) 중 하나 또는 복수를 가리킴)을 포함하는 합금 등을 사용하여도 좋다. 은을 포함하는 합금으로서, 은과 팔라듐과 구리를 포함하는 합금, 은과 구리를 포함하는 합금, 은과 마그네슘을 포함하는 합금, 은과 니켈을 포함하는 합금, 은과 금을 포함하는 합금, 은과 이터븀을 포함하는 합금 등을 예로 들 수 있다. 그 외에, 텅스텐, 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 구리, 타이타늄 등의 전이 금속을 사용할 수 있다.

[0272] 또한 발광층으로부터 얻어지는 발광은 전극(101) 및 전극(102) 중 한쪽 또는 양쪽을 통하여 추출된다. 따라서, 전극(101) 및 전극(102) 중 적어도 한쪽은, 광을 투과하는 기능을 갖는 도전성 재료로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 도전성 재료로서는 가시광의 투과율이 40% 이상 100% 이하, 바람직하게는 60% 이상 100% 이하이고, 또한 그 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 도전성 재료를 들 수 있다.

[0273] 또한 전극(101) 및 전극(102)은 광을 투과하는 기능과 광을 반사하는 기능을 갖는 도전성 재료로 형성되어도 좋다. 상기 도전성 재료로서는 가시광의 반사율이 20% 이상 80% 이하, 바람직하게는 40% 이상 70% 이하이고, 또한 그 저항률이 $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 도전성 재료를 들 수 있다. 예를 들어 도전성을 갖는 금속, 합금, 도전성 화합물 등을 1종류 또는 복수 종류 사용하여 형성할 수 있다. 구체적으로는 예를 들어 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, 이하 ITO), 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(약칭: ITS0), 산화 인듐-산화 아연(Indium Zinc Oxide), 타이타늄을 함유한 산화 인듐-주석 산화물, 인듐-타이타늄 산화물, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 또한 광을 투과할 정도(바람직하게는 1nm 이상 30nm 이하의 두께)의 금속 박막을 사용할 수 있다. 금속으로서의 예를 들어 Ag, 또는 Ag와 Al, Ag와 Mg, Ag와 Au, Ag와 Yb 등의 합금 등을 사용할 수 있다.

[0274] 또한 본 명세서 등에서 광을 투과하는 기능을 갖는 재료는 가시광을 투과하는 기능을 갖고, 또한 도전성을 갖는 재료라면 좋고, 예를 들어 상술한 바와 같은 ITO로 대표되는 산화물 도전체에 더하여, 산화물 반도체, 또는 유기물을 포함하는 유기 도전체를 포함한다. 유기물을 포함하는 유기 도전체로서는 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합하여 이루어지는 복합 재료, 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터)를 혼합하여 이루어지는 복합 재료 등을 예로 들 수 있다. 또한 그래핀 등의 무기 탄소계 재료를 사용하여도 좋다. 또한 상기 재료의 저항률은 바람직하게는 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더 바람직하게는 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.

[0275] 또한 상술한 재료를 복수로 적층함으로써 전극(101) 및 전극(102) 중 한쪽 또는 양쪽을 형성하여도 좋다.

[0276] 또한 광 추출 효율을 향상시키기 위하여, 상기 전극보다 굴절률이 높은 재료를 광을 투과하는 기능을 갖는 전극

과 접하여 형성하여도 좋다. 이와 같은 재료로서는 가시광을 투과하는 기능을 갖는 재료라면 좋고, 도전성을 갖는 재료이어도 좋고 갖지 않는 재료이어도 좋다. 예를 들어 상술한 바와 같은 산화물 도전체에 더하여 산화물 반도체나 유기물을 들 수 있다. 유기물로서는 발광층, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 또는 전자 주입층에 사용할 수 있는 재료로서 예시한 재료를 예로 들 수 있다. 또한 무기 탄소계 재료나 광이 투과될 정도의 박막의 금속도 사용할 수 있다. 이들 물질들이 높은 재료를 사용하여, 수nm 내지 수십nm의 층을 복수로 적층시켜도 좋다.

[0277] 전극(101) 또는 전극(102)이 음극으로서의 기능을 갖는 경우에는 일함수가 작은(3.8eV 이하) 재료를 갖는 것이 바람직하다. 예를 들어 원소 주기율표의 제 1족 또는 제 2족에 속하는 원소(리튬, 소듐, 세슘 등의 알칼리 금속, 칼슘, 스트론튬 등의 알칼리 토금속, 마그네슘 등), 이들 원소를 포함하는 합금(예를 들어 Ag와 Mg, Al과 Li), 유로퓸(Eu), Yb 등의 희토류 금속, 이들 희토류 금속을 포함하는 합금, 알루미늄, 은을 포함하는 합금 등을 사용할 수 있다.

[0278] 또한 전극(101) 또는 전극(102)을 양극으로서 사용하는 경우, 일함수가 큰(4.0eV 이상) 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

[0279] 또한 전극(101) 및 전극(102)은 광을 반사하는 기능을 갖는 도전성 재료와, 광을 투과하는 기능을 갖는 도전성 재료의 적층이어도 좋다. 이 경우, 전극(101) 및 전극(102)은, 각 발광층으로부터의 소량의 광을 공진시켜, 이 과정의 광을 강하게 할 수 있도록 광학 거리를 조정하는 기능을 가질 수 있어 바람직하다.

[0280] 또한 전극(101) 및 전극(102)의 성막 방법은 스퍼터링법, 증착법, 인쇄법, 도포법, MBE(Molecular Beam Epitaxy)법, CVD법, 펄스레이저 퇴적법, ALD(Atomic Layer Deposition)법 등을 적절히 사용할 수 있다.

[0281] <<기관>>

[0282] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 유리, 플라스틱 등으로 이루어지는 기관 위에 제작하면 좋다. 기관 위에 제작하는 순서는 전극(101) 측으로부터 순차적으로 적층하여도 좋고, 전극(102) 측으로부터 순차적으로 적층하여도 좋다.

[0283] 또한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 형성할 수 있는 기관으로서의 예를 들어 유리, 석영, 또는 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 또한 가요성 기관을 사용하여도 좋다. 가요성 기관이란 휘 수 있는(플렉시블) 기관을 가리키고, 예를 들어 폴리카보네이트, 폴리아릴레이트로 이루어지는 플라스틱 기관 등을 들 수 있다. 또한 필름, 무기 증착 필름 등을 사용할 수도 있다. 또한 발광 소자 및 광학 소자의 제작 공정에서 지지체로서 기능한다면 이들 이외의 것이어도 좋다. 또는 발광 소자 및 광학 소자를 보호하는 기능을 갖는 것이라면 좋다.

[0284] 예를 들어 본 발명 등에서는 다양한 기관을 사용하여 발광 소자를 형성할 수 있다. 기관의 종류는 특별히 한정되지 않는다. 그 기관의 일례로서는 반도체 기관(예를 들어 단결정 기관 또는 실리콘 기관), SOI 기관, 유리 기관, 석영 기관, 플라스틱 기관, 금속 기관, 스테인리스·스틸 기관, 스테인리스·스틸·포일을 갖는 기관, 텅스텐 기관, 텅스텐·포일을 갖는 기관, 가요성 기관, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 또는 기재 필름 등이 있다. 유리 기관의 일례로서는 바륨보로실리케이트 유리, 알루미늄보로실리케이트 유리, 또는 소다 석회 유리 등이 있다. 가요성 기관, 접합 필름, 기재 필름 등의 일례로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다. 예를 들어 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르설폰(PES), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 대표되는 플라스틱이 있다. 또는 일례로서는 아크릴 등의 수지 등을 들 수 있다. 또는 일례로서 폴리프로필렌, 폴리에스터, 폴리플루오린화 바이닐, 또는 폴리염화 바이닐 등이 있다. 또는 일례로서 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 또는 종이류 등이 있다.

[0285] 또한 기관으로서 가요성 기관을 사용하고, 가요성 기관 위에 발광 소자를 직접 형성하여도 좋다. 또는 기관과 발광 소자 사이에 박리층을 제공하여도 좋다. 박리층은 그 위에 발광 소자를 부분적으로 또는 전체적으로 완성시킨 후에 기관으로부터 분리하고, 다른 기관으로 전재(轉載)하기 위하여 사용할 수 있다. 이때, 내열성이 떨어지는 기관이나 가요성 기관에도 발광 소자를 전재할 수 있다. 또한 상술한 박리층에는 예를 들어 텅스텐막과 산화 실리콘막의 무기막을 적층한 구성이나, 기관 위에 폴리이미드 등의 수지막이 형성된 구성 등을 사용할 수 있다.

[0286] 즉, 어떤 기관을 사용하여 발광 소자를 형성한 후에, 다른 기관으로 발광 소자를 전치하여 다른 기관 위에 발광 소자를 배치하여도 좋다. 발광 소자를 전치하는 기관의 일례로서는, 상술한 기관에 더하여 셀로판 기관, 석재 기관, 목재 기관, 직물 기관(천연 섬유(견(silk), 솜(cotton), 삼(hemp)), 합성 섬유(나일론, 폴리우레탄, 폴리에스터), 또는 재생 섬유(아세테이트, 큐프라, 레이온, 재생 폴리에스터) 등을 포함함), 피혁 기관, 또는 고무

기관 등을 들 수 있다. 이들 기관을 사용함으로써, 깨지기 어려운 발광 소자, 내열성이 높은 발광 소자, 경량화된 발광 소자, 또는 박형화된 발광 소자로 할 수 있다.

[0287] 또한 상술한 기관 위에 예를 들어 전계 효과 트랜지스터(FET)를 형성하고, FET와 전기적으로 접속된 전극 위에 발광 소자(150)를 제작하여도 좋다. 이에 의하여 FET에 의하여 발광 소자(150)의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형 표시 장치를 제작할 수 있다.

[0288] 이상, 본 실시형태에 나타난 구성은 다른 실시형태와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0289] (실시형태 4)

[0290] 본 실시형태에서는 실시형태 3에 나타난 발광 소자의 구성과 상이한 구성을 갖는 발광 소자 및 상기 발광 소자의 발광 기구에 대하여 도 3의 (A) 내지 (C)를 사용하여 아래에서 설명한다. 또한 도 3의 (A), 도 3의 (B)에서, 도 1의 (A) 내지 (C)에 나타난 부호와 같은 기능을 갖는 부분은 같은 해치 패턴으로 하고, 부호를 생략하는 경우가 있다. 또한 같은 기능을 갖는 부분에는 같은 부호를 붙이고, 그 상세한 설명은 생략하는 경우가 있다.

[0291] <발광 소자의 구성예 3>

[0292] 도 3의 (A)는 발광 소자(250)의 단면 모식도이다.

[0293] 도 3의 (A)에 도시된 발광 소자(250)는 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102)) 사이에 복수의 발광 유닛(발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110))을 갖는다. 복수의 발광 유닛 중 어느 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 도시된 EL층(100)과 같은 구성을 갖는 것이 바람직하다. 즉, 도 1의 (A)에 도시된 발광 소자(150)는 하나의 발광 유닛을 갖고, 발광 소자(250)는 복수의 발광 유닛을 갖는 것이 바람직하다. 또한 발광 소자(250)에서 전극(101)이 양극으로서 기능하고 전극(102)이 음극으로서 기능하는 것으로 하여 아래에서 설명하지만, 발광 소자(250)의 구성은 이 반대의 구성이어도 좋다.

[0294] 또한 도 3의 (A)에 도시된 발광 소자(250)에서 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110)이 적층되어 있고, 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110) 사이에는 전하 발생층(115)이 제공된다. 또한 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110)은 같은 구성이어도 상이한 구성이어도 좋다. 예를 들어 발광 유닛(110)에 EL층(100)과 같은 구성을 사용하는 것이 바람직하다.

[0295] 또한 발광 소자(250)는 발광층(120)과 발광층(170)을 갖는다. 또한 발광 유닛(106)은 발광층(170) 외에, 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 전자 수송층(113), 및 전자 주입층(114)을 갖는다. 또한 발광 유닛(110)은 발광층(120) 외에, 정공 주입층(116), 정공 수송층(117), 전자 수송층(118), 및 전자 주입층(119)을 갖는다.

[0296] 전하 발생층(115)은 정공 수송성 재료에 전자 수용체인 엑셉터성 물질이 첨가된 구성이어도 좋고, 전자 수송성 재료에 전자 공여체인 도너성 물질이 첨가된 구성이어도 좋다. 또한 이들의 양쪽의 구성이 적층되어 있어도 좋다.

[0297] 전하 발생층(115)에 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합 재료가 포함되는 경우, 상기 복합 재료에는 실시형태 3에 나타난 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 복합 재료를 사용하면 좋다. 유기 화합물로서는 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 또한 유기 화합물로서는 정공 이동도가 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상인 것을 적용하는 것이 바람직하다. 다만, 전자보다 정공의 수송성이 높은 물질이라면 이들 이외의 것을 사용하여도 좋다. 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합 재료는 캐리어 주입성, 캐리어 수송성이 우수하므로 저전압 구동, 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한 발광 유닛의 양극 측의 면이 전하 발생층(115)에 접하는 경우, 전하 발생층(115)이 상기 발광 유닛의 정공 주입층 또는 정공 수송층의 역할도 할 수 있으므로, 상기 발광 유닛에 정공 주입층 또는 정공 수송층을 제공하지 않는 구성으로 하여도 좋다. 또는 발광 유닛의 음극 측의 면이 전하 발생층(115)과 접하는 경우, 전하 발생층(115)이 상기 발광 유닛의 전자 주입층 또는 전자 수송층의 역할도 할 수 있으므로, 상기 발광 유닛에 전자 주입층 또는 전자 수송층을 제공하지 않는 구성으로 하여도 좋다.

[0298] 또한 전하 발생층(115)은 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 상이한 재료를 포함하는 층을 조합한 적층 구조로서 형성하여도 좋다. 예를 들어 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 전자 공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자 수송성이 높은 화합물을 포함하는 층을 조합하여 형성하여도 좋다. 또한 유기 화합물과 엑셉터성 물질의 복합 재료를 포함하는 층과, 투명 도전막을 포함하는

층을 조합하여 형성하여도 좋다.

- [0299] 또한 발광 유닛(106)과 발광 유닛(110) 사이에 끼워지는 전하 발생층(115)은 전극(101)과 전극(102)에 전압을 인가하였을 때, 한쪽 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 쪽 발광 유닛에 정공을 주입하는 것이라면 좋다. 예를 들어 도 3의 (A)에서 전극(101)의 전위가 전극(102)의 전위보다 높아지도록 전압을 인가한 경우, 전하 발생층(115)은 발광 유닛(106)에 전자를 주입하고 발광 유닛(110)에 정공을 주입한다.
- [0300] 또한 전하 발생층(115)은 광 추출 효율의 관점에서, 가시광에 대하여 투광성(구체적으로는 전하 발생층(115)에 대한 가시광의 투과율이 40% 이상)을 갖는 것이 바람직하다. 또한 전하 발생층(115)은 한 쌍의 전극(전극(101) 및 전극(102))보다 낮은 도전율이어도 기능한다.
- [0301] 상술한 재료를 사용하여 전하 발생층(115)을 형성함으로써 발광층이 적층된 경우의 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.
- [0302] 또한 도 3의 (A)에서는 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 설명하였지만 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 소자에 대해서도 마찬가지로 적용할 수 있다. 발광 소자(250)에 나타난 바와 같이 복수의 발광 유닛을 한 쌍의 전극 사이에 전하 발생층으로 칸을 막아 배치함으로써 전류 밀도를 낮게 유지한 채 고휘도 발광을 가능하게 하고 장수명의 발광 소자도 실현할 수 있다. 또한 소비전력이 낮은 발광 소자를 실현할 수 있다.
- [0303] 또한 상술한 각 구성에서, 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에 사용하는 게스트 재료가 나타내는 발광색은 서로 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에서 서로 같은 색의 광을 발하는 기능을 갖는 게스트 재료를 갖는 경우, 발광 소자(250)는 작은 전류값으로 높은 발광 휘도를 나타내는 발광 소자가 되어 바람직하다. 또한 발광 유닛(106) 및 발광 유닛(110)에서 서로 상이한 색의 광을 발하는 기능을 갖는 게스트 재료를 갖는 경우, 발광 소자(250)는 다색광을 발하는 발광 소자가 되어 바람직하다. 이 경우, 발광층(120) 및 발광층(170) 중 어느 한쪽 또는 양쪽에 발광 파장이 상이한 복수의 발광 재료를 사용함으로써, 발광 소자(250)가 나타내는 발광 스펙트럼은 상이한 발광 피크를 갖는 발광이 합성된 광이 되므로, 적어도 2개의 극대값을 갖는 발광 스펙트럼이 된다.
- [0304] 상술한 구성은 백색 발광을 얻기 위해서도 적합하다. 발광층(120) 및 발광층(170)의 광을 서로 보색의 관계로 함으로써 백색 발광을 얻을 수 있다. 특히, 연색성이 높은 백색 발광 또는 적어도 적색과 녹색과 청색을 갖는 발광이 되도록 게스트 재료를 선택하는 것이 바람직하다.
- [0305] 또한 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 소자의 경우, 각 발광 유닛에 사용하는 게스트 재료가 나타내는 발광색은 서로 같아도 좋고 상이하여도 좋다. 같은 색의 광을 발하는 발광 유닛을 복수로 갖는 경우, 이 복수의 발광 유닛이 나타내는 발광색은 그 외의 색과 비교하여 작은 전류값으로 높은 발광 휘도를 얻을 수 있다. 이와 같은 구성은 발광색의 조정에 적합하게 사용할 수 있다. 특히, 발광 효율이 상이하고, 또한 상이한 색의 광을 발하는 게스트 재료를 사용하는 경우에 적합하다. 예를 들어 3층의 발광 유닛을 갖는 경우, 같은 색의 형광 재료를 갖는 발광 유닛을 2층, 상기 형광 재료와 상이한 색의 광을 발하는 인광 재료를 갖는 발광 유닛을 1층으로 함으로써, 형광 발광과 인광 발광의 발광 강도를 조정할 수 있다. 즉, 발광 유닛의 개수에 따라 각 발광색의 강도를 조정할 수 있다.
- [0306] 또한 발광층(120) 및 발광층(170) 중 적어도 하나를 층상으로 더 분할하고, 상기 분할한 층마다 상이한 발광 재료를 포함하도록 하여도 좋다. 즉, 발광층(120) 및 발광층(170) 중 적어도 하나가 2층 이상의 복수층으로 구성될 수도 있다. 예를 들어 제 1 발광층과 제 2 발광층을 정공 수송층 측으로부터 순차적으로 적층하여 발광층으로 하는 경우, 제 1 발광층의 호스트 재료로서 정공 수송성을 갖는 재료를 사용하고, 제 2 발광층의 호스트 재료로서 전자 수송성을 갖는 재료를 사용하는 구성 등이 있다. 이 경우, 제 1 발광층과 제 2 발광층이 갖는 발광 재료는 같은 재료이어도 상이한 재료이어도 좋고, 같은 색의 광을 발하는 기능을 갖는 재료이어도 좋고, 상이한 색의 광을 발하는 기능을 갖는 재료이어도 좋다. 서로 상이한 색의 광을 발하는 기능을 갖는 복수의 발광 재료를 갖는 구성으로 함으로써, 3원색이나 4색 이상의 발광색으로 이루어지는 연색성이 높은 백색 발광을 얻을 수도 있다.
- [0307] 또한 발광 유닛(110)의 발광층이 인광성 화합물을 갖는 것이 바람직하다. 또한 복수의 유닛 중 적어도 하나의 유닛에 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 적용함으로써 신뢰성이나 발광 효율이 양호한 발광 소자를 제공할 수 있다.
- [0308] 또한 발광 유닛(110)이 갖는 발광층(120)은 도 3의 (B)에 도시된 바와 같이 호스트 재료(121)와 발광성 재료(122)를 갖는다. 또한 호스트 재료(121)는 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)을 갖는다. 또한 발광층

(120)이 갖는 발광성 재료(122)가 인광성 화합물인 경우에 대하여 아래에서 설명한다.

- [0309] <<발광층(120)의 발광 기구>>
- [0310] 다음으로 발광층(120)의 발광 기구 및 재료 구성에 대하여 아래에서 설명한다.
- [0311] 발광층(120)이 갖는 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)은 들뜬 복합체를 형성하는 것이 바람직하다.
- [0312] 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)의 조합은 서로 들뜬 복합체를 형성할 수 있는 조합이라면 좋지만, 한 쪽이 정공 수송성을 갖는 화합물이고, 다른 쪽이 전자 수송성을 갖는 화합물인 것이 더 바람직하다.
- [0313] 발광층(120)에서의 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)과 발광성 재료(122)의 에너지 준위의 상관관계를 도 3의 (C)에 도시하였다. 또한 도 3의 (C)에 나타낸 표기 및 부호는 다음과 같다.
- [0314] · Host(121_1): 유기 화합물(121_1)(호스트 재료)
- [0315] · Host(121_2): 유기 화합물(121_2)(호스트 재료)
- [0316] · Guest(122): 발광성 재료(122)(인광성 화합물)
- [0317] · S_{PH1}: 유기 화합물(121_1)(호스트 재료)의 S1 준위
- [0318] · T_{PH1}: 유기 화합물(121_1)(호스트 재료)의 T1 준위
- [0319] · S_{PH2}: 유기 화합물(121_2)(호스트 재료)의 S1 준위
- [0320] · T_{PH2}: 유기 화합물(121_2)(호스트 재료)의 T1 준위
- [0321] · T_{PG}: 발광성 재료(122)(인광성 화합물)의 T1 준위
- [0322] · S_{PE}: 들뜬 복합체의 S1 준위
- [0323] · T_{PE}: 들뜬 복합체의 T1 준위
- [0324] 유기 화합물(121_1) 및 유기 화합물(121_2)은 한쪽이 정공을 받고, 다른 쪽이 전자를 받음으로써 신속하게 들뜬 복합체를 형성한다(도 3의 (C)의 루트(E₃) 참조). 또는 한쪽이 들뜬 상태가 되면 신속하게 다른 쪽과 상호 작용함으로써 들뜬 복합체를 형성한다. 들뜬 복합체의 들뜬 에너지 준위(S_{PE} 또는 T_{PE})는 들뜬 복합체를 형성하는 호스트 재료(유기 화합물(121_1) 및 유기 화합물(121_2))의 S1 준위(S_{PH1} 및 S_{PH2})보다 낮게 되므로 더 낮은 들뜬 에너지로 호스트 재료(121)의 들뜬 상태를 형성할 수 있다. 이에 의하여 발광 소자의 구동 전압을 낮출 수 있다.
- [0325] 그리고 들뜬 복합체의 S_{PE}와 T_{PE} 양쪽의 에너지를 발광성 재료(122)(인광성 화합물)의 T1 준위로 이동시킴으로써 발광을 얻을 수 있다(도 3의 (C)의 루트(E₄) 및 루트(E₅) 참조).
- [0326] 또한 들뜬 복합체의 T1 준위(T_{PE})는 발광성 재료(122)의 T1 준위(T_{PG})보다 크고, 또한 들뜬 복합체를 형성하는 각 유기 화합물(유기 화합물(121_1) 및 유기 화합물(121_2))의 T1 준위(T_{PH1} 및 T_{PH2})와 동등하거나 더 작은 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써 생성된 들뜬 복합체의 단일항 들뜬 에너지 및 삼중항 들뜬 에너지를, 들뜬 복합체의 S1 준위(S_{PE}) 및 T1 준위(T_{PE})로부터 발광성 재료(122)의 T1 준위(T_{PG})로 효율적으로 에너지 이동할 수 있다.
- [0327] 또한 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)이 효율적으로 들뜬 복합체를 형성하기 위해서는 유기 화합물(121_1) 및 유기 화합물(121_2) 중 한쪽의 HOMO 준위가 다른 쪽의 HOMO 준위보다 높고, 한쪽의 LUMO 준위가 다른 쪽의 LUMO 준위보다 높은 것이 바람직하다.
- [0328] 또한 유기 화합물(121_1)과 유기 화합물(121_2)의 조합이 정공 수송성을 갖는 화합물과 전자 수송성을 갖는 화합물의 조합인 경우, 그 혼합비에 따라 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있게 된다. 구체적으로는 정공 수송성을 갖는 화합물:전자 수송성을 갖는 화합물=1:9 내지 9:1(중량비)의 범위인 것이 바람직하다. 또한 상기 구성을 가짐으로써 캐리어 밸런스를 쉽게 제어할 수 있으므로 캐리어 재결합 영역도 간편하게 제어할 수 있다.

- [0329] 또한 상술한 루트(E_3) 내지 루트(E_5)의 과정을 본 명세서 등에서 ExTET(Exciplex-Triplet Energy Transfer)라고 호칭하는 경우가 있다. 바꿔 말하면, 발광층(120)에서는 들뜬 복합체로부터 발광성 재료(122)로 들뜬 에너지가 공여된다. 또한 이 경우, T_{PE} 로부터 S_{PE} 로의 역항간 교차 효율이 반드시 높을 필요는 없고, S_{PE} 로부터의 발광 양자 수율이 높을 필요도 없으므로 재료를 폭넓게 선택할 수 있게 된다.
- [0330] ExTET를 이용함으로써 발광 효율이 높고 신뢰성이 좋은 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0331] 또한 본 실시형태에서는 설명을 위하여 발광층(120)이 1층인 경우를 예시하였지만 실시형태 1에서 나타난 발광 소자와 같이 복수의 발광층의 적층 구조이어도 좋다. 이 경우, 모든 인광 발광층에 ExTET를 적용하는 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써 발광 효율이 높고 신뢰성이 좋은 발광 소자를 얻을 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 유기 화합물(121_1) 또는 유기 화합물(121_2)로서 적합하게 사용할 수 있다.
- [0332] 이상, 본 실시형태에 나타난 구성은 다른 실시형태와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0333] (실시형태 5)
- [0334] 본 실시형태에서는 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 사용한 발광 장치에 대하여 도 4의 (A) 및 도 4의 (B)를 사용하여 설명한다.
- [0335] 도 4의 (A)는 발광 장치를 도시한 상면도이고, 도 4의 (B)는 도 4의 (A)를 A-B 및 C-D를 따라 절단한 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 소자의 발광을 제어하는 것으로서, 점선으로 나타난 구동 회로부(소스 측 구동 회로)(601), 화소부(602), 구동 회로부(게이트 측 구동 회로)(603)를 포함한다. 또한 도면에서 부호 604는 밀봉 기판, 부호 625는 건조재, 부호 605는 실재(sealing material)이고, 실재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)이다.
- [0336] 또한 리드 배선(608)은 소스 측 구동 회로(601) 및 게이트 측 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이며, 외부 입력 단자가 되는 FPC(Flexible Printed Circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클록 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 받는다. 또한 여기서는 FPC만을 도시하였지만, 이 FPC에 인쇄 배선 기판(PWB:Printed Wiring Board)이 장착되어도 좋다. 본 명세서에서는 발광 장치 본체뿐만 아니라 이에 FPC 또는 PWB가 장착된 상태도 발광 장치에 포함되는 것으로 한다.
- [0337] 다음으로 상기 발광 장치의 단면 구조에 대하여 도 4의 (B)를 사용하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있지만 여기서는 구동 회로부인 소스 측 구동 회로(601)와 화소부(602) 내의 하나의 화소가 도시되어 있다.
- [0338] 또한 소스 측 구동 회로(601)에는 n채널형 TFT(623)와 p채널형 TFT(624)를 조합한 CMOS 회로가 형성된다. 또한 구동 회로를 각종 CMOS 회로, PMOS 회로, NMOS 회로로 형성하여도 좋다. 또한 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내었지만 반드시 그렇게 할 필요는 없고, 기판 위가 아니라 외부에 구동 회로를 형성할 수도 있다.
- [0339] 또한 화소부(602)는 스위칭용 TFT(611)와 전류 제어용 TFT(612)와 그 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 화소에 의하여 형성된다. 또한 제 1 전극(613)의 단부를 덮어 절연물(614)이 형성되어 있다. 절연물(614)은 포지티브형의 감광성 수지막을 사용함으로써 형성할 수 있다.
- [0340] 또한 절연물(614) 위에 형성되는 막의 피복성을 양호하게 하기 위하여 절연물(614)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 면이 형성되도록 한다. 예를 들어 절연물(614)의 재료로서 감광성 아크릴을 사용한 경우, 절연물(614)의 상단부에만 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 상기 곡면의 곡률 반경은 $0.2\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다. 또한 절연물(614)로서 네거티브형의 감광 재료, 포지티브형의 감광 재료 중 어느 쪽이든 사용할 수 있다.
- [0341] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 각각 형성된다. 여기서 양극으로서 기능하는 제 1 전극(613)에 사용되는 재료로서는 일함수가 큰 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어 ITO막, 또는 실리콘을 함유한 인듐 주석 산화물막, 2wt% 이상 20wt% 이하의 산화 아연을 포함하는 산화 인듐막, 질화 타이타늄막, 크로뮴막, 텅스텐막, Zn막, Pt막 등의 단층막 외에, 질화 타이타늄과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과의 적층, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화 타이타늄막과의 3층 구조 등을 사용할 수 있다. 또한 적층 구조로 하면 배선으로서의 저항도 낮고, 양호한 옴 접촉(ohmic contact)이 얻어지고, 또한 양극으로서 기능시킬 수도 있다.

- [0342] 또한 EL층(616)은 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등 다양한 방법으로 형성된다. EL층(616)을 구성하는 재료는 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머를 포함함)이어도 좋다.
- [0343] 또한 EL층(616) 위에 형성되고, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(617)에 사용하는 재료로서는 일 함수가 작은 재료(Al, Mg, Li, Ca, 또는 이들의 합금이나 화합물, MgAg, MgIn, AlLi 등)를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 EL층(616)에서 생긴 광이 제 2 전극(617)을 투과하는 경우에는, 막 두께를 얇게 한 금속 박막과, 투명 도전막(ITO, 2wt% 이상 20wt% 이하의 산화 아연을 포함하는 산화 인듐, 실리콘을 함유한 인듐 주석 산화물, 산화 아연(ZnO) 등)의 적층을 제 2 전극(617)으로서 사용하는 것이 바람직하다.
- [0344] 또한 제 1 전극(613), EL층(616), 제 2 전극(617)에 의하여 발광 소자(618)가 형성되어 있다. 발광 소자(618)는 실시형태 3 및 실시형태 4의 구성을 갖는 발광 소자인 것이 바람직하다. 또한 화소부는 복수의 발광 소자가 형성되어 이루어져 있지만, 본 실시형태의 발광 장치는 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 구성을 갖는 발광 소자와, 그 외의 구성을 갖는 발광 소자의 양쪽 모두를 포함하여도 좋다.
- [0345] 또한 실재(605)로 밀봉 기관(604)을 소자 기관(610)과 접합함으로써 소자 기관(610), 밀봉 기관(604), 및 실재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공된 구조가 되어 있다. 또한 공간(607)에는 충전재가 충전되어 있고, 불활성 기체(질소나 아르곤 등)가 충전되는 경우 외에, 수지, 건조제, 또는 그 양쪽 모두로 충전되는 경우도 있다.
- [0346] 또한 실재(605)에는 에폭시계 수지나 글라스 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과시키지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한 밀봉 기관(604)에 사용하는 재료로서 유리 기관이나 석영 기관 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리에스터 또는 아크릴 등으로 이루어지는 플라스틱 기관을 사용할 수 있다.
- [0347] 상술한 바와 같이 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 사용한 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0348] <발광 장치의 구성예 1>
- [0349] 도 5에서는 발광 장치의 일례로서 백색 발광을 나타내는 발광 소자를 형성하고 착색층(컬러 필터)을 형성한 발광 장치의 예를 도시하였다.
- [0350] 도 5의 (A)에는 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006), 게이트 전극(1007), 게이트 전극(1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024W), 발광 소자의 제 1 전극(1024R), 발광 소자의 제 1 전극(1024G), 발광 소자의 제 1 전극(1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 실재(1032) 등이 도시되어 있다.
- [0351] 또한 도 5의 (A)에는 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))이 투명한 기재(1033)에 제공되어 있다. 또한 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)을 더 제공하여도 좋다. 착색층 및 흑색층이 제공된 투명한 기재(1033)는 위치를 맞추고 기관(1001)에 고정된다. 또한 착색층 및 흑색층은 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 또한 도 5의 (A)에서는 광이 착색층을 투과하지 않고 외부로 나가는 발광층과, 광이 각 색의 착색층을 투과하여 외부로 나가는 발광층이 있고, 착색층을 투과하지 않는 광이 백색이 되고, 착색층을 투과하는 광이 적색, 청색, 녹색이 되므로 4색의 화소로 영상을 표현할 수 있다.
- [0352] 도 5의 (B)에서는 적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B)을 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 형성하는 예를 도시하였다. 도 5의 (B)에 도시된 바와 같이 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.
- [0353] 또한 상술한 발광 장치는 TFT가 형성되어 있는 기관(1001) 측으로 광을 추출하는 구조(보텀 이미션형)의 발광 장치로 하였지만, 밀봉 기관(1031) 측으로 광을 추출하는 구조(탑 이미션형)의 발광 장치로 하여도 좋다.
- [0354] <발광 장치의 구성예 2>
- [0355] 탑 이미션형 발광 장치의 단면도를 도 6에 도시하였다. 이 경우, 기관(1001)으로서 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. TFT와 발광 소자의 양극을 접속하는 접속 전극을 제작할 때까지는 보텀 이미션형 발광 장치와 마찬가지로 형성한다. 그 후, 제 3 층간 절연막(1037)을 전극(1022)을 덮어 형성한다. 이 절연막이 평탄화하는 역할을 하여도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막(1021)과 같은 재료 외에, 다양한 다른 재료를 사용하여 형성할 수 있다.

- [0356] 발광 소자의 하부 전극(1025W), 하부 전극(1025R), 하부 전극(1025G), 하부 전극(1025B)은 여기서는 양극으로 하지만 음극이어도 좋다. 또한 도 6과 같은 톱 이미션형 발광 장치인 경우, 하부 전극(1025W), 하부 전극(1025R), 하부 전극(1025G), 하부 전극(1025B)을 반사 전극으로 하는 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(1029)은 광을 반사하는 기능과 광을 투과하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 또한 제 2 전극(1029)과 하부 전극(1025W), 하부 전극(1025R), 하부 전극(1025G), 하부 전극(1025B) 사이에서 마이크로캐비티 구조를 적용하여 특정 파장의 광을 증폭하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. EL층(1028)의 구성은 실시형태 2에서 설명한 바와 같은 구성으로 하고, 백색 발광을 얻을 수 있는 소자 구조로 한다.
- [0357] 도 5의 (A), 도 5의 (B), 도 6에서 백색 발광을 얻을 수 있는 EL층의 구성으로서는 발광층을 복수층 사용하는 것, 복수의 발광 유닛을 사용하는 것 등에 의하여 실현하면 좋다. 또한 백색 발광을 얻는 구성은 이에 한정되지 않는다.
- [0358] 도 6과 같은 톱 이미션 구조의 경우, 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))을 제공한 밀봉 기관(1031)으로 밀봉할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 흑색층(블랙 매트릭스)을 화소와 화소 사이에 위치하도록 제공하여도 좋다. 착색층(적색의 착색층(1034R), 녹색의 착색층(1034G), 청색의 착색층(1034B))이나 흑색층(블랙 매트릭스)은 오버코트층으로 덮여 있어도 좋다. 또한 밀봉 기관(1031)은 투광성을 갖는 기관을 사용한다.
- [0359] 또한 여기서는 적색, 녹색, 청색, 백색의 4색으로 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 나타내었지만 특별히 한정되는 것은 아니고, 적색, 녹색, 청색의 3색으로 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다. 또한 적색, 녹색, 청색, 황색의 4색으로 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.
- [0360] 상술한 바와 같이 실시형태 3 및 실시형태 4에서 설명한 발광 소자를 사용한 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0361] 또한 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0362] (실시형태 6)
- [0363] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 전자 기기에 대하여 설명한다.
- [0364] 본 발명의 일 형태에 의하여 평면을 갖고, 신뢰성이 높은 전자 기기를 제작할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에 의하여 곡면을 갖고, 신뢰성이 높은 전자 기기를 제작할 수 있다. 또한 본 발명의 일 형태에 의하여 가요성을 갖고, 신뢰성이 높은 전자 기기를 제작할 수 있다.
- [0365] 전자 기기로서는 예를 들어 텔레비전 장치, 데스크톱형 또는 노트북형의 퍼스널 컴퓨터, 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화기, 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 파чин코기 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다.
- [0366] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 장치는 외광의 강도에 상관없이 높은 시인성을 실현할 수 있다. 그러므로 휴대형 전자 기기, 장착형 전자 기기(웨어러블 기기), 및 전자 서적 단말기 등에 적합하게 사용할 수 있다.
- [0367] 도 7의 (A), (B)에 도시된 휴대 정보 단말기(900)는 하우징(901), 하우징(902), 표시부(903), 및 힌지부(905) 등을 갖는다.
- [0368] 하우징(901)과 하우징(902)은 힌지부(905)로 연결된다. 휴대 정보 단말기(900)는 접힌 상태(도 7의 (A) 참조)에서 도 7의 (B)에 도시된 바와 같이 펼칠 수 있다. 이에 의하여 휴대할 때는 가반성이 우수하고, 사용할 때는 큰 표시 영역에 의하여 시인성이 우수하다.
- [0369] 휴대 정보 단말기(900)에는 힌지부(905)에 의하여 연결된 하우징(901)과 하우징(902)에 걸쳐 플렉시블한 표시부(903)가 제공되어 있다.
- [0370] 본 발명의 일 형태를 사용하여 제작된 발광 장치를 표시부(903)에 사용할 수 있다. 이에 의하여 높은 수율로 휴대 정보 단말기를 제작할 수 있다.
- [0371] 표시부(903)는 문서 정보, 정지 화상, 및 동영상 등 중 적어도 하나를 표시할 수 있다. 표시부에 문서 정보를 표시시킬 경우, 휴대 정보 단말기(900)를 전자 서적 단말기로서 사용할 수 있다.
- [0372] 휴대 정보 단말기(900)를 펼치면 표시부(903)가 크게 만곡한 형태로 유지된다. 예를 들어 곡률 반경 1mm 이상 50mm 이하, 바람직하게는 5mm 이상 30mm 이하로 만곡한 부분을 포함하여 표시부(903)가 유지된다. 표시부(903)의 일부는 하우징(901)과 하우징(902)에 걸쳐 연속적으로 화소가 배치되어 있어 곡면상의 표시를 수행할 수

있다.

- [0373] 표시부(903)는 터치 패널로서 기능하고 손가락이나 스타일러스 등으로 조작할 수 있다.
- [0374] 표시부(903)는 하나의 플렉시블 디스플레이로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 이에 의하여 하우징(901)과 하우징(902) 사이에서 끊기지 않는 연속한 표시를 수행할 수 있다. 또한 하우징(901)과 하우징(902) 각각에 디스플레이가 제공되는 구성으로 하여도 좋다.
- [0375] 힌지부(905)는 휴대 정보 단말기(900)를 펼쳤을 때, 하우징(901)과 하우징(902) 사이의 각도가 소정의 각도보다 큰 각도가 되지 않도록 하는 잠금 기구를 갖는 것이 바람직하다. 예를 들어 잠금이 걸리는(그 이상으로 펼쳐지지 않게 하는) 각도는 90도 이상 180도 미만인 것이 바람직하고, 대표적으로는 90도, 120도, 135도, 150도, 또는 175도 등으로 할 수 있다. 이에 의하여 휴대 정보 단말기(900)의 편리성, 안전성, 및 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0376] 힌지부(905)가 잠금 기구를 가지면 표시부(903)에 무리한 힘이 가해지는 일이 없으므로 표시부(903)가 파손되는 것을 방지할 수 있다. 그러므로 신뢰성이 높은 휴대 정보 단말기를 실현할 수 있다.
- [0377] 하우징(901) 및 하우징(902)은 전원 버튼, 조작 버튼, 외부 접속 포트, 스피커, 마이크로폰 등을 가져도 좋다.
- [0378] 하우징(901) 및 하우징(902) 중 어느 한쪽에는 무선 통신 모듈이 제공되어 인터넷이나 LAN(Local Area Network), Wi-Fi(등록 상표) 등의 컴퓨터 네트워크를 통하여 데이터를 송수신할 수 있다.
- [0379] 도 7의 (C)에 도시된 휴대 정보 단말기(910)는 하우징(911), 표시부(912), 조작 버튼(913), 외부 접속 포트(914), 스피커(915), 마이크로폰(916), 카메라(917) 등을 갖는다.
- [0380] 본 발명의 일 형태를 사용하여 제작된 표시 장치를 표시부(912)에 사용할 수 있다. 이에 의하여 높은 수율로 휴대 정보 단말기를 제작할 수 있다.
- [0381] 휴대 정보 단말기(910)는 표시부(912)에 터치 센서가 제공된다. 전화를 걸거나 또는 문자를 입력하는 등의 각종 조작은 손가락이나 스타일러스 등으로 표시부(912)를 터치함으로써 수행할 수 있다.
- [0382] 또한 조작 버튼(913)의 조작에 의하여 전원의 ON, OFF 동작이나 표시부(912)에 표시되는 화상의 종류를 전환할 수 있다. 예를 들어 메일 작성 화면에서 메인 메뉴 화면으로 전환할 수 있다.
- [0383] 또한 휴대 정보 단말기(910) 내부에 자이로 센서 또는 가속도 센서 등의 검출 장치를 제공함으로써 휴대 정보 단말기(910)의 방향(세로인지 가로인지)을 판단하여 표시부(912)의 화면 표시의 방향을 자동적으로 전환할 수 있다. 또한 화면 표시의 방향의 전환은 표시부(912)를 터치하는 것, 조작 버튼(913)의 조작, 또는 마이크로폰(916)을 사용한 음성 입력 등에 의하여 수행할 수도 있다.
- [0384] 휴대 정보 단말기(910)는 예를 들어 전화기, 수첩, 또는 정보 열람 장치 등 중에서 선택된 하나 또는 복수의 기능을 갖는다. 구체적으로는 스마트폰으로서 사용할 수 있다. 휴대 정보 단말기(910)는 예를 들어 이동 전화, 전자 메일, 문장 열람 및 작성, 음악 재생, 동영상 재생, 인터넷 통신, 게임 등의 다양한 애플리케이션을 실행할 수 있다.
- [0385] 도 7의 (D)에 도시된 카메라(920)는 하우징(921), 표시부(922), 조작 버튼(923), 셔터 버튼(924) 등을 갖는다. 또한 카메라(920)에는 탈착 가능한 렌즈(926)가 장착되어 있다.
- [0386] 본 발명의 일 형태를 사용하여 제작된 발광 장치를 표시부(922)에 사용할 수 있다. 이에 의하여 높은 수율로 카메라를 제작할 수 있다.
- [0387] 여기서는 하우징(921)으로부터 렌즈(926)를 떼어 내서 교체할 수 있는 구성의 카메라(920)로 하였지만 렌즈(926)와 하우징(921)이 일체가 되어 있어도 좋다.
- [0388] 카메라(920)는 셔터 버튼(924)을 누름으로써 정지 화상 또는 동영상을 촬상할 수 있다. 또한 표시부(922)는 터치 패널로서의 기능을 갖고, 표시부(922)를 터치함으로써 촬상할 수도 있다.
- [0389] 또한 카메라(920)는 스트로브 장치나 뷰파인더 등을 별도로 장착할 수 있다. 또는 이들이 하우징(921)에 탑재되어 있어도 좋다.
- [0390] 도 8의 (A) 내지 (E)는 전자 기기를 나타낸 도면이다. 이들 전자 기기는 하우징(9000), 표시부(9001), 스피커(9003), 조작 키(9005)(전원 스위치 또는 조작 스위치를 포함함), 접속 단자(9006), 센서(9007)(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 포함하는 것), 마이크로폰(9008) 등을 갖는다.

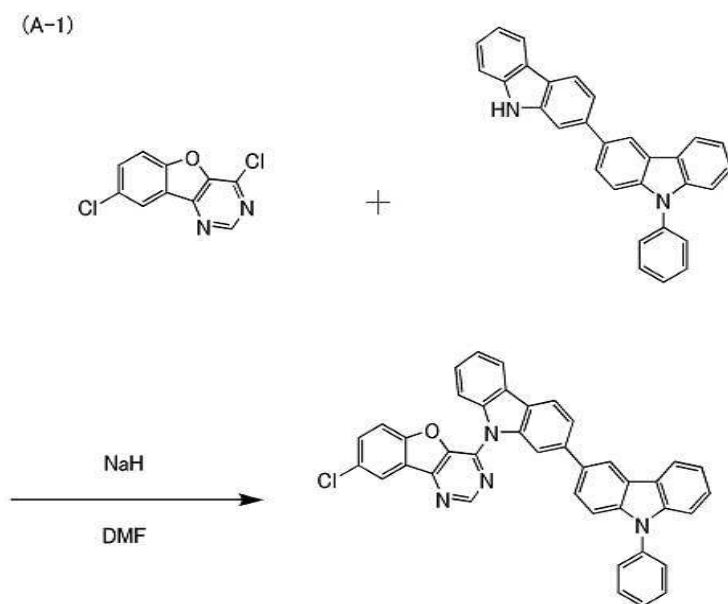
- [0391] 본 발명의 일 형태를 사용하여 제작된 발광 장치를 표시부(9001)에 적합하게 사용할 수 있다. 이에 의하여 높은 수율로 전자 기기를 제작할 수 있다.
- [0392] 도 8의 (A) 내지 (E)에 도시된 전자 기기는 다양한 기능을 가질 수 있다. 예를 들어 다양한 정보(정지 화상, 동영상, 텍스트 화상 등)를 표시부에 표시하는 기능, 터치 패널 기능, 달력, 날짜, 또는 시각 등을 표시하는 기능, 다양한 소프트웨어(프로그램)에 의하여 처리를 제어하는 기능, 무선 통신 기능, 무선 통신 기능을 사용하여 다양한 컴퓨터 네트워크에 접속하는 기능, 무선 통신 기능을 사용하여 다양한 데이터의 송신 또는 수신을 수행하는 기능, 기록 매체에 기록되어 있는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 표시부에 표시하는 기능 등을 가질 수 있다. 또한 도 8의 (A) 내지 (E)에 도시된 전자 기기가 갖는 기능은 이들에 한정되지 않고, 이들 외의 기능을 가져도 좋다.
- [0393] 도 8의 (A)는 손목시계형 휴대 정보 단말기(9200)를 도시한 사시도이고, 도 8의 (B)는 손목시계형 정보 단말기(9201)를 도시한 사시도이다.
- [0394] 도 8의 (A)에 도시된 휴대 정보 단말기(9200)는 이동 전화, 전자 메일, 문장 열람 및 작성, 음악 재생, 인터넷 통신, 컴퓨터 게임 등 다양한 애플리케이션을 실행할 수 있다. 또한 표시부(9001)는 그 표시면이 만곡되어 제공되고, 만곡된 표시면을 따라 표시를 수행할 수 있다. 또한 휴대 정보 단말기(9200)는 통신 규격된 근거리 무선 통신을 실행할 수 있다. 예를 들어 무선 통신 가능한 헤드셋과의 상호 통신에 의하여 핸즈프리 통화를 할 수 있다. 또한 휴대 정보 단말기(9200)는 접속 단자(9006)를 갖고, 커넥터를 통하여 다른 정보 단말기와 직접 데이터를 주고받을 수 있다. 또한 접속 단자(9006)를 통하여 충전을 수행할 수도 있다. 또한 충전 동작은 접속 단자(9006)를 통하지 않고, 무선 급전에 의하여 수행하여도 좋다.
- [0395] 도 8의 (B)에 도시된 휴대 정보 단말기(9201)는 도 8의 (A)에 도시된 휴대 정보 단말기와 달리 표시부(9001)의 표시면이 만곡되어 있지 않다. 또한 휴대 정보 단말기(9201)의 표시부의 외형이 비직사각형(도 8의 (B)에서는 원형)이다.
- [0396] 도 8의 (C) 내지 (E)는 접을 수 있는 휴대 정보 단말기(9202)를 도시한 사시도이다. 또한 도 8의 (C)가 휴대 정보 단말기(9202)를 펼친 상태의 사시도이고, 도 8의 (D)가 휴대 정보 단말기(9202)를 펼친 상태 또는 접은 상태의 한쪽으로부터 다른 쪽으로 변화하는 도중의 상태의 사시도이고, 도 8의 (E)가 휴대 정보 단말기(9202)를 접은 상태의 사시도이다.
- [0397] 휴대 정보 단말기(9202)는 접은 상태에서는 가반성이 우수하고, 펼친 상태에서는 이음매가 없는 넓은 표시 영역에 의하여 표시의 일람성이 우수하다. 휴대 정보 단말기(9202)가 갖는 표시부(9001)는 힌지(9055)에 의하여 연결된 3개의 하우징(9000)으로 지지되어 있다. 힌지(9055)를 이용하여 2개의 하우징(9000)의 사이를 굴곡시킴으로써 휴대 정보 단말기(9202)를 펼친 상태에서부터 접은 상태로 가역적으로 변형시킬 수 있다. 예를 들어 휴대 정보 단말기(9202)는 곡률 반경 1mm 이상 150mm 이하로 구부릴 수 있다.
- [0398] 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0399] (실시형태 7)
- [0400] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 다양한 조명 장치에 적용하는 일례에 대하여 도 9 및 도 10을 사용하여 설명한다.
- [0401] 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 가요성을 갖는 기판 위에 제작함으로써 곡면을 갖는 발광 영역을 갖는 전자 기기나 조명 장치를 실현할 수 있다.
- [0402] 또한 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 적용한 발광 장치는 자동차의 조명에도 적용할 수 있고, 예를 들어 앞유리, 천장 등에 조명을 제공할 수도 있다.
- [0403] 도 9의 (A)는 다기능 단말기(3500)의 한쪽 면의 사시도이고, 도 9의 (B)는 다기능 단말기(3500)의 다른 쪽 면의 사시도를 나타낸 것이다. 다기능 단말기(3500)는 하우징(3502)에 표시부(3504), 카메라(3506), 조명(3508) 등이 탑재되어 있다. 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 조명(3508)에 사용할 수 있다.
- [0404] 조명(3508)은 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 사용함으로써 면광원으로서 기능한다. 따라서, LED로 대표되는

점광원과 달리 지향성이 적은 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어 조명(3508)과 카메라(3506)를 조합하여 사용하는 경우, 조명(3508)을 점등 또는 점멸시켜 카메라(3506)에 의하여 촬상할 수 있다. 조명(3508)으로서는 면광원으로서의 기능을 가지므로 자연광 아래에서 촬영한 것 같은 사진을 촬영할 수 있다.

- [0405] 또한 도 9의 (A), (B)에 도시된 다기능 단말기(3500)는 도 7의 (A) 내지 (C)에 도시된 전자 기기와 마찬가지로 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0406] 또한 하우징(3502)의 내부에 스피커, 센서(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 포함하는 것), 마이크로폰 등을 가질 수 있다. 또한 다기능 단말기(3500)의 내부에, 자이로 센서, 가속도 센서 등의 기울기를 검출하는 센서를 갖는 검출 장치를 제공함으로써 다기능 단말기(3500)의 방향(세로인지 가로인지)을 판단하여 표시부(3504)의 화면 표시를 자동적으로 전환하도록 할 수 있다.
- [0407] 표시부(3504)는 이미지 센서로서 기능시킬 수도 있다. 예를 들어 표시부(3504)를 손바닥이나 손가락으로 터치하여 장문(掌紋), 지문(指紋) 등을 촬상함으로써 본인 인증을 할 수 있다. 또한 표시부(3504)에 근적외광을 발광하는 백라이트 또는 근적외광을 발광하는 센싱용 광원을 사용하면 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다. 또한 표시부(3504)에 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 적용하여도 좋다.
- [0408] 도 9의 (C)는 방법용 라이트(3600)의 사시도이다. 라이트(3600)는 하우징(3602)의 외측에 조명(3608)을 갖고, 하우징(3602)에는 스피커(3610) 등이 제공되어 있다. 본 발명의 일 형태의 발광 소자를 조명(3608)에 사용할 수 있다.
- [0409] 라이트(3600)로서는 예를 들어 조명(3608)을 켜거나, 잡거나, 또는 유지함으로써 발광할 수 있다. 또한 하우징(3602)의 내부에 라이트(3600)로부터의 발광 방법을 제어할 수 있는 전자 회로가 제공되어도 좋다. 상기 전자 회로로서는 예를 들어 1회 또는 간헐적으로 복수회의 발광을 가능하게 하는 회로로 하여도 좋고, 발광의 전류값을 제어함으로써 발광의 광량을 조절할 수 있는 회로로 하여도 좋다. 또한 조명(3608)의 발광과 동시에, 스피커(3610)로부터 대음량의 경보음이 출력되는 회로를 제공하여도 좋다.
- [0410] 라이트(3600)는 다양한 방향으로 발광할 수 있으므로 예를 들어 폭한(暴漢) 등에게 돌려 광 또는 광과 소리로 위협할 수 있다. 또한 라이트(3600)에 촬영 기능을 갖는 디지털 스틸 카메라 등의 카메라를 제공하여도 좋다.
- [0411] 도 10은 발광 소자를 실내의 조명 장치(8501)로서 사용한 예를 도시한 것이다. 또한 발광 소자는 대면적화도 가능하므로 대면적의 조명 장치를 형성할 수도 있다. 그 외에도 곡면을 갖는 하우징을 사용함으로써 발광 영역이 곡면을 갖는 조명 장치(8502)를 형성할 수도 있다. 본 실시형태에서 나타내는 발광 소자는 박막 형상이고, 하우징의 디자인 자유도가 높다. 따라서, 다양한 디자인을 고안한 조명 장치를 형성할 수 있다. 또한 실내의 벽면에 대형의 조명 장치(8503)를 제공하여도 좋다. 또한 조명 장치(8501), 조명 장치(8502), 조명 장치(8503)에 터치 센서를 제공하고, 전원의 온 또는 오프를 수행하여도 좋다.
- [0412] 또한 발광 소자를 테이블의 표면 측에 사용함으로써 테이블로서의 기능을 구비한 조명 장치(8504)로 할 수 있다. 또한 기타 가구의 일부에 발광 소자를 사용함으로써 가구로서의 기능을 구비한 조명 장치로 할 수 있다.
- [0413] 상술한 바와 같이 함으로써 본 발명의 일 형태의 발광 장치를 적용하여 조명 장치 및 전자 기기를 얻을 수 있다. 또한 적용할 수 있는 조명 장치 및 전자 기기는 본 실시형태에 나타난 것에 한정되지 않고, 모든 분야의 전자 기기에 적용할 수 있다.
- [0414] 또한 본 실시형태에서 설명한 구성은 다른 실시형태에서 설명하는 구성과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0415] (실시예 1)
- [0416] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태인 일반식(G0)으로 나타내어지는 화합물 중 하나인 8-(9H-카바졸-9-일)-4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8Cz-4PCCzBfpm-02)(구조식(100))의 합성 방법과 상기 화합물의 특성에 대하여 설명한다.
- [0417] <합성예 1>
- [0418] <단계 1: 8-클로로-4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘의 합성>
- [0419] 질소로 치환한 200mL 삼구 플라스크에 수소화 소듐(60%) 0.30g을 넣고, 교반하면서 N,N-다이메틸폼아마이드(약칭: DMF) 30mL를 적하하였다. 삼구 플라스크를 0℃까지 냉각(氷冷)하고, 9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸 1.8g과

DMF 15mL의 용액을 적하하여 첨가하고, 실온까지 승온하고 1시간 동안 교반하였다. 교반 후, 반응 용기를 0℃까지 냉각하고, 4,8-다이클로로[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 0.82g과 DMF 20mL의 용액을 적하하여 첨가하고, 실온까지 승온하고 20시간 동안 교반하였다. 얻어진 반응액을 얼음물에 넣고, 이것을 톨루엔으로 추출하고, 추출액을 포화 식염수로 세정한 다음에, 황산 마그네슘을 첨가하여 여과하였다. 얻어진 여과액의 용매를 증류하여 제거하였다. 얻어진 반응 혼합물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 전개 용매는 헥세인:톨루엔=1:1로부터 시작하여 서서히 톨루엔의 비율을 증가시켜 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축함으로써 목적물인 8-클로로-4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘의 황색 고체를 1.1g, 수율 45%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 식(A-1)으로 나타내었다.

[0420] [화학식 32]



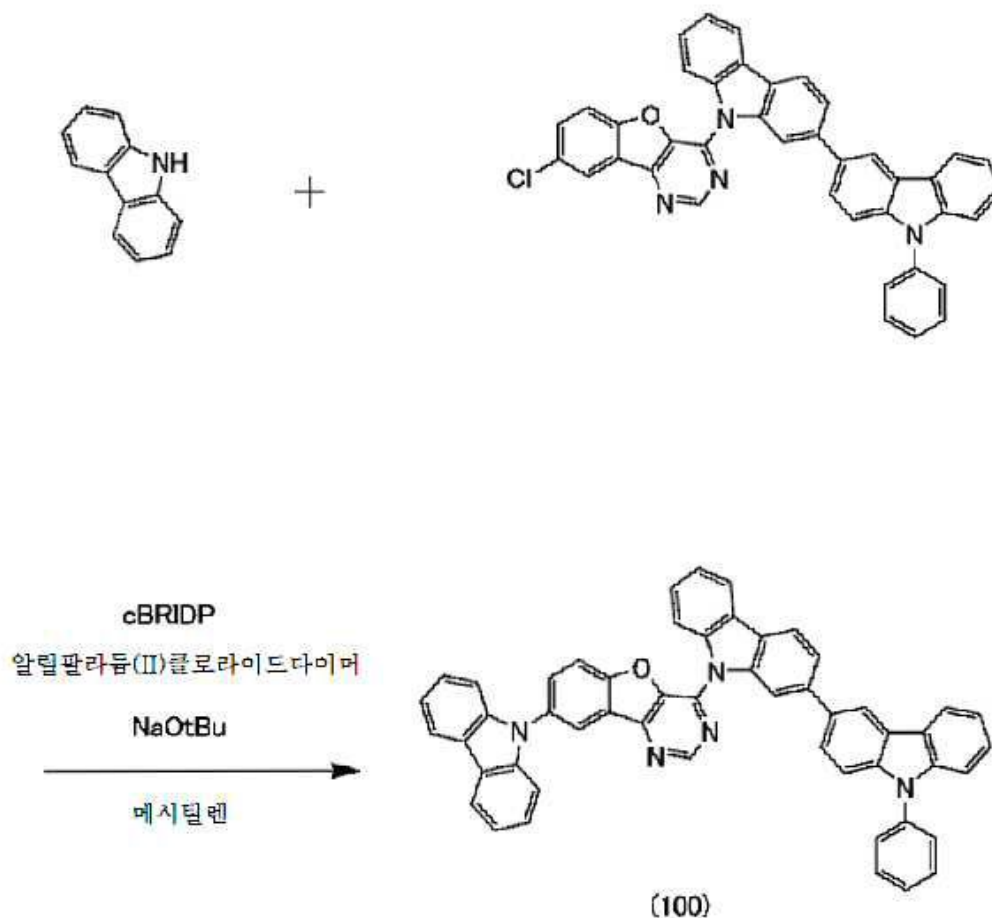
[0421]

[0422] <단계 2: 8-(9H-카바졸-9-일)-4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8Cz-4PCCzBfpm-02)의 합성>

[0423] 200mL 삼구 플라스크에 상기 단계 1에서 얻은 8-클로로-4-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 1.6g, 9H-카바졸 0.53g, 소듐-t-부톡사이드 0.61g, 메시틸렌 50mL를 첨가하고 플라스크 내를 질소 치환하고, 다이-tert-부틸(1-메틸-2,2-다이페닐사이클로프로필)포스핀(약칭: cBRIDP) 37mg, 알틸팔라듐(II)클로라이드다이머 10mg을 첨가하여 질소 기류하에서 160℃에서 4시간 동안 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물을 여과하고, 물, 그 다음에 에탄올을 사용하여 세정하고, 얻어진 잔류물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 전개 용매는 톨루엔만으로부터 시작하여 아세트산 에틸의 비율을 서서히 증가시켜 톨루엔:아세트산 에틸=10:1로 정제하였다. 얻어진 여과액을 농축함으로써 고체를 얻고, 이 고체를 톨루엔과 에탄올을 사용하여 재결정함으로써 목적물인 8Cz-4PCCzBfpm-02의 황색 고체를 0.98g, 수율 50%로 얻었다. 본 단계의 합성 스킴을 아래의 식(A-2)으로 나타내었다.

[0424] [화학식 33]

(A-2)



[0425]

[0426] 이 황색 고체 0.98g을 트레인 서블리메이션법으로 승화 정제하였다. 승화 정제 조건은 압력 2.6Pa, 아르곤 가스를 유량 5mL/min으로 흘리면서 330℃에서 황색 고체를 가열하였다. 승화 정제 후, 목적물인 갈색 고체를 0.68g, 회수율 69%로 얻었다.

[0427] 얻어진 고체의 핵자기 공명 분광법(^1H NMR)에 의한 분석 결과를 아래에 나타내었다.

[0428] ^1H -NMR δ (CDCl_3): 7.27-7.31(dt, 1H), 7.32-7.36(t, 2H), 7.42-7.51(m, 9H), 7.54-7.64(m, 5H), 7.77(d, 1H), 7.81(d, 1H), 7.90(d, 1H), 7.96-8.01(m, 2H), 8.15-8.22(m, 5H), 8.26(d, 1H), 8.42(1, 1H), 8.57(s, 1H), 9.33(s, 1H).

[0429] 또한 2.33, 7.13-7.17 및 7.23-7.26 부근의 피크는 톨루엔에서 유래한다.

[0430] 또한 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트를 도 11의 (A) 및 도 11의 (B)에 나타내었다. 또한 도 11의 (B)는 도 11의 (A) 중의 7.0ppm 내지 9.6ppm의 범위의 확대도이다. 측정 결과로부터 목적물인 8Cz-4PCCzBfpm-02가 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0431] <8Cz-4PCCzBfpm-02의 특성>

[0432] 다음으로 본 실시예에서 얻어진 8Cz-4PCCzBfpm-02를 액체 크로마토그래프 질량 분석(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 약칭: LC/MS 분석)에 의하여 분석하였다.

[0433] LC/MS 분석에서는 Ultimate3000(Thermo Fisher Scientific Inc. 제조)에 의하여 LC(액체 크로마토그래피) 분리를 수행하고, Q Exactive(Thermo Fisher Scientific Inc. 제조)에 의하여 MS 분석(질량 분석)을 수행하였다.

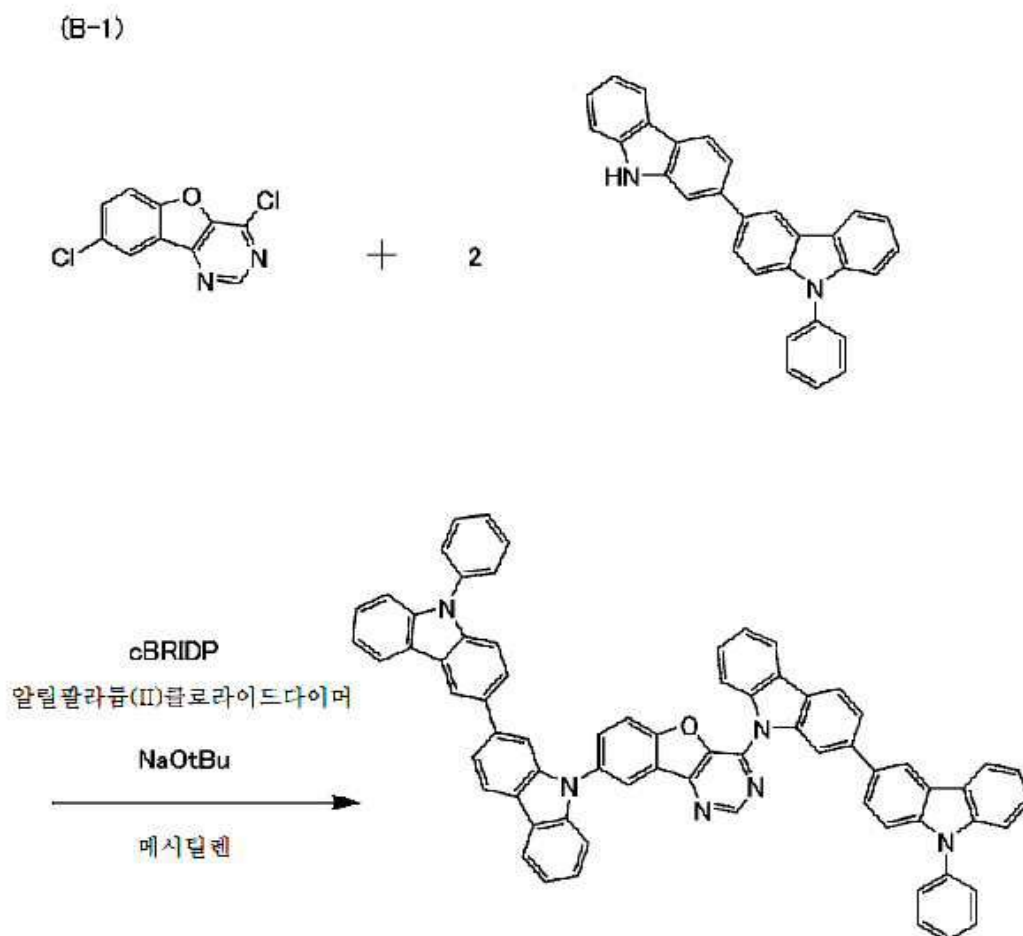
[0434] LC 분리에서는 임의의 칼럼을 사용하고, 칼럼 온도는 40℃로 하고, 송액(送液) 조건으로서 용매를 적절히 선택

하고, 샘플은 임의의 농도의 8Cz-4PCCzBfpm-02를 유기 용매에 용해시켜 조정하고, 주입량은 5.0 μ L로 하였다.

- [0435] MS 분석에서는 8Cz-4PCCzBfpm-02에서 유래하는 이온인 $m/z=741.25$ 의 성분을 Targeted-MS²법을 사용하여 측정하였다. Targeted-MS²의 설정은 질량 폭을 $\pm 4.0m/z$ 로 하고, 포지티브 모드로 검출하였다. 이온을 가속하는 에너지 NCE(Normalized Collision Energy)를 60으로 하여 측정하였다. 얻어진 MS 스펙트럼을 도 12에 나타내었다.
- [0436] 도 12의 결과로부터 8Cz-4PCCzBfpm-02는 주로 $m/z=715$, 665, 575, 548, 457, 434, 408, 330, 241, 166 부근에서 프로덕트 이온이 검출되는 것을 알 수 있었다. 또한 도 12에 나타낸 결과는 8Cz-4PCCzBfpm-02에서 유래하는 특징적인 결과를 나타낸 것이기 때문에 혼합물 중에 포함되는 8Cz-4PCCzBfpm-02를 분류하는 데 있어 중요한 데이터라고 할 수 있다.
- [0437] 또한 $m/z=715$ 부근의 프로덕트 이온은 8Cz-4PCCzBfpm-02에서 피리미딘 골격이 개열하여 나이트릴이 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, $m/z=548$ 부근의 프로덕트 이온은 카바졸릴기가 추가로 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, $m/z=458$ 부근의 프로덕트 이온은 벤조퓨란 골격이 추가로 개열하여 페놀이 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, $m/z=434$ 부근의 프로덕트 이온은 에틸기가 추가로 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, $m/z=408$ 부근의 프로덕트 이온은 나이트릴이 추가로 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, 8Cz-4PCCzBfpm-02가 카바졸릴기와 벤조퓨로피리미딘일기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.
- [0438] 또한 $m/z=665$ 부근의 프로덕트 이온은 8Cz-4PCCzBfpm-02에서 페닐기가 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, 8Cz-4PCCzBfpm-02가 페닐기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.
- [0439] 또한 $m/z=575$ 부근의 프로덕트 이온은 8Cz-4PCCzBfpm-02에서 카바졸이 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, 8Cz-4PCCzBfpm-02가 카바졸릴기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.
- [0440] 또한 $m/z=241$ 부근의 프로덕트 이온은 페닐카바졸기의 양이온인 것으로 추정되고, 8Cz-4PCCzBfpm-02가 페닐카바졸을 포함하는 것을 시사하는 것이다.
- [0441] 또한 $m/z=166$ 부근의 프로덕트 이온은 카바졸릴기의 양이온인 것으로 추정되고, 8Cz-4PCCzBfpm-02가 카바졸릴기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.
- [0442] 다음으로 톨루엔 용액 중의 8Cz-4PCCzBfpm-02의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 13에 나타내었다.
- [0443] 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조의 V550형)를 사용하였다. 톨루엔 용액 중의 8Cz-4PCCzBfpm-02의 흡수 스펙트럼은, 8Cz-4PCCzBfpm-02의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣고 측정하고, 이 흡수 스펙트럼으로부터 석영 셀을 사용하여 측정한 용매인 톨루엔의 흡수 스펙트럼을 뺀 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 발광 스펙트럼의 측정에는 PL-EL 측정 장치(Hamamatsu Photonics Corporation 제조)를 사용하였다. 톨루엔 용액 중에서의 8Cz-4PCCzBfpm-02의 발광 스펙트럼은 8Cz-4PCCzBfpm-02의 톨루엔 용액을 석영 셀에 넣고 측정하였다.
- [0444] 이에 의하여 8Cz-4PCCzBfpm-02의 톨루엔 용액 중에서의 흡수 피크 파장을 292nm, 302nm, 305nm, 327nm 부근, 및 366nm 부근에 갖고, 발광 피크 파장을 462nm 부근 및 481nm 부근(들뜬 파장 354nm)에 갖는 것을 알 수 있었다.
- [0445] (실시예 2)
- [0446] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 일반식(GO)으로 나타내어지는 화합물 중 하나인 4,8-비스(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4,8PCCz2Bfpm-02)(구조식(102))의 합성 방법과 상기 화합물의 특성에 대하여 설명한다.
- [0447] <합성예 2>
- [0448] <4,8-비스(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4,8PCCz2Bfpm-02)의 합성>
- [0449] 환류관을 장착한 200mL 삼구 플라스크에 4,8-다이클로로[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 1.0g, 9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸 3.8g, 소듐-t-부톡사이드 1.8g, 메시틸렌 130mL를 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하고, cBRIDP(약칭) 120mg, 알릴팔라듐(II)클로라이드다이머 31mg을 첨가하여 140℃에서 7시간 동안 가열 교반하였다. 얻어진 반응 혼합물로부터 용매를 증류하여 제거한 다음에, 농축한 반응 혼합물을 톨루엔에 용해하고, 셀라이트, 알루미늄,

셀라이트를 통하여 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축함으로써 목적물인 4,8PCCz2Bfpm-02의 황색 고체를 1.8g, 수율 41%로 얻었다. 본 단계의 합성 스킴을 아래의 식(B-1)으로 나타내었다.

[0450] [화학식 34]



이 황색 고체 1.8g을 트레인 서블리메이션법으로 승화 정제하였다. 승화 정제는 압력 8.2×10^{-3} Pa, 390℃의 조건으로 황색 고체를 가열하여 수행하였다. 승화 정제 후, 목적물인 갈색 고체를 0.67g, 회수율 37%로 얻었다.

얻어진 고체의 핵자기 공명 분광법(^1H NMR)에 의한 분석 결과를 아래에 나타내었다.

^1H -NMR δ (TCE- d_2): 7.22-7.26(m, 2H), 7.36-7.61(m, 21H), 7.68-7.73(m, 3H), 7.77(d, 1H), 7.81(d, 1H), 7.88(d, 1H), 8.01-8.05(t, 2H), 8.11(d, 1H), 8.14(d, 1H), 8.20-8.29(m, 5H), 8.35(s, 1H), 8.42(s, 1H), 8.65(s, 1H), 9.33(s, 1H).

또한 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트를 도 14의 (A) 및 도 14의 (B)에 나타내었다. 또한 도 14의 (B)는 도 14의 (A) 중의 7.0ppm 내지 9.6ppm의 범위의 확대도이다. 측정 결과로부터 목적물인 4,8PCCz2Bfpm-02가 얻어진 것을 알 수 있었다.

<4,8PCCz2Bfpm-02의 특성>

다음으로 본 실시예에서 얻어진 4,8PCCz2Bfpm-02를 LC/MS 분석에 의하여 분석하였다. 이 결과를 도 15에 나타내었다. 또한 분석 방법은 상술한 실시예와 마찬가지로이다. $m/z=987.34$ 의 성분을 Targeted- MS^2 법을 사용하여 측정하였다.

도 15의 결과로부터 4,8PCCz2Bfpm-02는 주로 $m/z=906$, 575, 548, 434, 408 부근에 프로덕트 이온이 검출되는 것을 알 수 있었다. 또한 도 15에 나타낸 결과는 4,8PCCz2Bfpm-02에서 유래하는 특징적인 결과를 나타내는 것

이기 때문에 혼합물 중에 포함되는 4,8PCCz2Bfpm-02를 분류하는 데 있어 중요한 데이터라고 할 수 있다.

[0459] 또한 $m/z=905$ 부근의 프로덕트 이온은 4,8PCCz2Bfpm-02에서 페닐기가 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, $m/z=575$ 부근의 프로덕트 이온은 바이카바졸릴기가 이탈됨으로써 더 생성된 양이온인 것으로 추정되고, 4,8PCCz2Bfpm-02가 페닐바이카바졸릴기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.

[0460] 또한 $m/z=434$ 부근의 프로덕트 이온은 $m/z=575$ 부근의 프로덕트 이온에서 벤조퓨로피리미진 골격도 개열하여 벤조퓨란일기와 사이아노기가 이탈됨으로써 생성된 양이온인 것으로 추정되고, 4,8PCCz2Bfpm-02가 벤조퓨로피리미진 골격을 포함하는 것을 시사하는 것이다.

[0461] 또한 $m/z=408$ 부근의 프로덕트 이온은 페닐바이카바졸릴기의 양이온인 것으로 추정되고, 4,8PCCz2Bfpm-02가 페닐바이카바졸릴기를 포함하는 것을 시사하는 것이다.

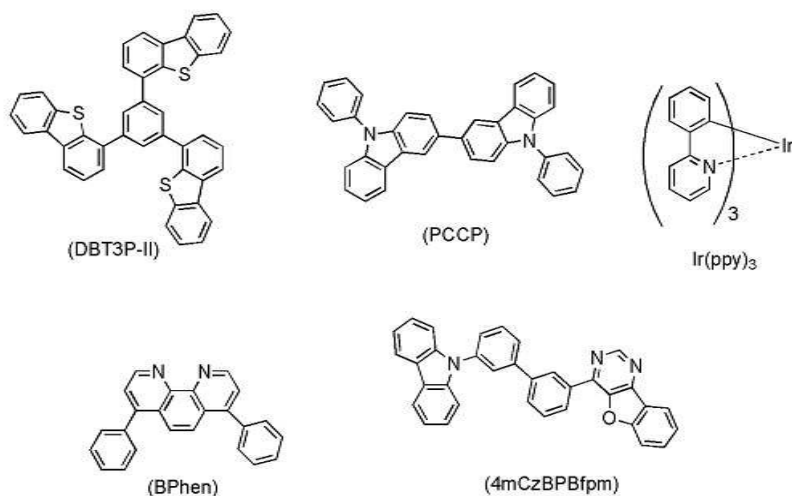
[0462] 다음으로 톨루엔 용액 중의 4,8PCCz2Bfpm-02의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 16에 나타내었다. 또한 측정 방법은 상술한 실시예와 마찬가지로이다.

[0463] 도 16으로부터 4,8PCCz2Bfpm-02의 톨루엔 용액 중에서의 흡수 피크 파장을 282nm, 302nm 부근, 및 321nm 부근에 갖고, 발광 피크 파장을 473nm 부근(들뜬 파장 344nm)에 갖는 것을 알 수 있었다.

[0464] (실시예 3)

[0465] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자의 제작예와 상기 발광 소자의 특성에 대하여 설명한다. 또한 비교 발광 소자 2도 함께 제작하였다. 본 실시예에서 제작한 소자 구조의 단면도는 도 1의 (A)와 마찬가지로이다. 또한 소자 구조의 상세한 사항을 표 1에 나타내었다. 또한 사용한 화합물의 구조와 약칭을 아래에 나타내었다. 또한 기타 유기 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조하면 좋다.

[0466] [화학식 35]



[0467]

[0468] [표 1]

	층	부호	막 두께 (nm)	재료	중량비
발광 소자 1	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	15	8Cz-4PCCzBfPm-02	-
	발광층	130	40	8Cz-4PCCzBfPm-02:Ir(ppy) ₃	0.9:0.1
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	50	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
비교 발광 소자 2	전극	101	70	ITSO	-
	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	10	BPhen	-
		118(1)	15	4mCzBPBfpm	-
	발광층	130	40	4mCzBPBfpm:Ir(ppy) ₃	0.9:0.1
	정공 수송층	112	20	PCCP	-
	정공 주입층	111	50	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITSO	-

[0469]

[0470] <<발광 소자 1의 제작>>

[0471] 전극(101)으로서 ITSO막을 두께가 70nm가 되도록 기판(200) 위에 형성하였다. 또한 전극(101)의 전극 면적은 $4\text{mm}^2 (2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.

[0472] 다음으로 정공 주입층(111)으로서 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II)과 산화 몰리브데넘(MoO₃)을 중량비(DBT3P-II:MoO₃)가 1:0.5이고, 또한 두께가 50nm가 되도록 전극(101) 위에 공증착하였다.

[0473] 다음으로 정공 수송층(112)으로서 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP)을 두께 20nm가 되도록 정공 주입층(111) 위에 증착하였다.

[0474] 다음으로 발광층(130)으로서 8Cz-4PCCzBfpm-02와 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃)을 중량비(8Cz-4PCCzBfpm-02:Ir(ppy)₃)가 0.9:0.1이 되고, 또한 두께가 40nm가 되도록 정공 수송층(112) 위에 공증착하였다. 또한 발광층(130)에서 Ir(ppy)₃이 인광 발광을 나타내는 게스트 재료이다.

[0475] 다음으로 전자 수송층(118)으로서 8Cz-4PCCzBfpm-02를 두께가 15nm가 되고, 또한 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께가 10nm가 되도록 순차적으로 발광층(130) 위에 증착하였다. 다음으로 전자 주입층(119)으로서 LiF를 두께 1nm가 되도록 전자 수송층(118) 위에 증착하였다.

[0476] 다음으로 전극(102)으로서 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 전자 주입층(119) 위에 형성하였다.

[0477] 다음으로 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 유기 EL용 실재를 사용하여 밀봉하기 위한 기판(220)을, 유기 재료를 형성한 기판(200)에 고정함으로써, 발광 소자 1을 밀봉하였다. 구체적으로는 기판(200)에 형성한 유기 재료의 주위에 실재를 도포하여 상기 기판(200)과 기판(220)을 접합하고, 파장이 365nm의 자외광을 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 조사하고, 80℃에서 1시간 동안 가열 처리를 수행하였다. 상술한 공정으로 발광 소자 1을 얻었다.

[0478] <<비교 발광 소자 2의 제작 >>

[0479] 비교 발광 소자 2는 발광층(130) 및 전자 수송층(118)의 형성 공정만 상술한 발광 소자 1과 상이하고, 그 외의 공정은 발광 소자 1과 같게 하였다.

[0480] 비교 발광 소자의 발광층(130)으로서 4-{3-[3'-(9H-카바졸-9-일)]바이페닐-3-일}벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4mCzBPBfpm)과 Ir(ppy)₃을 중량비(4mCzBPBfpm:Ir(ppy)₃)가 0.9:0.1이 되고, 또한 두께가 40nm가 되도록 정공 수

송층(112) 위에 공증착하였다. 또한 발광층(130)에서 Ir(ppy)₃이 인광 발광을 나타내는 게스트 재료이다.

[0481] 다음으로 전자 수송층(118)으로서 4mCzBPBfpm을 두께가 15nm가 되고, 또한 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 두께가 10nm가 되도록 순차적으로 발광층(130) 위에 증착하였다.

[0482] <발광 소자의 특성>

[0483] 제작한 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 2의 전류 효율-휘도 특성을 도 17에 나타내었다. 또한 휘도-전압 특성을 도 18에 나타내었다. 또한 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 19에 나타내었다. 또한 각 발광 소자의 측정은 실온(23℃에서 유지된 분위기)에서 수행하였다. 또한 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 2에 각각 2.5mA/cm²의 전류 밀도로 전류를 흘렸을 때의 전계 발광 스펙트럼을 도 20에 나타내었다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0484] 또한 1000cd/m² 부근에서의 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 2의 소자 특성을 표 2에 나타내었다.

[0485] [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	3.4	1.59	(0.31, 0.64)	1117	70	64	19
비교 발광 소자 2	2.6	1.16	(0.31, 0.64)	1075	93	112	26

[0486]

[0487] 도 17 내지 19 및 표 2에 나타낸 바와 같이 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 2는 높은 전류 효율 및 외부 양자 효율을 나타내었다. 또한 고휘도 측에서도 효율의 저하(roll-off)가 적은 우수한 결과를 나타내었다.

[0488] 또한 도 20에 나타낸 바와 같이 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 2는 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장이 각각 519nm, 513nm이고, 반값전폭이 각각 69nm인 녹색 발광을 나타내었다. 얻어진 발광 스펙트럼으로부터 게스트 재료인 Ir(ppy)₃으로부터의 발광인 것을 알 수 있다.

[0489] <발광 소자의 신뢰성>

[0490] 다음으로 발광 소자 1, 비교 발광 소자 2의 2mA에서의 정전류 구동 시험을 수행하였다. 그 결과를 도 21에 나타내었다. 도 21에서 알 수 있는 바와 같이 발광 소자 1의 휘도 반감 수명은 비교 발광 소자 2의 휘도 반감 수명과 비교하여 2배 정도 향상된 것을 알 수 있었다. 이것은 본 발명의 일 형태의 8Cz-4PCCzBfpm-02는 축합 고리 중 하나인 카바졸 골격을 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 6위 내지 9위에 가지므로 전기 화학적인 안정성이 높기 때문이다.

[0491] (실시예 4)

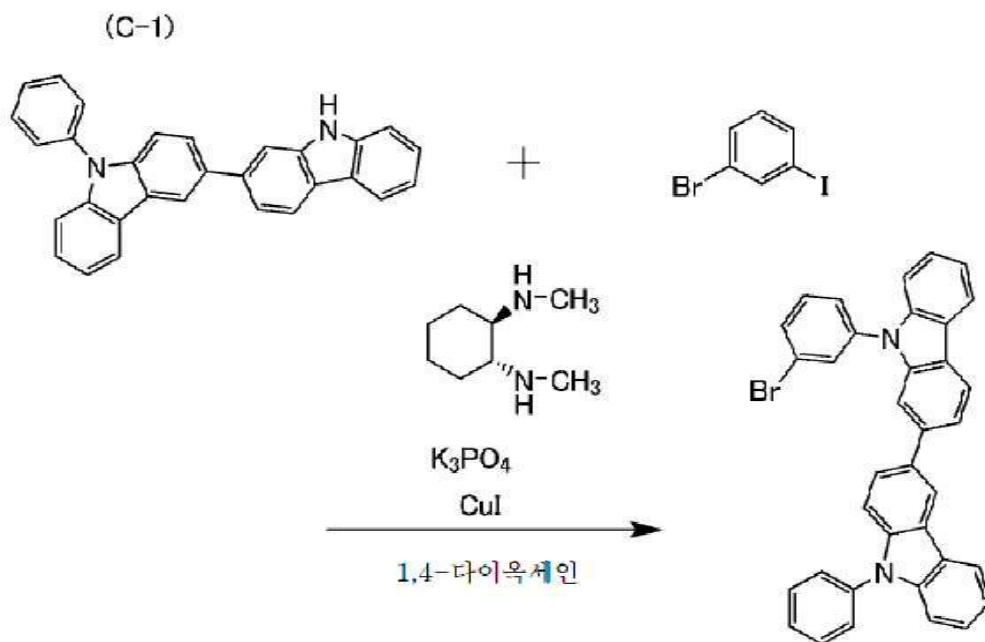
[0492] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 일반식(G0)으로 나타내어지는 화합물 중 하나인 8-(9H-카바졸-9-일)-4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 8Cz-4mPCCzPBfpm)(구조식(104))의 합성 방법과 상기 화합물의 특성에 대하여 설명한다.

[0493] <합성예 3>

[0494] <단계 1: 9-(3-브로모페닐)-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸의 합성>

[0495] 9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸 16g, 3-브로모요오도벤젠 14g, 인산 삼포타슘 12g을 500mL 삼구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 여기에 1,4-다이옥세인 190mL, trans-1,2-다이하미노사이클로헥세인 0.65g, 아이오드화 구리(I) 0.54g을 첨가하여 질소 기류하에서 120℃에서 8시간 동안 가열하였다. 또한 인산 삼포타슘 3.0g, trans-1,2-다이하미노사이클로헥세인 0.16g, 아이오드화 구리(I) 0.13g을 첨가하여 질소 기류하에서 120℃에서 14시간 동안 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물에 물과 에탄올을 첨가하여 여과하였다. 여과액을 톨루엔으로 추출하고, 추출액을 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘을 첨가하여 여과하였다. 여과액의 용매를 증류하여 제거하고 잔류물을 열 톨루엔에 용해시켰다. 이것을 톨루엔:헥세인=1:2를 전개 용매로 한 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제함으로써 목적물인 담황색 고체를 16g, 수율 72%로 얻었다. 단계 1의 합성 스킴을 아래의 식(C-1)으로 나타내었다.

[0496] [화학식 36]

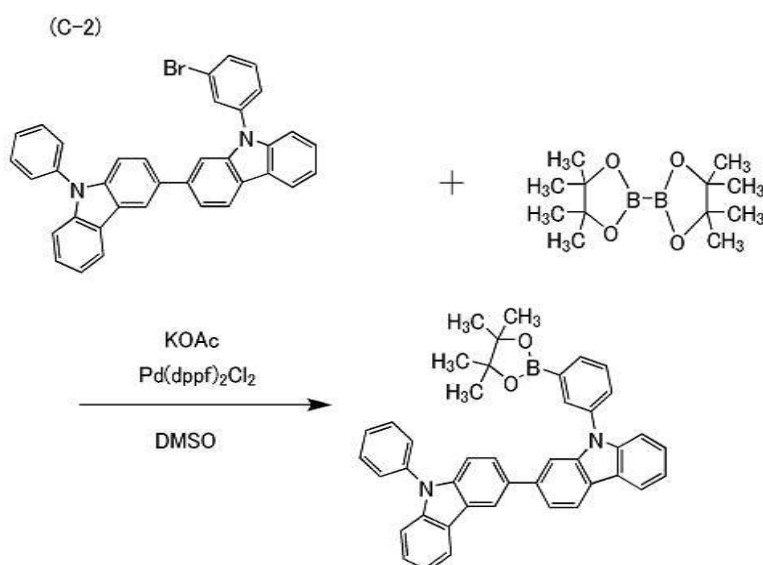


[0497]

[0498] <단계 2: 9-[3-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤레인-2-일)페닐]-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸의 합성>

[0499] 다음으로 상술한 단계 1에서 얻은 9-(3-브로모페닐)-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸 16g, 비스(피나콜레이토)다이보론 9.1g, 아세트산 포타슘 9.1g을 500mL 삼구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 여기에 다이메틸설폭사이드(약칭: DMSO) 150mL, [1,1'-비스(다이페닐포스포노)페로센]다이클로로팔라듐(II)(약칭: Pd(dppf)₂Cl₂) 1.1g을 첨가하여 110℃에서 13시간 동안 가열 교반하였다. 얻어진 반응 혼합물에 물을 첨가하여 여과하였다. 여과액을 톨루엔으로 추출하고, 추출액을 포화 식염수로 세정하고 황산 마그네슘을 첨가하여 여과하였다. 얻어진 여과액의 용매를 증류하여 제거하고, 잔류물을 중성 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 전개 용매는 톨루엔:헥세인=1:10으로부터 서서히 톨루엔의 비율을 높임으로써 정제하였다. 얻어진 프랙션의 용매를 증류하여 제거한 다음에, 얻어진 고체를 톨루엔과 헥세인의 혼합 용매를 사용하여 재결정함으로써 목적물인 담황색 고체를 9.7g, 수율 58%로 얻었다. 단계 2의 합성 스킴을 아래의 식(C-2)으로 나타내었다.

[0500] [화학식 37]



[0501]

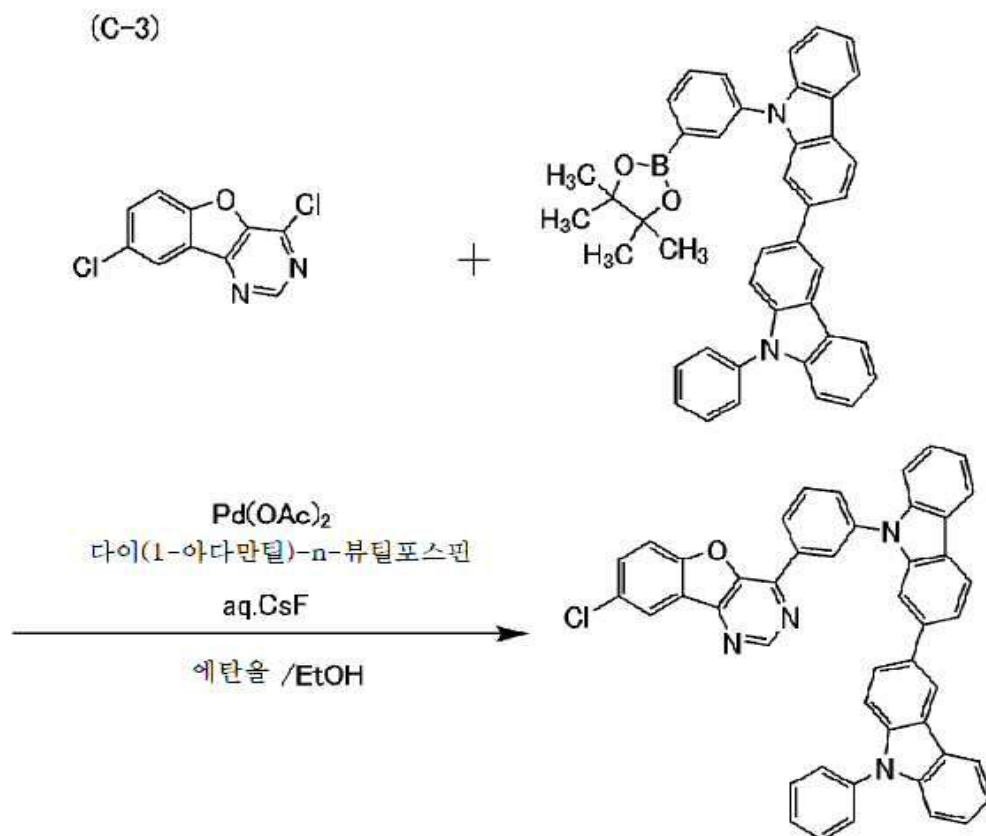
[0502] <단계 3: 8-클로로-4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘의 합성>

[0503]

다음으로 4,8-다이클로로[1]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 1.1g, 상술한 단계 2에서 얻은 9-[3-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤레인-2-일)페닐]-9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸 3.7g, 2M 플루오린화 세슘 수용액 1.7g, 톨루엔 50mL, 에탄올 5mL를 100mL 삼구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하고, 아세트산 팔라듐(II) 21mg, 다이(1-아다만틸)-n-부틸포스핀 67mg을 첨가하여 90℃에서 21시간 동안 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물에 물, 에탄올을 넣고 여과하여 여과물을 에탄올로 세정하였다. 이 여과물을 중성 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 전개 용매는 톨루엔에 서서히 아세트산 에틸을 첨가하여 최종적으로 톨루엔:아세트산 에틸=1:10으로 함으로써 정제하였다. 얻어진 프랙션을 건고시킴으로써 목적물인 담황색 고체를 1.9g, 수율 59%로 얻었다. 또한 추가로 같은 합성 방법으로 목적물인 담황색 고체를 1g 합성하였다. 단계 3의 합성 스킴을 아래의 식(C-3)으로 나타내었다.

[0504]

[화학식 38]



[0505]

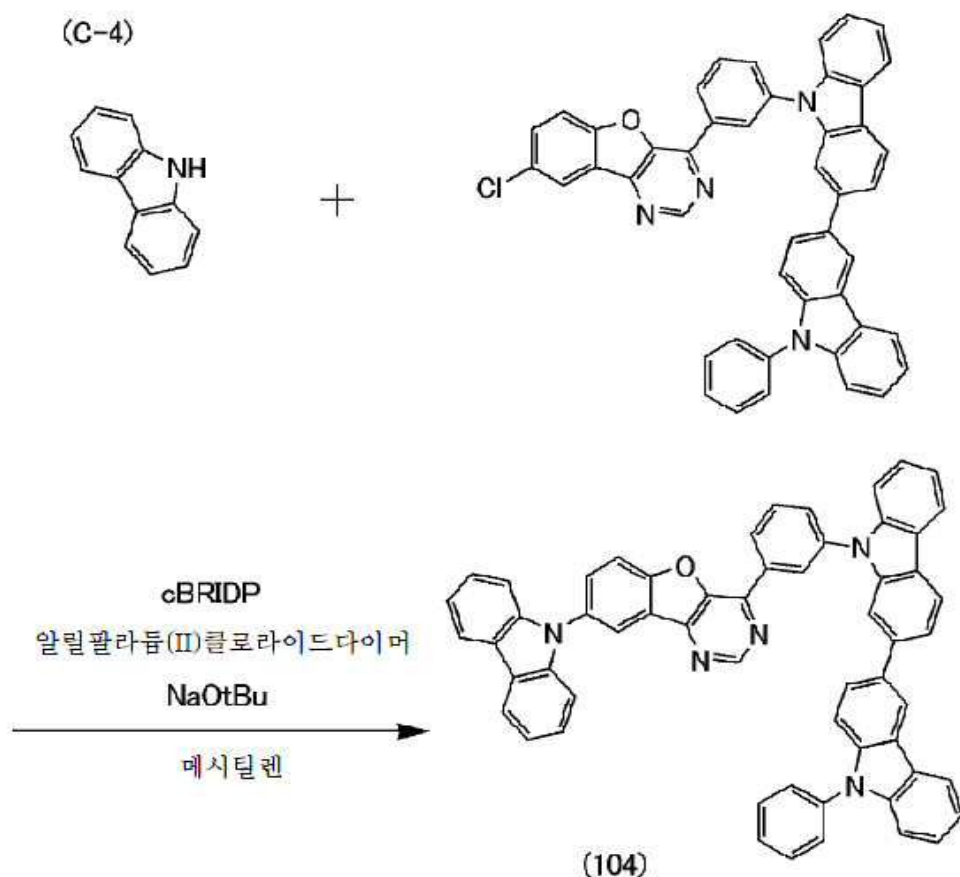
[0506]

<단계 4: 8-(9H-카바졸-9-일)-4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 (약칭: 8Cz-4mPCCzPBfpm)의 합성>

[0507]

다음으로 상술한 단계 3에서 얻은 8-클로로-4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 2.9g, 9H-카바졸 0.84g, 소듐-t-부톡사이드 0.97g, 메시틸렌 100mL를 200mL 삼구 플라스크에 넣고 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이것에 다이-tert-부틸(1-메틸-2,2-다이페닐사이클로프로필)포스핀(약칭: cBRIDP) 59mg, 알릴팔라듐(II)클로라이드다이머 15mg을 첨가하여 160℃에서 21시간 동안 가열하였다. 얻어진 반응 혼합물에 물을 첨가하여 여과하였다. 여과액을 톨루엔으로 추출하고, 추출액을 포화 식염수로 세정한 다음에, 황산 마그네슘을 첨가하여 여과하였다. 얻어진 여과액의 용매를 증류하여 제거하였다. 얻어진 반응 혼합물을 톨루엔에 서서히 아세트산 에틸을 첨가하여 최종적으로 톨루엔:아세트산 에틸=1:10을 전개 용매로한 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피로 정제하였다. 얻어진 프랙션의 용매를 증류하여 제거한 다음에, 얻어진 고체를 톨루엔과 헥세인의 혼합 용매를 사용하여 재결정함으로써 목적물인 8Cz-4mPCCzPBfpm의 담황색 고체를 1.0g, 수율 29%로 얻었다. 단계 4의 합성 스킴을 아래의 식(C-4)으로 나타내었다.

[0508] [화학식 39]



[0509]

[0510] 얻어진 담황색 고체 1.0g을 트레인 서블리메이션법으로 승화 정제하였다. 승화 정제 조건은 압력 2.3Pa, 아르곤 가스를 유량 10mL/min으로 흘리면서 380℃에서 담황색 고체를 가열하였다. 승화 정제 후, 목적물인 황색 고체를 0.77g, 회수율 76%로 얻었다.

[0511] 얻어진 고체의 핵자기 공명 분광법(^1H NMR)에 의한 분석 결과를 아래에 나타내었다.

[0512] ^1H -NMR δ (TCE- d_2): 7.22-7.25(dt, 1H), 7.30-7.32(m, 4H), 7.37-7.56(m, 12H), 7.62(dd, 2H), 7.67(dd, 1H), 7.74-7.78(dt, 2H), 7.93-7.97(m, 3H), 8.07(d, 1H), 8.15(d, 2H), 8.23(d, 1H), 8.29(d, 1H), 8.43(dd, 1H), 8.72(td, 1H), 8.95(s, 1H), 9.32(s, 1H).

[0513] 또한 얻어진 고체의 ^1H NMR 차트를 도 22의 (A) 및 도 22의 (B)에 나타내었다. 또한 도 22의 (B)는 도 22의 (A) 중의 6.5ppm 내지 9.5ppm의 범위의 확대도이다. 측정 결과로부터 목적물인 4Ph-2,8mDBtP2Bfpm이 얻어진 것을 알 수 있었다.

[0514] <8Cz-4mPCCzPBfpm의 특성>

[0515] 다음으로 톨루엔 용액 중의 8Cz-4mPCCzPBfpm의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도 23에 나타내었다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다. 또한 측정 방법은 상술한 실시예와 마찬가지로 지이다.

[0516] 도 23으로부터 8Cz-4mPCCzPBfpm의 톨루엔 용액에서는 292nm 및 303nm, 323nm 부근에 흡수 피크가 확인되고, 371nm, 477nm(들뜬 파장: 341nm) 부근에 발광 파장의 피크가 확인되었다.

[0517] 다음으로 8Cz-4mPCCzPBfpm의 고체 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 측정하였다. 고체 박막은 석영 기판 위에 진공 증착법으로 제작하였다. 또한 박막의 흡수 스펙트럼은 기판을 포함한 투과율과 반사율로부터 구한 흡광도($-\log_{10} [\%T/(100-\%R)]$)로부터 산출하였다. 또한 %T는 투과율, %R은 반사율을 나타낸다. 흡수 스펙

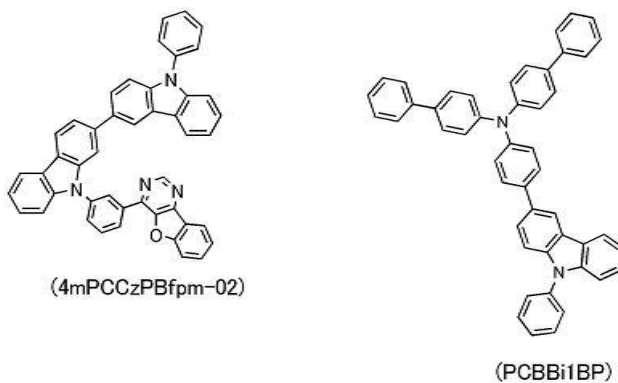
트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(Hitachi High-Technologies Corporation 제조의 U4100형)를 사용하였다. 또한 발광 스펙트럼의 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics Corporation 제조의 FS920)를 사용하였다. 얻어진 고체 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼의 측정 결과를 도 24에 나타내었다. 가로축은 파장을 나타내고, 세로축은 흡수 강도 및 발광 강도를 나타낸다.

[0518] 도 24의 결과로부터 8Cz-4mPCCzPBfpm의 고체 박막에서는 206nm, 246nm, 297nm, 및 332nm 부근에 흡수 피크가 확인되고, 507nm(들뜬 파장: 370nm) 부근에 발광 파장의 피크가 확인되었다.

[0519] (실시예 5)

[0520] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 실시예 3에 기재된 발광 소자와 상이한 발광 소자의 제작예와 상기 발광 소자의 특성에 대하여 설명한다. 또한 비교 발광 소자 3도 함께 제작하였다. 본 실시예에서 제작한 소자 구조의 단면도는 도 1의 (A)과 마찬가지로이다. 또한 상세한 소자 구조를 표 3에 나타내었다. 또한 사용한 화합물의 구조와 약칭을 아래에 나타내었다. 또한 다른 유기 화합물에 대해서는 상술한 실시예를 참조하면 좋다.

[0521] [화학식 40]



[0522]

[0523] [표 3]

	층	부호	막 두께 (nm)	재료	중량비
비교 발광 소자 3	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	Bphen	-
		118(1)	20	4mPCCzPBfpm-02	-
	발광층	130	40	4mPCCzPBfpm-02:PCCP:GD270	0.5:0.5:0.1
	정공 수송층	112	20	PCBBi1BP	-
	정공 주입층	111	45	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-
발광 소자 4	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	Bphen	-
		118(1)	20	8Cz-4PCCzBfpm-02	-
	발광층	130	40	8Cz-4PCCzBfpm-02:PCCP:GD270	0.5:0.5:0.1
	정공 수송층	112	20	PCBBi1BP	-
	정공 주입층	111	45	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-
발광 소자 5	전극	102	200	Al	-
	전자 주입층	119	1	LiF	-
	전자 수송층	118(2)	15	Bphen	-
		118(1)	20	8Cz-4mPCCzPBfpm	-
	발광층	130	40	8Cz-4mPCCzPBfpm:PCCP:GD270	0.5:0.5:0.1
	정공 수송층	112	20	PCBBi1BP	-
	정공 주입층	111	45	DBT3P-II:MoO ₃	1:0.5
	전극	101	70	ITO	-

[0524]

- [0525] <<비교 발광 소자 3의 제작>>
- [0526] 전극(101)으로서 ITSO막을 두께가 70nm가 되도록 기판(200) 위에 형성하였다. 또한 전극(101)의 전극 면적은 $4\text{mm}^2(2\text{mm} \times 2\text{mm})$ 로 하였다.
- [0527] 다음으로 정공 주입층(111)으로서 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II)과 산화 몰리브데넘(MoO_3)을 중량비(DBT3P-II: MoO_3)가 1:0.5이고, 또한 두께가 45nm가 되도록 전극(101) 위에 공증착하였다.
- [0528] 다음으로 정공 수송층(112)으로서 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP)을 두께 20nm가 되도록 정공 주입층(111) 위에 증착하였다.
- [0529] 다음으로 발광층(130)으로서 4-[3-(9'-페닐-2,3'-바이-9H-카바졸-9-일)페닐]벤조퓨로[3,2-d]피리미딘(약칭: 4mPCCzPBfpm-02)과 PCCP와 GD270(Jilin Optical and Electronic Materials Co. Ltd. 제조)을 중량비(4mPCCzPBfpm-02:PCCP:GD270)가 0.5:0.5:0.1이 되고, 또한 두께가 40nm가 되도록 정공 수송층(112) 위에 공증착하였다. 또한 발광층(130)에서 GD270이 인광 발광을 나타내는 게스트 재료이다.
- [0530] 다음으로 전자 수송층(118)으로서 4mPCCzPBfpm-02를 두께가 20nm가 되고, 또한 BPhen을 두께가 15nm가 되도록 순차적으로 발광층(130) 위에 증착하였다. 다음으로 전자 주입층(119)으로서 LiF를 두께 1nm가 되도록 전자 수송층(118) 위에 증착하였다.
- [0531] 다음으로 전극(102)으로서 알루미늄(Al)을 두께 200nm가 되도록 전자 주입층(119) 위에 형성하였다.
- [0532] 다음으로 질소 분위기에서 글로브 박스 내에서 유기 EL용 실재를 사용하여 밀봉하기 위한 기판(220)을, 유기 재료를 형성한 기판(200)에 고정함으로써 비교 발광 소자 3을 밀봉하였다. 구체적으로는 기판(200)에 형성한 유기 재료의 주위에 실재를 도포하여 상기 기판(200)과 기판(220)을 접합하고, 파장이 365nm의 자외광을 $6\text{J}/\text{cm}^2$ 조사하고, 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행하였다. 상술한 공정으로 비교 발광 소자 3을 얻었다.
- [0533] <<발광 소자 4의 제작>>
- [0534] 발광 소자 4는 발광층(130) 및 전자 수송층(118)의 형성 공정만 상술한 비교 발광 소자 3과 상이하고, 그 외의 공정은 비교 발광 소자 3과 같게 하였다.
- [0535] 다음으로 발광층(130)으로서 8Cz-4PCCzBfpm-02와 PCCP와 GD270(Jilin Optical and Electronic Materials Co. Ltd. 제조)을 중량비(8Cz-4PCCzBfpm-02:PCCP:GD270)가 0.5:0.5:0.1이 되고, 또한 두께가 40nm가 되도록 정공 수송층(112) 위에 공증착하였다. 또한 발광층(130)에서 GD270이 인광 발광을 나타내는 게스트 재료이다.
- [0536] 전자 수송층(118)으로서 8Cz-4PCCzBfpm-02를 두께가 20nm가 되고, 또한 BPhen을 두께가 15nm가 되도록 순차적으로 발광층(130) 위에 증착하였다.
- [0537] <<발광 소자 5의 제작>>
- [0538] 발광 소자 5는 발광층(130) 및 전자 수송층(118)의 형성 공정만 상술한 비교 발광 소자 3과 상이하고, 그 외의 공정은 비교 발광 소자 3과 같게 하였다.
- [0539] 다음으로 발광층(130)으로서 8Cz-4mPCCzPBfpm과 PCCP와 GD270(Jilin Optical and Electronic Materials Co. Ltd. 제조)을 중량비(8Cz-4mPCCzPBfpm:PCCP:GD270)가 0.5:0.5:0.1이 되고, 또한 두께가 40nm가 되도록 정공 수송층(112) 위에 공증착하였다. 또한 발광층(130)에서 GD270이 인광 발광을 나타내는 게스트 재료이다.
- [0540] 전자 수송층(118)으로서 8Cz-4mPCCzPBfpm을 두께가 20nm가 되고, 또한 BPhen을 두께가 15nm가 되도록 순차적으로 발광층(130) 위에 증착하였다.
- [0541] <발광 소자의 특성>
- [0542] 제작한 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5의 전류 효율-휘도 특성을 도 25에 나타내었다. 또한 전류 밀도-전압 특성을 도 26에 나타내었다. 또한 외부 양자 효율-휘도 특성을 도 27에 나타내었다. 또한 각 발광 소자의 측정은 실온(23℃에서 유지된 분위기)에서 수행하였다. 또한 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5에 각각 $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도로 전류를 흘렸을 때의 전계 발광 스펙트럼을 도 28에 나타내었다. 또한 측정은 실온에서 수행하였다.

[0543] 또한 1000cd/m^2 부근에서의, 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5의 소자 특성을 표 4에 나타내었다.

[0544] [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(%)
비교 발광 소자 3	3.3	1.3	(0.35, 0.62)	950	75	71	21
발광 소자 4	3.6	1.3	(0.35, 0.62)	940	74	64	20
발광 소자 5	3.3	1.2	(0.37, 0.60)	880	71	68	20

[0545]

[0546] 도 25 내지 27 및 표 4에 나타낸 바와 같이 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5는 높은 전류 효율 및 외부 양자 효율을 모두 동등하게 나타내었다. 또한 고휘도 측에서도 효율의 저하(roll-off)가 적은 우수한 결과를 나타내었다. 마찬가지로 구동 전압에 대해서도 양호한 구동 전압을 모두 동등하게 나타내었다.

[0547] 또한 도 28에 나타낸 바와 같이 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5는 전계 발광 스펙트럼의 피크 파장이 각각 525nm, 525nm, 530nm이고, 반값전폭이 각각 80nm, 78nm, 88nm인 녹색 발광을 나타내었다. 얻어진 전계 발광 스펙트럼으로부터 게스트 재료인 GD270으로부터의 발광인 것을 알 수 있다.

[0548] <발광 소자의 신뢰성>

[0549] 다음으로 비교 발광 소자 3, 발광 소자 4, 및 발광 소자 5의 2mA에서의 정전류 구동 시험을 수행하였다. 그 결과를 도 29에 나타내었다. 도 29에서 알 수 있는 바와 같이 발광 소자 4, 발광 소자 5는 비교 발광 소자 3과 비교하여 신뢰성이 향상된 것을 알 수 있었다. 따라서, 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 6위 내지 9위에 축합 고리를 갖는 유기 화합물은 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 6위 내지 9위에 축합 고리를 갖지 않는 유기 화합물보다 신뢰성이 양호한 것이 시사된다. 또한 발광 소자 4보다 발광 소자 5가 신뢰성이 양호한 것을 알 수 있었다. 따라서, 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격의 4위에 정공 수송성 골격인 카바졸 골격이 직접 결합되는 것보다 아릴기 중 하나인 페닐기를 통하여 벤조퓨로[3,2-d]피리미딘 골격과 카바졸 골격이 결합된 구조가 신뢰성이 양호한 것이 시사된다.

부호의 설명

[0550] 100: EL층

101: 전극

102: 전극

106: 발광 유닛

110: 발광 유닛

111: 정공 주입층

112: 정공 수송층

113: 전자 수송층

114: 전자 주입층

115: 전하 발생층

116: 정공 주입층

117: 정공 수송층

118: 전자 수송층

119: 전자 주입층

120: 발광층
121: 호스트 재료
121_1: 유기 화합물
121_2: 유기 화합물
122: 발광성 재료
130: 발광층
131: 재료
132: 호스트 재료
134: 게스트 재료
150: 발광 소자
170: 발광층
200: 기관
220: 기관
250: 발광 소자
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: 스위칭용 TFT
612: 전류 제어용 TFT
613: 전극
614: 절연물
616: EL층
617: 전극
618: 발광 소자
623: n채널형 TFT
624: p채널형 TFT
900: 휴대 정보 단말기
901: 하우징
902: 하우징
903: 표시부
905: 힌지부

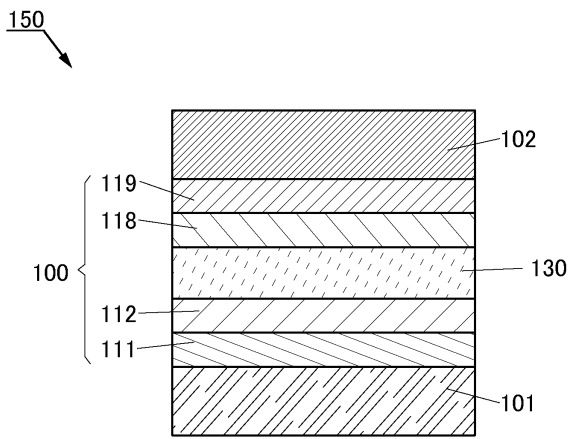
910: 휴대 정보 단말기
 911: 하우징
 912: 표시부
 913: 조작 버튼
 914: 외부 접속 포트
 915: 스피커
 916: 마이크로폰
 917: 카메라
 920: 카메라
 921: 하우징
 922: 표시부
 923: 조작 버튼
 924: 셔터 버튼
 926: 렌즈
 1001: 기관
 1002: 하지 절연막
 1003: 게이트 절연막
 1006: 게이트 전극
 1007: 게이트 전극
 1008: 게이트 전극
 1020: 층간 절연막
 1021: 층간 절연막
 1022: 전극
 1024B: 전극
 1024G: 전극
 1024R: 전극
 1025B: 하부 전극
 1025G: 하부 전극
 1025R: 하부 전극
 1026: 격벽
 1028: EL층
 1029: 전극
 1031: 밀봉 기관
 1032: 실재
 1033: 기재
 1034B: 착색층

1034G: 착색층
1034R: 착색층
1035: 흑색층
1036: 오버코트층
1037: 층간 절연막
1040: 화소부
1041: 구동 회로부
1042: 주변부
3500: 다기능 단말기
3502: 하우스징
3504: 표시부
3506: 카메라
3508: 조명
3600: 라이트
3602: 하우스징
3608: 조명
3610: 스피커
8501: 조명 장치
8502: 조명 장치
8503: 조명 장치
8504: 조명 장치
9000: 하우스징
9001: 표시부
9003: 스피커
9005: 조작 키
9006: 접속 단자
9007: 센서
9008: 마이크로폰
9055: 힌지
9200: 휴대 정보 단말기
9201: 휴대 정보 단말기
9202: 휴대 정보 단말기

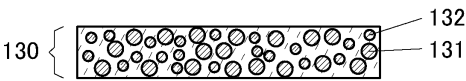
도면

도면1

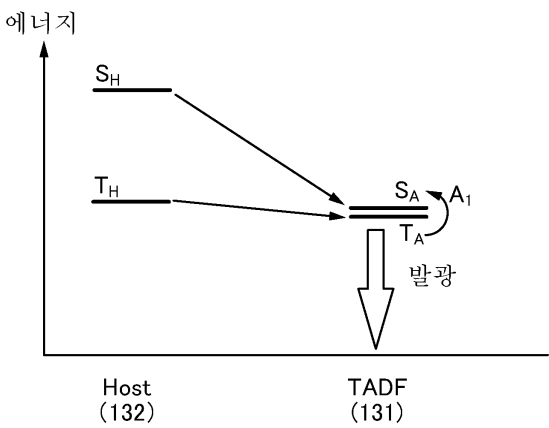
(A)



(B)

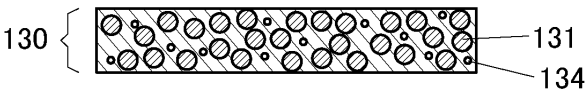


(C)

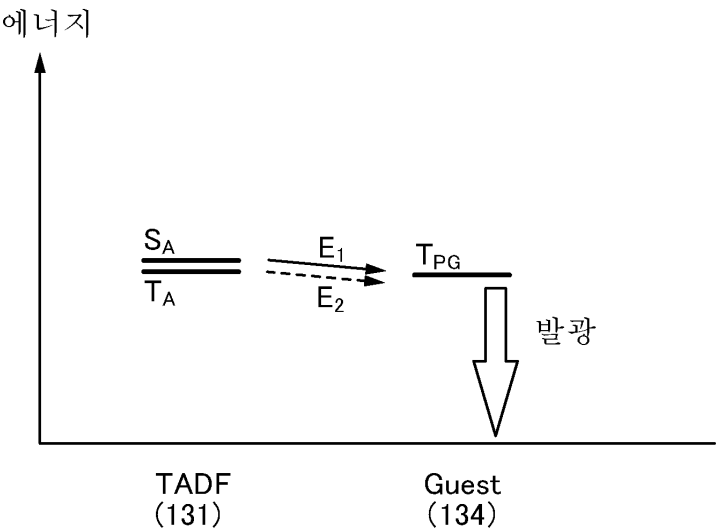


도면2

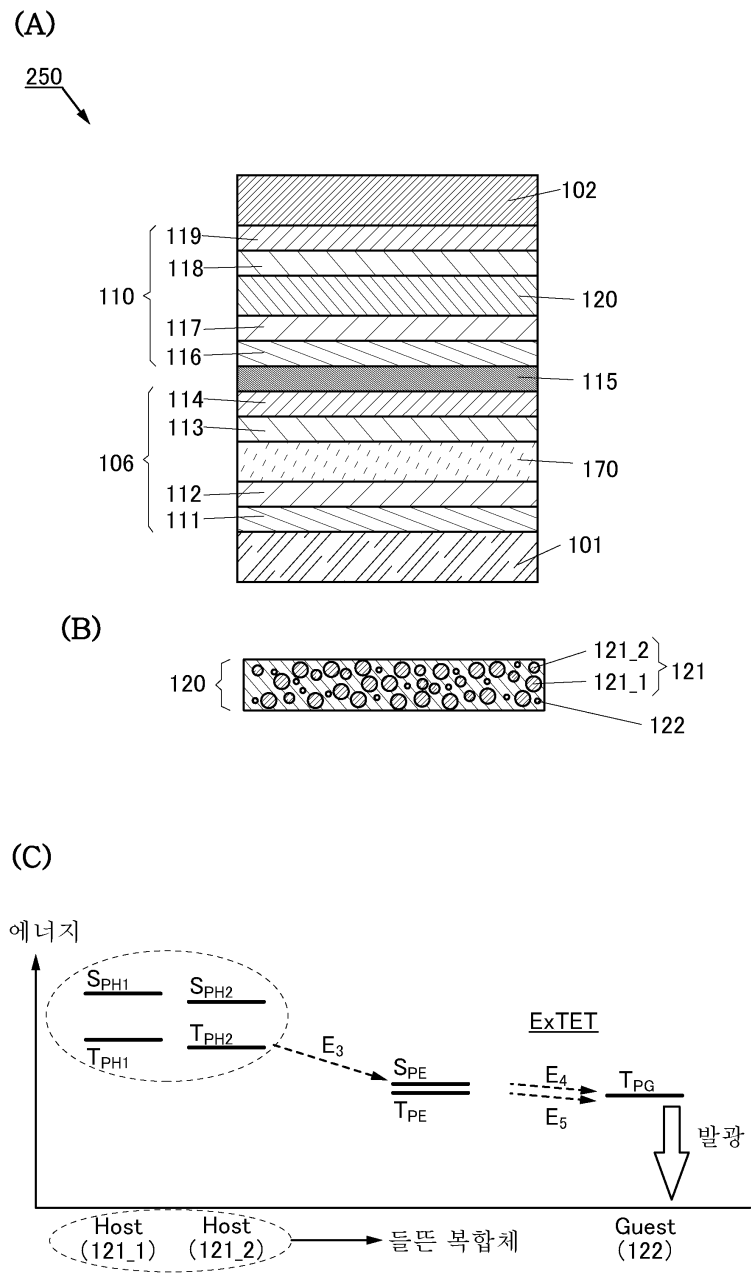
(A)



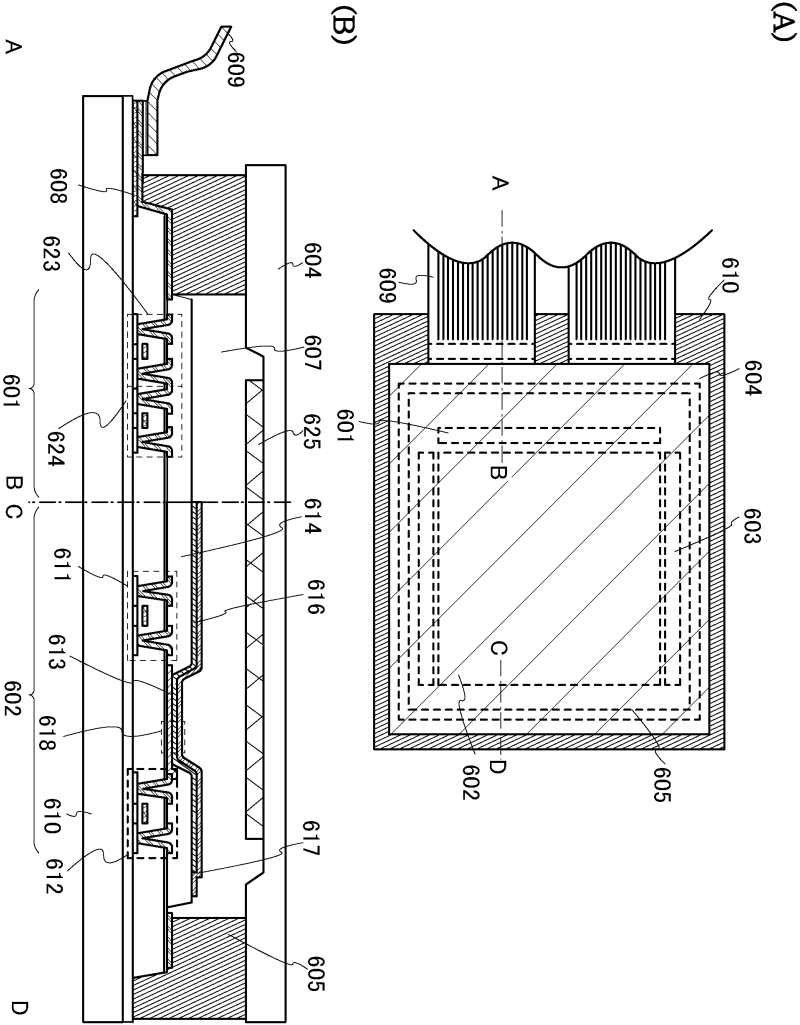
(B)



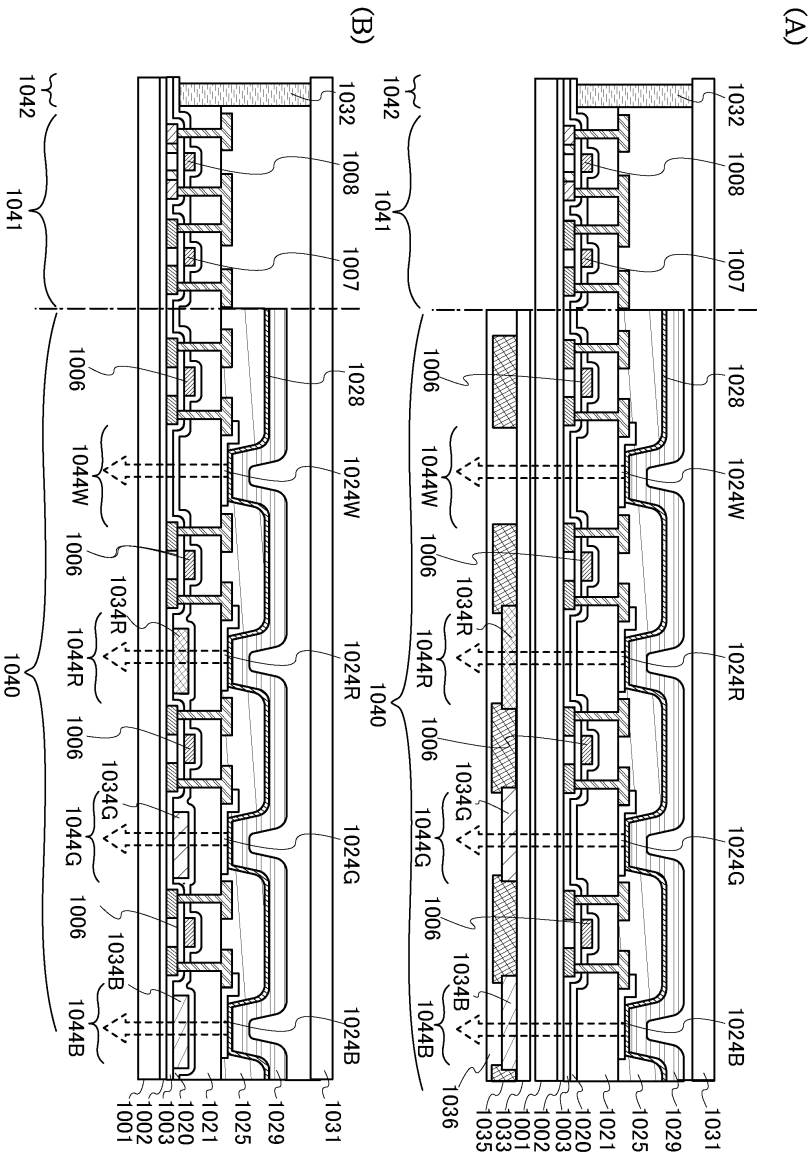
도면3



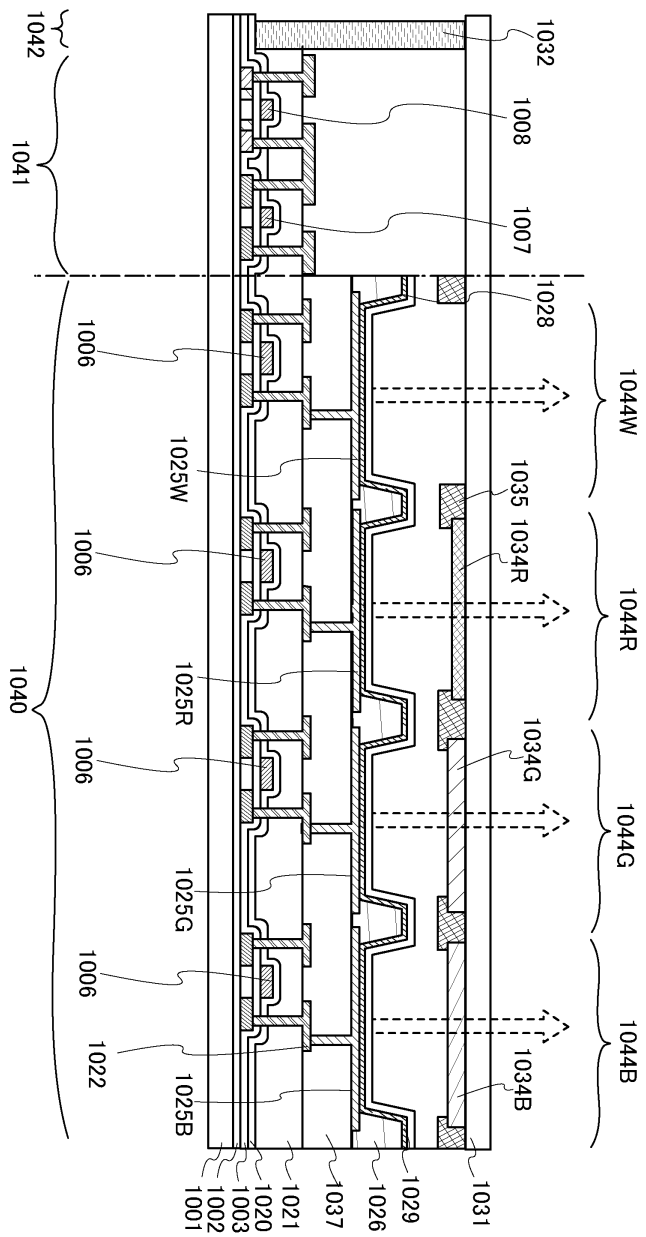
도면4



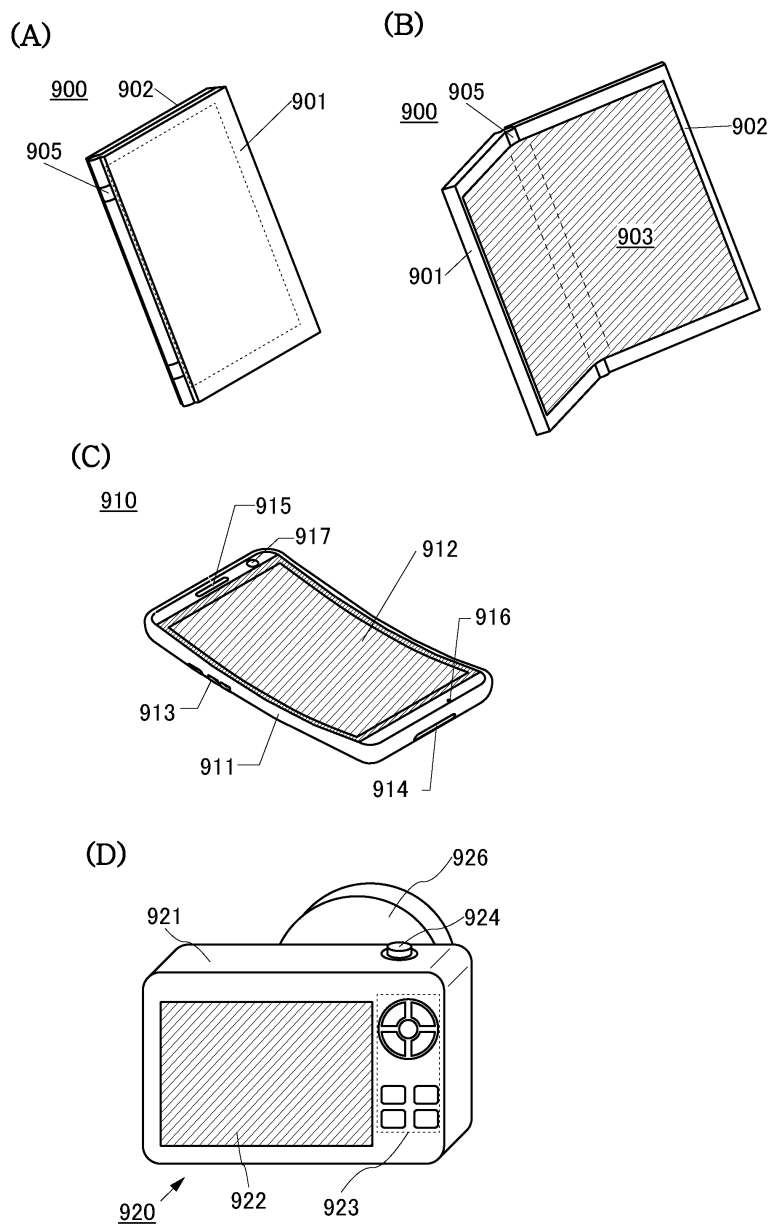
도면5



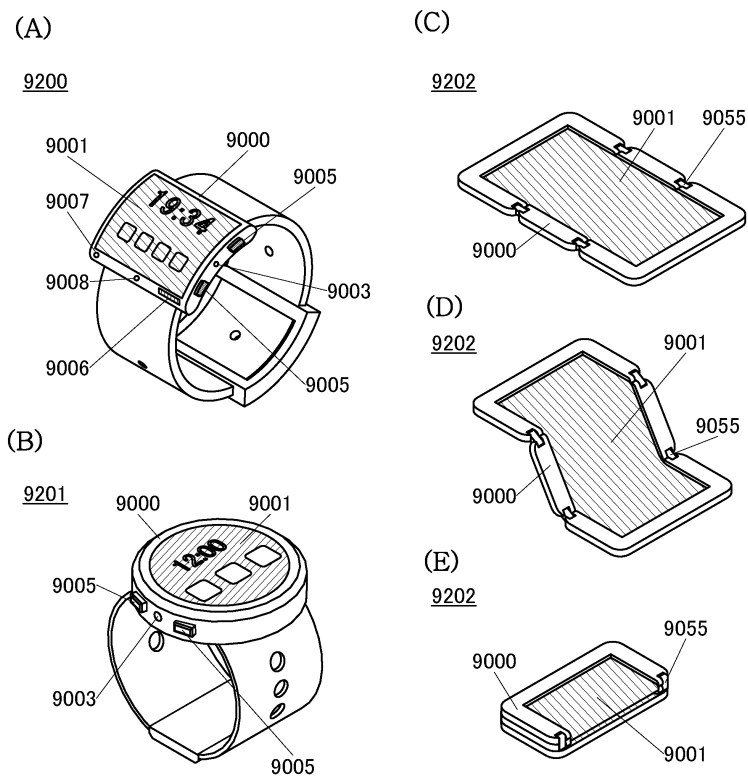
도면6



도면7



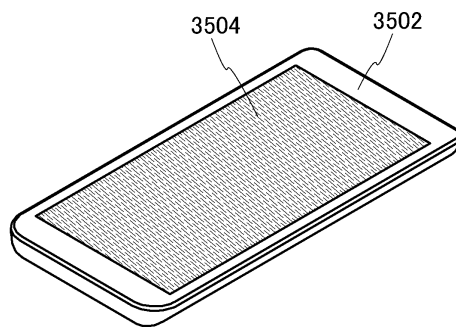
도면8



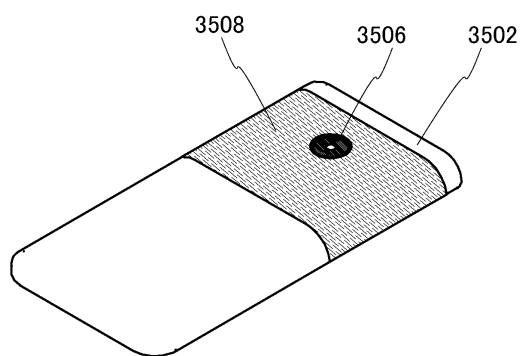
도면9

(A)

3500

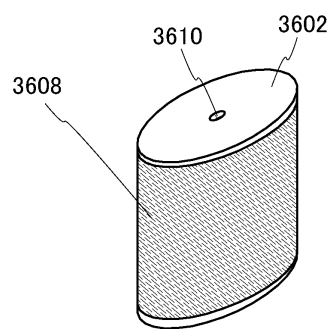


(B)

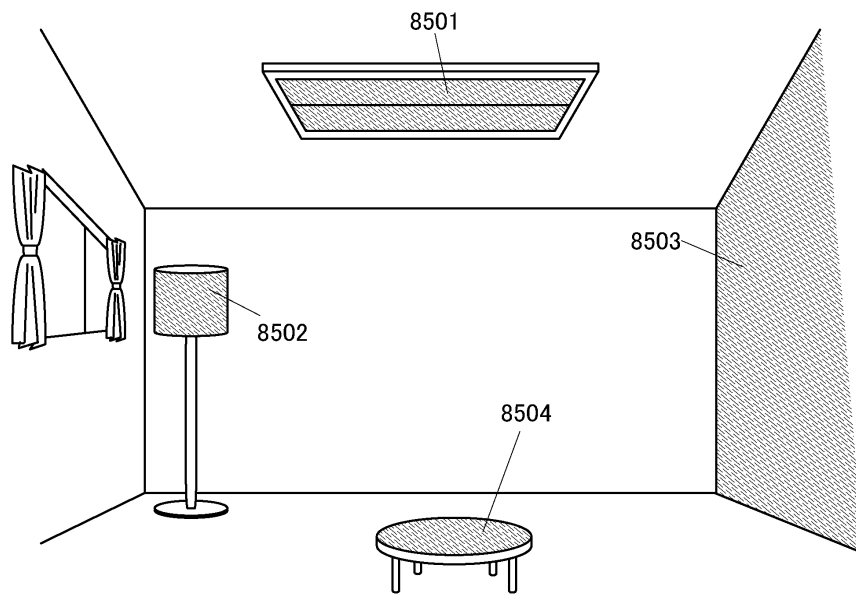


(C)

3600

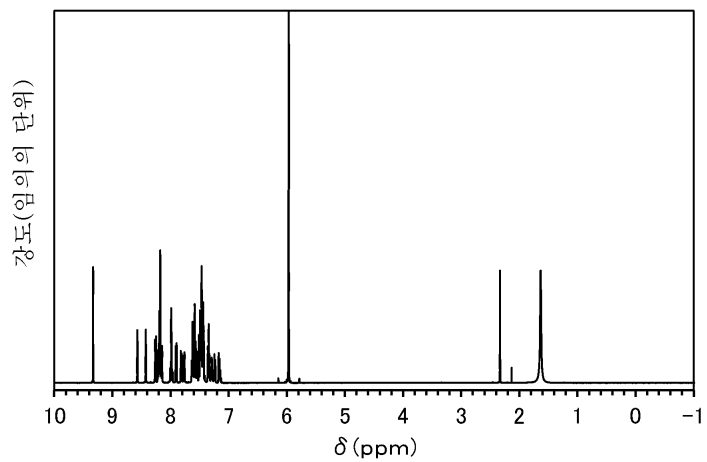


도면10

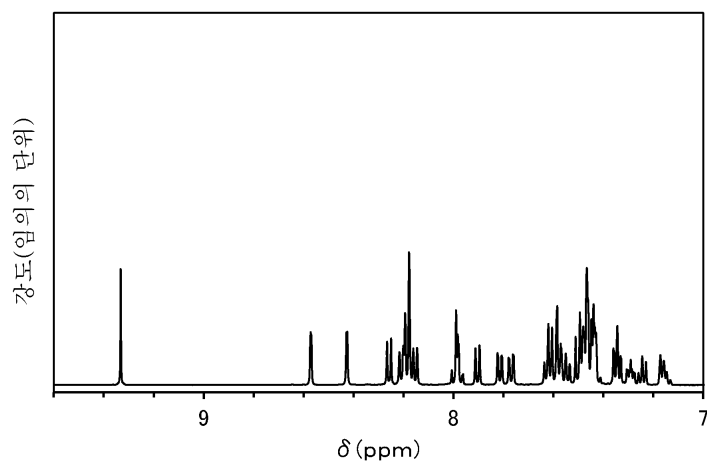


도면11

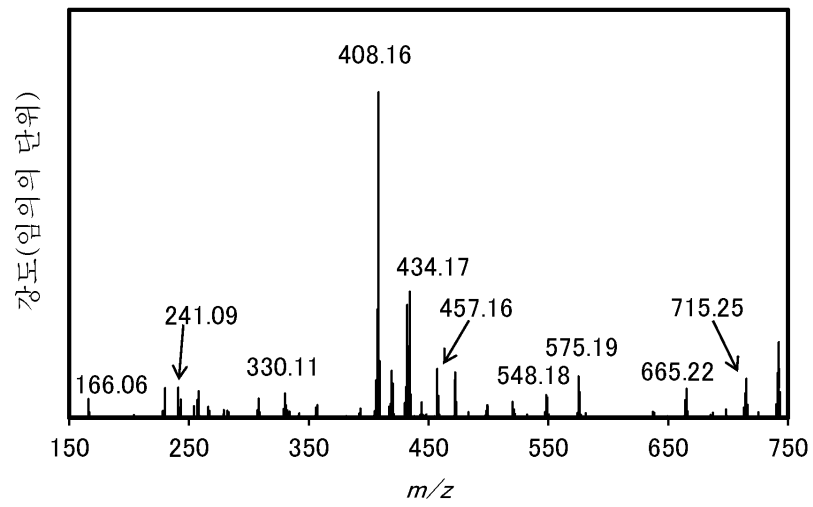
(A)



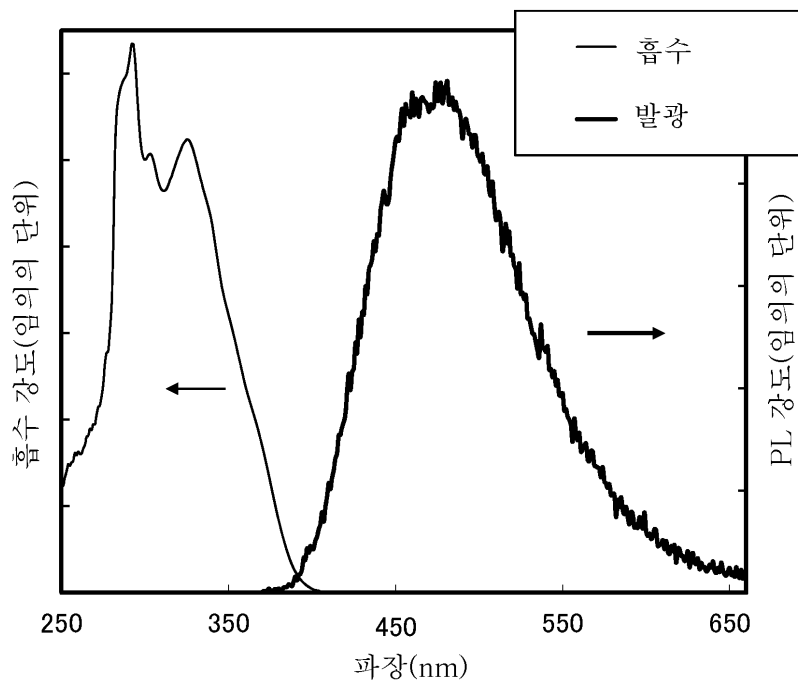
(B)



도면12

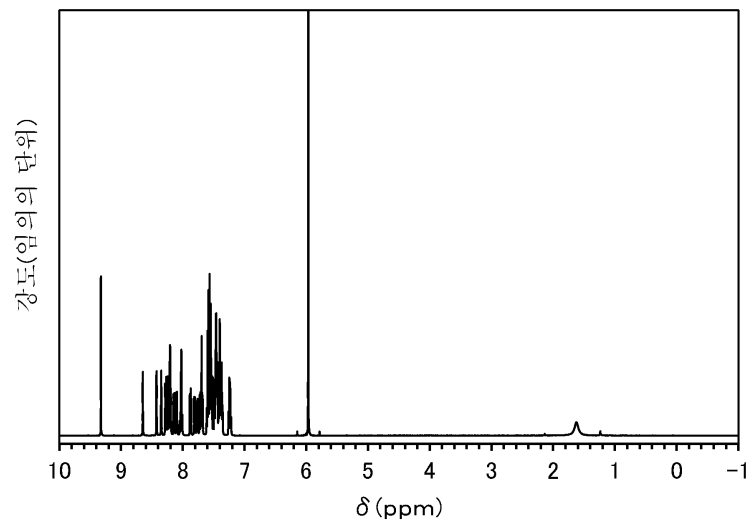


도면13

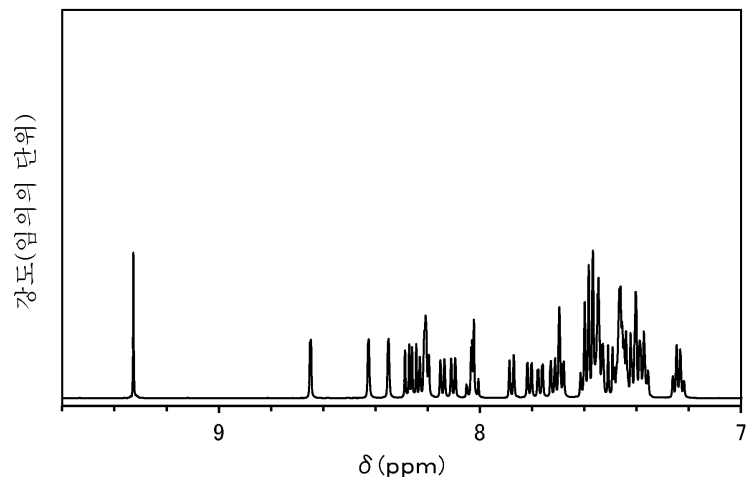


도면14

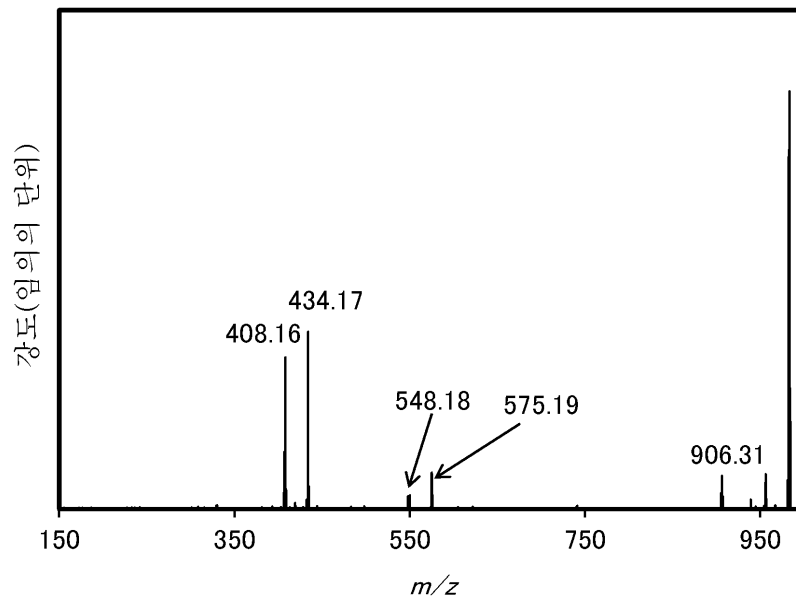
(A)



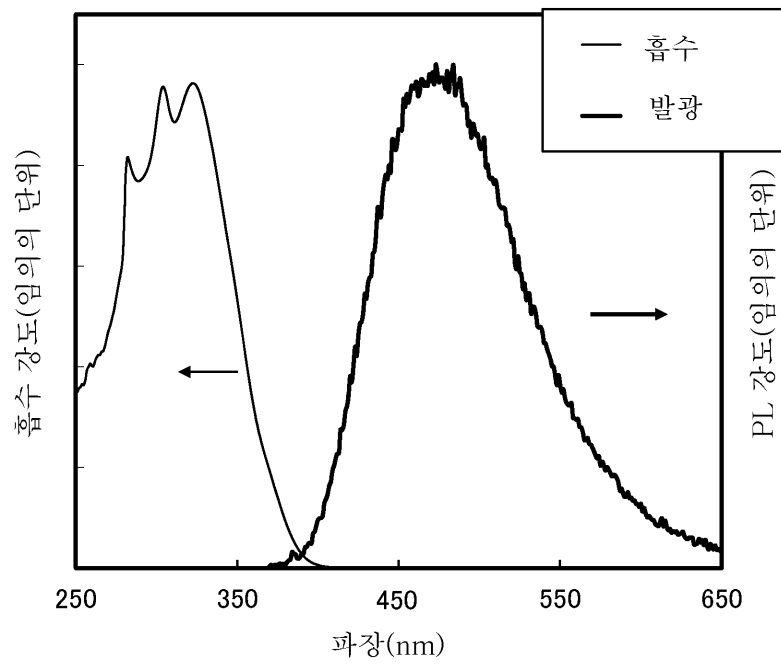
(B)



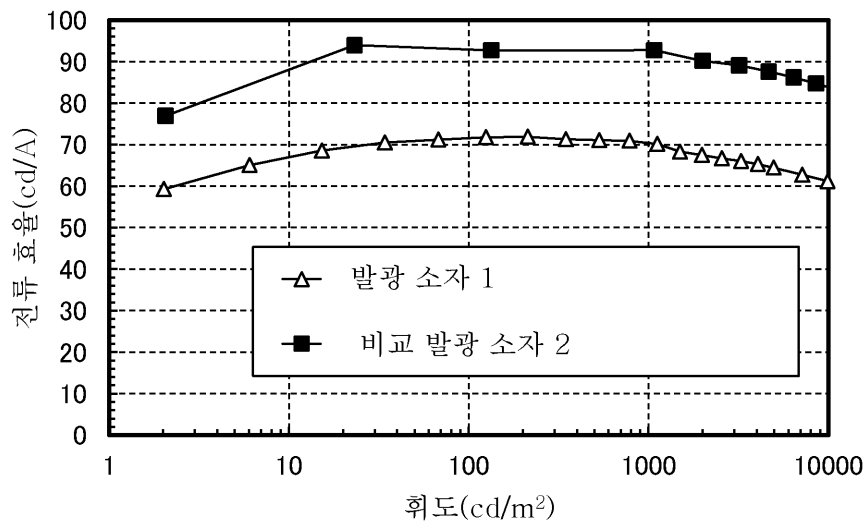
도면15



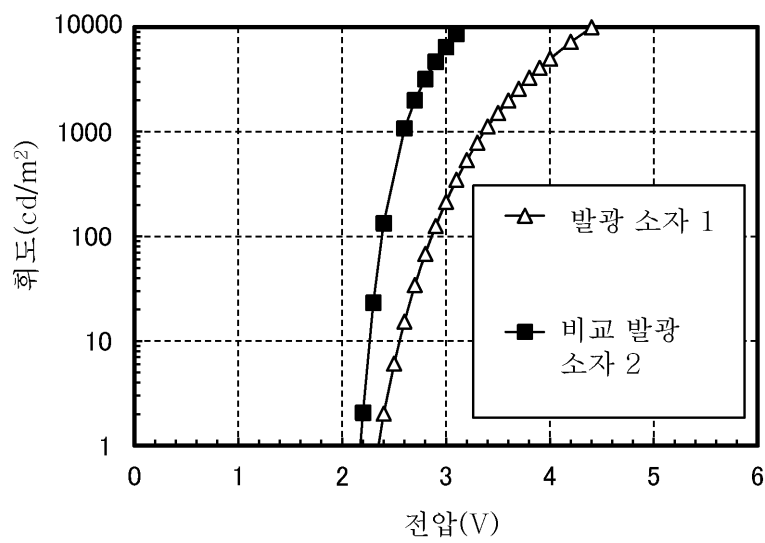
도면16



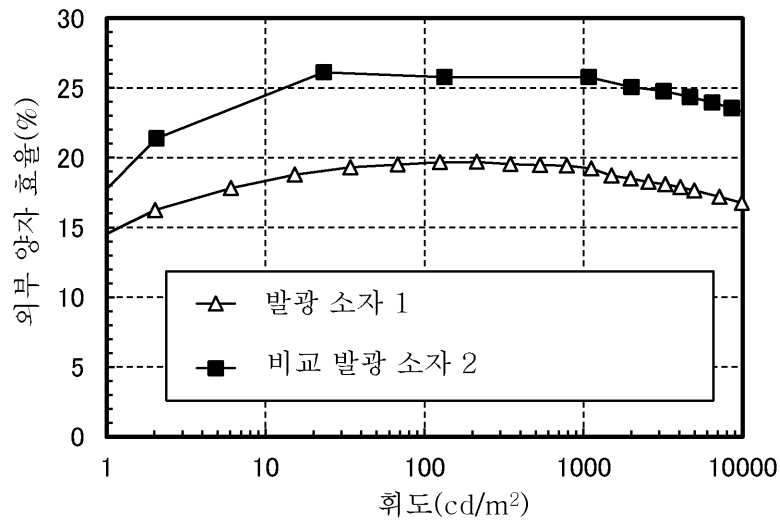
도면17



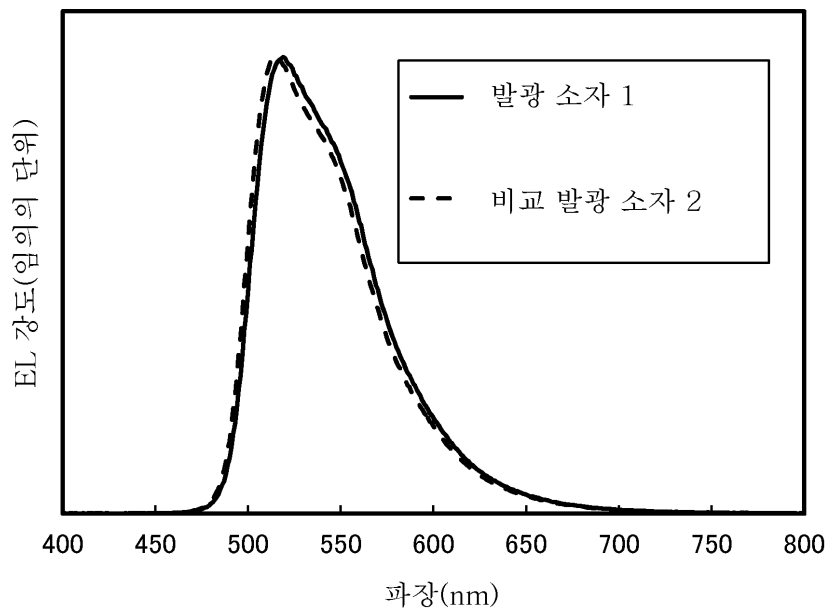
도면18



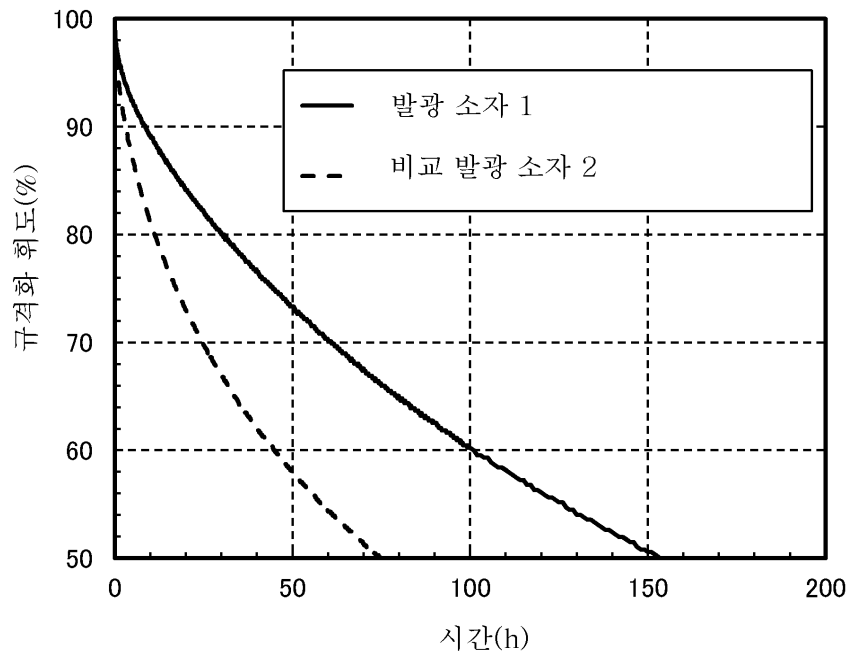
도면19



도면20

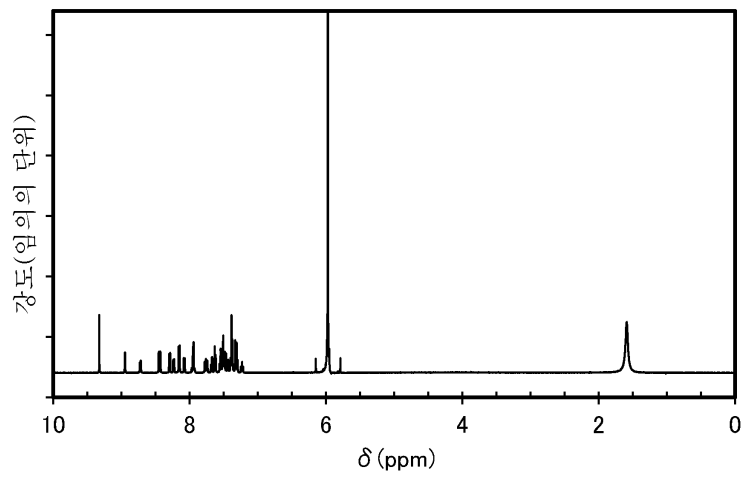


도면21

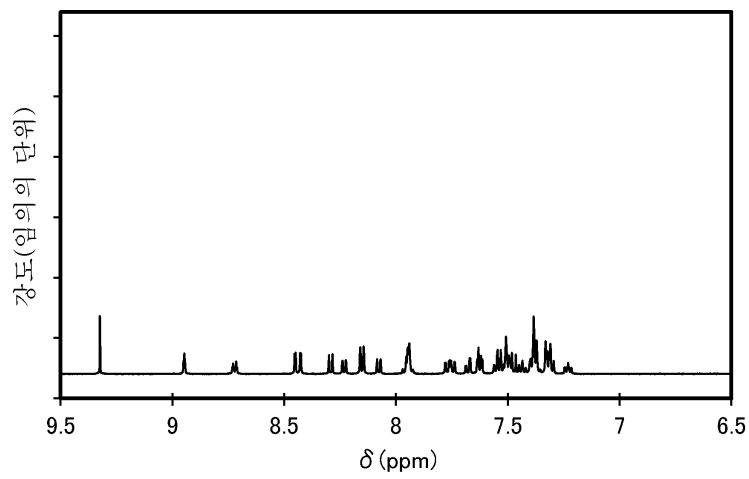


도면22

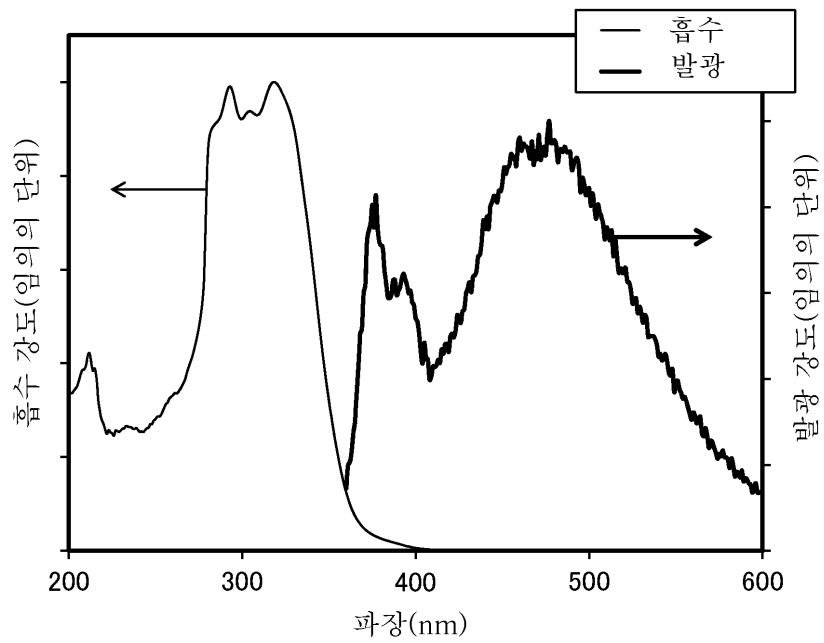
(A)



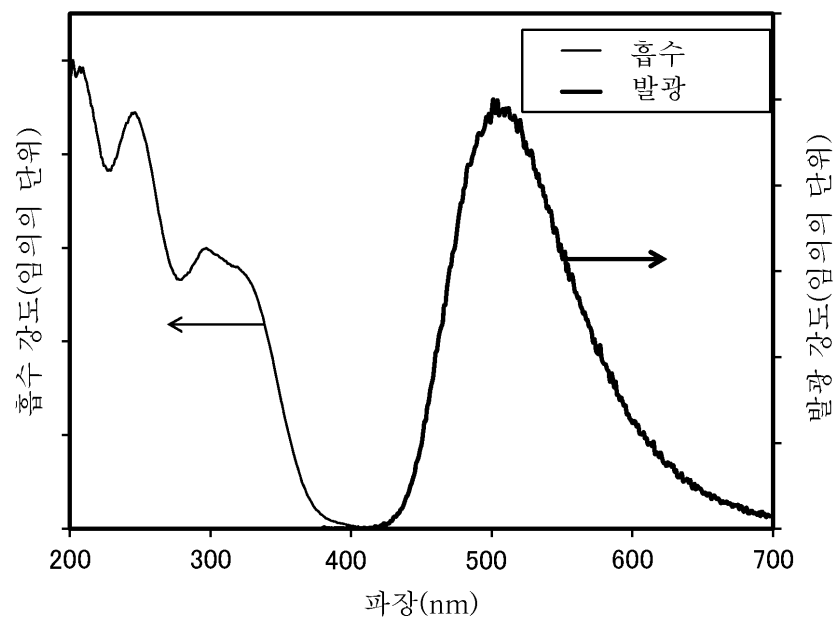
(B)



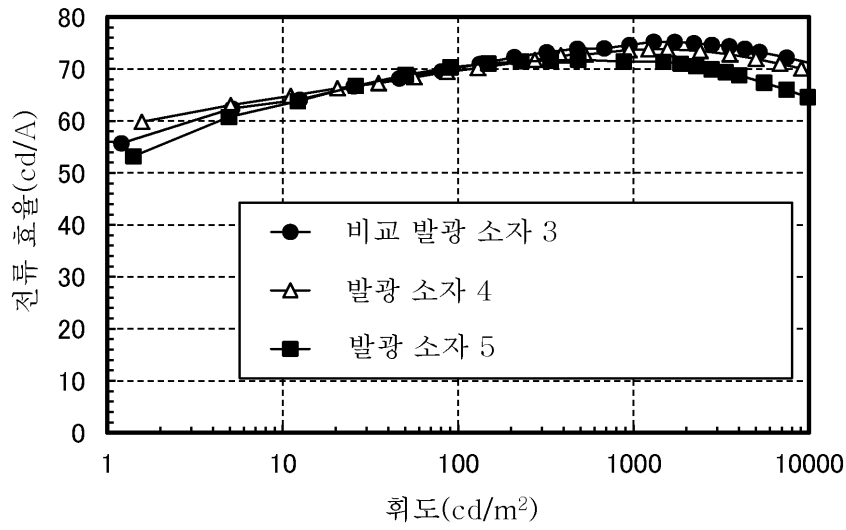
도면23



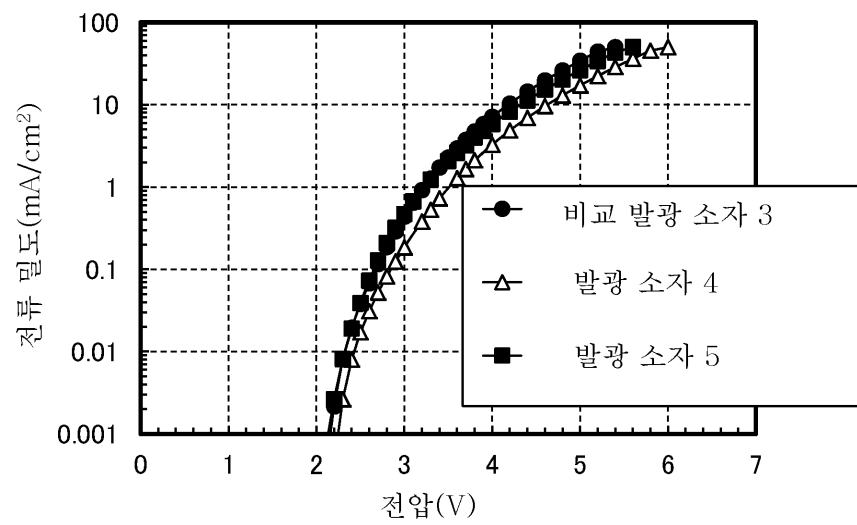
도면24



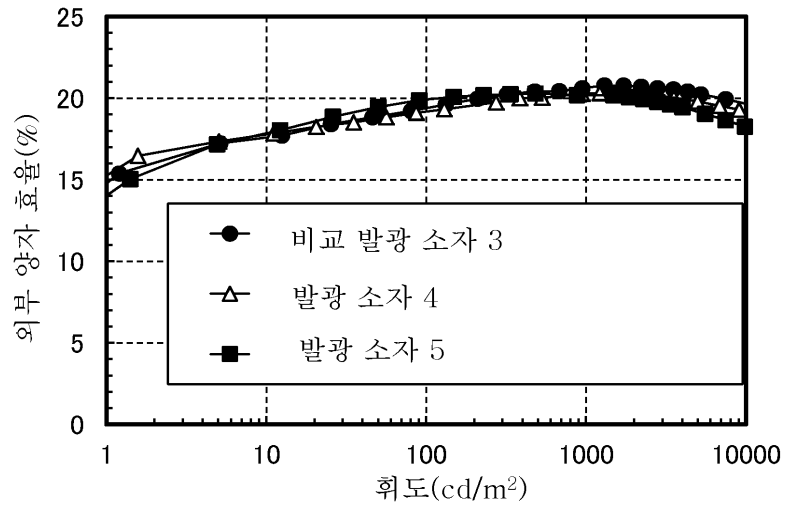
도면25



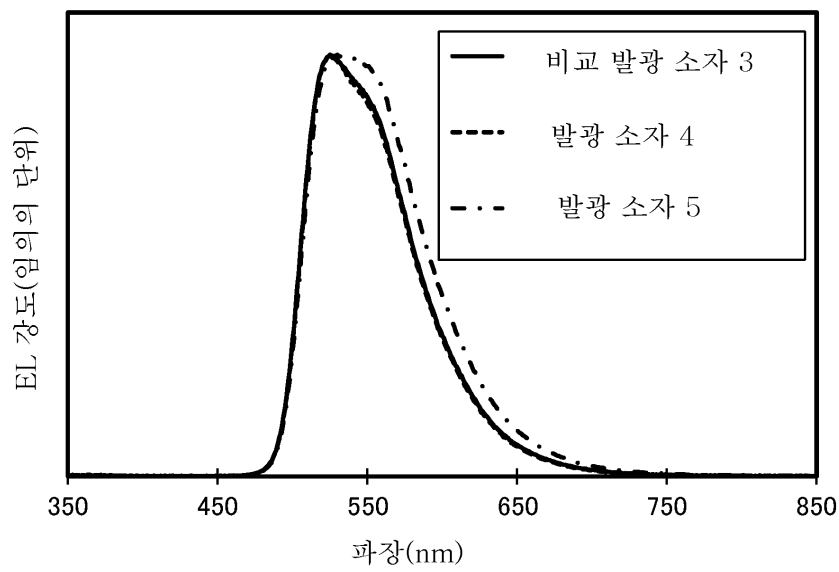
도면26



도면27



도면28



도면29

