



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월20일
(11) 등록번호 10-1950363
(24) 등록일자 2019년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 333/76 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0107419
(22) 출원일자 2011년10월20일
심사청구일자 2016년10월04일
(65) 공개번호 10-2012-0046025
(43) 공개일자 2012년05월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-243323 2010년10월29일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130043674 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
카와타 유코
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내
카도마 히로시
일본국 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
가부시킴가이샤 한도오파이 에네루기 쉐큐쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
황의만

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 지무근

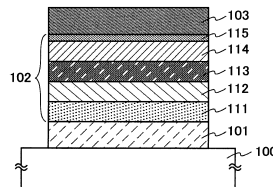
(54) 발명의 명칭 페난트렌 화합물, 발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

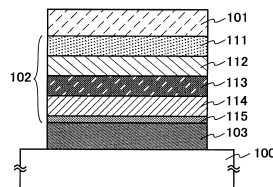
본 발명은 3중항 여기 에너지가 큰 신규 화합물을 제공한다. 또한, 바이폴러성을 갖는 신규 화합물을 제공한다. 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)을 제공한다. 다만, 화학식 1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1

(A)

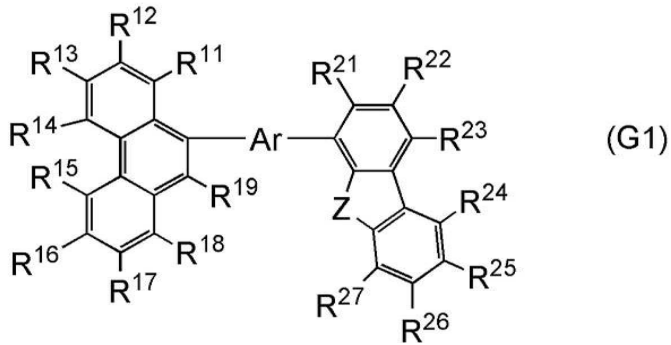


(B)



는 하나를 나타낸다. 또한, Ar는 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, Z는
 향 원자 또는 산소 원자를 나타낸다.

화학식 1



(72) 발명자

오사와 노부하루

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

세오 사토시

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

(56) 선행기술조사문헌

W02010074087 A1

US20070141387 A1

US20020025419 A1

KR1020140014329 A

JP2009249378 A

JP2008545729 A

JP2007238500 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

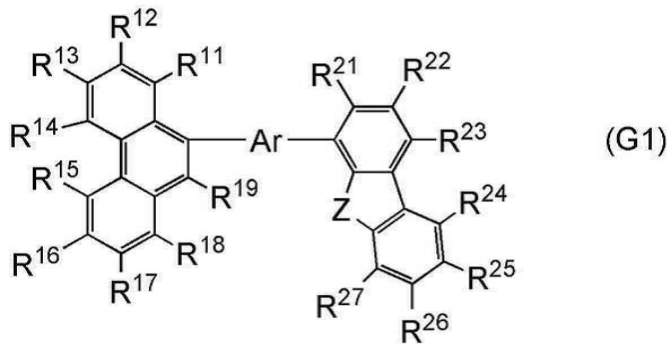
청구항 1

발광 소자로서,

한 쌍의 전극 사이의 발광층을 포함하고,

상기 발광층은 제 1 발광층 및 상기 제 1 발광층 위의 제 2 발광층을 포함하고,

상기 제 1 발광층 및 상기 제 2 발광층은 각각 인광성 화합물 및 식 (G1)으로 나타내어지는 페난트렌 화합물을 포함하고,



R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고,

Ar은 비페닐디일기를 나타내고,

Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타내고,

상기 제 1 발광층은 상기 인광성 화합물의 농도가 상기 제 2 발광층과 다른, 발광 소자.

청구항 2

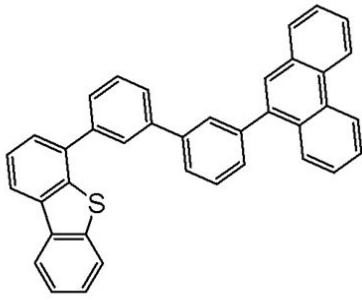
제 1 항에 있어서,

R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 수소를 나타내는, 발광 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 페난트렌 화합물은 식 (109)로 나타내어지는, 발광 소자.



(109)

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자를 포함하는 표시 장치.

청구항 15

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자를 포함하는 전자 기기.

청구항 16

제 1 항 또는 제 2 항에 따른 발광 소자를 포함하는 조명 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 조명 장치는 백색 발광이 가능한, 조명 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 페난트렌(phenanthrene) 화합물, 및 그것을 사용한 발광 소자에 관한 것이다. 또한, 상기 발광 소자를 갖는 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년에 들어, 일렉트로루미네선스(EL: Electroluminescence)를 이용한 발광 소자의 연구 개발이 활발히 행해지고 있다. 이들 발광 소자의 기본적인 구성은, 한 쌍의 전극 사이에 발광성 물질을 함유한 층을 끼운 것이다. 이 소자에 전압을 인가함으로써, 발광성 물질로부터 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 이와 같은 발광 소자는 자기 발광형이기 때문에 액정 디스플레이와 비교하여 화소의 시인성(視認性)이 높고 백라이트가 불필요하다는 등의 이점(利點)이 있어 플랫 패널 디스플레이 소자로서 적합하다고 생각되고 있다. 또한, 이와 같은 발광 소자는 박형 경량으로 제작할 수 있는 것도 큰 이점이다. 또한, 응답 속도가 매우 빠른 것도 특징 중 하나다.

[0004] 그리고, 이들의 발광 소자는 막 형상으로 형성할 수 있기 때문에, 면 형상의 발광을 용이하게 얻을 수 있다. 따라서, 면 형상으로 발광하는 큰 면적의 소자를 형성할 수 있다. 이것은 백열 전구나 LED로 대표되는 점 광원 또는 형광등으로 대표되는 선 광원으로부터는 얻기 어려운 특성이기 때문에 조명 등에 응용할 수 있는 면 광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0005] 일렉트로루미네선스를 이용한 발광 소자는 발광 물질이 유기 화합물인지 무기 화합물인지에 따라 크게 나눌 수 있지만, 발광성 물질에 유기 화합물을 사용하는 경우에는, 발광 소자에 전압을 인가함으로써, 한 쌍의 전극으로부터 전자 및 정공이 각각 발광성 유기 화합물을 함유한 층에 주입되어 전류가 흐른다. 그리고, 이들 캐리어(carrier)(전자 및 정공)가 재결합함으로써 발광성 유기 화합물이 여기 상태를 형성하고, 그 여기 상태에서 기저 상태로 되돌아갈 때 발광한다. 유기 화합물이 형성하는 여기 상태의 종류로서 1중항 여기 상태와 3중항 여기 상태가 있으며, 1중항 여기 상태(S^*)로부터의 발광이 형광이라고 불리고, 3중항 여기 상태(T^*)로부터의 발광이 인광이라고 불린다. 또한, 발광 소자에서 그 통계적 생성 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 생각된다.

[0006] 일반적으로, 1중항 여기 상태를 발광으로 변환하는 화합물(이하, 형광성 화합물이라고 기재함)은 실온에서 3중항 여기 상태로부터의 발광(인광)은 관측되지 않고, 1중항 여기 상태로부터의 발광(형광)만이 관측된다. 따라서, 형광성 화합물을 사용한 발광 소자에서 내부 양자 효율(주입한 캐리어에 대하여 발생하는 포톤(photon)의 비율)의 이론적 한계는 $S^*:T^*=1:3$ 임을 근거로 하여 25%인 것으로 추정된다.

[0007] 한편, 3중항 여기 상태를 발광으로 변환하는 화합물(이하, 인광성 화합물이라고 기재함)을 사용하면, 내부 양자 효율이 이론상은 75% 내지 100%까지 될 수 있다. 즉, 형광성 화합물과 비교하여 발광 효율이 3배 내지 4배가 될 수 있다. 이러한 이유로 고효율 발광 소자를 실현하기 위하여 인광성 화합물을 사용한 발광 소자의 개발이

근년에 들어 활발히 진행되고 있다(예를 들어, 비특허문헌 1 참조).

- [0008] 상술한 인광성 화합물을 사용하여 발광 소자의 발광층을 형성하는 경우에는, 인광성 화합물의 농도 소광(消光, quenching)이나 3중항-3중항 소멸에 의한 소광을 억제하기 위하여 다른 물질로 이루어지는 매트릭스 중에 상기 인광성 화합물이 분산되도록 하여 형성하는 경우가 많다. 이 때, 매트릭스가 되는 물질은 호스트 재료라고 불리고, 매트릭스 중에 분산되는 물질은 게스트 재료라고 불린다.
- [0009] 인광성 화합물을 게스트 재료로 하는 경우에, 호스트 재료에 필요한 성질은 상기 인광성 화합물보다 큰 3중항 여기 에너지(기저 상태와 3중항 여기 상태의 에너지 차이)를 갖는 것이다. 비특허문헌 1에서 호스트 재료로서 사용되는 CBP는 녹색 내지 적색의 발광을 나타내는 인광성 화합물보다 큰 3중항 여기 에너지를 갖는 것이 알려져 있고, 인광성 화합물에 대한 호스트 재료로서 널리 이용되고 있다.
- [0010] 그러나, CBP는 3중항 여기 에너지가 큰 한편, 정공이나 전자를 받는 능력이 부족하기 때문에 구동 전압이 높아지는 문제점이 있다. 따라서, 큰 3중항 여기 에너지를 가짐과 함께 정공과 전자 양쪽 모두를 받기 쉽고, 정공과 전자 양쪽 모두를 수송할 수 있는 물질(즉, 바이폴러성(bipolar) 물질)이 인광성 화합물에 대한 호스트 재료로서 요구되고 있다.
- [0011] 또한, 1중항 여기 에너지(기저 상태와 1중항 여기 상태의 에너지 차이)는 3중항 여기 에너지보다 크기 때문에, 큰 3중항 여기 에너지를 갖는 물질은 큰 1중항 여기 에너지도 갖는다. 따라서, 상술한 바와 같이, 3중항 여기 에너지가 크고 바이폴러성을 갖는 물질은 형광성 화합물을 발광 물질로서 사용한 발광 소자에서도 호스트 재료로서 유익하다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) M. A. Baldo 외 4명, Applied Physics Letters, 1999년7월5일 발간, Vol.75, No.1, p.4 내지 p.6

발명의 내용

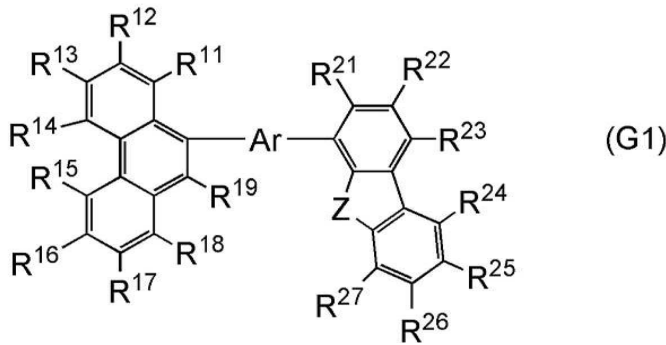
해결하려는 과제

- [0013] 그래서 본 발명의 일 형태에서는 여기 에너지가 큰 신규 화합물, 특히 3중항 여기 에너지가 큰 신규 화합물을 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또한, 본 발명의 일 형태에서는 바이폴러성을 갖는 신규 화합물을 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 형태는 전자 수송성을 갖는 페난트릴기와, 정공 수송성을 갖는 디벤조티오펜일기 또는 디벤조푸라닐기를 아릴렌기를 통하여 결합시킨 바이폴러성을 갖는 페난트렌 화합물이다. 더 구체적으로는 하기 화학식으로 나타내어지는 페난트렌 화합물이다.
- [0015] 본 발명의 일 형태는 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)이다.

화학식 1



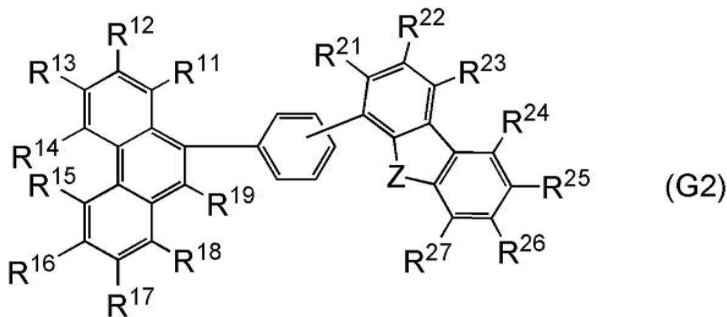
[0016]

[0017] 다만, 화학식 1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Ar는 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다.

[0018] 또한, 화학식 1에서 Ar는 치환 또는 무치환의 비페닐디일기인 것이 바람직하고, 치환 또는 무치환의 페닐렌기인 것이 더 바람직하다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 형태는 화학식 2로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G2)이다.

화학식 2



[0020]

[0021] 다만, 화학식 2에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다.

[0022] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 페난트렌 화합물을 포함하는 발광 소자다. 그 발광 소자에서 상기 페난트렌 화합물을 발광층에 함유되는 것이 바람직하고, 상기 페난트렌 화합물과 인광성 발광 물질을 발광층에 함유되는 것이 더 바람직하다.

[0023] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 발광 소자를 갖는 발광 장치다.

[0024] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 발광 장치를 탑재한 전자 기기 또는 조명 장치다.

[0025] 또한, 본 명세서 중의 발광 장치란 화상 표시 디바이스, 발광 디바이스, 광원을 포함한다. 또한, 패널에 커넥터, 예를 들어, FPC(Flexible Printed Circuit) 또는 TAB(Tape Automated Bonding) 테이프 또는 TCP(Tape Carrier Package)가 장착된 모듈, TAB 테이프나 TCP의 끝에 프린트 배선판이 제공된 모듈, 또는 발광 소자에 COG(Chip On Glass) 방식에 의하여 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈도 모두 발광 장치에 포함하는 것으로 한다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 일 형태에 의하여 신규 페난트렌 화합물을 제공할 수 있다. 상기 페난트렌 화합물은 바이폴러성을 갖고 발광 소자의 재료로서 유용하다. 또한, 상기 페난트렌 화합물은 큰 3중항 여기 에너지를 갖기 때문에 인광성 화합물에 대한 호스트 재료로서 유용하다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1(A) 및 도 1(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 설명하기 위한 도면이다.
 도 2(A) 및 도 2(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 설명하기 위한 도면이다.
 도 3(A) 및 도 3(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 4(A) 및 도 4(B)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 5(A) 내지 도 5(E)는 본 발명의 일 형태인 전자 기기 및 조명 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 형태인 전자 기기를 설명하기 위한 도면이다.
 도 7은 본 발명의 일 형태인 전자 기기 및 조명 장치를 설명하기 위한 도면이다.
 도 8(A) 및 도 8(B)는 DBTPPn-II의 NMR 차트이다.
 도 9(A) 및 도 9(B)는 DBTPPn-II의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 10(A) 및 도 10(B)는 DBTPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 11은 실시예 2의 발광 소자를 설명하기 위한 도면이다.
 도 12는 실시예 2의 발광 소자의 전류 밀도-휘도 특성을 도시한 도면이다.
 도 13은 실시예 2의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 도시한 도면이다.
 도 14는 실시예 2의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 도시한 도면이다.
 도 15는 실시예 2의 발광 소자의 전압-전류 특성을 도시한 도면이다.
 도 16은 실시예 2의 발광 소자의 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 17(A) 및 도 17(B)는 mDBTBPPn-II의 NMR 차트이다.
 도 18(A) 및 도 18(B)는 mDBTBPPn-II의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 19(A) 및 도 19(B)는 mDBTBPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 20은 실시예 4의 발광 소자를 설명하기 위한 도면이다.
 도 21은 실시예 4의 발광 소자의 전류 밀도-휘도 특성을 도시한 도면이다.
 도 22는 실시예 4의 발광 소자의 전압-휘도 특성을 도시한 도면이다.
 도 23은 실시예 4의 발광 소자의 휘도-전류 효율 특성을 도시한 도면이다.
 도 24는 실시예 4의 발광 소자의 전압-전류 특성을 도시한 도면이다.
 도 25는 실시예 4의 발광 소자의 발광 스펙트럼을 도시한 도면이다.
 도 26은 실시예 4의 발광 소자의 신뢰성 시험의 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 사용하여 자세히 설명한다. 다만, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 이탈하지 않고 그 형태 및 상세한 내용을 다양하게 변경할 수 있다는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 발명은 하기 실시형태 및 실시예의 기재 내용에 한정하

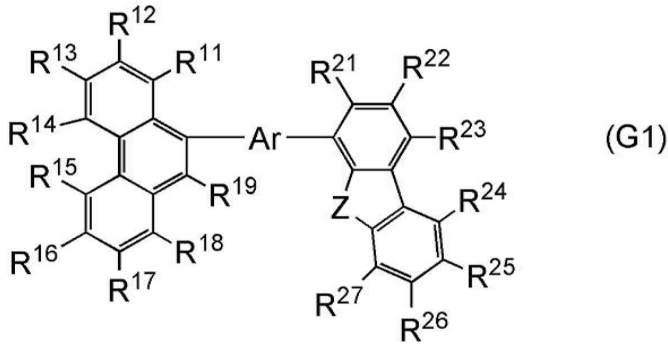
여 해석되는 것은 아니다.

[0029] (실시형태 1)

[0030] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 페난트렌 화합물에 대하여 설명한다.

[0031] 본 발명의 일 형태에 따른 페난트렌 화합물은 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)이다.

[0032] 화학식 1



[0033]

[0034] 다만, 화학식 1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Ar는 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다.

[0035]

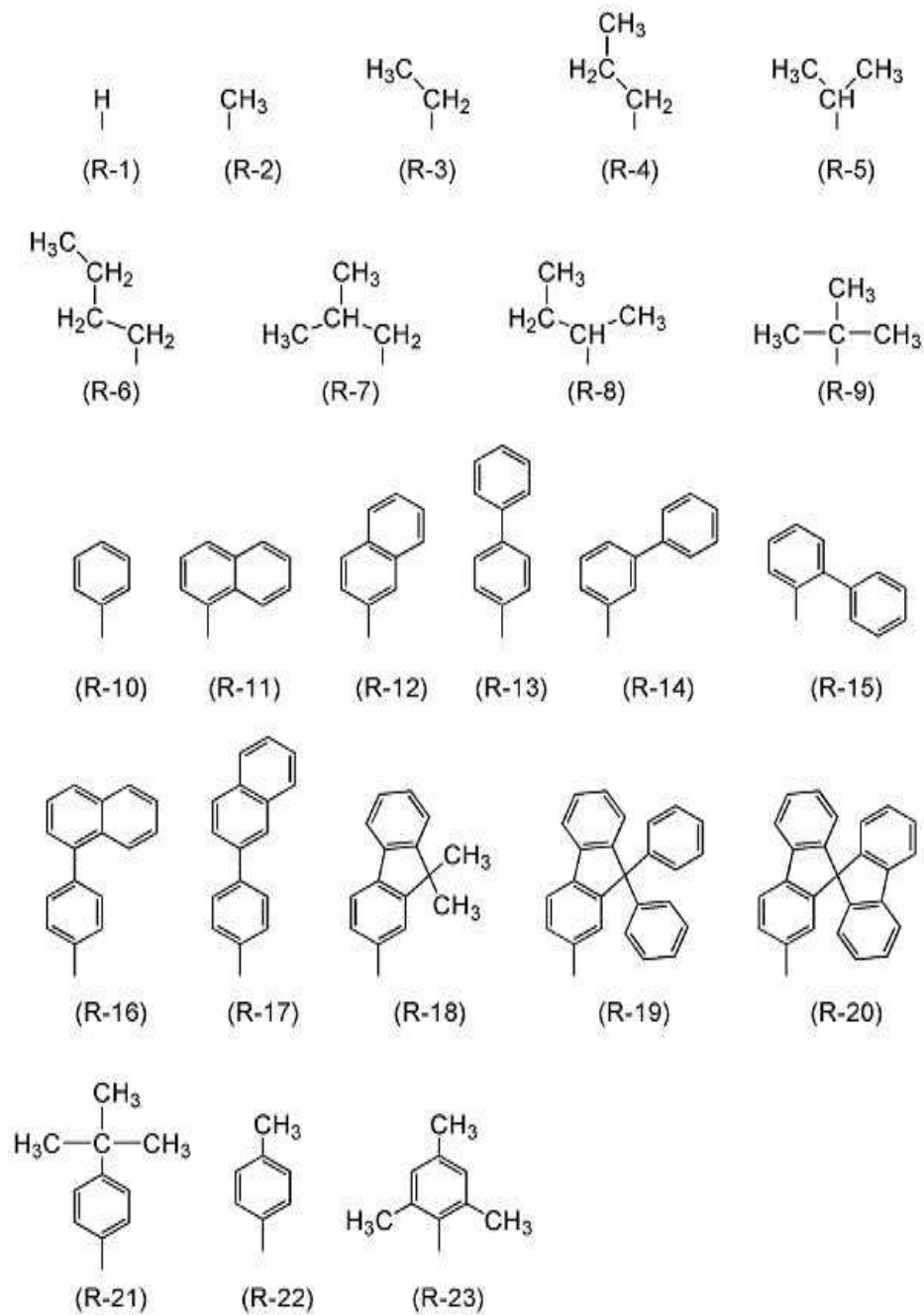
화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)은 분자 내에 전자 수송성을 갖는 페난트릴기와, 정공 수송성을 갖는 디벤조티오펜일기 또는 디벤조푸라닐기를 갖는 바이폴러성 화합물이다. 또한, 페난트릴기와, 디벤조티오펜일기 또는 디벤조푸라닐기 사이에 Ar로 나타내어지는 아릴렌기를 끼움으로써 페난트릴기로부터 디벤조티오펜일기 또는 디벤조푸라닐기까지 공액이 확대되기 어려운 구조로 할 수 있으므로 밴드 갭이 넓어진다고 생각된다. 또한, Ar는 그 자체가 화합물의 공액을 확대시키는 요인이 되지 않도록 치환 또는 무치환의 페닐렌기나, 치환 또는 무치환의 비페닐디일기 등 공액이 작은 아릴렌기로 하는 것이 바람직하고, 치환 또는 무치환의 페닐렌기로 하는 것이 더 바람직하다.

[0036]

화학식 1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷이 탄소수가 6 내지 13인 아릴기인 경우에는, 아릴기는 치환기를 더 가져도 좋다. 그 경우의 치환기로서는, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기 등을 예시할 수 있다. 또한, 아릴기가 2개의 치환기를 더 갖는 경우에는, 상기 2개의 치환기들이 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋고, 고리 구조로서는 스피로 고리라도 좋다.

[0037]

R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷의 구체적인 구조로서 하기 구조식 R-1 내지 구조식 R-23 등을 예시할 수 있다. 또한, R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷ 중 적어도 하나가 탄소수가 6 내지 13인 아릴기이고 치환기를 더 갖는 경우의 구체적인 예가 구조식 R-16 내지 구조식 R-23이다. 또한, 아릴기상의 2개의 치환기들이 서로 결합하여 스피로 고리 구조를 형성하는 경우의 구체적인 예가 구조식 R-20이다.



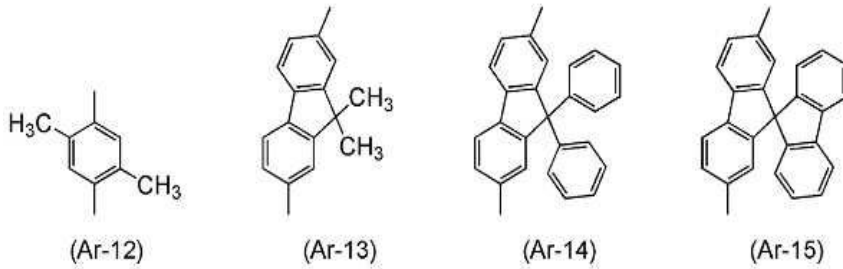
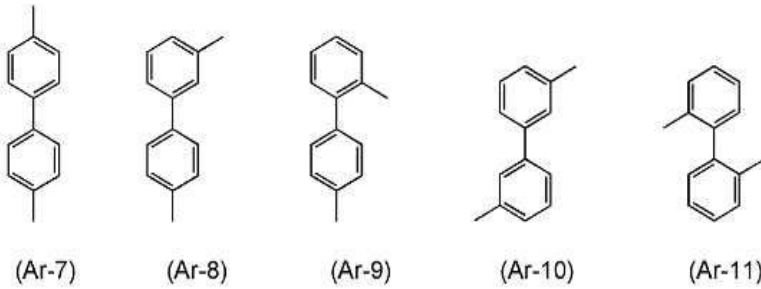
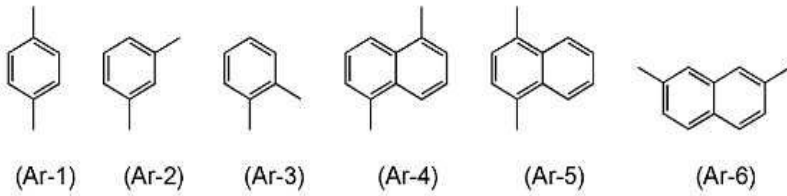
[0038]

[0039]

화학식 1에서 Ar는 탄소수가 6 내지 13인 아릴렌기를 나타내고, 치환기를 가져도 좋다. Ar가 치환기를 갖는 경우에는, 그 치환기로서 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 페닐기, 나프틸기, 플루오레닐기 등을 예시할 수 있다. 또한, Ar가 치환기를 갖는 경우에는, 치환기들이 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋고, 그 경우의 고리 구조로서는 스피로 고리라도 좋다.

[0040]

Ar의 구체적인 구조로서 하기 구조식 Ar-1 내지 구조식 Ar-15 등을 예시할 수 있다. 또한, Ar가 치환기를 갖는 경우의 구체적인 예가 구조식 Ar-12 내지 구조식 Ar-15다. 또한, 치환기들이 서로 결합하여 스피로 고리 구조를 형성하는 경우의 구체적인 예가 구조식 Ar-15다.



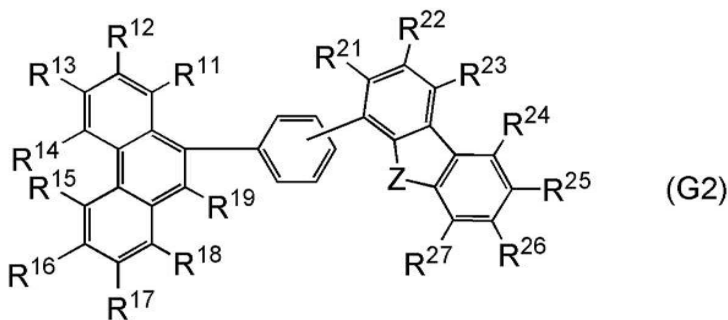
[0041]

[0042]

화학식 1에서 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)에서 합성하기 쉽고 3중항 여기 에너지가 높다는 이유로 Ar는 페닐렌기인 것이 더 바람직하다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 페난트렌 화합물은 화학식 2로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G2)인 것이 더 바람직하다.

[0043]

화학식 2



[0044]

[0045]

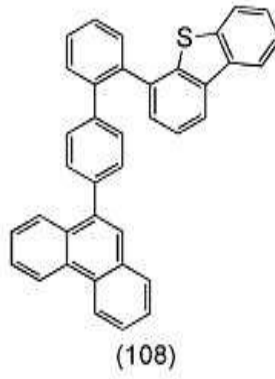
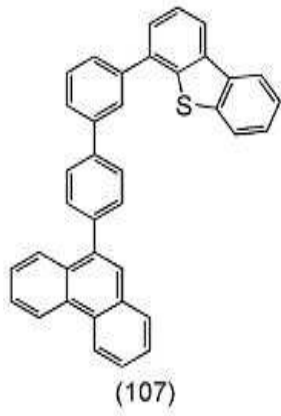
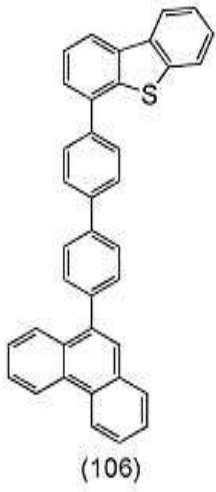
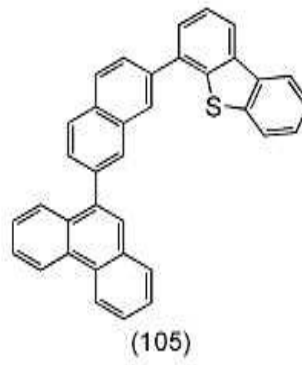
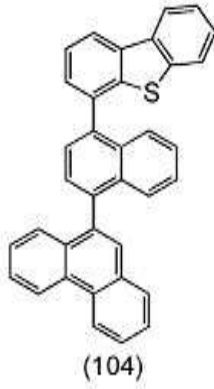
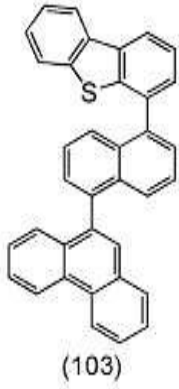
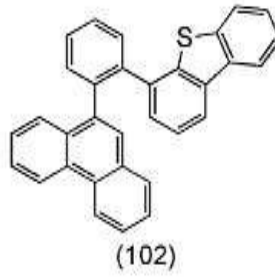
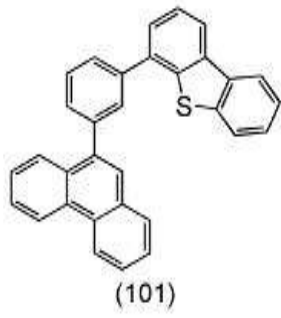
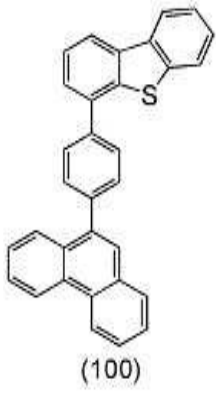
다만, 화학식 2에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다.

[0046]

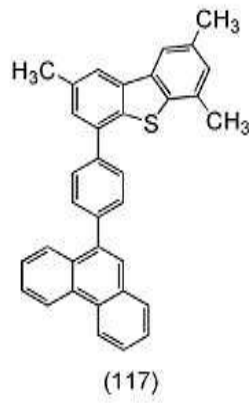
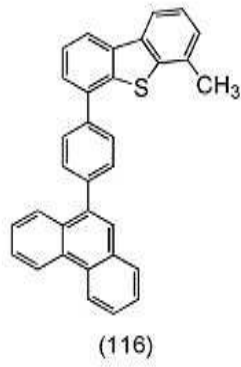
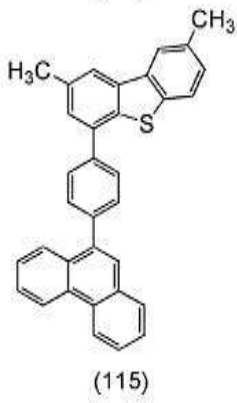
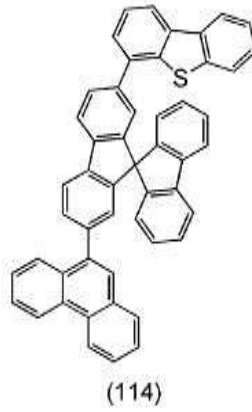
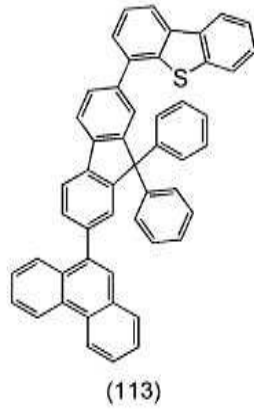
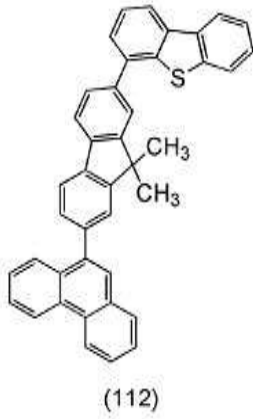
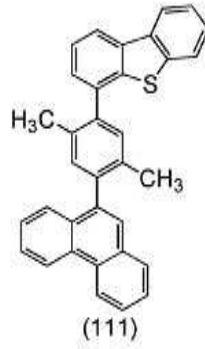
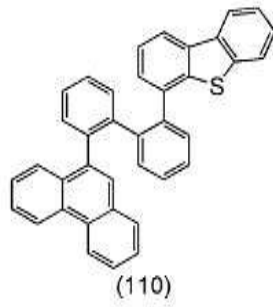
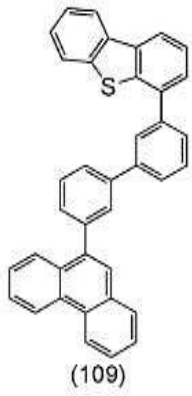
화학식 2에서의 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷의 구체적인 구조로서 상기 구조식 R-1 내지 구조식 R-23 등을 예시할 수 있다.

[0047]

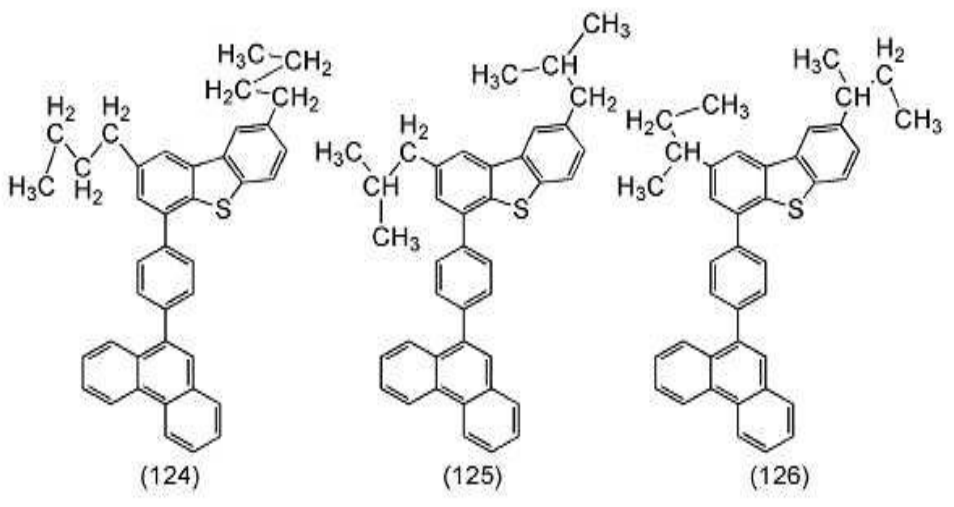
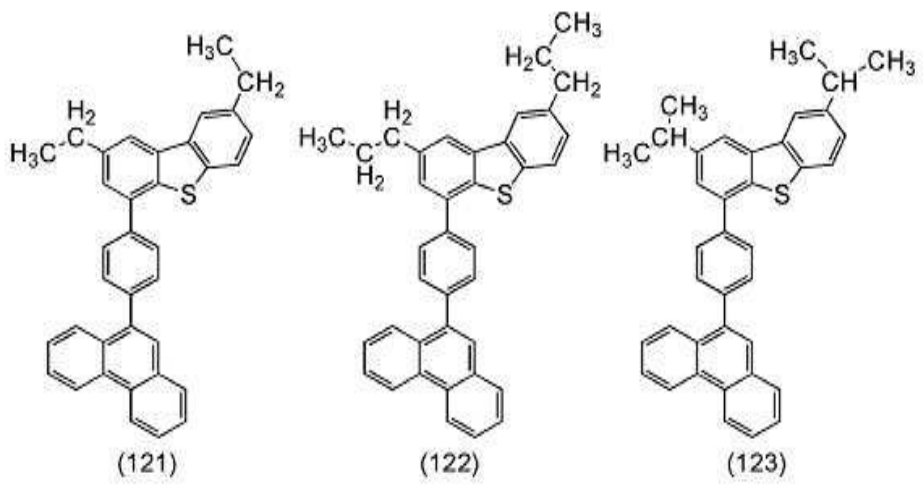
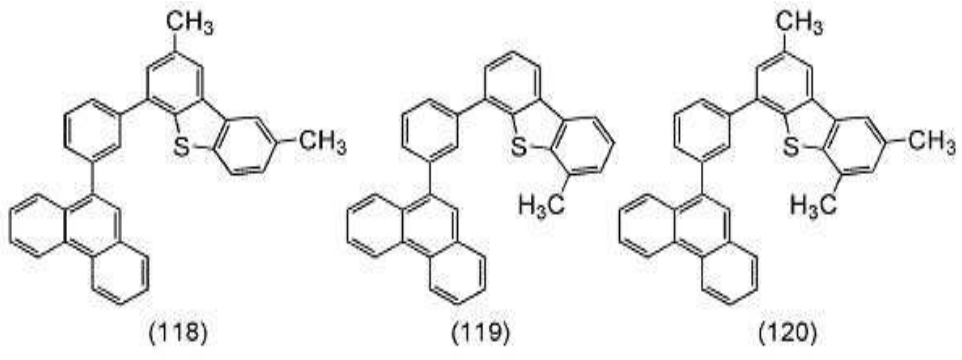
화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)의 구체적인 예로서 구조식(100) 내지 구조식(171) 및 구조식(200) 내지 구조식(271)으로 나타내어지는 페난트렌 화합물을 들 수 있다. 다만, 본 발명은 이것에 한정되지 않는다.



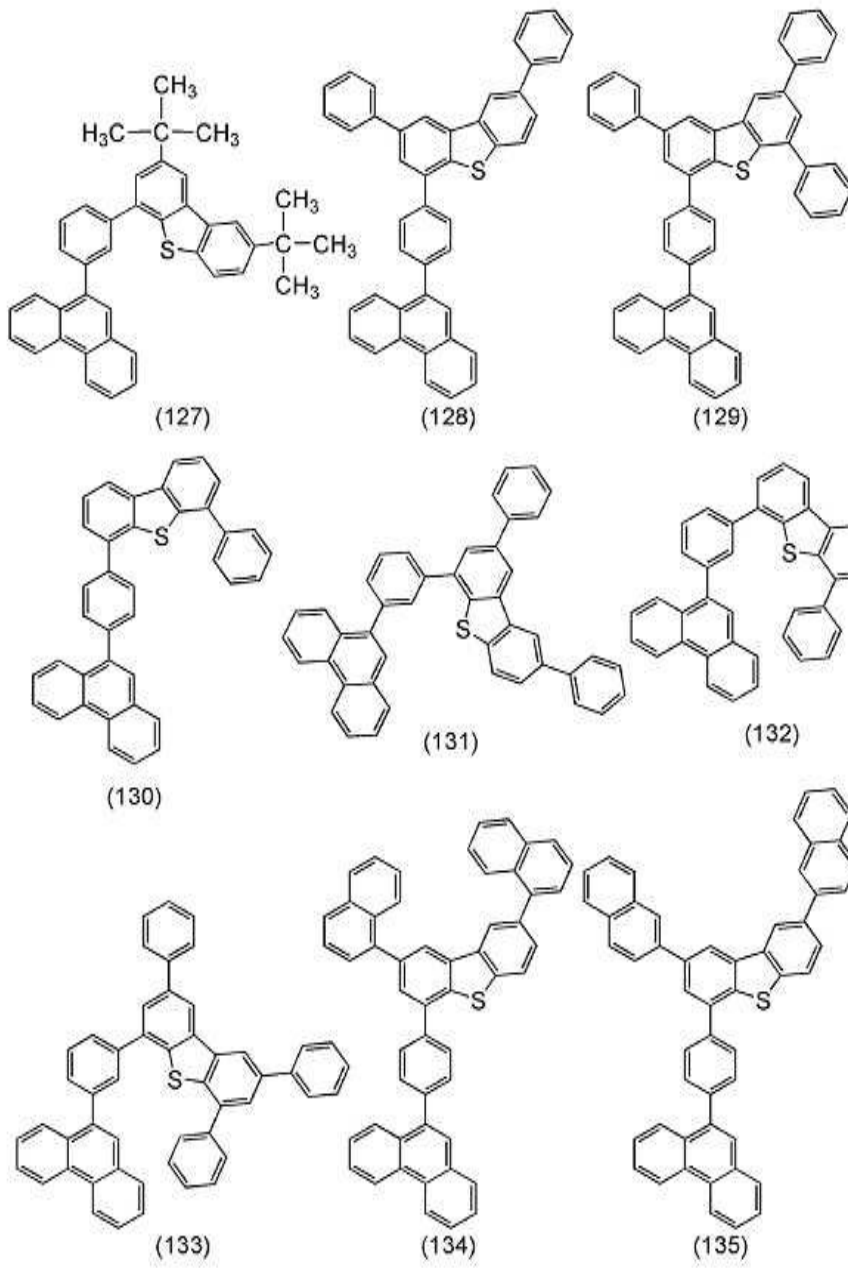
[0048]



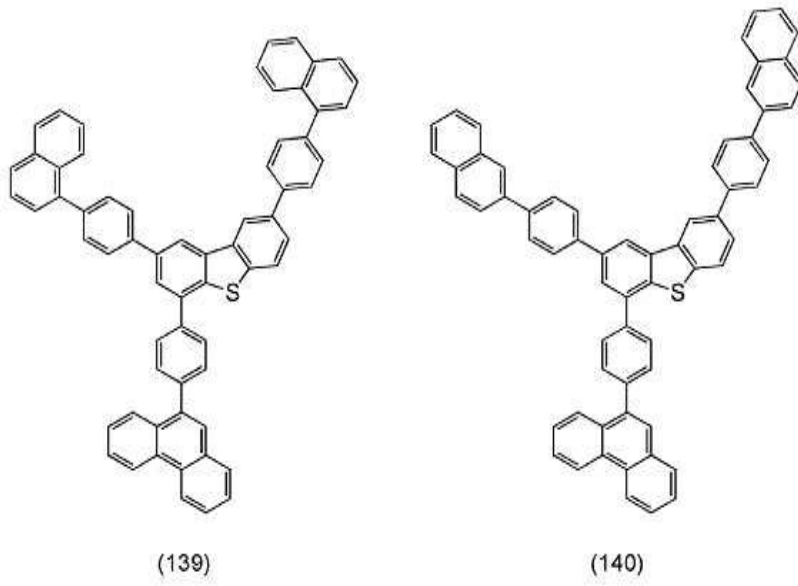
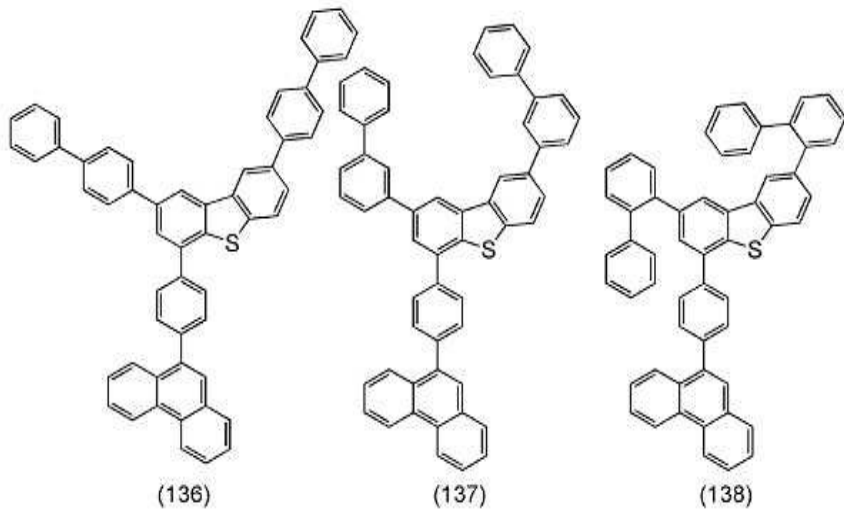
[0049]



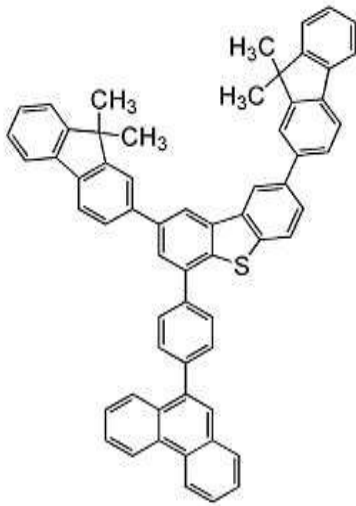
[0050]



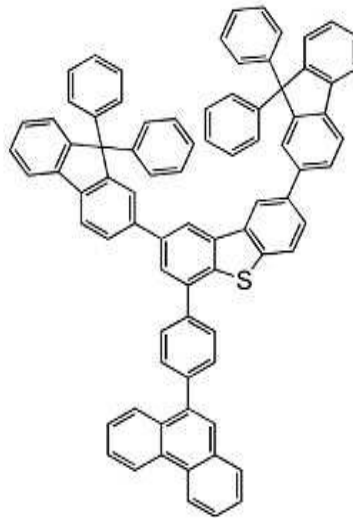
[0051]



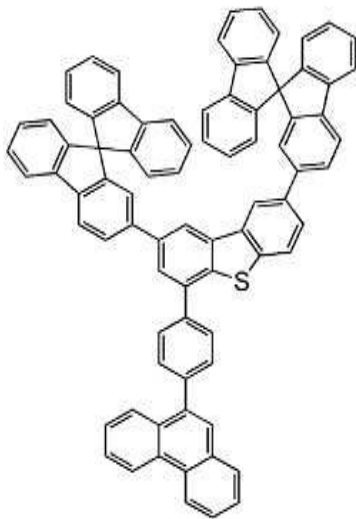
[0052]



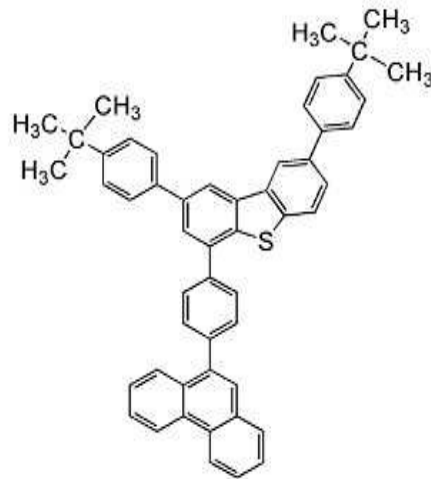
(141)



(142)

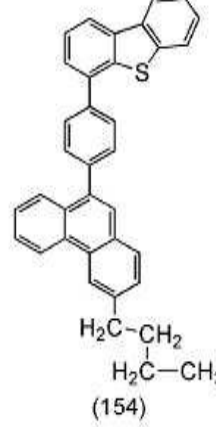
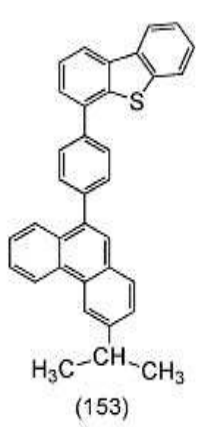
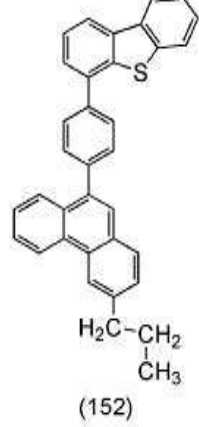
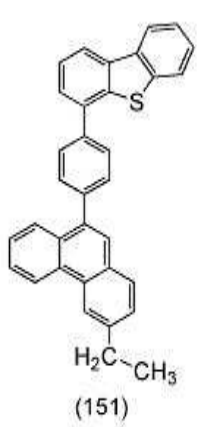
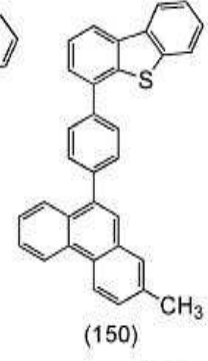
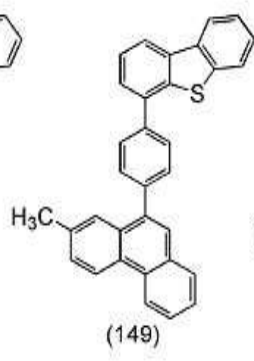
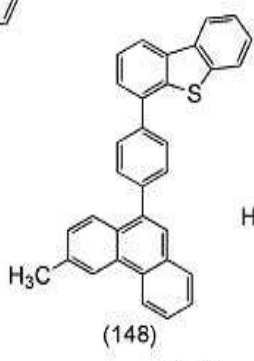
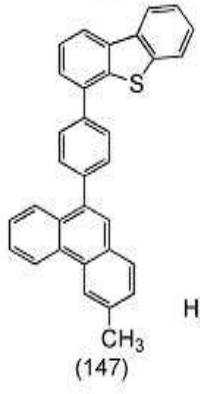
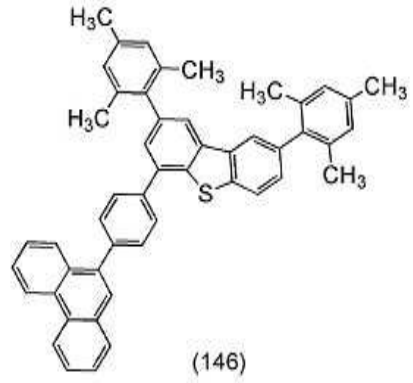
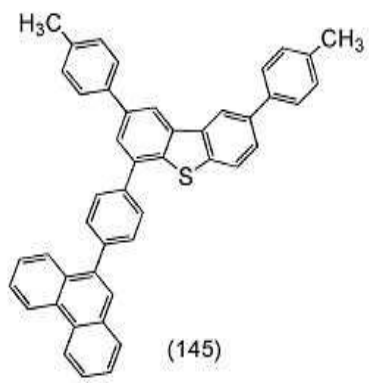


(143)

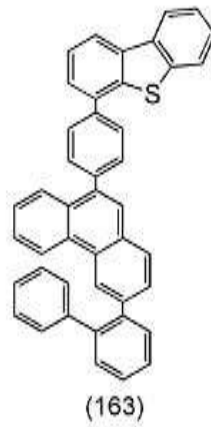
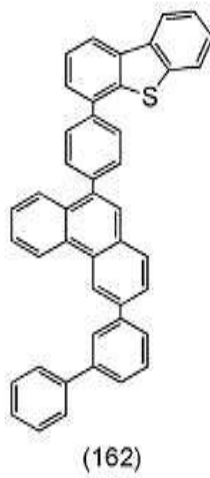
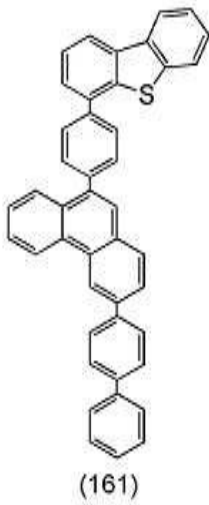
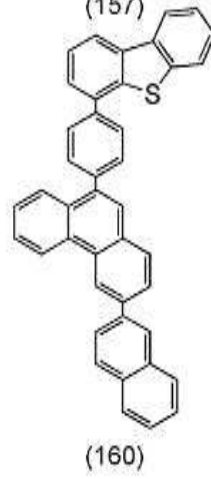
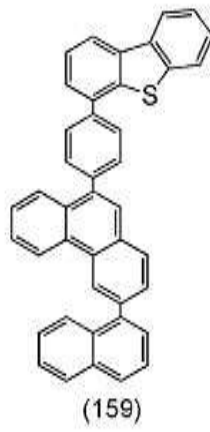
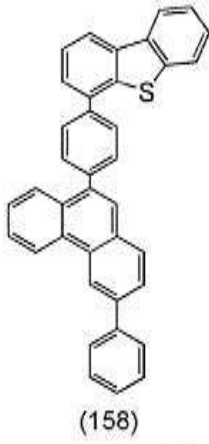
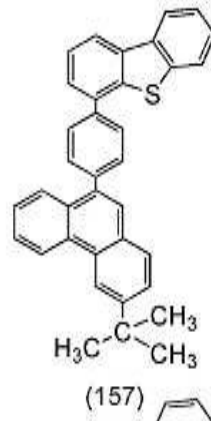
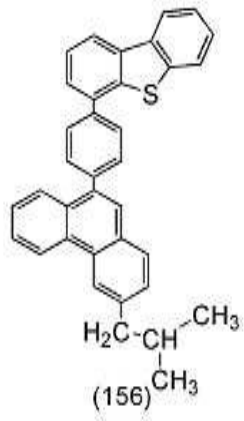
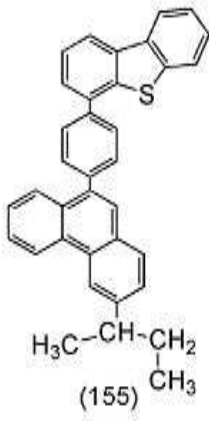


(144)

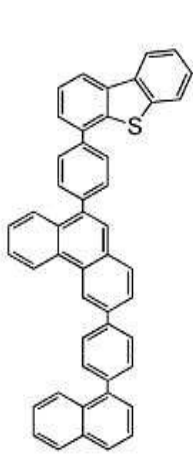
[0053]



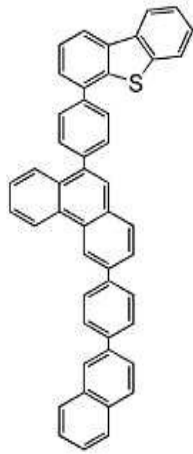
[0054]



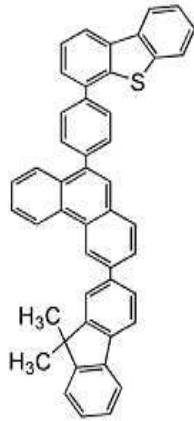
[0055]



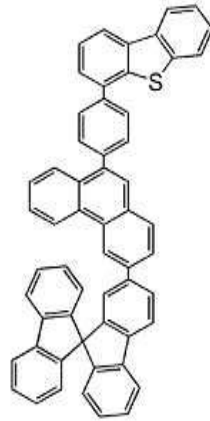
(164)



(165)



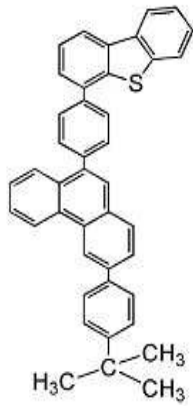
(166)



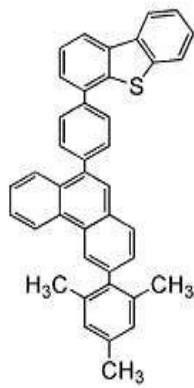
(167)



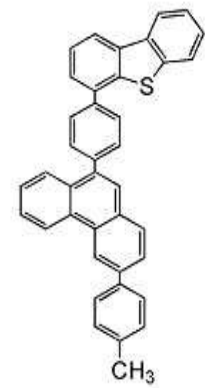
(168)



(169)

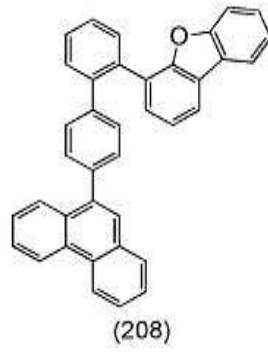
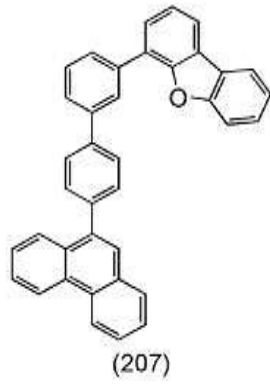
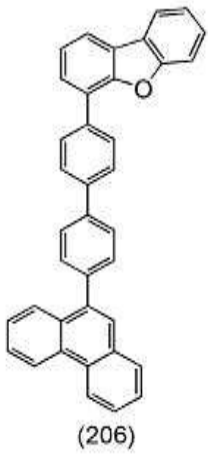
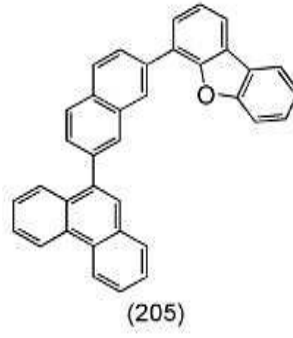
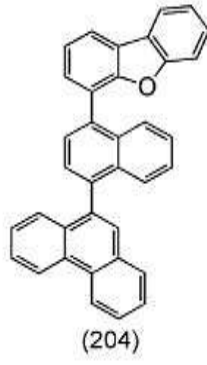
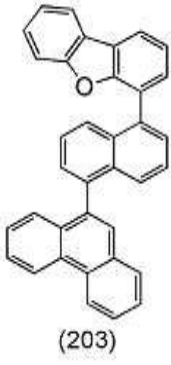
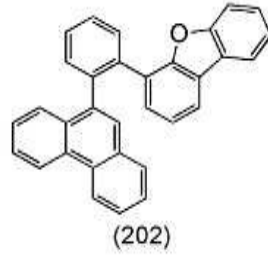
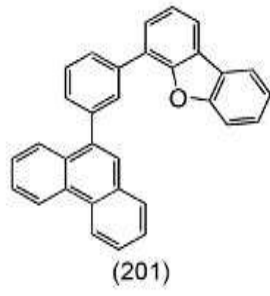
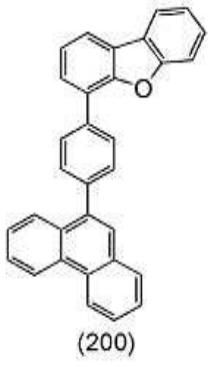


(170)

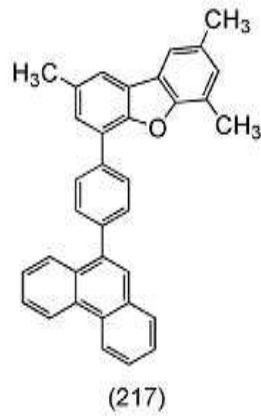
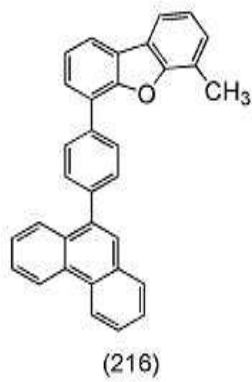
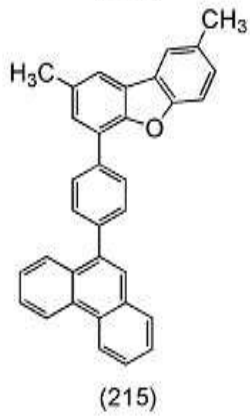
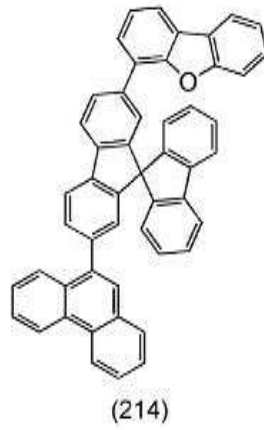
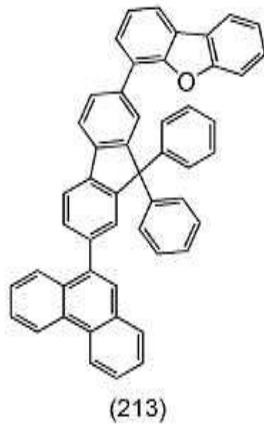
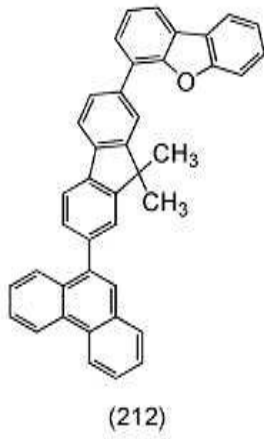
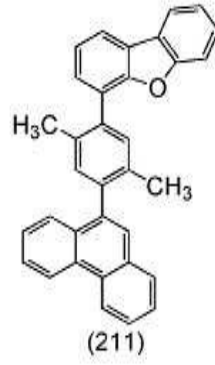
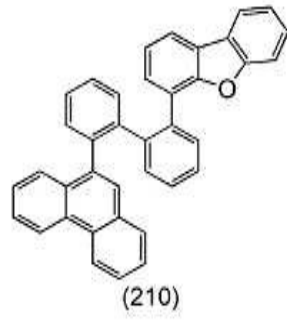
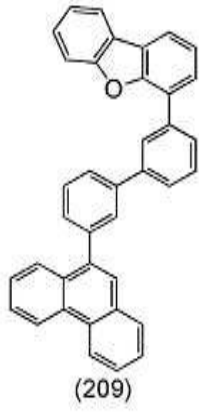


(171)

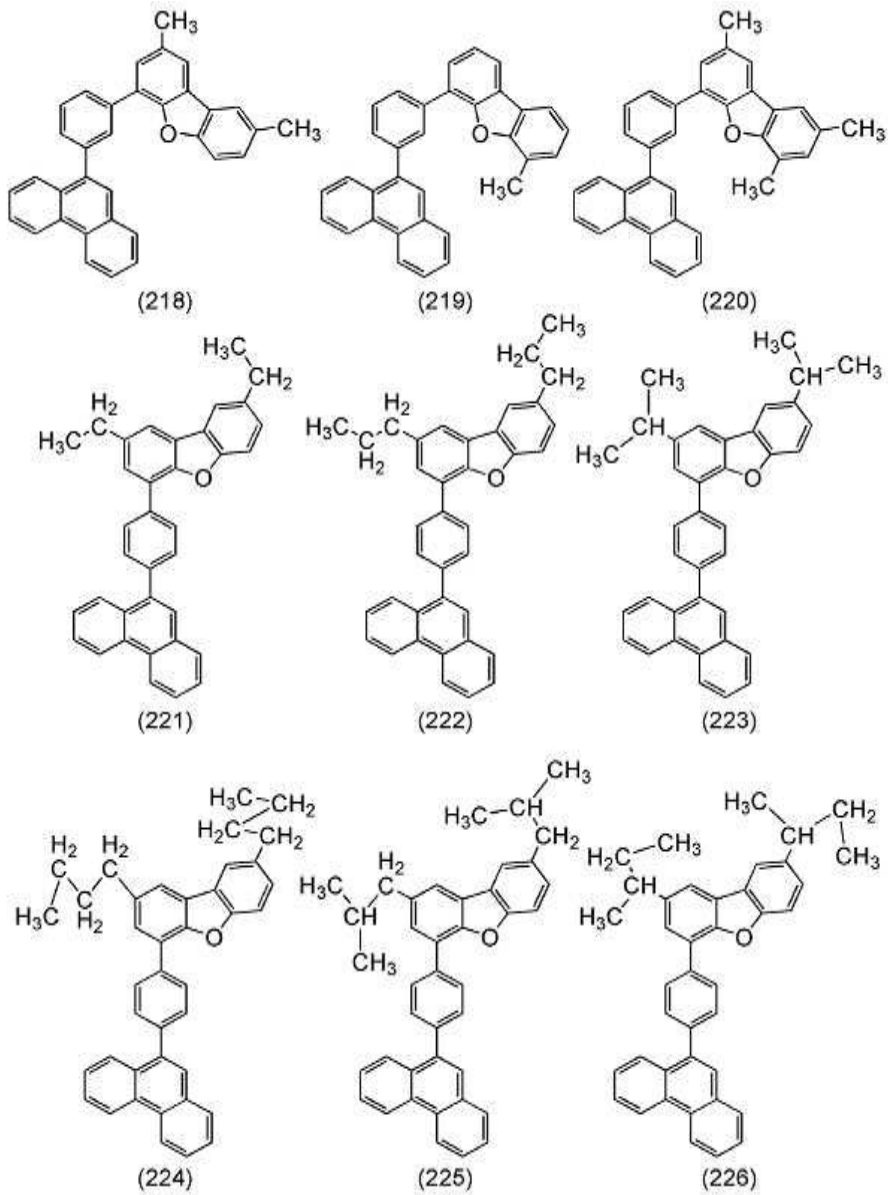
[0056]



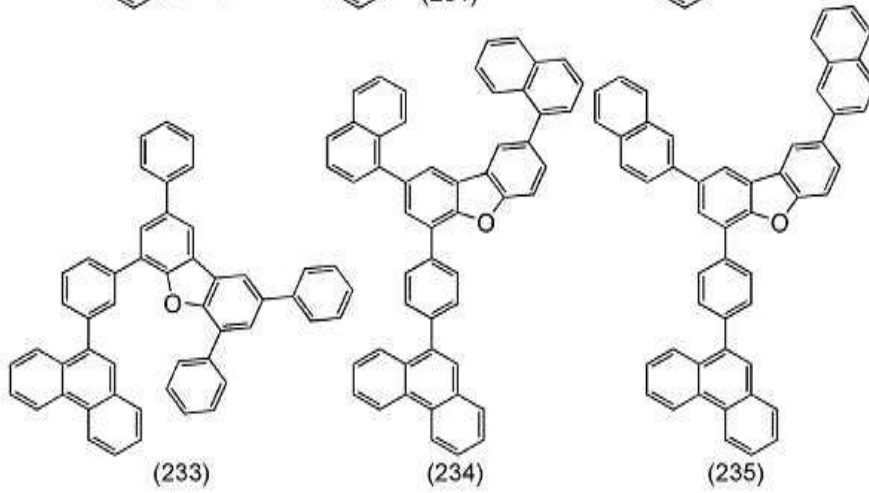
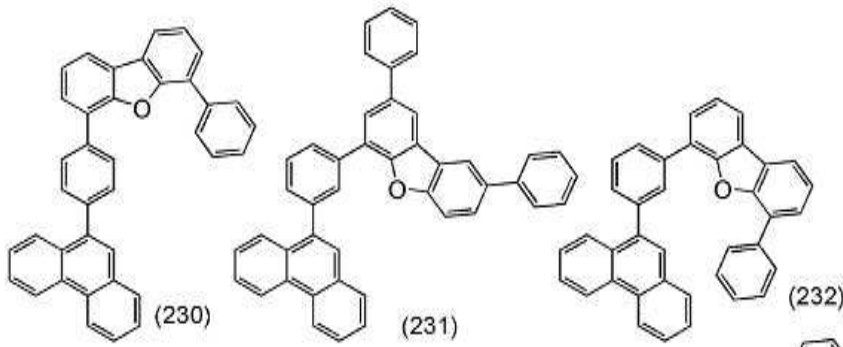
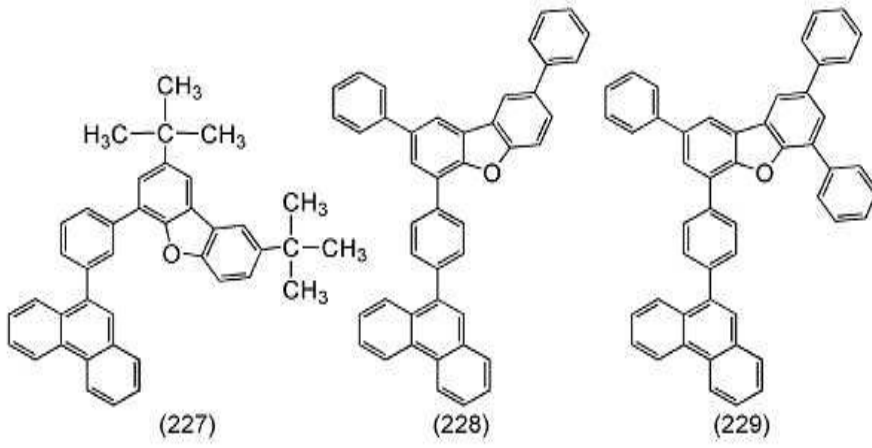
[0057]



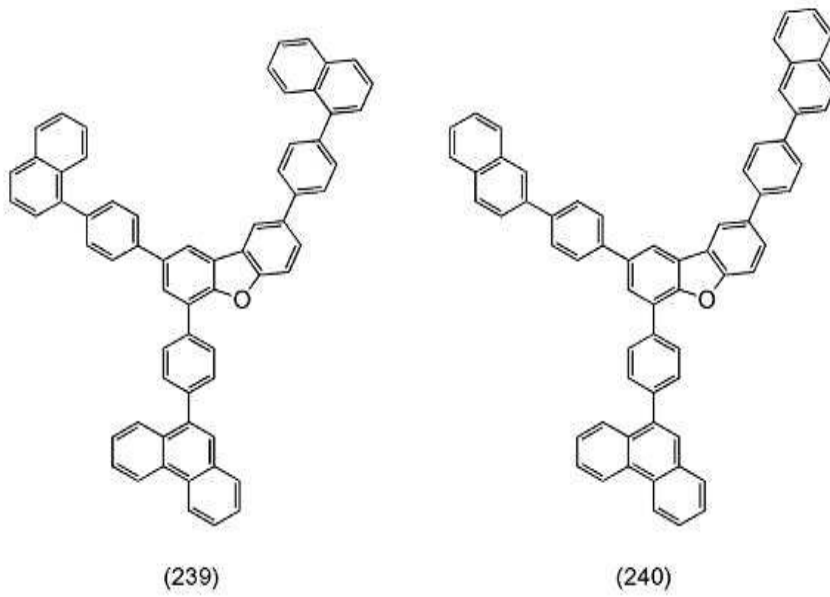
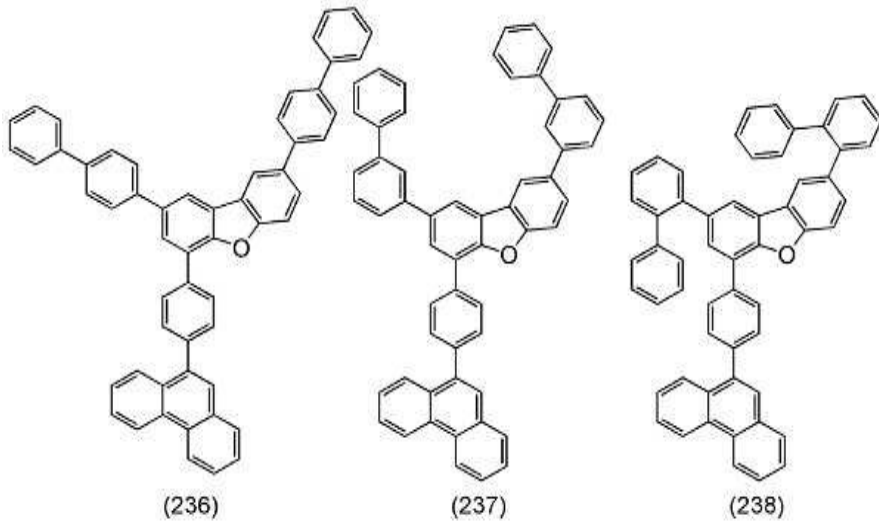
[0058]



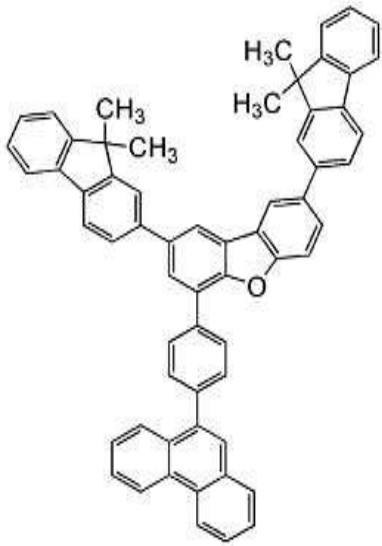
[0059]



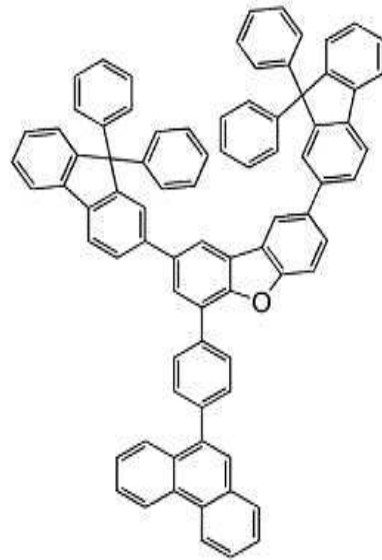
[0060]



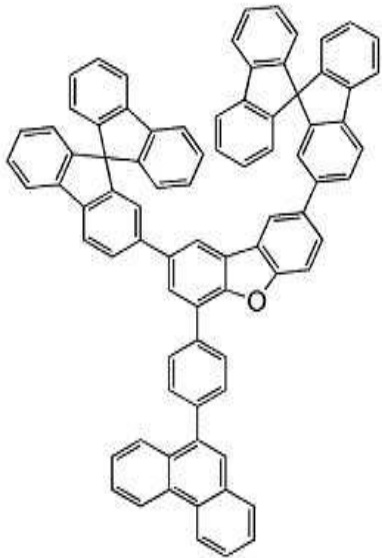
[0061]



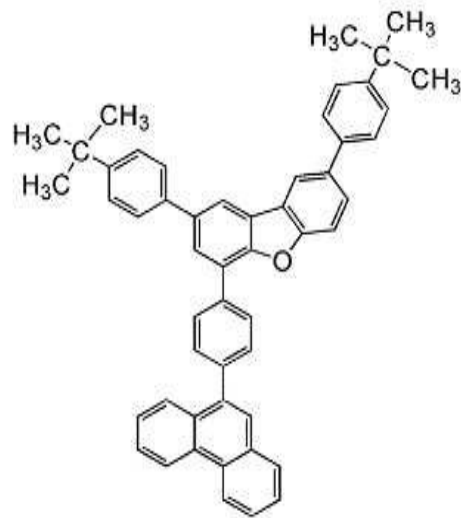
(241)



(242)

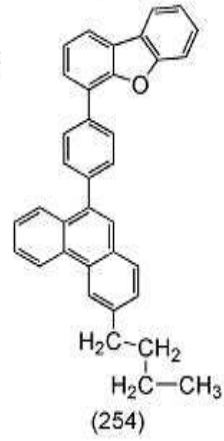
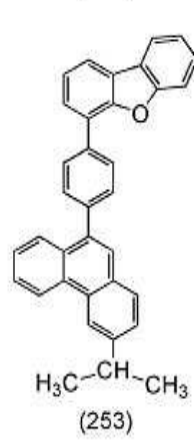
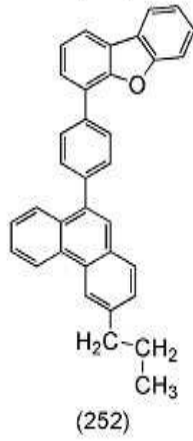
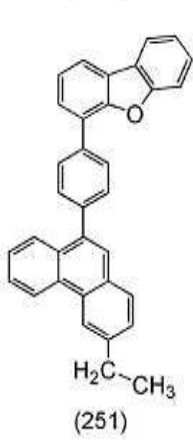
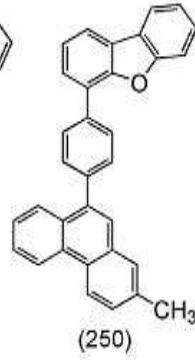
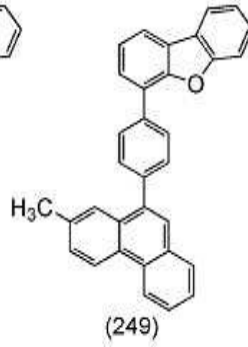
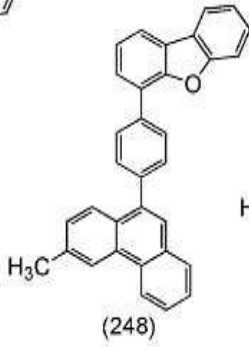
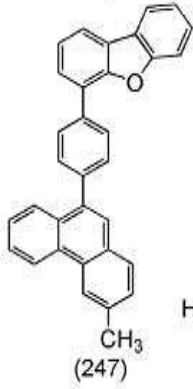
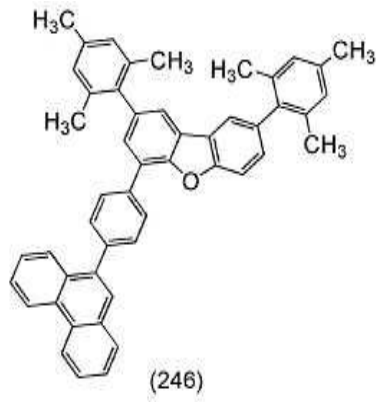
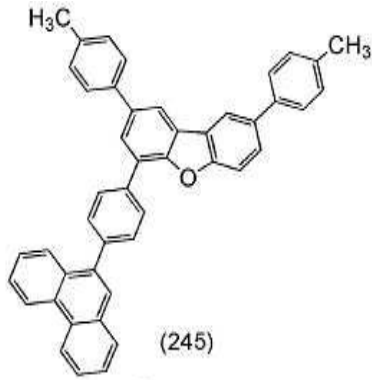


(243)

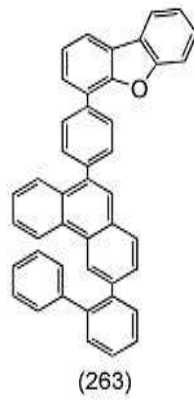
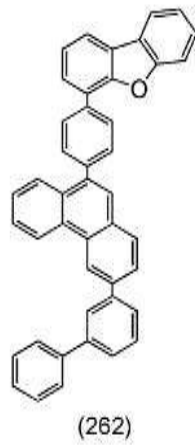
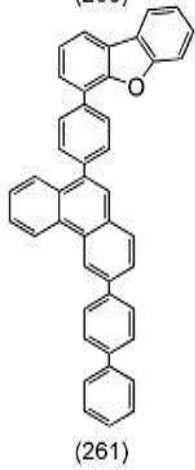
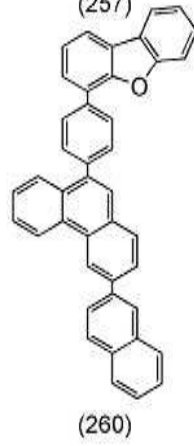
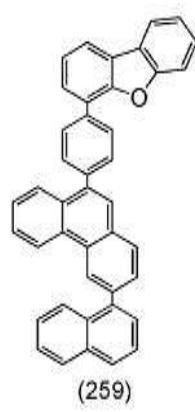
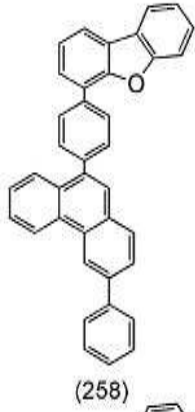
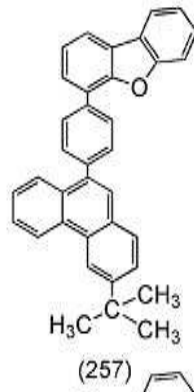
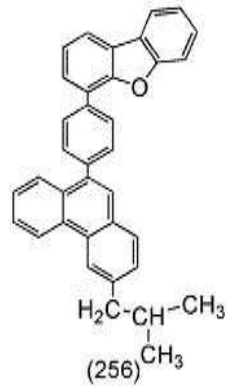
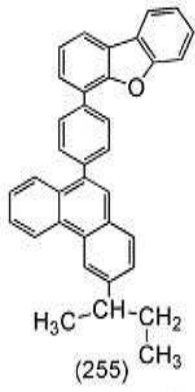


(244)

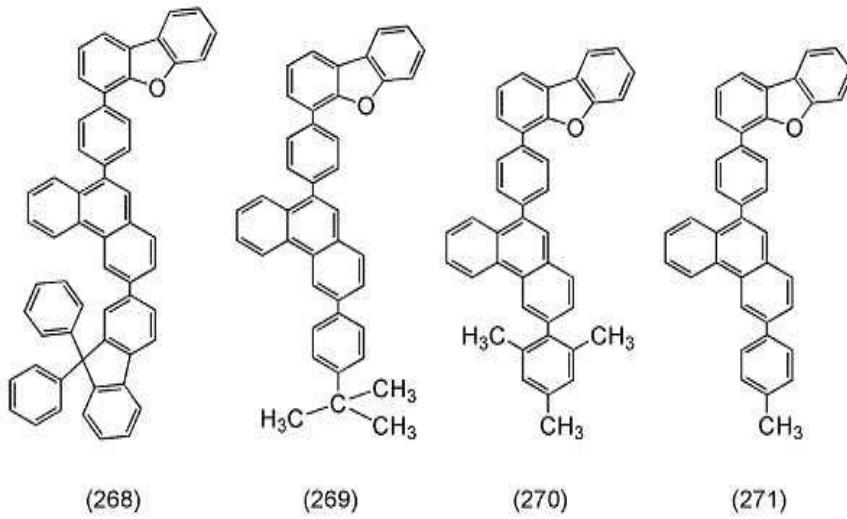
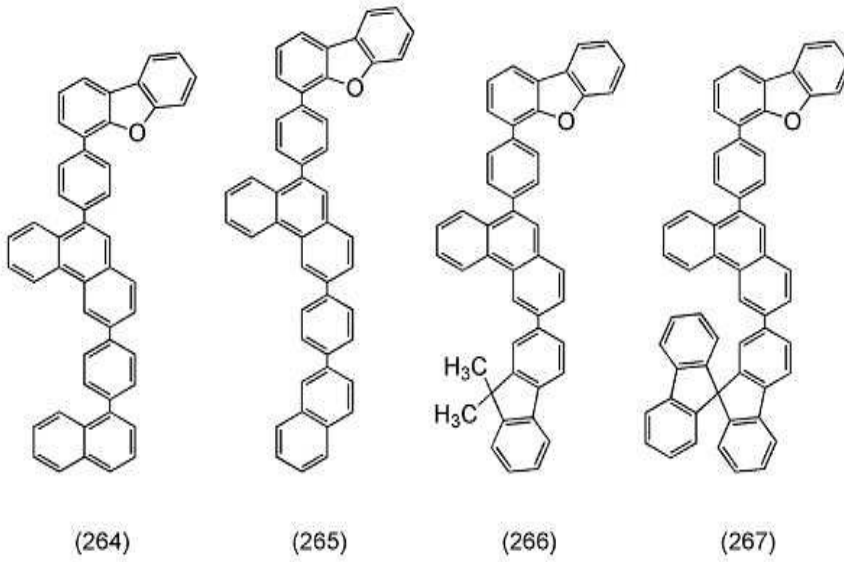
[0062]



[0063]



[0064]



[0065]

[0066] 본 실시형태의 페난트렌 화합물의 합성 방법으로서 각종 반응을 적용할 수 있다. 예를 들어, 하기 합성법 1 또는 합성법 2에 기재한 합성 반응에 의하여 합성할 수 있다.

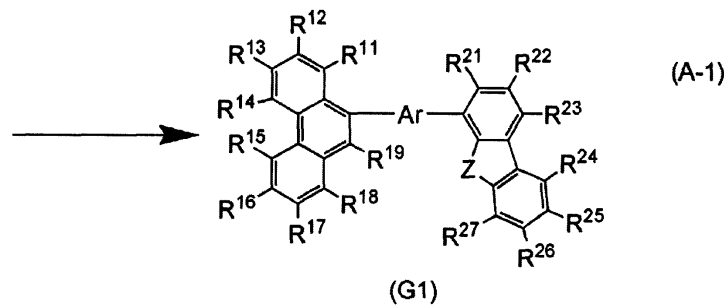
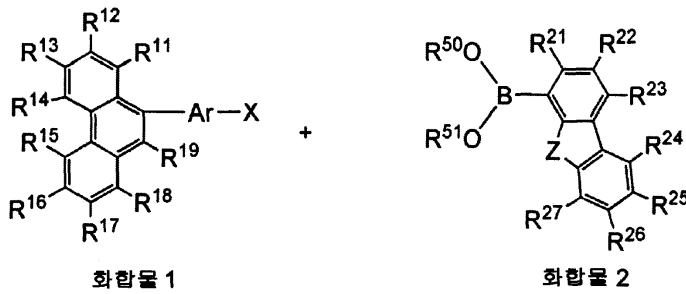
[0067]

<합성법 1>

[0068]

반응식 A-1에 나타낸 바와 같이, 페난트렌 유도체의 할로겐화물(화합물 1)과 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 유기 보론 화합물, 또는 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 보론산(화합물 2)을 스즈키·미야우라 반응(Suzuki-Miyaura Reaction)에 의하여 커플링시킴으로써 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)을 얻을 수 있다.

[0069] 반응식 A-1



[0070]

[0071] 반응식 A-1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고, Ar는 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다. 또한, R⁵⁰ 및 R⁵¹은 각각 독립적으로 수소 및 탄소수가 1 내지 6인 알킬기 중 어느 하나를 나타내고, R⁵⁰ 및 R⁵¹은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 또한, X는 할로젠을 나타내고, 할로젠으로서는 브롬, 요오드가 바람직하다.

[0072] 반응식 A-1에서 사용할 수 있는 팔라듐 촉매로서는 초산팔라듐(II), 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0), 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II)디클로라이드 등을 들 수 있다. 반응식 A-1에서 사용할 수 있는 팔라듐 촉매의 배위자로서는 트리(오르토-톨릴)포스핀, 트리페닐포스핀, 트리스이클로헥실포스핀 등을 들 수 있다.

[0073] 반응식 A-1에서 사용할 수 있는 염기로서는 나트륨 *tert*-부톡사이드 등의 유기 염기나, 탄산칼륨, 탄산나트륨 등의 무기 염기 등을 들 수 있다. 반응식 A-1에서 사용할 수 있는 용매로서는, 톨루엔과 물의 혼합 용매, 톨루엔과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 크실렌과 물의 혼합 용매, 크실렌과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 벤젠과 물의 혼합 용매, 벤젠과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 에틸렌글리콜디메틸에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매 등을 들 수 있다. 또한, 톨루엔과 물의 혼합 용매, 톨루엔과 에탄올과 물의 혼합 용매, 또는 에틸렌글리콜디메틸에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매가 더 바람직하다.

[0074] 반응식 A-1에 나타내는 커플링 반응으로서 화합물 2로 나타내어지는 유기 보론 화합물 또는 보론산을 사용하는 스즈키-미야우라 반응 대신에 유기 알루미늄 화합물, 유기 지르코늄 화합물, 유기 아연 화합물, 유기 주석 화합물 등을 사용하는 크로스 커플링 반응을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 커플링에서 할로젠 외에도 트리플레이트 기 등을 사용하여도 좋다.

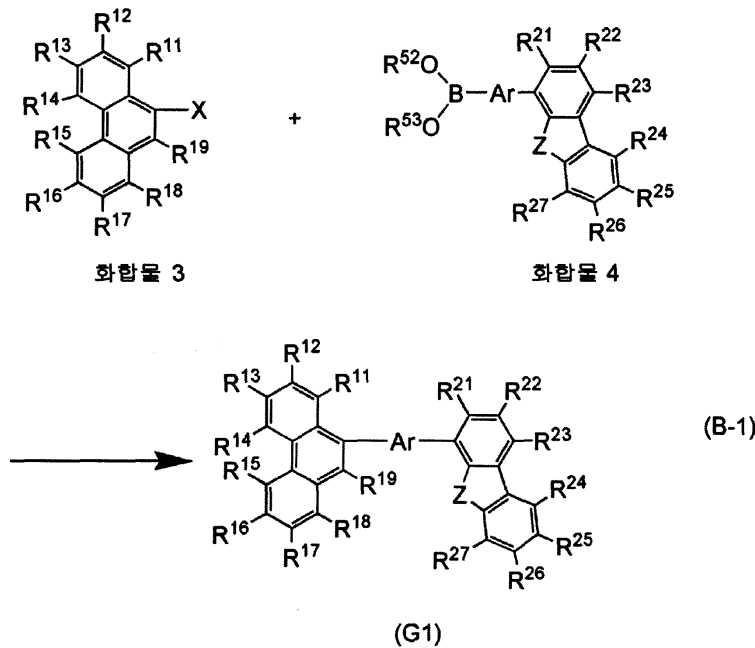
[0075] 또한, 반응식 A-1에 나타낸 스즈키·미야우라 커플링 반응에서 화합물 1 대신에 페난트렌 유도체의 유기 보론 화합물 또는 페난트렌 유도체의 보론산을 사용하고, 화합물 2 대신에 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 할로겐화물 또는 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 트리플레이트 치환체를 사용하고, 이들을 스즈키·미야우라 반응에 의하여 커플링하여 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)을 합성하여도 좋다.

[0076] <합성법 2>

[0077] 반응식 B-1에 나타낸 바와 같이, 페난트렌 유도체의 할로겐화물(화합물 3)과 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 유기 보론 화합물, 또는 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 보론산(화합물 4)을 스

스즈키·미야우라 반응에 의하여 커플링시킴으로써 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)을 얻을 수 있다.

[0078] 반응식 B-1



[0079]

[0080] 반응식 B-1에서 R¹¹ 내지 R¹⁹ 및 R²¹ 내지 R²⁷은 각각 독립적으로 수소, 탄소수가 1 내지 4인 알킬기, 및 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴기 중 어느 하나를 나타내고, Ar는 탄소수가 6 내지 13인 치환 또는 무치환의 아릴렌기를 나타낸다. 또한, Z는 황 원자 또는 산소 원자를 나타낸다. 또한, R⁵² 및 R⁵³은 각각 독립적으로 수소 및 탄소수가 1 내지 6인 알킬기 중 어느 하나를 나타내고, R⁵² 및 R⁵³은 서로 결합하여 고리를 형성하여도 좋다. 또한, X는 할로젠을 나타내고, 할로젠으로는 브롬, 요오드가 바람직하다.

[0081] 반응식 B-1에서 사용할 수 있는 팔라듐 촉매로서는 초산팔라듐(II), 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0), 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II)디클로라이드 등을 들 수 있다. 반응식 B-1에서 사용할 수 있는 팔라듐 촉매의 배위자로서 트리(오르토-톨릴)포스핀, 트리페닐포스핀, 트리시클로헥실포스핀 등을 들 수 있다.

[0082] 반응식 B-1에서 사용할 수 있는 염기로서 나트륨 *tert*-부톡사이드 등의 유기 염기나, 탄산칼륨, 탄산나트륨 등의 무기 염기 등을 들 수 있다. 반응식 B-1에서 사용할 수 있는 용매로서는, 톨루엔과 물의 혼합 용매, 톨루엔과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 크실렌과 물의 혼합 용매, 크실렌과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 벤젠과 물의 혼합 용매, 벤젠과 에탄올 등의 알코올과 물의 혼합 용매, 에틸렌글리콜디메틸에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매 등을 들 수 있다. 또한, 톨루엔과 물의 혼합 용매, 톨루엔과 에탄올과 물의 혼합 용매, 또는 에틸렌글리콜디메틸에테르 등의 에테르류와 물의 혼합 용매가 더 바람직하다.

[0083] 반응식 B-1에 나타난 커플링 반응으로서 화합물 4로 나타내어지는 유기 보론 화합물 또는 보론산을 사용하는 스즈키-미야우라 반응 대신에 유기 알루미늄 화합물, 유기 지르코늄 화합물, 유기 아연 화합물, 유기 주석 화합물 등을 사용하는 크로스 커플링 반응을 사용하여도 좋다. 또한, 이들 커플링에서 할로젠 외에도 트리플레이트기 등을 사용하여도 좋다.

[0084] 또한, 반응식 B-1에 나타난 스즈키·미야우라 커플링 반응에서 화합물 3 대신에 페난트렌 유도체의 유기 보론 화합물 또는 페난트렌 유도체의 보론산을 사용하고, 화합물 4 대신에 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 할로젠화물 또는 디벤조푸란 유도체 또는 디벤조티오펜 유도체의 트리플레이트 치환체를 사용하고, 이들을 스즈키·미야우라 반응에 의하여 커플링하여 화학식 1로 나타내어지는 페난트렌 화합물(G1)을 합성하여도 좋다.

[0085] 상술한 바와 같이, 본 실시형태의 페난트렌 화합물을 합성할 수 있다.

- [0086] 본 실시형태의 페난트렌 화합물은 바이폴러성을 갖기 때문에 발광 소자의 정공 수송층의 재료 또는 전자 수송층의 재료로서 적합하게 사용할 수 있다. 또한, 본 실시형태의 페난트렌 화합물(전자 공여체)과 전자 수용체(억셉터)를 혼합하여 이루어지는 복합 재료를 발광 소자의 정공 주입층으로서 사용할 수 있다. 또한, 전자 수용체나 전자 공여체는 적어도 전계의 어시스트를 받아 전자를 주고 받고 하는 것이라면 좋다.
- [0087] 또한, 본 실시형태의 페난트렌 화합물은 발광 소자의 발광층의 호스트 재료로서도 적합하다. 즉, 본 실시형태의 페난트렌 화합물로 구성되는 층 내에 상기 페난트렌 화합물보다 작은 밴드 갭을 갖는 발광 물질(도펀트라고도 기재함)을 첨가하고 도펀트로부터의 발광을 얻을 수 있다. 이 때, 본 실시형태의 페난트렌 화합물은 넓은 밴드 갭을 갖기 때문에 청색 등 비교적 단파장에 발광을 나타내는 형광성 도펀트를 사용하여도 도펀트로부터 효율적으로 발광을 얻을 수 있다. 바꿔 말하면, 가시 영역의 형광성 화합물의 호스트 재료로서 사용할 수 있다. 또한, 도펀트가 인광성 화합물인 경우에는, 그 호스트 재료는 그 도펀트보다 T1 준위가 높은 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 본 실시형태의 페난트렌 화합물은 T1 준위가 높은 물질이므로 적어도 녹색 내지 장파장 측의 가시 영역의 인광성 화합물의 호스트 재료로서 사용할 수 있다.
- [0088] 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0089] (실시형태 2)
- [0090] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태로서 실시형태 1에서 설명한 페난트렌 화합물을 사용한 발광 소자에 대하여 도 1(A) 및 도 1(B)를 사용하여 설명한다.
- [0091] 본 실시형태의 발광 소자는, 한 쌍의 전극간에 적어도 발광층을 갖는 EL층을 협지하여 형성된다. EL층은 발광층 외 복수의 층을 가져도 좋다. 상기 복수의 층은 전극에서 떨어진 개소에 발광 영역이 형성되도록 즉 전극에서 떨어진 부위에서 캐리어가 재결합하도록 캐리어 주입성이 높은 물질이나 캐리어 수송성이 높은 물질로 이루어진 층들을 조합하여 적층된 것이다. 상기 복수의 층으로서, 예를 들어, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층, 전자 주입층 등을 가져도 좋다.
- [0092] 도 1(A)에 도시한 본 실시형태의 발광 소자에서 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(103)의 한 쌍의 전극 사이에 EL층(102)이 제공된다. 또한, EL층(102)은 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 전자 주입층(115)을 갖는다. 또한, 본 실시형태에 기재하는 발광 소자에서 기관(100) 위에 제공된 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하고, 제 2 전극(103)은 음극으로서 기능한다.
- [0093] 기관(100)은 발광 소자의 지지체로서 사용된다. 기관(100)으로서는, 예를 들어, 유리, 석영, 또는 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 또한, 가요성 기관을 사용하여도 좋다. 가요성 기관은 구부릴 수 있는(플렉시블) 기관을 뜻하고, 예를 들어, 폴리카보네이트, 폴리아릴레이트, 폴리에테르설폰으로 이루어진 플라스틱 기관 등을 들 수 있다. 또한, 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리불화비닐, 폴리염화비닐 등으로 이루어지는 필름, 또는 무기 증착 필름 등을 사용할 수도 있다. 또한, 발광 소자의 지지체로서 기능하는 것이라면, 이들 외의 것이라도 좋다.
- [0094] 제 1 전극(101)으로서는 일 함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 예를 들어, 산화인듐-산화주석(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연(IZO: Indium Zinc Oxide), 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐(IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속 산화물막은 보통 스퍼터링에 의하여 성막되지만, 졸-겔(sol-gel)법 등을 응용하여 형성하여도 상관없다. 예를 들어, 산화인듐-산화아연(IZO)은 산화인듐에 대하여 1wt% 내지 20wt%의 산화아연을 가한 타깃을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다. 또한, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO)은 산화인듐에 대하여 산화텅스텐을 0.5wt% 내지 5wt%, 산화아연을 0.1wt% 내지 1wt% 함유한 타깃을 사용하여 스퍼터링법에 의하여 형성할 수 있다. 이 외, 금, 백금, 니켈, 텅스텐, 크롬, 몰리브덴, 철, 코발트, 구리, 팔라듐, 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티타늄) 등을 들 수 있다.
- [0095] 다만, EL층(102) 중 제 1 전극(101)과 접촉되어 형성되는 층이 후술할 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터)를 혼합하여 이루어진 복합 재료를 사용하여 형성되는 경우에는, 제 1 전극(101)에 사용하는 물질은 일 함수의 대수에 관계없이 다양한 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 예를 들어, 알루미늄, 은, 알루미늄을 함유한 합금(예를 들어, Al-Si), 그래핀(graphene) 등을 사용할 수도 있다.
- [0096] 제 1 전극(101) 위에 형성되는 EL층(102) 중 적어도 발광층(113)은 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 함유하여 형성된다. 또한, 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물은 바이폴러성을 갖는 재료이기 때문에 EL층

(102)의 캐리어 수송층(정공 수송층, 전자 수송층 등)의 재료로서도 사용할 수 있다. 또한, EL층(102)의 일부에는 공지(公知)의 물질을 사용할 수도 있고, 저분자계 화합물 및 고분자계 화합물 중 어느 쪽이나 사용할 수 있다. 또한, EL층(102)을 형성하는 물질로서 유기 화합물만으로 이루어지는 물질뿐만 아니라, 일부분에 무기 화합물을 포함한 구성도 포함한다.

[0097] 정공 주입층(111)은 정공 주입성이 높은 물질을 함유한 층이다. 정공 주입성이 높은 물질로서, 예를 들어, 물리브덴 산화물, 티타늄 산화물, 바나듐 산화물, 레늄 산화물, 루테튬 산화물, 크롬 산화물, 지르코늄 산화물, 하프늄 산화물, 탄탈 산화물, 은 산화물, 텅스텐 산화물, 망간 산화물 등의 금속 산화물을 사용할 수 있다. 또한, 프탈로시아닌(약칭: H₂Pc), 구리(II)프탈로시아닌(약칭: CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물을 사용할 수 있다.

[0098] 또한, 저분자 유기 화합물인 4,4',4''-트리스(*N,N'*-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4''-트리스[*N'*(3-메틸페닐)-*N'*-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[*N'*(4-디페닐아미노페닐)-*N'*-페닐아미노]비페닐(약칭: DPAB), 4,4'-비스(*N'*{4-[*N'*(3-메틸페닐)-*N'*-페닐아미노]페닐}-*N'*-페닐아미노)비페닐(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[*N'*(4-디페닐아미노페닐)-*N'*-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B), 3-[*N'*(9-페닐카르바졸-3-일)-*N'*-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA1), 3,6-비스[*N'*(9-페닐카르바졸-3-일)-*N'*-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCA2), 3-[*N'*(1-나프틸)-*N'*(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭: PCzPCN1) 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다.

[0099] 또한, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등)을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 폴리(*N'*-비닐카르바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[*N'*(4-{*N'*(4-(4-디페닐아미노)페닐)페닐-*N'*-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약칭: PTPDMA), 폴리[*N,N'*-비스(4-부틸페닐)-*N,N'*-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 들 수 있다. 또한, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌설포산)(PEDOT/PSS), 폴리아닐린/폴리(스티렌설포산)(PAni/PSS) 등의 산을 첨가한 고분자 화합물을 사용할 수 있다.

[0100] 또한, 정공 주입층(111)으로서 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터)를 혼합하여 이루어진 복합 재료를 사용여도 좋다. 이러한 복합 재료는 전자 수용체에 의하여 유기 화합물에 정공이 발생하기 때문에, 정공 주입성 및 정공 수송성이 우수하다. 이 경우에는, 유기 화합물은 발생한 정공을 수송하는 데 우수한 재료(정공 수송성이 높은 물질)인 것이 바람직하다.

[0101] 복합 재료에 사용하는 유기 화합물로서 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용하는 유기 화합물은 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 10⁻⁶cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 물질인 것이 바람직하다. 다만, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이라면 이들 외의 물질을 사용여도 좋다. 이하에 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.

[0102] 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물은 정공 수송성이 높은 유기 화합물이기 때문에, 복합 재료에 적합하게 사용할 수 있다. 그 외, 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물로서, 예를 들어, TDATA, MTDATA, DPAB, DNTPD, DPA3B, PCzPCA1, PCzPCA2, PCzPCN1, 4,4'-비스[*N'*(1-나프틸)-*N'*-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB 또는 α -NPB), *N,N'*-비스(3-메틸페닐)-*N,N'*-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP) 등의 방향족 아민 화합물이나, 4,4'-디(*N'*-카르바졸릴)비페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(*N'*-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: CzPA), 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭: PCzPA), 1,4-비스[4-(*N'*-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등의 카르바졸 유도체를 사용할 수 있다.

[0103] 또한, 2-*tert*-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-*tert*-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-*tert*-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-*tert*-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-*tert*-부틸안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-비안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-비안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌(rubrene), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(*tert*-부틸)페릴렌, 펜타센, 코로넨, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등의 방향족 탄화수소 화합물을 사용할

수 있다.

- [0104] 또한, 복합 재료에 사용하는 전자 수용체로서 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오르퀴노디메탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로랄린 등의 유기 화합물이나, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표 제 4족 내지 제 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도 특히 산화몰리브덴은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0105] 또한, 상술한 PVK, PVTPA, PTPDMA, Poly-TPD 등의 고분자 화합물과, 상술한 전자 수용체를 사용하여 복합 재료를 형성하고 정공 주입층(111)에 사용하여도 좋다.
- [0106] 정공 수송층(112)은 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층이다. 정공 수송성이 높은 물질로서, 예를 들어, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4,4',4"-트리스(N,N'-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4"-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다. 여기에 기재한 물질은 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이다. 다만, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이라면 이들 외의 물질을 사용하여도 좋다. 또한, 실시형태 1에 기재한 페난트렌 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 정공 수송성이 높은 물질을 함유한 층은 단층에 한정되지 않고 상기 물질로 이루어진 층이 2층 이상 적층된 것으로 하여도 좋다.
- [0107] 또한, 정공 수송층(112)으로서 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0108] 발광층(113)은 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물(호스트 재료)과, 상기 페난트렌 화합물에 분산시킨 발광 물질(게스트 재료)을 함유한 층이다. 발광 물질로서는, 예를 들어, 형광을 발광하는 형광성 화합물이나 인광을 발광하는 인광성 화합물을 사용할 수 있다. 다만, 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물보다 최저 비점유 분자 궤도 준위(LUMO 준위)가 낮고, 최고 점유 분자 궤도 준위(HOMO 준위)가 높은 물질을 발광 물질로서 사용하는 것이 바람직하다.
- [0109] 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물은 밴드 갭이 넓은(S1 준위가 높은) 물질이기 때문에 발광층(113)의 호스트 재료로서 적합하게 사용할 수 있다. 또한, 발광 물질이 인광성 화합물인 경우에는, 그 호스트 재료는 그 발광 물질보다 T1 준위가 높은 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물은 T1 준위가 높은 물질이기 때문에 인광성 발광 물질의 호스트 재료로서도 적합하게 사용할 수 있다.
- [0110] 발광층(113)에 사용할 수 있는 형광성 화합물로서, 예를 들어, 청색계 발광 재료로서 N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBAPA) 등을 들 수 있다. 또한 녹색계 발광 재료로서 N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPABPhA), N-[9,10-비스(1,1'-비페닐-2-일)]-N-[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트리페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA) 등을 들 수 있다. 또한, 황색계 발광 재료로서, 루브렌, 5,12-비스(1,1'-비페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약칭: BPT) 등을 들 수 있다. 또한, 적색계 발광 재료로서 N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-디페닐-N,N,N',N'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-디아민(약칭: p-mPhAFD) 등을 들 수 있다.
- [0111] 또한, 발광층(113)에 사용할 수 있는 인광성 화합물로서, 예를 들어, 녹색계 발광 재료로서 트리스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)₂(acac)), 비스(1,2-디페닐-1H-벤즈이미다졸라토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(pbi)₂(acac)), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)₂(acac)), 트리스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)(약칭: Ir(bzq)₃) 등을 들 수 있다. 또한, 황색계 발광 재료로서, 비스(2,4-디페닐-

1,3-옥사졸라토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(dpo)₂(acac)), 비스[2-(4'-피플루오르페닐페닐)피리디나토]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(p-PF-ph)₂(acac)), 비스(2-페닐벤조티아졸라토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bt)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오르페닐)-5-메틸피라지나토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdppr-Me)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(2-(4-메톡시페닐)-3,5-디메틸피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(dmmoppr)₂(acac)) 등을 들 수 있다. 또한, 주황색계 발광 재료로서 트리스(2-페닐퀴놀리나토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: Ir(pq)₃), 비스(2-페닐퀴놀리나토- $N, C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(pq)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)₂(acac)) 등을 들 수 있다. 또한, 적색계 발광 재료로서, 비스[2-(2'-벤조[4,5- α -티에닐)피리디나토- $N, C^{3'}$]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(btp)₂(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리나토- $N, C^{3'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오르페닐)퀴녹살리나토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(acac)), (디피마로일메타나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(dpm)), 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르핀백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 유기 금속 착체를 들 수 있다. 또한, 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: Tb(acac)₃(Phen)), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)₃(Phen)), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오르아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)₃(Phen)) 등의 희토류 금속 착체는 희토류 금속 이온으로부터의 발광(다른 다중도 간의 전자 전이)을 나타내기 때문에 인광성 화합물로서 사용할 수 있다.

[0112] 또한, 발광 물질로서 고분자 화합물을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 청색계 발광 재료로서 폴리(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)(약칭: PFO), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-*co*-(2,5-디메톡시벤젠-1,4-디일)](약칭: PF-DMOP), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-*co*-(N, N' -디-(*p*-부틸페닐)-1,4-디아미노벤젠)](약칭: TAB-PFH) 등을 들 수 있다. 또한, 녹색계 발광 재료로서 폴리(*p*-페닐렌비닐렌)(약칭: PPV), 폴리[(9,9-디헥실플루오렌-2,7-디일)-*alt-co*-(벤조[2,1,3]티아디아졸-4,7-디일)](약칭: PFBT), 폴리[(9,9-디옥틸-2,7-디비닐렌플루오레닐렌)-*alt-co*-(2-메톡시-5-(2-에틸헥실옥시)-1,4-페닐렌)] 등을 들 수 있다. 또한, 주황색 내지 적색계 발광 재료로서, 폴리[2-메톡시-5-(2'-에틸헥속시)-1,4-페닐렌비닐렌](약칭: MEH-PPV), 폴리(3-부틸티오펜-2,5-디일)(약칭: R4-PAT), 폴리{[9,9-디헥실-2,7-비스(1-시아노비닐렌)플루오레닐렌]-*alt-co*-[2,5-비스(N, N' -디페닐아미노)-1,4-페닐렌]}, 폴리{[2-메톡시-5-(2-에틸헥실옥시)-1,4-비스(1-시아노비닐렌페닐렌)]-*alt-co*-[2,5-비스(N, N' -디페닐아미노)-1,4-페닐렌]}(약칭: CN-PPV-DPD) 등을 들 수 있다.

[0113] 또한, 발광층(113)의 호스트 재료는 복수 종류 사용할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물에 대하여 결정화를 억제하기 위하여 루브렌 등 결정화를 억제하는 물질을 더 첨가하여도 좋다. 또한, 게스트 재료에 에너지를 더 효율적으로 이동하기 위하여 NPB 또는 Alq 등을 더 첨가하여도 좋다.

[0114] 게스트 재료를 호스트 재료에 분산시킨 구성으로 함으로써 발광층(113)의 결정화를 억제할 수 있다. 또한, 게스트 재료의 농도가 증대함으로 인하여 일어나는 농도 소광을 억제할 수 있다.

[0115] 또한, 발광층(113)은 2층 이상을 적층시킨 구성으로 하여도 좋다. 그 경우에는, 적어도 1층에 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 함유하는 구성으로 하면 좋다. 또한, 발광층(113)을 2층 이상의 적층 구조로 하는 경우에는, 각 층의 발광색은 같아도 좋고, 상이한 발광색을 나타내는 층을 적층시켜도 좋다. 또한, 발광 물질로서 형광성 화합물을 함유한 층과, 발광 물질로서 인광성 화합물을 함유한 층을 적층시킬 수도 있다.

[0116] 전자 수송층(114)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유한 층이다. 전자 수송성이 높은 물질로서, 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리나토)베릴륨(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(약칭: BAAlq) 등 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 들 수 있다. 또한, 이 외, 비스[2-(2-하이드록시페닐)-벤조옥사졸라토]아연(약칭: Zn(BOX)₂), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약칭:

Zn(BTZ)₂ 등 옥사졸계 배위자 또는 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 외에도 2-(4-비페닐틸)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD)이나, 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-비페닐틸)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 바소페난트롤린(약칭: BPhen), 바소큐프로인(약칭: BCP) 등도 사용할 수 있다. 여기에 기재한 물질은 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 물질이다. 또한, 실시형태 1에 기재한 페난트렌 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 전자 수송층은 단층뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층을 2층 이상 적층한 것을 사용하여도 좋다.

[0117] 전자 주입층(115)은 전자 주입성이 높은 물질을 함유한 층이다. 전자 주입층(115)에는 리튬, 세슘, 칼슘, 불화리튬, 불화세슘, 불화칼슘, 리튬 산화물 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 불화에르븀 등 희토류 금속 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 상술한 전자 수송층(114)을 구성하는 물질을 사용할 수도 있다.

[0118] 또는, 전자 주입층(115)에 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합하여 이루어진 복합 재료를 사용하여도 좋다. 이와 같은 복합 재료는 전자 공여체에 의하여 유기 화합물에 전자가 발생하기 때문에 전자 주입성 및 전자 수송성이 우수하다. 이 경우에는, 유기 화합물은 발생한 전자를 수송하는 데 우수한 재료인 것이 바람직하고, 구체적으로는, 예를 들어, 상술한 전자 수송층(114)을 구성하는 물질(금속 착체나 복소 방향족 화합물 등)을 사용할 수 있다. 전자 공여체는 유기 화합물에 대하여 전자 공여성을 나타내는 물질이라면 좋다. 구체적으로는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속이 바람직하고, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 에르븀, 이테르븀 등을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속 산화물, 알칼리 토금속 산화물이 바람직하고, 리튬 산화물, 칼슘 산화물, 바륨 산화물 등을 들 수 있다. 또한, 산화마그네슘 등 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 또한, 산화마그네슘 등의 루이스 염기를 사용할 수도 있다. 또한, 테트라티아폴발렌(약칭: TTF) 등의 유기 화합물을 사용할 수도 있다.

[0119] 또한, 상술한 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 전자 주입층(115)은 각각 증착법(진공 증착법을 포함함), 잉크젯법, 도포법 등의 방법으로 형성할 수 있다.

[0120] 제 2 전극(103)이 음극으로서 기능하는 경우에는, 제 2 전극(103)은 일 함수가 작은(바람직하게는, 3.8eV 이하) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 원소 주기율표의 제 1 족 또는 제 2 족에 속하는 원소, 즉, 리튬이나 세슘 등 알칼리 금속, 및 마그네슘, 칼슘, 스트론튬 등 알칼리 토금속, 및 이들을 함유한 합금(예를 들어, Mg-Ag, Al-Li), 유로퓸, 이테르븀 등 희토류 금속 및 이들을 함유한 합금 외 알루미늄이나 은 등을 사용할 수 있다.

[0121] 다만, EL층(102) 중 제 2 전극(103)과 접촉되어 형성되는 층이 상술한 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 혼합하여 이루어지는 복합 재료를 사용하는 경우에는, 일 함수의 대소에 상관없이 알루미늄, 은, ITO, 실리콘, 또는 산화실리콘을 함유한 산화인듐-산화주석, 그래핀 등 다양한 도전성 재료를 사용할 수 있다.

[0122] 또한, 제 2 전극(103)을 형성하는 경우에는, 진공 증착법이나 스퍼터링법을 사용할 수 있다. 또한, 은 페이스트 등을 사용하는 경우에는, 도포법이나 잉크젯법 등을 사용할 수 있다.

[0123] 상술한 발광 소자는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(103) 사이에 인가한 전위차에 의하여 전류가 흘러 EL층(102)에서 정공과 전자가 재결합함으로써 발광한다. 그리고, 이 발광은 제 1 전극(101) 또는 제 2 전극(103)의 어느 한쪽 또는 양쪽 모두를 통과하여 외부로 추출된다. 따라서, 제 1 전극(101) 또는 제 2 전극(103)의 어느 한쪽 또는 양쪽 모두는 가시광에 대한 투광성을 갖는 전극이다.

[0124] 또한, 제 1 전극(101)과 제 2 전극(103) 사이에 제공되는 층의 구성은 상술한 구성에 한정되지 않는다. 발광 영역과 금속이 근접함으로써 생기는 소광을 방지하기 위하여 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(103)에서 떨어진 부위에 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역을 제공한 구성이라면 상기 외의 구성이라도 좋다.

[0125] 즉, 층의 적층 구조는 특별히 한정되지 않고, 전자 수송성이 높은 물질, 정공 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 정공 주입성이 높은 물질, 바이폴러성 물질(전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질), 또는 정공 블록 재료 등으로 이루어진 층을 발광층과 자유로이 조합하여 구성하면 좋다.

[0126] 도 1(B)에 도시한 발광 소자는 기관(100) 위에서 한 쌍의 전극(제 1 전극(101) 및 제 2 전극(103)) 사이에 EL층(102)이 제공된다. EL층(102)은 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 전자 주입층(115)을 갖는다. 도 1(B)의 발광 소자는 기관(100) 위에 음극으로서 기능하는 제 2 전극(103)과, 제 2

전극(103) 위에 순차로 적층된 전자 주입층(115), 전자 수송층(114), 발광층(113), 정공 수송층(112), 정공 주입층(111)과, 그 위에 제공된 양극으로서 기능하는 제 1 전극(101)으로 구성된다.

- [0127] 발광 소자의 구체적인 형성 방법을 이하에 기재한다.
- [0128] 본 실시형태의 발광 소자는 한 쌍의 전극 사이에 EL층이 헝지된 구조를 갖는다. 전극(제 1 전극 및 제 2 전극) 및 EL층은 액적 토출법(droplet discharging method)(잉크젯법), 스핀 코트법, 인쇄법 등 습식법을 사용하여 형성하여도 좋고, 진공 증착법, CVD법, 스퍼터링법 등 건식법을 사용하여 형성하여도 좋다. 습식법을 사용하면 대기압하에서 형성할 수 있어 간단한 장치 및 공정으로 형성할 수 있기 때문에 공정이 간략화되고 생산성이 향상되는 효과가 있다. 한편, 건식법은 재료를 용해시킬 필요가 없기 때문에 용액에 용해되기 어려운 재료도 사용할 수 있어 재료를 선택할 수 있는 범위가 넓다.
- [0129] 발광 소자를 구성하는 모든 박막의 형성을 습식법으로 행하여도 좋다. 이 경우에는, 습식법에 필요한 설비만 사용하여 발광 소자를 제작할 수 있다. 또한, 발광층을 형성하기까지의 적층을 습식법으로 형성하고, 발광층 위에 적층되는 전자 수송층 등의 기능층이나 제 1 전극 등을 건식법으로 형성하여도 좋다. 또한, 발광층을 형성하기 전의 제 2 전극이나 기능층을 건식법으로 형성하고, 발광층 및 발광층 위에 적층되는 기능층이나 제 1 전극을 습식법으로 형성하여도 좋다. 물론, 본 실시형태는 이것에 한정되지 않고, 사용하는 재료, 필요한 막 두께, 계면 상태에 따라 습식법과 건식법을 적절히 선택하거나 조합하여 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0130] 상술한 공정을 거쳐 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 사용하여 발광 소자를 제작할 수 있다.
- [0131] 또한, 본 실시형태에 기재한 발광 소자를 사용하여 패시브 매트릭스형 발광 장치나, 트랜지스터에 의하여 발광 소자의 구동이 제어된 액티브 매트릭스형 발광 장치를 제작할 수 있다.
- [0132] 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0133] (실시형태 3)
- [0134] 본 실시형태는 복수의 발광 유닛이 적층된 구성의 발광 소자(이하, 적층형 소자라고 함)의 형태에 대하여 도 2(A) 및 도 2(B)를 참조하여 설명한다. 이 발광 소자는 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 갖는 발광 소자다.
- [0135] 도 2(A)에서 제 1 전극(301)과 제 2 전극(303) 사이에 제 1 발광 유닛(311)과 제 2 발광 유닛(312)이 적층된다. 본 실시형태에서 제 1 전극(301)은 양극으로서 기능하는 전극이고, 제 2 전극(303)은 음극으로서 기능하는 전극이다. 또한, 제 1 전극(301)과 제 2 전극(303)은 실시형태 2와 같은 것을 적용할 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(311)과 제 2 발광 유닛(312)은 구성이 같아도 좋고 달라도 좋다. 또한, 제 1 발광 유닛(311)과 제 2 발광 유닛(312)의 구성으로서 실시형태 2의 발광층(113)과 같은 구성이 적용되어도 좋고, 어느 쪽이 실시형태 2의 발광층(113)과 다른 구성이 적용되어도 좋다.
- [0136] 또한, 제 1 발광 유닛(311)과 제 2 발광 유닛(312) 사이에는 전하 발생층(313)이 제공된다. 전하 발생층(313)은 제 1 전극(301)과 제 2 전극(303)에 전압을 인가하였을 때 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 쪽의 발광 유닛에 정공을 주입하는 기능을 갖는다. 본 실시형태의 경우에는, 제 2 전극(303)보다 전위가 높게 되도록 제 1 전극(301)에 전압을 인가하면, 전하 발생층(313)으로부터 제 1 발광 유닛(311)에 전자가 주입되고, 제 2 발광 유닛(312)에 정공이 주입된다.
- [0137] 또한, 전하 발생층(313)은 빛 추출 효율의 관점에서 가시광에 대한 투광성을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 전하 발생층(313)은 제 1 전극(301)이나 제 2 전극(303)보다 낮은 도전율을 가져도 기능한다.
- [0138] 전하 발생층(313)은 정공 수송성이 높은 유기 화합물과 전자 수용체(억셉터)를 포함하는 구성이라도 좋고 전자 수송성이 높은 유기 화합물과 전자 공여체(도너)를 포함하는 구성이라도 좋다. 또한, 그 양쪽 구성이 적층되어도 좋다. 또한, 전자 수용체나 전자 공여체는 적어도 전계의 어시스트를 받아 전자를 주고 받고 하는 것이라면 좋다.
- [0139] 정공 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 수용체가 첨가된 구성으로 하는 경우에는, 정공 수송성이 높은 유기 화합물로서 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 사용할 수 있다. 그 외, 예를 들어, NPB, TPD, TDATA, MTDATA, 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭: BSPB) 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다.
- [0140] 또한, 전자 수용체로서 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등

을 들 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 제 4족 내지 제 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간, 산화레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도 특히 산화몰리브덴은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮고 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.

[0141] 한편, 전자 수송성이 높은 유기 화합물에 전자 공여체가 첨가된 구성으로 하는 경우에는, 전자 수송성이 높은 유기 화합물로서, 예를 들어, Alq, Almq₃, BeBq₂, BAlq 등 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체 등을 사용할 수 있다. 또한, Zn(BOX)₂, Zn(BTZ)₂ 등의 옥사졸계, 티아졸계 배위자를 갖는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 외에도 PBD, OXD-7, TAZ, BPhen, BCP 등도 사용할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 사용하여도 좋다.

[0142] 또한, 전자 공여체로서 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 원소 주기율표의 제 13 족에 속하는 금속, 및 그것의 산화물이나 탄산염 등을 사용할 수 있다. 구체적으로는, 리튬, 세슘, 마그네슘, 칼슘, 이테르븀, 인듐, 산화리튬, 탄산세슘 등을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 테트라티아나프타센 등 유기 화합물을 전자 공여체로서 사용하여도 좋다.

[0143] 또한, 상술한 재료를 사용하여 전자 발생층(313)을 형성함으로써, EL층이 적층된 경우에 일어나는 잉여의 구동 전압의 상승을 억제할 수 있다.

[0144] 본 실시형태에서는 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 설명하지만, 마찬가지로, 도 2(B)에 도시한 바와 같이, 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 소자에도 적용할 수 있다. 예를 들어, n(n은 2 이상의 자연수)층의 적층 구조를 갖는 경우에는, m(m은 (n-1) 이하의 자연수)번째의 발광 유닛과 (m+1)번째의 발광 유닛 사이에 각각 전자 발생층(313)이 끼워진 구조를 갖는다. 본 실시형태에 따른 발광 소자와 같이 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 전자 발생층으로 구획하여 배치함으로써 전류 밀도를 낮게 유지한 채 고휘도로 발광하는 긴 수명의 소자를 실현할 수 있다.

[0145] 또한, 각각의 발광 유닛의 발광색을 상이한 것으로 함으로써, 발광 소자 전체로서 원하는 색깔의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에서 제 1 발광 유닛의 발광색과 제 2 발광 유닛의 발광색을 보색(補色) 관계가 되도록 함으로써, 발광 소자 전체로서 백색 발광하는 발광 소자를 얻을 수도 있다. 또한, "보색"이란 혼합하면 무채색이 되는 색깔들의 관계를 의미한다. 보색 관계인 색깔로서 청색과 황색, 또는 청록색과 적색 등을 들 수 있다. 또한, 3개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자의 경우에는, 예를 들어, 제 1 발광 유닛의 발광색이 적색이고, 제 2 발광 유닛의 발광색이 녹색이고, 제 3 발광 유닛의 발광색이 청색일 때 발광 소자 전체로서 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0146] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.

[0147] (실시형태 4)

[0148] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치에 대하여 도 3(A) 및 도 3(B)를 사용하여 설명한다. 또한, 도 3(A)는 발광 장치를 도시한 상면도이고, 도 3(B)는 도 3(A)를 선 A-B 및 선 C-D에서 절단한 단면도다.

[0149] 도 3(A)에서 점선으로 도시된 부호 401은 구동 회로부(소스측 구동 회로), 부호 402는 화소부, 부호 403은 구동 회로부(게이트측 구동 회로)다. 또한, 부호 404는 밀봉 기관, 부호 405는 쉴재(sealant)이고, 쉴재(405)로 둘러싸인 내측은 공간이다.

[0150] 또한, 리드(lead) 배선(408)은 소스측 구동 회로(401) 및 게이트측 구동 회로(403)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이고, 외부 입력 단자가 되는 FPC(flexible printed circuit)(409)로부터 비디오 신호, 클럭(clock) 신호, 스타트(start) 신호, 리셋(reset) 신호 등을 받는다. 또한, 여기서는 FPC밖에 도시되지 않지만, 이 FPC에는 프린트 배선 기관(printed wiring board, PWB)이 부착되어도 좋다. 본 명세서에서 발광 장치는 발광 장치 본체뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 부착된 상태도 포함하는 것으로 한다.

[0151] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 3(B)를 참조하여 설명한다. 소자 기관(410) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되지만, 여기서는 구동 회로부인 소스측 구동 회로(401)와, 화소부(402) 중 하나의 화소가 도시된다.

[0152] 또한, 소스측 구동 회로(401)에는 n채널형 TFT(423)와 p채널형 TFT(424)를 조합한 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 TFT로 형성되는 각종 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로로 형성하여도 좋다. 또한, 본 실시형태에서는 기관 위에 구동 회로를 형성한 드라이버 일체형을 기재하지만, 반드시 그럴 필요는 없고, 구동

회로를 기판 위가 아니라 외부에 형성할 수도 있다.

- [0153] 또한, 화소부(402)는 스위칭용 TFT(411)와, 전류 제어용 TFT(412)와, 전류 제어용 TFT(412)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(413)을 포함하는 복수의 화소로 형성된다. 또한, 제 1 전극(413)의 단부를 덮어 절연물(414)이 형성된다. 여기서, 절연물(414)은 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용하여 형성한다.
- [0154] 또한, 양호한 피복성을 얻기 위하여 절연물(414)의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면이 형성되도록 한다. 예를 들어, 절연물(414)의 재료로서 포지티브형 감광성 아크릴을 사용한 경우에는, 절연물(414)의 상단부에만 곡률 반경(0.2 μm 내지 3 μm)을 갖는 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 또한, 절연물(414)로서 광이 조사됨으로써 에천트(etchant)에 불용해성이 되는 네거티브형 수지, 또는 광이 조사됨으로써 에천트에 용해성이 되는 포지티브형 수지의 어느 쪽이나 사용할 수 있다.
- [0155] 제 1 전극(413) 위에 EL층(416) 및 제 2 전극(417)이 각각 형성된다. 제 1 전극(413), EL층(416), 및 제 2 전극(417)의 재료는 실시형태 2에 기재한 재료를 각각 적용할 수 있다. 또한, EL층(416)은 적어도 발광층을 포함하고, 상기 발광층은 실시형태 1에 기재한 페난트렌 화합물을 함유한다. 본 실시형태에서는 제 1 전극(413)이 양극으로서 기능하고, 제 2 전극(417)이 음극으로서 기능한다.
- [0156] 또한, 쉴재(405)로 밀봉 기판(404)을 소자 기판(410)과 접합함으로써, 소자 기판(410), 밀봉 기판(404), 및 쉴재(405)로 둘러싸인 공간(407)에 발광 소자(418)가 구비된 구조가 된다. 또한, 공간(407)에는 충전제가 충전되고, 충전제로서 불활성 기체(질소나 아르곤 등)가 충전되는 경우 외 쉴재(405)가 충전되는 경우도 있다.
- [0157] 또한, 쉴재(405)는 에폭시계 수지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 밀봉 기판(404)에 사용하는 재료로서 유리 기판이나 석영 기판 외 FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐플루오라이드), 폴리에스테르, 또는 아크릴 수지 등으로 이루어진 플라스틱 기판을 사용할 수 있다. 또한, 이들 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다.
- [0158] 상술한 공정을 거쳐 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 갖는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0159] 또한, 본 발명의 발광 소자는 상술한 액티브 매트릭스형 발광 장치뿐만 아니라 패시브 매트릭스형 발광 장치에 사용할 수도 있다. 도 4(A) 및 도 4(B)에 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 사용한 패시브 매트릭스형 발광 장치의 사시도 및 단면도를 도시한다. 도 4(A)는 발광 장치를 도시한 사시도이고, 도 4(B)는 도 4(A)를 선 X-Y로 절단한 단면도다.
- [0160] 도 4(A) 및 도 4(B)에서 기판(501) 위의 제 1 전극(502)과 제 2 전극(503) 사이에는 EL층(504)이 제공된다. 제 1 전극(502)의 단부는 절연층(505)으로 덮인다. 그리고, 절연층(505) 위에는 격벽층(506)이 제공된다. 격벽층(506)의 측벽은 기판 면에 가까워질수록 한쪽의 측벽과 다른 쪽의 측벽 사이의 간격이 좁아지는 경사를 갖는다. 즉, 격벽층(506)의 짧은 변 방향의 단면은 사다리꼴 형상이고, 밀변(절연층(505)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(505)과 접촉되는 변)이 윗변(절연층(505)의 면 방향과 같은 방향을 향하고, 절연층(505)과 접촉되지 않는 변)보다 짧다. 이와 같이, 격벽층(506)을 제공함으로써 크로스토크(crosstalk) 등에 기인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다.
- [0161] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 갖는 패시브 매트릭스형 발광 장치를 얻을 수 있다.
- [0162] 또한, 본 실시형태에 기재하는 발광 장치(액티브 매트릭스형, 패시브 매트릭스형)는 모두 본 발명의 일 형태인 발광 소자를 사용하여 형성된다.
- [0163] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태와 적절히 조합할 수 있다.
- [0164] (실시형태 5)
- [0165] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 사용하여 완성시킨 다양한 전자 기기 및 조명 기구의 일례에 대하여 도 5(A) 내지 도 7을 사용하여 설명한다.
- [0166] 발광 장치를 적용한 전자 기기로서, 예를 들어, 텔레비전 장치(텔레비전, 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화기(휴대 전화, 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 파친코기(pin-ball machine) 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다. 이들의 전자 기기 및 조명 기구의 구체적인 예를 도 5(A) 내지 도 5(E)에 도시한다.

- [0167] 도 5(A)는 텔레비전 장치의 일례를 도시한 것이다. 텔레비전 장치(7100)는 케이스(7101)에 표시부(7103)가 내장된다. 표시부(7103)에 영상을 표시할 수 있고, 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(7103)에 사용할 수 있다. 또한, 여기서는, 스탠드(7105)로 케이스(7101)를 지지한 구성을 도시한다.
- [0168] 텔레비전 장치(7100)는 케이스(7101)가 구비한 조작 스위치나, 별체의 리모트 컨트롤 조작기(7110)로 조작할 수 있다. 리모트 컨트롤 조작기(7110)가 구비한 조작 키(7109)로 채널이나 음량을 조작할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤 조작기(7110)에 상기 리모트 컨트롤 조작기(7110)로부터 출력하는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 제공하는 구성으로 하여도 좋다.
- [0169] 또한, 텔레비전 장치(7100)는 수신기나 모뎀 등을 구비한 구성으로 한다. 수신기에 의하여 일반적인 텔레비전 방송을 수신할 수 있고, 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선에 의한 통신 네트워크에 접속함으로써 한 방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자간, 또는 수신자끼리 등)의 정보 통신을 행할 수도 있다.
- [0170] 도 5(B)는 컴퓨터이며, 본체(7201), 케이스(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 또한, 컴퓨터는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(7203)에 사용하여 제작된다.
- [0171] 도 5(C)는 휴대형 게임기이며, 케이스(7301)와 케이스(7302)의 2개의 케이스로 구성되고, 연결부(7303)에 의하여 개폐 가능하게 연결된다. 케이스(7301)에 표시부(7304)가 내장되고, 케이스(7302)에 표시부(7305)가 내장된다. 또한, 도 5(C)에 도시한 휴대형 게임기는 그 외 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액(液), 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도(硬度), 전장(電場), 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경도(傾度), 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 포함하는 것), 마이크로폰(7312)) 등을 구비한다. 물론, 휴대형 게임기의 구성은 상술한 구성에 한정되지 않고, 적어도 표시부(7304) 및 표시부(7305)의 양쪽 모두 또는 한쪽에 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 사용하면 좋고, 기타 부속 설비가 적절히 설치된 구성으로 할 수 있다. 도 5(C)에 도시한 휴대형 게임기는 기록 매체에 기록된 프로그램 또는 데이터를 판독하여 표시부에 표시하는 기능이나, 다른 휴대형 게임기와 무선 통신을 행하여 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 또한, 도 5(C)에 도시한 휴대형 게임기가 갖는 기능은 이것에 한정되지 않고, 다양한 기능을 가질 수 있다.
- [0172] 도 5(D)는 휴대 전화기의 일례를 도시한 것이다. 휴대 전화기(7400)는 케이스(7401)에 내장된 표시부(7402) 외 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크로폰(7406) 등을 구비한다. 또한, 휴대 전화기(7400)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(7402)에 사용하여 제작된다.
- [0173] 도 5(D)에 도시한 휴대 전화기(7400)는 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 정보를 입력할 수 있다. 또한, 전화를 걸거나 또는 메일을 작성하는 등의 조작은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 행할 수 있다.
- [0174] 표시부(7402)의 화면은 주로 3가지 모드가 있다. 제 1 모드는 화상의 표시가 주된 표시 모드이고, 제 2 모드는 문자 등의 정보의 입력이 주된 입력 모드다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2개의 모드가 혼합된 표시+입력 모드다.
- [0175] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)를 문자의 입력이 주된 문자 입력 모드로 하고 화면에 표시시킨 문자의 입력 조작을 행하면 좋다. 이 경우에는, 표시부(7402)의 화면의 대부분에 키보드 또는 번호 버튼을 표시시키는 것이 바람직하다.
- [0176] 또한, 휴대 전화기(7400) 내부에 자이로(gyroscope), 가속도 센서 등의 기율기를 검출하는 센서를 갖는 검출 장치를 제공함으로써, 휴대 전화기(7400)의 방향(세로인지 가로인지)을 판단하여 표시부(7402)의 화면 표시를 자동적으로 전환하도록 할 수 있다.
- [0177] 또한, 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 또는 케이스(7401)의 조작 버튼(7403)을 조작함으로써 전환된다. 또한, 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 전환하도록 할 수도 있다. 예를 들어, 표시부에 표시하는 화상 신호가 동영상 데이터라면 표시 모드로 전환하고, 텍스트 데이터라면 입력 모드로 전환한다.
- [0178] 또한, 입력 모드에서 표시부(7402)의 광 센서로 검출되는 신호를 검지하는 동안 표시부(7402)의 터치 조작에 의한 입력이 일정 기간 없는 경우에는, 화면의 모드를 입력 모드로부터 표시 모드로 전환하도록 제어하여도 좋다.
- [0179] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능시킬 수도 있다. 예를 들어, 표시부(7402)에 손바닥이나 손가락으로 터치

하여 장문(palm print, 掌紋)이나 지문 등을 촬상(撮像)함으로써 본인 인증을 행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광(近赤外光)을 발광하는 백 라이트 또는 근적외광을 발광하는 검출용 광원을 사용하면, 손가락 정맥(靜脈), 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다.

[0180] 도 5(E)는 조명 장치의 일례를 도시한 것이다. 조명 장치(7500)는 케이스(7501)에 광원으로서 본 발명의 일 형태인 발광 장치(7503a) 내지 발광 장치(7503d)가 내장된다. 조명 장치(7500)는 천정이나 벽 등에 장착할 수 있다.

[0181] 또한, 본 발명의 일 형태인 발광 장치는 발광 소자가 박막 형상이므로 곡면을 갖는 기체에 장착함으로써 곡면을 갖는 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 그 발광 장치를 곡면을 갖는 케이스에 배치함으로써 곡면을 갖는 전자 기기 또는 조명 장치를 실현할 수 있다.

[0182] 도 6은 차량의 운전석 주변의 내부 도면이다. 도 6에서 계기반에 표시 장치(600)가 설치되고, 앞유리에 표시 장치(602)가 설치된 예를 도시한다. 도 6에 도시한 표시 장치(600)는 곡면을 갖는 케이스에 표시부(604)가 내장되고, 표시부(604)에 영상을 표시할 수 있다. 표시 장치(600)는 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(604)에 사용할 수 있다.

[0183] 또한, 도 6에 도시한 표시 장치(602)는 곡면을 갖는 케이스에 표시부(606)가 내장되고, 본 발명의 일 형태인 발광 장치를 표시부(606)에 사용할 수 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치는 발광 장치에 포함되는 발광 소자의 한 쌍의 전극 및 그 지지체에 투광성을 갖는 재료를 사용함으로써 발광 장치의 상면 및 하면의 양쪽 모두로부터 외부에 발광을 추출할 수 있다. 따라서, 이 발광 장치를 표시부(606)에 적용함으로써 표시부(606)로부터 앞유리를 통하여 외부로 시인할 수 있다. 마찬가지로, 외부로부터 앞유리를 통하여 표시부(606)에 표시되는 화상을 시인할 수도 있다.

[0184] 또한, 도 6에 도시한 표시 장치(600) 또는 표시 장치(602)를 조명 장치로서 사용할 수도 있다.

[0185] 도 7은 발광 장치를 실내의 조명 장치(801)로서 사용한 예다. 발광 장치는 큰 면적도 가능하기 때문에 큰 면적의 조명 장치로서 사용할 수 있다. 그 외, 곡면을 갖는 케이스를 사용함으로써 발광 영역이 곡면을 갖는 조명 장치(803)로 할 수도 있다. 본 실시형태에 기재하는 조명 장치에 포함되는 발광 소자는 박막 형상이고, 케이스의 디자인의 자유도가 높다. 따라서, 다양한 의장을 집약한 조명 장치로 할 수 있다.

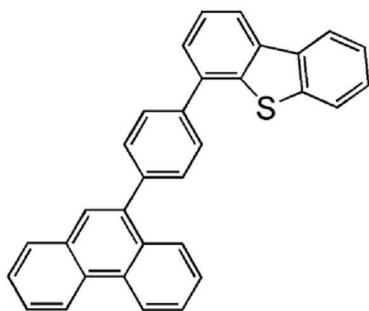
[0186] 또한, 본 발명의 일 형태를 적용한 조명 장치를 사용한 방에 도 5(A)에 일례를 도시한 바와 같은 텔레비전 장치(7100a)를 설치할 수도 있다. 텔레비전 장치(7100a)는 일반적인 2차원 표시에 더하여 3차원 표시 기능을 가져도 좋다. 도 7에서 3차원 표시 관상용 안경(805)을 사용하여 3차원 표시된 화상을 관상할 수 있다.

[0187] 상술한 바와 같이, 발광 장치를 적용하여 전자 기기나 조명 기구를 얻을 수 있다. 발광 장치의 적용 범위는 극히 넓고, 모든 분야의 전자 기기나 조명 기구에 적용할 수 있다.

[0188] 또한, 본 실시형태에 기재하는 구성은 실시형태 1 내지 실시형태 4에 기재한 구성을 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0189] (실시예 1)

[0190] 본 실시예에서는 실시형태 1에 기재한 구조식(100)으로 나타내어지는 4-[4-(9-페난트릴)페닐]디벤조티오펜(약칭: DBTPPn-II)을 합성하는 예를 기재한다.



(100)

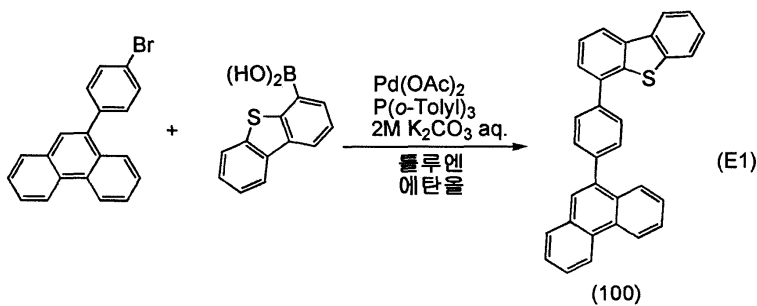
[0191] 9-(4-브로모페닐)페난트렌 1.2g(3.6mmol)과, 디벤조티오펜-4-보론산 0.8g(3.5mmol)과, 트리스(2-메틸페닐)포스

핀 53mg(0.2mmol)을 50mL 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물에 2.0M 탄산칼륨 수용액 3.5mL와, 톨루엔 13mL와, 에탄올 4.0mL를 첨가하고, 감압하에서 교반함으로써 탈기하였다. 이 혼합물에 초산팔라듐(II) 8.0mg(36 μmol)을 첨가하고, 질소 기류하에서 80℃로 7시간 교반하였다. 소정 시간이 지난 후, 얻어진 혼합물의 수성층을 톨루엔으로 추출하였다.

[0193] 얻어진 추출 용액과 유기층을 합하여 포화 식염수로 세정한 후, 황산마그네슘으로 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과에 의하여 여별(濾別)하고, 여과액을 농축하여 유상물(oily substance)을 얻었다. 이 유상물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피에 의하여 정제하였다. 칼럼 크로마토그래피는 헥산:톨루엔=20:1을 전개 용매로서 사용하여 행하였다. 얻어진 프랙션(fraction)을 농축하여 유상물을 얻었다. 이 유상물에 톨루엔과 헥산의 혼합 용매를 첨가하여 결정을 석출시킴으로써, 목적물인 백색 분말을 수량 0.8g, 수율 53%로 얻었다.

[0194] 얻어진 백색 분말 0.8g를 트레인 서블리메이션법(train sublimation)으로 승화 정제하였다. 승화 정제는 압력 2.4Pa, 아르곤 유량 5mL/min의 조건으로 백색 분말을 240℃로 가열하여 행하였다. 승화 정제 후, 백색 분말을 0.7g, 수율 88%로 얻었다. 상기 반응식을 반응식 E1에 나타낸다.

[0195] 반응식 E1



[0196]

[0197] 핵 자기 공명법(NMR)에 의하여 이 화합물이 목적물인 4-[4-(9-페난트릴)페닐]디벤조티오펜(약칭: DBTPPn-II)인 것을 확인하였다.

[0198] 얻어진 화합물의 ¹H NMR 데이터를 이하에 기재한다. ¹H NMR(CDC1₃, 300MHz): δ (ppm)=7.46-7.53(m, 2H), 7.58-7.73(m, 8H), 7.80(s, 1H), 7.87-7.96(m, 4H), 8.07(d, J=8.1Hz, 1H), 8.18-8.24(m, 2H), 8.76(d, J=8.1Hz, 1H), 8.82(d, J=7.8Hz, 1H).

[0199] 또한, ¹H NMR 차트를 도 8(A) 및 도 8(B)에 도시한다. 또한, 도 8(B)는 도 8(A)의 7.0ppm 내지 9.0ppm의 범위를 확대하여 도시한 차트다.

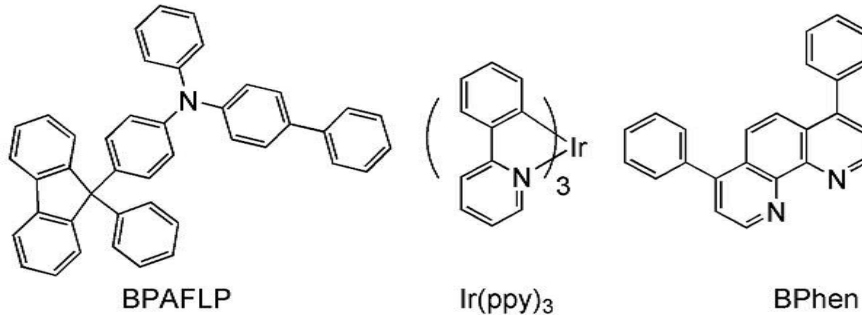
[0200] 또한, DBTPPn-II의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼을 도 9(A)에 도시하고, 발광 스펙트럼을 도 9(B)에 도시한다. 또한, DBTPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼을 도 10(A)에 도시하고, 발광 스펙트럼을 도 10(B)에 도시한다. 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조, V550형)를 사용하였다. 용액은 석영 셀에 넣고, 박막은 석영 기판에 증착시켜 제작한 샘플을 사용하여 측정하였다. 흡수 스펙트럼에 관하여 용액은 석영 셀에 톨루엔만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 미가공 데이터에서 뺀 흡수 스펙트럼을 나타내고, 박막은 석영 기판의 흡수 스펙트럼을 미가공 데이터에서 뺀 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 9(A) 및 도 10(A)에서 가로축은 파장(nm)을 나타내고, 세로축은 흡수 강도(임의 단위, arbitrary unit)를 나타낸다. 또한, 도 9(B) 및 도 10(B)에서는 가로축은 파장(nm)을 나타내고, 세로축은 발광 강도(임의 단위)를 나타낸다. 톨루엔 용액의 경우에는, 284nm에 흡수 피크가 관측되고, 303nm 및 331nm에 흡수 피크의 솔더가 관측되고, 발광 파장의 피크는 361nm, 및 375nm(여기 파장 306nm)이었다. 또한, 박막의 경우에는, 248nm 및 338nm에 흡수 피크와 솔더가 관측되고, 발광 파장의 피크는 382nm(여기 파장 305nm)이었다.

[0201] 또한, DBTPPn-II의 박막 상태의 HOMO 준위와 LUMO 준위를 측정하였다. HOMO 준위의 값은 대기하에서 광전자 분광법(Riken Keiki Co., Ltd. 제조, AC-2)로 측정한 이온화 포텐셜의 값을 음의 값으로 환산함으로써 얻었다. 또한, LUMO 준위의 값은 도 10(B)에 도시한 DBTPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터를 사용하여 직접 전이를 가정한 Tauc 플롯으로부터 흡수단을 구하고, 그 흡수단을 광학적 에너지 갭으로 하여 HOMO 준위의 값에 가산함으로써 얻었다. 결과적으로, DBTPPn-II의 HOMO 준위는 -5.86eV이고, 에너지 갭은 3.45eV이고, LUMO 준위는 -2.41eV이었다.

[0202] (실시예 2)

[0203] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태의 발광 소자의 제작 방법 및 소자 특성의 측정 결과를 도면을 사용하여 설명한다.

[0204] 본 실시예의 발광 소자 1의 제작 방법을 도 11을 사용하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 사용한 유기 화합물의 구조식을 이하에 나타낸다.



[0205] (발광 소자 1)

[0207] 우선, 유리 기판(1100) 위에 산화실리콘을 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여 제 1 전극(1101)을 형성하였다. 또한, 그 막 두께를 110nm로 하고, 전극 면적을 2mm×2mm로 하였다. 본 실시예에서 제 1 전극(1101)은 양극으로서 사용하였다.

[0208] 다음에, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방을 향하도록 제 1 전극(1101)이 형성된 유리 기판(1100)을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고, 10⁻⁴Pa 정도까지 감압한 후, 제 1 전극(1101) 위에 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP)과 산화몰리브덴(VI)을 동시 증착함으로써 정공 주입층(1111)을 형성하였다. 그 막 두께를 50nm로 하고, BPAFLP와 산화몰리브덴의 비율은 중량비로 4:2(=BPAFLP:산화몰리브덴)가 되도록 조절하였다. 또한, 동시 증착법이란 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착하는 증착법이다.

[0209] 다음에, 정공 주입층(1111) 위에 BPAFLP를 10nm의 막 두께가 되도록 성막하여 정공 수송층(1112)을 형성하였다.

[0210] 또한, 실시예 1에서 합성한 4-[4-(9-페난트릴)페닐]디벤조티오펜(약칭: DBTPPn-II)과, 트리스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)(Ir(ppy)₃)을 동시 증착하여 정공 수송층(1112) 위에 발광층(1113)을 형성하였다. 여기서, DBTPPn-II 및 Ir(ppy)₃의 중량비는 1:0.08(=DBTPPn-II:Ir(ppy)₃)이 되도록 조절하였다. 또한, 발광층(1113)의 막 두께를 40nm로 하였다.

[0211] 다음에, 발광층(1113) 위에 DBTPPn-II를 막 두께가 15nm가 되도록 성막하여 제 1 전자 수송층(1114a)을 형성하였다.

[0212] 그 후, 제 1 전자 수송층(1114a) 위에 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께가 15nm가 되도록 성막하여 제 2 전자 수송층(1114b)을 형성하였다.

[0213] 또한, 제 2 전자 수송층(1114b) 위에 불화리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착하여 전자 주입층(1115)을 형성하였다.

[0214] 마지막으로, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(1103)으로서 알루미늄을 200nm의 막 두께가 되도록 증착함으로써 본 실시예의 발광 소자 1을 제작하였다.

[0215] 또한, 상술한 증착 과정에서 증착은 모두 저항 가열법을 사용하였다.

[0216] 상술한 공정을 거쳐 얻어진 발광 소자 1의 소자 구조를 표 1에 기재한다.

표 1

	제 1 전극 (1101)	정공 주입층 (1111)	정공 수송층 (1112)	발광층 (1113)	전자 수송층		전자 주입층 (1115)	제 2 전극 (1103)
					(1114a)	(1114b)		
발광 소자 1	ITSO 110nm	BPAFLP: MoOx (=4:2) 50nm	BPAFLP 10nm	DBTPPn-II:Ir(ppy) ₃ (=1:0.08) 40nm	DBTPPn -II 15nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0217]

[0218]

*혼합비는 모두 중량비로서 표시됨

[0219]

발광 소자 1을 질소 분위기하의 글로브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 이 발광 소자의 동작 특성에 대하여 측정하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0220]

발광 소자 1의 전류 밀도-휘도 특성을 도 12에 도시하고, 전압-휘도 특성을 도 13에 도시하고, 휘도-전류 효율 특성을 도 14에 도시하고, 전압-전류 특성을 도 15에 도시한다. 도 12에서 가로 축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타내고 세로 축은 휘도(cd/m²)를 나타내고, 도 13에서 가로 축은 전압(V)을 나타내고 세로 축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 도 14에서 가로 축은 휘도(cd/m²)를 나타내고 세로 축은 전류 효율(cd/A)을 나타내고, 도 15에서 가로 축은 전압(V)을 나타내고 세로 축은 전류 (mA)을 나타낸다. 또한, 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 도 16에 도시한다. 도 16에서 가로 축은 파장(nm)을 나타내고, 세로 축은 발광 강도(임의 단위)를 나타낸다.

[0221]

발광 소자 1에서 800cd/m²의 휘도를 얻는 데 필요한 전압은 4.8V이었으며, 이 때 흐른 전류는 0.070mA(전류 밀도는 1.76mA/cm²)이었다. 또한, 이 때 전류 효율은 45.7cd/A이었다.

[0222]

도 12 내지 도 16에 의거하여 본 실시예의 발광 소자가 발광 소자로서의 특성을 갖고 충분히 기능하는 것을 확인할 수 있었다.

[0223]

또한, 도 16에 의거하여 발광 소자 1의 발광 스펙트럼은 520nm 부근에 피크를 갖고, 발광 소자 1에서 게스트 재료인 Ir(ppy)₃에 유래되는 녹색 발광이 관측되었다. 따라서, 실시형태 1에 기재한 페난트렌 화합물(본 실시예에서는 DBTPPn-II)은 발광 소자의 발광층에서 바이폴러성 호스트 재료로서 기능하는 것을 알 수 있었다.

[0224]

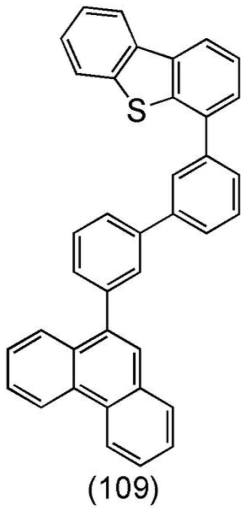
상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태인 페난트렌 화합물을 발광층 및 전자 수송층에 사용함으로써 발광 소자로서의 특성을 충분히 실현할 수 있는 것이 밝혀졌다. 또한, 본 실시예의 발광 소자는 녹색의 인광성 화합물의 호스트 재료로서 본 발명의 일 형태에 따른 페난트렌 화합물을 적용하고, 본 발명의 일 형태에 따른 페난트렌 화합물의 T1 준위가 충분히 높은(적어도 녹색 재료보다 높은 T1 준위인) 것이 확인되었다.

[0225]

(실시예 3)

[0226]

본 실시예에서는 실시형태 1에 기재한 구조식(109)으로 나타내어지는 4-[3'(9-페난트릴)비페닐-3-일]디벤조티오펜(약칭: mDBTBPPn-II)을 합성하는 예를 기재한다.



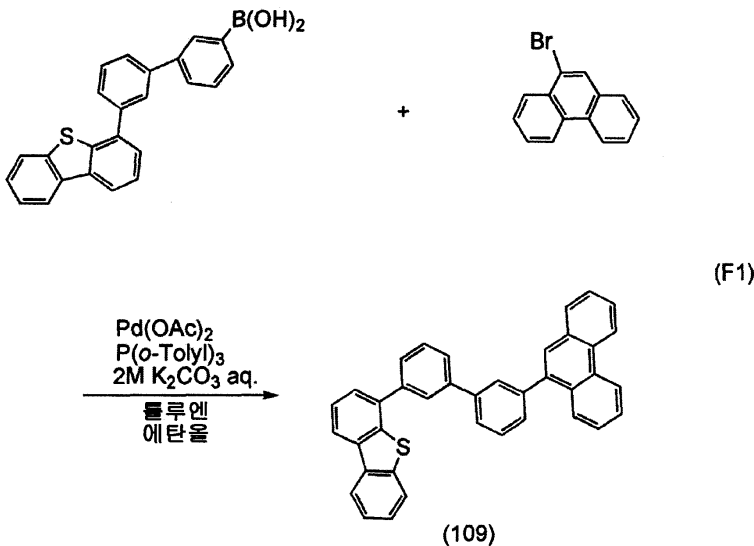
[0227]

[0228] 3-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]페닐보론산 1.1g(2.9mmol)과, 9-브로모페난트렌 0.75g(2.9mmol)과, 트리스(2-메틸페닐)포스핀 45mg(0.15mmol)을 50mL 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소 치환하였다. 이 혼합물에 2.0M 탄산칼륨 수용액 2.9mL와, 톨루엔 12mL와, 에탄올 3.5mL를 첨가하고, 감압하에서 교반함으로써 탈기하였다. 이 혼합물에 초산팔라듐(II) 6.6mg(0.029mmol)을 첨가하고, 질소 기류하에서 90℃로 6시간 교반하였다. 소정 시간이 지난 후, 얻어진 혼합물에 물을 첨가하고, 수성층을 톨루엔으로 추출하였다.

[0229] 얻어진 추출 용액과 유기층을 합하여 물과 포화 식염수로 세정한 후, 황산마그네슘으로 건조시켰다. 이 혼합물을 자연 여과에 의하여 여별하고, 여과액을 농축하여 담갈색 유상물을 얻었다. 이 유상물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피(전개 용매; 톨루엔)에 의하여 정제하였다. 얻어진 프랙션을 농축하여 무색 유상물을 얻었다. 이 유상물에 톨루엔과 헥산의 혼합 용매를 첨가하여 결정을 석출시킴으로써 목적물인 백색 고체를 수량 1.2g, 수율 80%로 얻었다.

[0230] 얻어진 백색 고체 1.2g를 트레인 서블리메이션법으로 승화 정제하였다. 승화 정제는 압력 3.6Pa, 아르곤 유량 5.0mL/min의 조건으로 백색 고체를 250℃로 가열하여 행하였다. 승화 정제 후, 백색 고체를 1.0g, 수율 83%로 얻었다. 상기 반응식을 반응식 F1에 나타낸다.

[0231] 반응식 F1



[0232]

[0233] 핵 자기 공명법(NMR)에 의하여 이 화합물이 목적물인 4-[3'(9-페난트릴)비페닐-3-일]디벤조티오펜(약칭: mDBTBPPn-II)인 것을 확인하였다.

[0234] 얻어진 물질의 ^1H NMR 데이터를 이하에 기재한다. ^1H NMR(CDC $_3$, 300MHz): δ (ppm)=7.44-7.48(m, 2H), 7.52-

7.84(m, 14H), 7.89-7.92(m, 2H), 8.01(dd, 1H), 8.07-8.08(m, 1H), 8.14-8.21(m, 2H), 8.74(d, 1H), 8.79(d, 1H).

[0235] 또한, ¹H NMR 차트를 도 17(A) 및 도 17(B)에 도시한다. 또한, 도 17(B)는 도 17(A)의 7.0ppm 내지 9.0ppm의 범위를 확대하여 도시한 차트다.

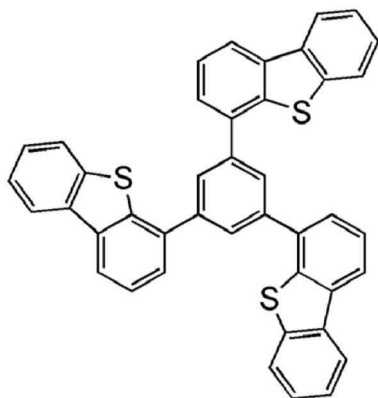
[0236] 또한, mDBTBPPn-II의 톨루엔 용액의 흡수 스펙트럼을 도 18(A)에 도시하고, 발광 스펙트럼을 도 18(B)에 도시한다. 또한, mDBTBPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼을 도 19(A)에 도시하고, 발광 스펙트럼을 도 19(B)에 도시한다. 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조, V550형)를 사용하였다. 용액은 석영 셀에 넣고, 박막은 석영 기판에 증착시켜 제작한 샘플을 사용하여 측정하였다. 흡수 스펙트럼에 관하여 용액은 석영 셀에 톨루엔만을 넣고 측정한 흡수 스펙트럼을 미가공 데이터에서 뺀 흡수 스펙트럼을 나타내고, 박막은 석영 기판의 흡수 스펙트럼을 미가공 데이터에서 뺀 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 도 18(A) 및 도 19(A)에서 가로축은 파장(nm)을 나타내고, 세로축은 흡수 강도(임의 단위)를 나타낸다. 또한, 도 18(B) 및 도 19(B)에서는 가로축은 파장(nm)을 나타내고, 세로축은 발광 강도(임의 단위)를 나타낸다. 톨루엔 용액의 경우에는, 282nm 및 331nm에 흡수 피크가 관측되고, 298nm에 솔더가 관측되고, 발광 파장의 피크는 356nm, 365nm, 374nm, 및 393nm(여기 파장 330nm)이었다. 또한, 박막의 경우에, 212nm, 249nm, 334nm에 흡수 피크가 관측되고, 261nm, 287nm, 305nm에 흡수의 솔더가 관측되고, 발광 파장의 피크는 361nm 및 377nm이고, 솔더가 395nm(여기 파장 335nm)이었다.

[0237] 또한, mDBTBPPn-II의 박막 상태의 HOMO 준위와 LUMO 준위를 측정하였다. HOMO 준위의 값은 대기 중의 광전자 분광법(Riken Keiki Co., Ltd. 제조, AC-2)로 측정한 이온화 포텐셜의 값을 음의 값으로 환산함으로써 얻었다. 또한, LUMO 준위의 값은 도 19(B)에 도시한 mDBTBPPn-II의 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터를 사용하여 직접 전이를 가정한 Tauc 플롯으로부터 흡수단을 구하고, 그 흡수단을 광학적 에너지 갭으로서 HOMO 준위의 값에 가산함으로써 얻었다. 결과적으로, mDBTBPPn-II의 HOMO 준위는 -5.90eV이고, 에너지 갭은 3.47eV이고, LUMO 준위는 -2.43eV이었다.

[0238] (실시예 4)

[0239] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태인 발광 소자의 제작 방법 및 소자 특성의 측정 결과를 도면을 사용하여 설명한다.

[0240] 본 실시예의 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 제작 방법을 도 20을 사용하여 설명한다. 본 실시예에서 사용한 유기 화합물을 이하에 기재한다. 또한, 실시예 2에 기재한 유기 화합물과 같은 유기 화합물은 그 기재를 생략한다.



DBT3P-II

[0241] (발광 소자 2)

[0243] 우선, 유리 기판(1100) 위에 산화실리콘을 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여 제 1 전극(1101)을 형성하였다. 또한, 그 막 두께를 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다. 본 실시예에서 제 1 전극(1101)은 양극으로서 사용하였다.

[0244] 다음에, 제 1 전극(1101)이 형성된 면이 하방을 향하도록 제 1 전극(1101)이 형성된 유리 기판(1100)을 진공 증

착 장치 내에 설치된 기관 홀더에 고정하고, 10^{-4} Pa 정도까지 감압한 후, 제 1 전극(1101) 위에 1,3,5-트리(디벤조티오펜-4-일)-벤젠(약칭: DBT3P-II)과 산화몰리브덴(VI)을 동시 증착함으로써 정공 주입층(1111)을 형성하였다. 그 막 두께를 40nm로 하고, DBT3P-II와 산화몰리브덴의 비율은 중량비로 4:2(=DBT3P-II:산화몰리브덴)가 되도록 조절하였다. 또한, 동시 증착법이란 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착하는 증착법이다.

- [0245] 다음에, 정공 주입층(1111) 위에 BPAFLP를 막 두께가 20nm가 되도록 성막하여 정공 수송층(1112)을 형성하였다.
- [0246] 또한, 실시예 1에서 합성한 4-[4-(9-페난트릴)페닐]디벤조티오펜(약칭: DBTPPn-II)과, 트리스(2-페닐피리디나토-N, C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃)을 동시 증착하여 정공 수송층(1112) 위에 발광층을 형성하였다. 여기서, 발광층은 DBTPPn-II 및 Ir(ppy)₃의 중량비가 1:0.08(=DBTPPn-II:Ir(ppy)₃)이 되도록 조절되고 막 두께가 10nm인 제 1 발광층(1113a)과, DBTPPn-II 및 Ir(ppy)₃의 중량비가 1:0.04(=DBTPPn-II:Ir(ppy)₃)이 되도록 조절되고 막 두께가 20nm인 제 2 발광층(1113b)의 적층 구조로 하였다.
- [0247] 다음에, 제 2 발광층(1113b) 위에 DBTPPn-II를 막 두께가 10nm가 되도록 성막하여 제 1 전자 수송층(1114a)을 형성하였다.
- [0248] 그 후, 제 1 전자 수송층(1114a) 위에 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께가 20nm가 되도록 성막하여 제 2 전자 수송층(1114b)을 형성하였다.
- [0249] 또한, 제 2 전자 수송층(1114b) 위에 불화리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착하여 전자 주입층(1115)을 형성하였다.
- [0250] 마지막으로 음극으로서 기능하는 제 2 전극(1103)으로서 알루미늄을 막 두께가 200nm가 되도록 증착함으로써 본 실시예의 발광 소자 2를 제작하였다.
- [0251] 또한, 상술한 증착 과정에서 증착에는 모두 저항 가열법을 사용하였다.
- [0252] 다음에, 발광 소자 3의 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0253] (발광 소자 3)
- [0254] 발광 소자 2와 동일 기관을 사용하고, 발광층에 DBTPPn-II 대신에 실시예 3에 기재한 4-[3'(9-페난트릴)비페닐-3-일]디벤조티오펜(약칭: mDBTBPPn-II)을 사용하여 발광 소자 2와 같은 방법으로 제작하였다. 즉, 발광 소자 3의 발광층은 mDBTBPPn-II와 트리스(2-페닐피리디나토-N, C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃)을 동시 증착함으로써 제작하였다. 여기서, 발광층은 mDBTBPPn-II 및 Ir(ppy)₃의 중량비가 1:0.08(=mDBTBPPn-II:Ir(ppy)₃)이 되도록 조절되고 막 두께가 10nm인 제 1 발광층(1113a)과, mDBTBPPn-II 및 Ir(ppy)₃의 중량비가 1:0.04(=mDBTBPPn-II:Ir(ppy)₃)가 되도록 조절되고 막 두께가 20nm인 제 2 발광층(1113b)의 적층 구조로 하였다.
- [0255] 다음에, 제 2 발광층(1113b) 위에 mDBTBPPn-II를 막 두께가 10nm가 되도록 성막하여 제 1 전자 수송층(1114a)을 형성하였다.
- [0256] 또한, 발광층 및 제 1 전자 수송층(1114a) 외는 발광 소자 2와 같은 방법으로 제작하였다.
- [0257] 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 소자 구조를 표 2에 기재한다.

표 2

	제 1 전극 (1101)	정공 주입층 (1111)	정공 수송층 (1112)	발광층		전자 수송층		전자 주입층 (1115)	제 2 전극 (1103)
				(1113a)	(1113b)	(1114a)	(1114b)		
발광 소자 2	ITSO 110nm	DBT3P-II:MoOx (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	DBTTPPn-II:Ir(ppy) ₃ (=1:0.08) 10nm	DBTTPPn-II:Ir(ppy) ₃ (=1:0.04) 20nm	DBTTPPn-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm
발광 소자 3	ITSO 110nm	DBT3P-II:MoOx (=4:2) 40nm	BPAFLP 20nm	mDBTBPPn-II:Ir(ppy) ₃ (=1:0.08) 10nm	mDBTBPPn-II:Ir(ppy) ₃ (=1:0.04) 20nm	DBTTPPn-II 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

[0258]

[0259]

*혼합비는 모두 중량비로서 표시됨

[0260]

상술한 바와 같이 하여 얻어진 발광 소자 2 및 발광 소자 3을 질소 분위기하의 글로브 박스 내에서 발광 소자가 대기에 노출되지 않도록 밀봉하는 작업을 행한 후, 각 발광 소자의 동작 특성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 행하였다.

[0261]

발광 소자 2 및 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 도 21에 도시하고, 전압-휘도 특성을 도 22에 도시하고, 휘도-전류 효율 특성을 도 23에 도시하고, 전압-전류 특성을 도 24에 도시한다. 도 21에서 가로 축은 전류 밀도(mA/cm²)를 나타내고 세로 축은 휘도(cd/m²)를 나타내고, 도 22에서 가로 축은 전압(V)을 나타내고 세로 축은 휘도(cd/m²)를 나타낸다. 또한, 도 23에서 가로 축은 휘도(cd/m²)를 나타내고 세로 축은 전류 효율(cd/A)을 나타내고, 도 24에서 가로 축은 전압(V)을 나타내고 세로 축은 전류(mA)를 나타낸다. 또한, 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 도 25에 도시한다. 도 25에서 가로 축은 파장(nm)을 나타내고, 세로 축은 발광 강도(임의 단위)를 나타낸다.

[0262]

도 21 내지 도 24에 의거하여 발광 소자 2에서 전압 4.8V를 인가하였을 때의 휘도는 1130cd/m²이고, 이 때 흐른 전류는 0.13mA(전류 밀도는 3.2mA/cm²)이었다. 또한, 이 때 전류 효율은 35.5cd/A이었다. 따라서, 발광 소자 2는 효율적으로 발광을 얻을 수 있는 것이 밝혀졌다.

[0263]

한편, 발광 소자 3에서 전압 4.4V를 인가하였을 때의 휘도는 820cd/m²이고, 이 때 흐른 전류는 0.05mA(전류 밀도는 1.2mA/cm²)이었다. 또한, 이 때 전류 효율은 68.8cd/A이었다. 따라서, 발광 소자 3은 더 효율적으로 발광을 얻을 수 있는 것이 밝혀졌다.

[0264]

또한, 도 25를 보면, 발광 소자 2와 발광 소자 3의 발광 스펙트럼의 양쪽 모두는 515nm 내지 520nm 근방에 피크를 갖고, 게스트 재료인 Ir(ppy)₃에 유래되는 녹색 발광이 관측되었다. 따라서, 실시형태 1에 기재한 페난트렌 화합물(여기서는, DBTTPPn-II 및 mDBTBPPn-II)은 발광 소자의 발광층에서 바이폴러성 호스트 재료로서 기능하는 것을 알았다.

[0265]

다음에, 발광 소자 2 및 발광 소자 3의 신뢰성 시험을 실시하였다. 신뢰성 시험은 초기 휘도를 5000cd/m²로 설정하고, 전류 밀도가 일정한 조건으로 본 실시예의 발광 소자 2 및 발광 소자 3을 구동하고, 어느 시간이 경과할 때마다 휘도를 측정하였다. 신뢰성 시험에 의하여 얻어진 결과를 도 26에 도시한다. 도 26에서 세로 축은 초기 휘도를 100%로 하였을 때의 각 시간의 휘도의 비율 즉 정규화 휘도(%)를 나타내고, 가로 축은 소자의 구동 시간(h)을 나타낸다.

[0266]

도 26을 보면, 140시간 구동한 후의 발광 소자 2의 휘도는 초기 휘도의 52%를 유지하고, 140시간 구동한 후의 발광 소자 3의 휘도는 초기 휘도의 79%를 유지하였다. 따라서, mDBTBPPn-II를 사용한 발광 소자는 긴 수명의 발광 소자다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 페난트렌 화합물을 사용한 발광 소자는 긴 수명의 발광 소자인 것

이 밝혀졌다.

[0267] (참조예)

[0268] 본 참조예에서는 발광 소자 1 내지 발광 소자 3의 재료에 사용한 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약칭: BPAFLP)을 합성하는 예를 기재한다.

[0269] [단계 1: 9-(4-브로모페닐)-9-페닐플루오렌의 합성 방법]

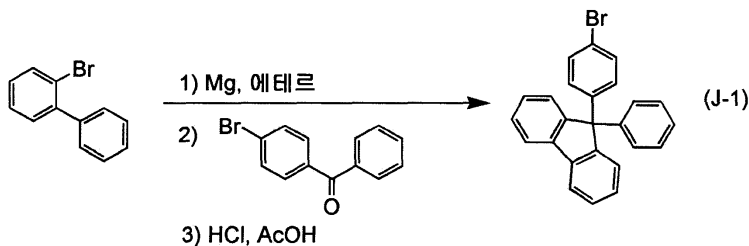
[0270] 100mL 3구 플라스크에서 마그네슘 1.2g(50mmol)을 감압하에서 가열하면서 30분 동안 교반하여 마그네슘을 활성화시켰다. 이것을 실온까지 냉각시키고 질소 분위기로 한 후, 디브로모에탄 몇 방울을 첨가하여 발포 및 발열하는 것을 확인하였다. 여기에 탈수 디에틸에테르 10mL 중에 용해시킨 2-브로모비페닐 12g(50mmol)을 천천히 적하한 후, 가열 환류하에서 2.5시간 동안 교반하여 그리냐르 시약을 얻었다.

[0271] 4-브로모벤조페논 10g(40mmol), 탈수 디에틸에테르 100mL를 500mL 3구 플라스크에 넣었다. 상기 그리냐르 시약을 여기에 천천히 적하한 후, 가열 환류하에서 9시간 동안 교반하였다.

[0272] 반응 후, 이 혼합액을 여과하여 여과물을 얻었다. 얻어진 여과물을 초산에틸 150mL에 용해시키고, 여기에 1N-염산을 산성이 될 때까지 첨가하여 2시간 동안 교반하였다. 이 액체의 유기층 부분을 물로 세정하고, 황산 마그네슘을 첨가하여 수분을 제거하였다. 이 현탁액을 여과하고, 얻어진 여과액을 농축하여 유상물을 얻었다. 그리고, 500mL 가지 플라스크에 이 유상물과 빙초산 50mL와 염산 1.0mL를 넣고, 질소 분위기하에서 130℃로 가열하면서 1.5시간 동안 교반하여 반응시켰다.

[0273] 반응 후, 이 반응 혼합액을 여과하여 여과물을 얻었다. 얻어진 여과물을 물, 수산화나트륨 수용액, 물, 메탄올의 순서로 세정한 후 건조시켜 목적물인 백색 분말을 수량 11g, 수율 69%로 얻었다. 단계 1의 반응식을 반응식 J-1에 나타낸다.

[0274] 반응식 J-1



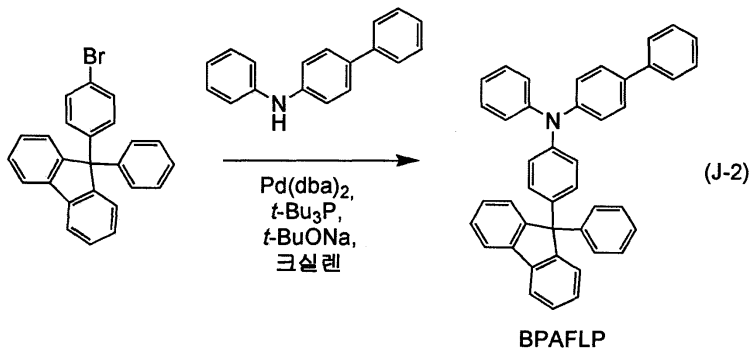
[0275]

[0276] [단계 2: 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP)의 합성 방법]

[0277] 100mL 3구 플라스크에 9-(4-브로모페닐)-9-페닐플루오렌 3.2g(8.0mmol), 4-페닐-디페닐아민 2.0g(8.0mmol), 나트륨 *tert*-부톡사이드 1.0g(10mmol), 비스(디벤질리텐아세톤)팔라듐(0) 23mg(0.04mmol)을 넣고 플라스크 내의 분위기를 질소 치환하였다. 이 혼합물에 탈수 크실렌 20mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 교반하면서 탈기한 후, 트리(*tert*-부틸)포스핀(10wt% 헥산 용액) 0.2mL(0.1mmol)를 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 분위기하에서 110℃로 가열하면서 2시간 동안 교반하여 반응시켰다.

[0278] 반응 후, 이 반응 혼합액에 톨루엔 200mL를 첨가하고, 이 현탁액을 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 제작, 카탈로그 번호: 540-00135), 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 제작, 카탈로그 번호: 531-16855)를 통과시켜 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하고, 실리카 겔 컬럼 크로마토그래피(전개 용매 톨루엔:헥산=1:4)로 정제하였다. 얻어진 프랙션을 농축하고, 아세톤과 메탄올을 첨가하여 초음파 처리한 후 결정을 석출시켜 목적물인 백색 분말을 수량 4.1g, 수율 92%로 얻었다. 단계 2의 반응식을 반응식 J-2에 나타낸다.

[0279] 반응식 J-2



[0280]

[0281] 실리카 겔 박층 크로마토그래피(TLC)에서의 Rf값(전개 용매 초산에틸:헥산=1:10)은 목적물은 0.41이고, 9-(4-브로모페닐)-9-페닐플루오렌은 0.51이고, 4-페닐-디페닐아민은 0.27이었다.

[0282] 핵자기 공명법(NMR)에 의하여 이 화합물이 목적물인 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP)인 것을 확인하였다.

[0283] 얻어진 화합물의 ¹H NMR 데이터를 이하에 나타낸다. ¹H NMR(CDC1₃, 300MHz): δ (ppm)= 6.63-7.02(m, 3H), 7.06-7.11(m, 6H), 7.19-7.45(m, 18H), 7.53-7.55(m, 2H), 7.75(d, J=6.9, 2H).

부호의 설명

- [0284]
- 100: 기관
 - 101: 전극
 - 102: EL층
 - 103: 전극
 - 111: 정공 주입층
 - 112: 정공 수송층
 - 113: 발광층
 - 114: 전자 수송층
 - 115: 전자 주입층
 - 301: 전극
 - 303: 전극
 - 311: 발광 유닛
 - 312: 발광 유닛
 - 313: 전하 발생층
 - 401: 소스측 구동 회로
 - 402: 화소부
 - 403: 게이트 측 구동 회로
 - 404: 밀봉 기관
 - 405: 절재

- 407: 공간
- 408: 배선
- 409: FPC(Flexible Printed Circuit)
- 410: 소자 기판
- 411: 스위칭용 TFT
- 412: 전류 제어용 TFT
- 413: 전극
- 414: 절연물
- 416: EL층
- 417: 전극
- 418: 발광 소자
- 423: n채널형 TFT
- 424: p채널형 TFT
- 501: 기판
- 502: 전극
- 503: 전극
- 504: EL층
- 505: 절연층
- 506: 격벽층
- 600: 표시 장치
- 602: 표시 장치
- 604: 표시부
- 606: 표시부
- 801: 조명 장치
- 803: 조명 장치
- 805: 안경
- 1100: 유리 기판
- 1101: 전극
- 1103: 전극
- 1111: 정공 주입층
- 1112: 정공 수송층
- 1113: 발광층
- 1114a: 전자 수송층
- 1114b: 전자 수송층
- 1115: 전자 주입층
- 7100: 텔레비전 장치

7100a: 텔레비전 장치
7101: 케이스
7103: 표시부
7105: 스탠드
7107: 표시부
7109: 조작 키
7110: 리모트 컨트롤 조작기
7201: 본체
7202: 케이스
7203: 표시부
7204: 키보드
7205: 외부 접속 포트
7206: 포인팅 디바이스
7301: 케이스
7302: 케이스
7303: 연결부
7304: 표시부
7305: 표시부
7306: 스피커부
7307: 기록 매체 삽입부
7308: LED 램프
7309: 입력 수단(조작 키)
7310: 접속 단자
7311: 센서
7312: 마이크로폰
7400: 휴대 전화기
7401: 케이스
7402: 표시부
7403: 조작 버튼
7404: 외부 접속 포트
7405: 스피커
7406: 마이크로폰
7500: 조명 장치
7501: 케이스
7503a: 발광 장치
7503b: 발광 장치

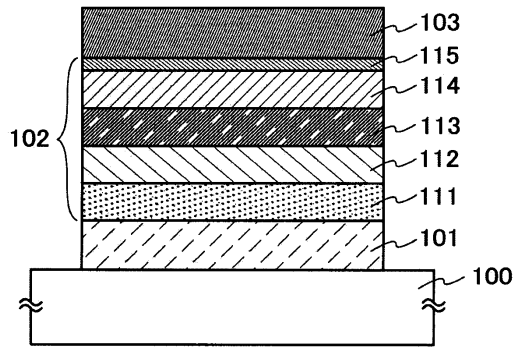
7503c: 발광 장치

7503d: 발광 장치

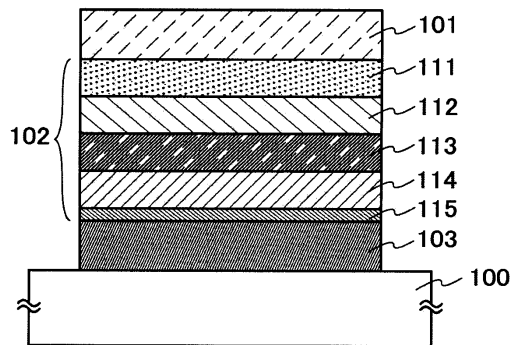
도면

도면1

(A)

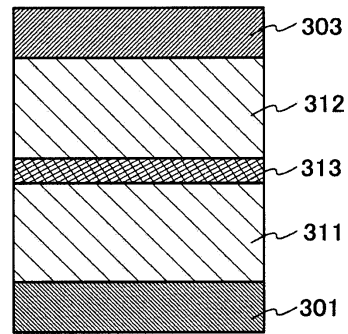


(B)

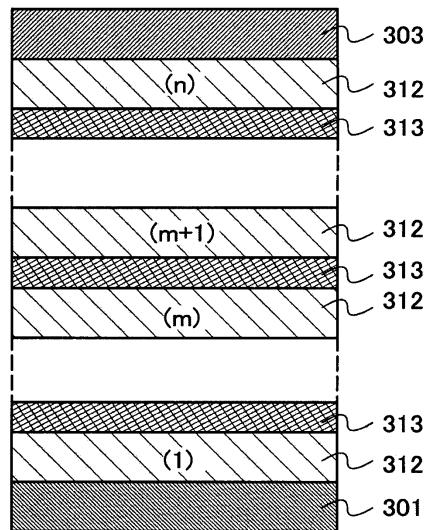


도면2

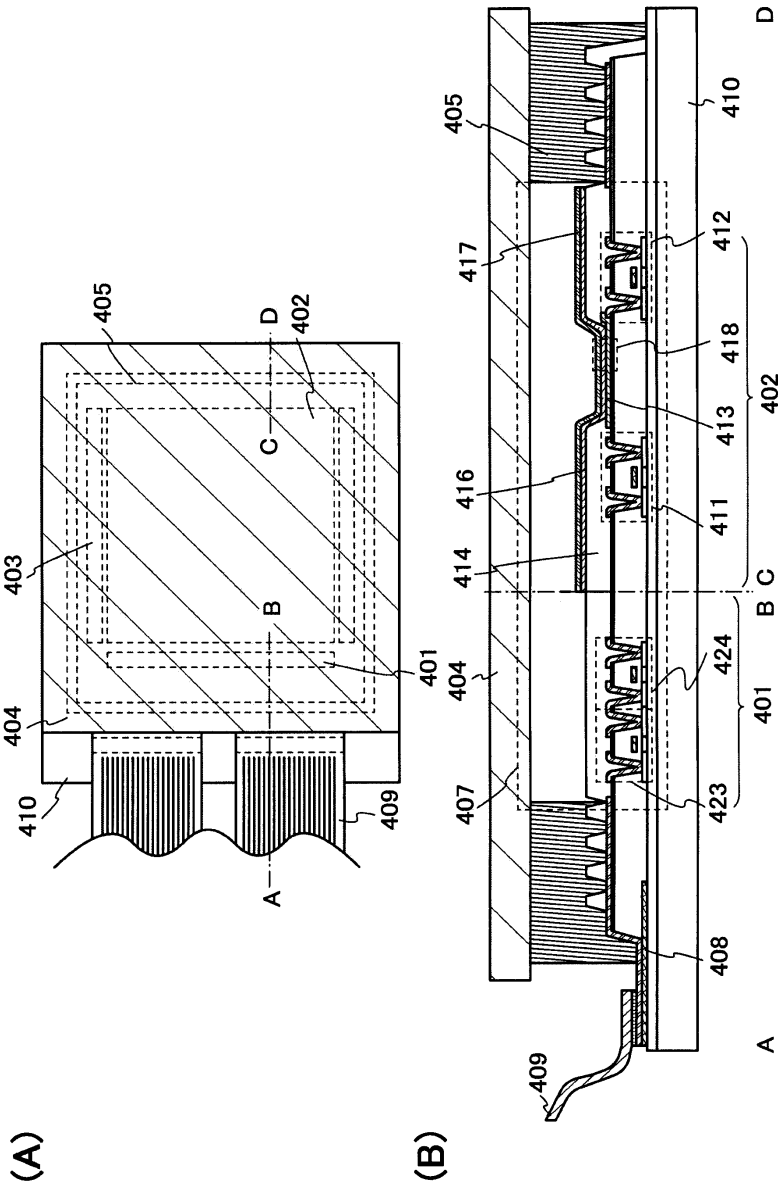
(A)



(B)

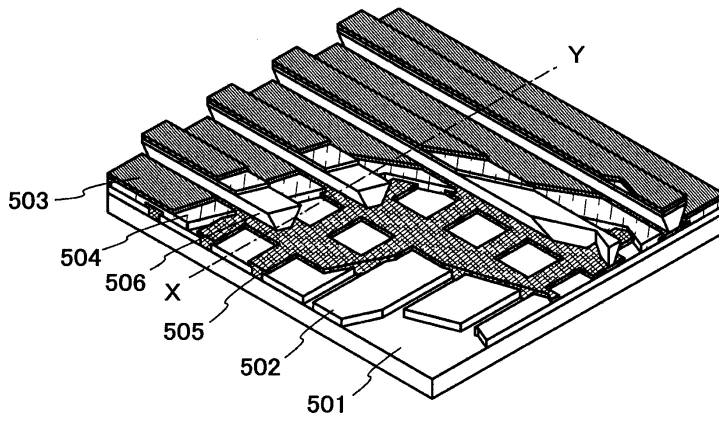


도면3

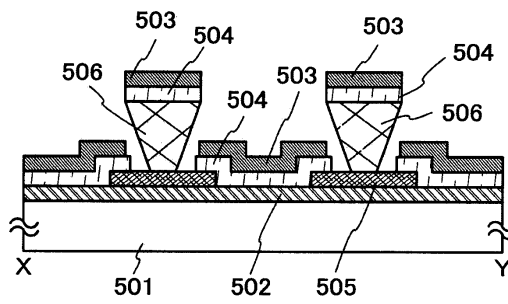


도면4

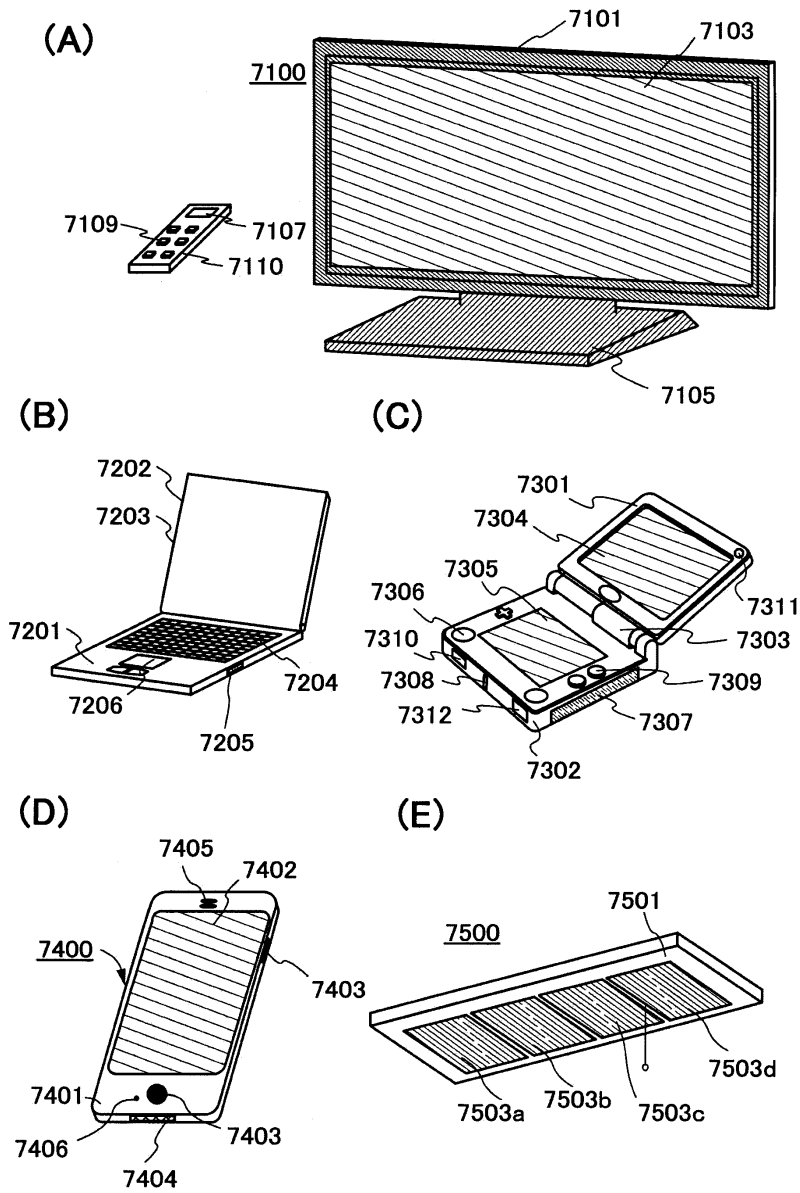
(A)



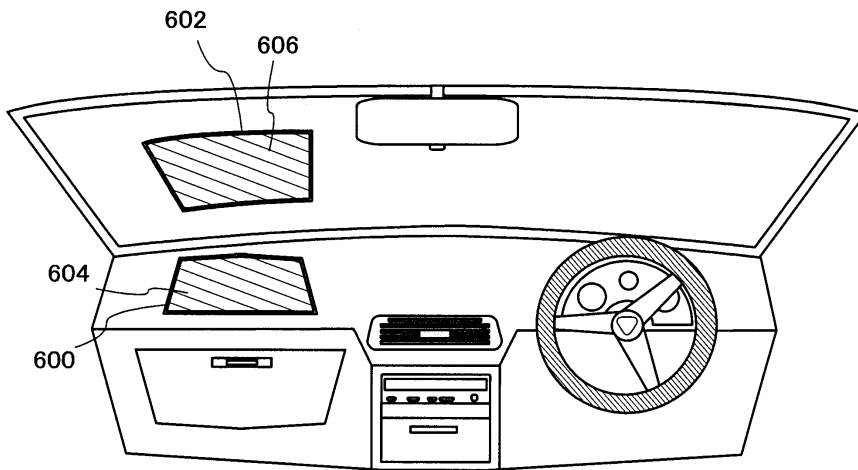
(B)



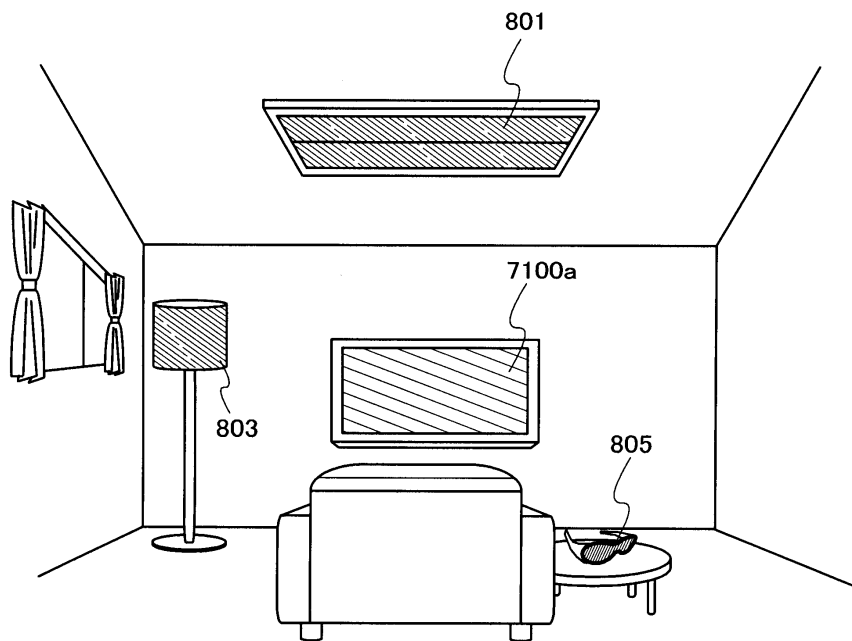
도면5



도면6

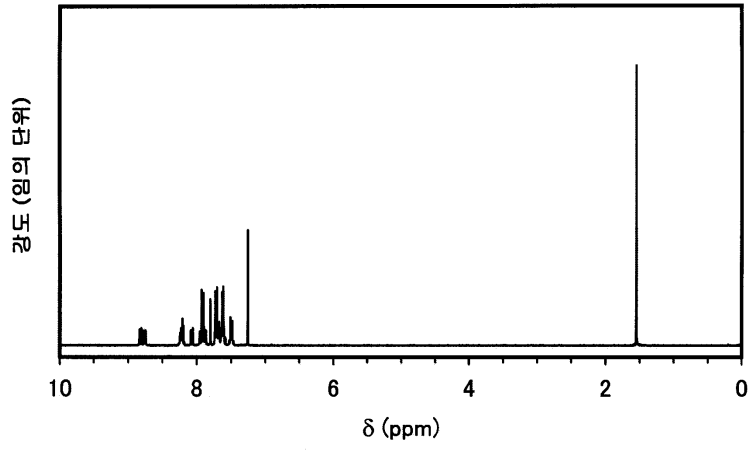


도면7

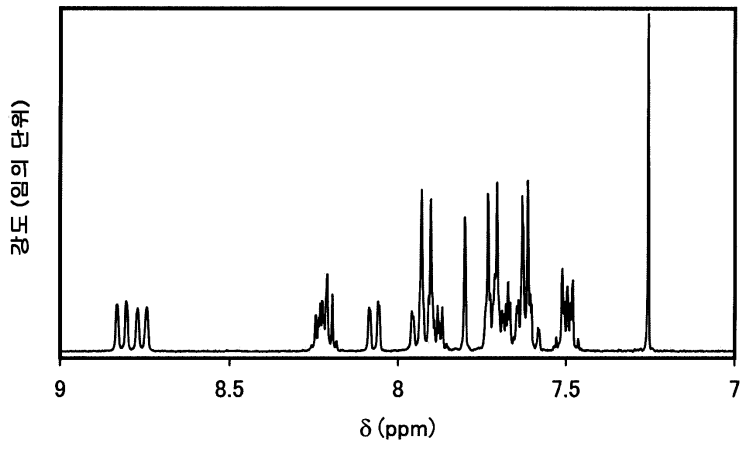


도면8

(A)

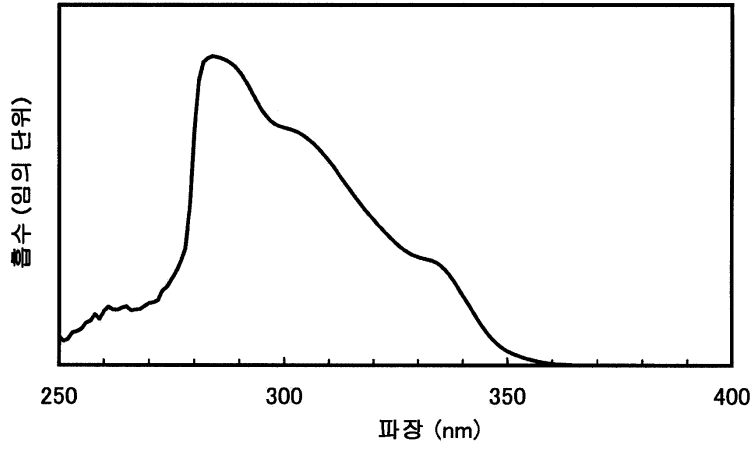


(B)

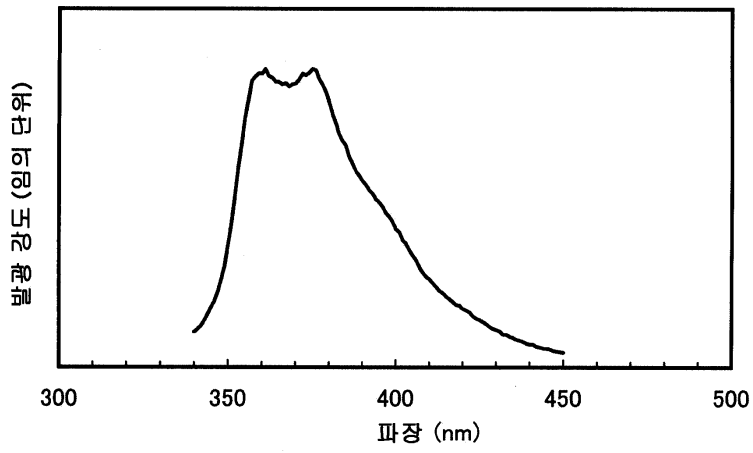


도면9

(A)

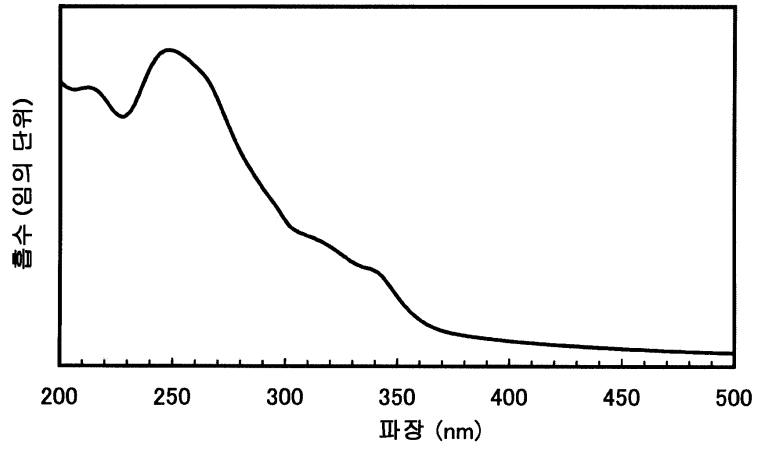


(B)

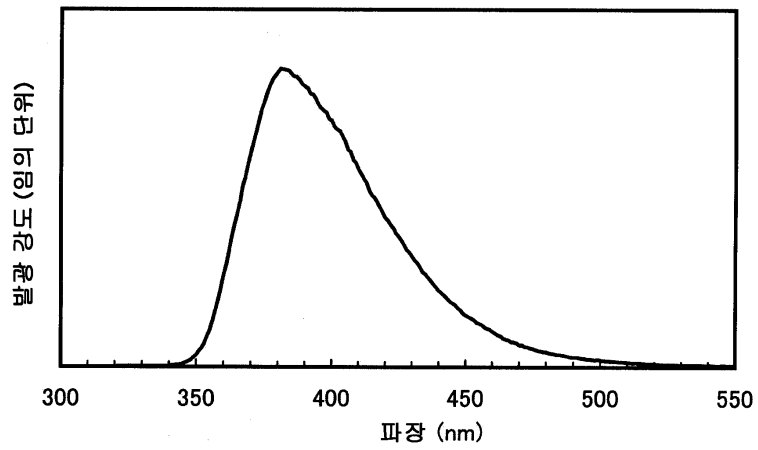


도면10

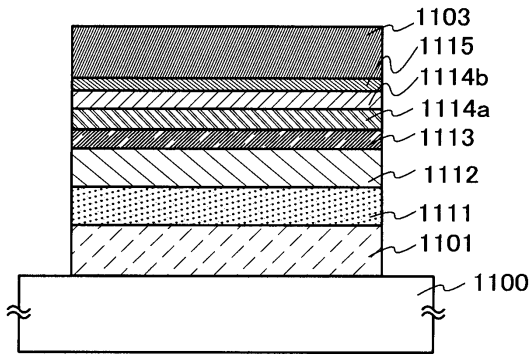
(A)



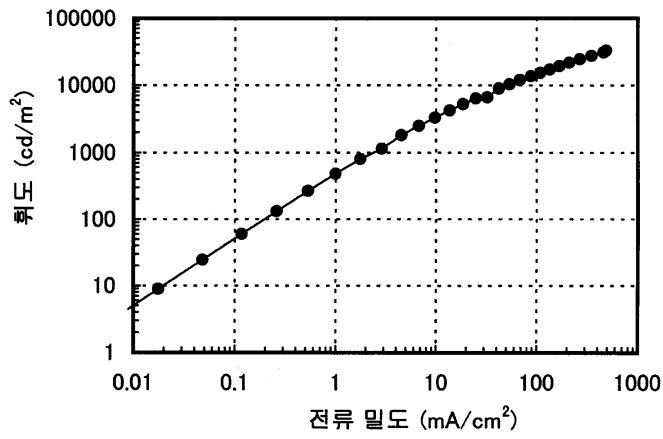
(B)



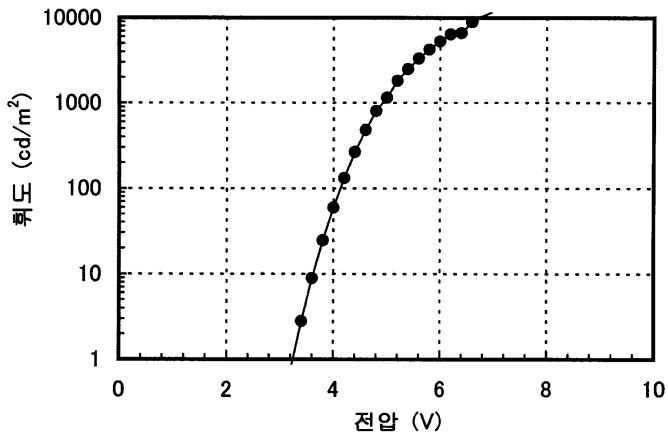
도면11



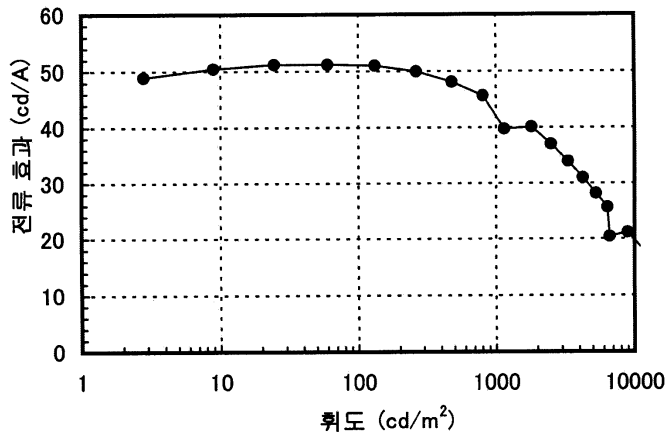
도면12



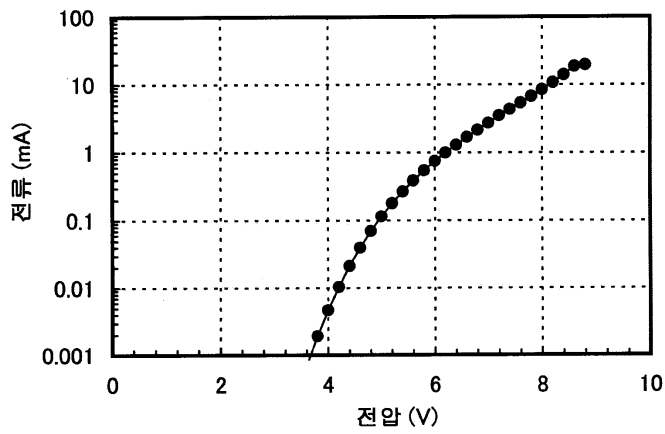
도면13



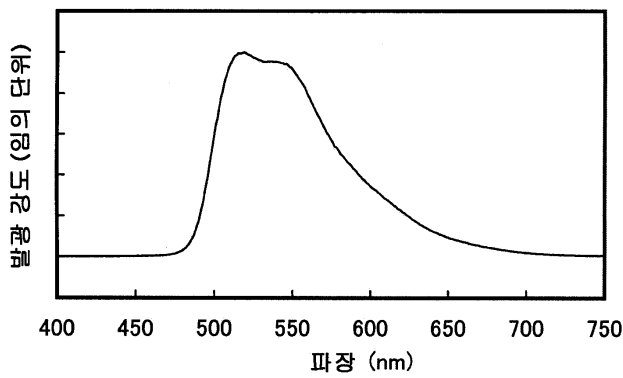
도면14



도면15

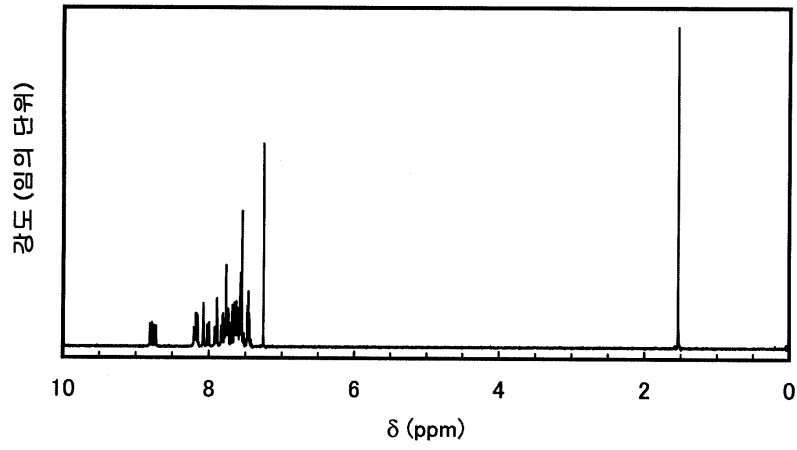


도면16

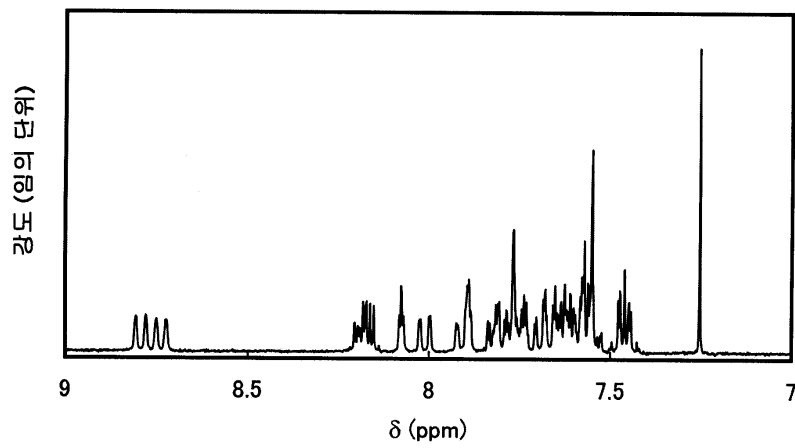


도면17

(A)

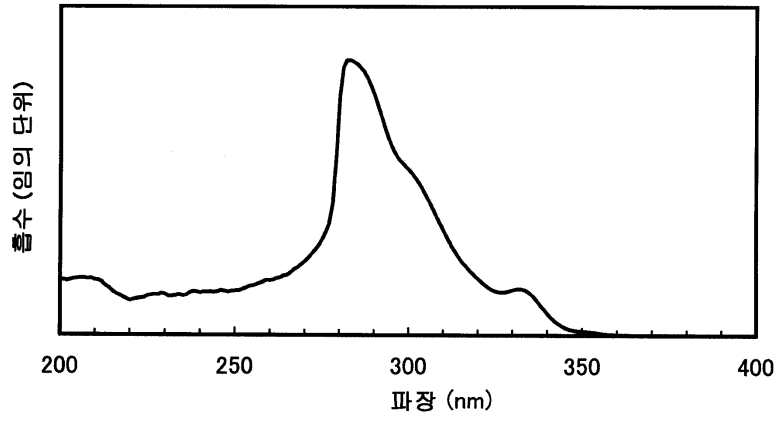


(B)

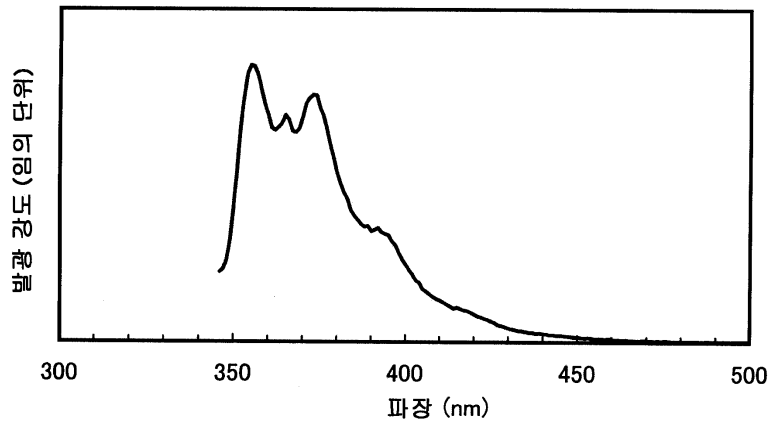


도면18

(A)

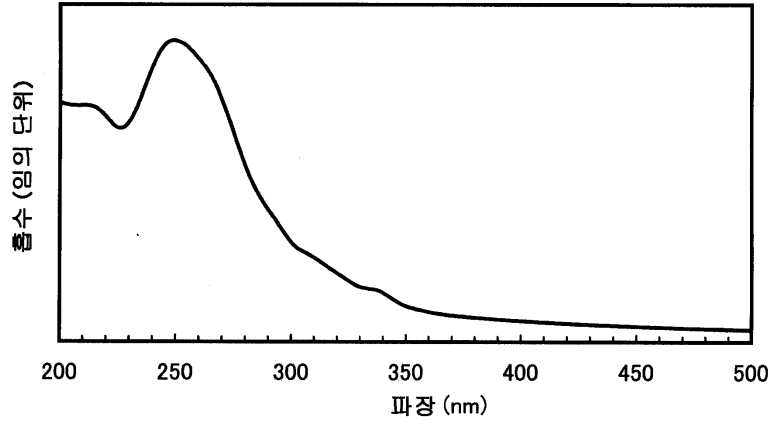


(B)

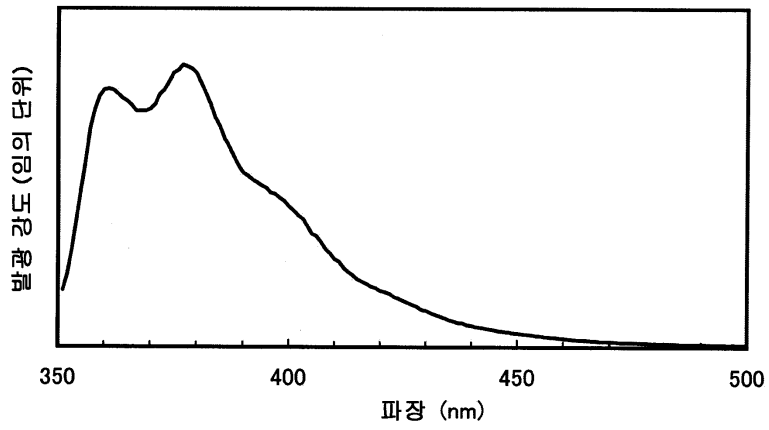


도면19

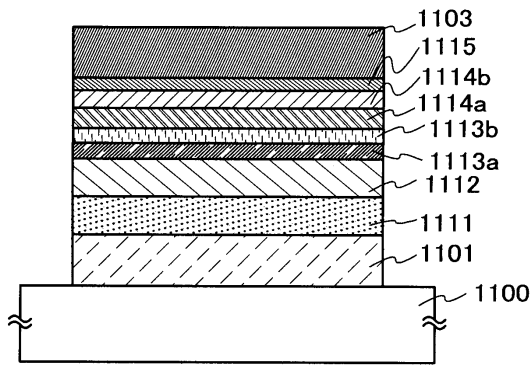
(A)



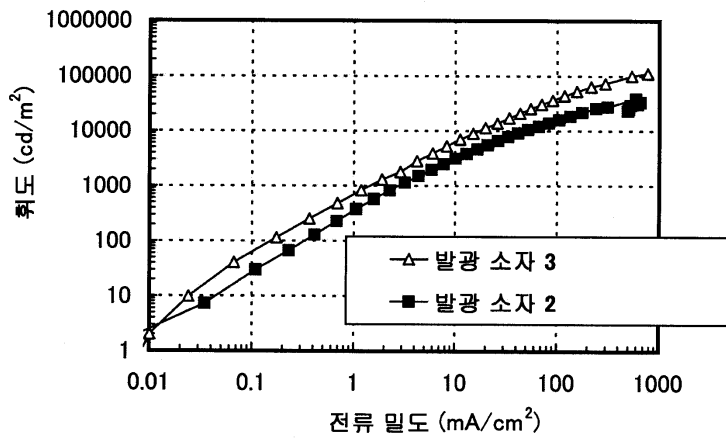
(B)



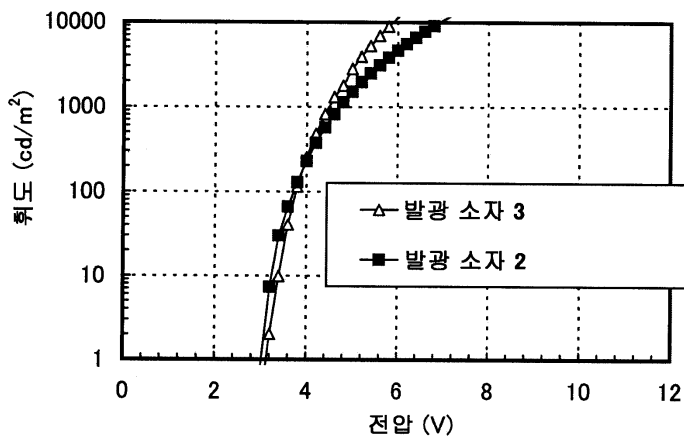
도면20



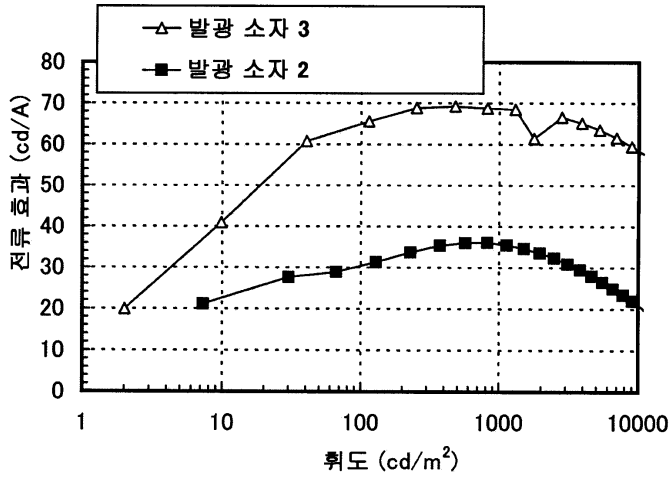
도면21



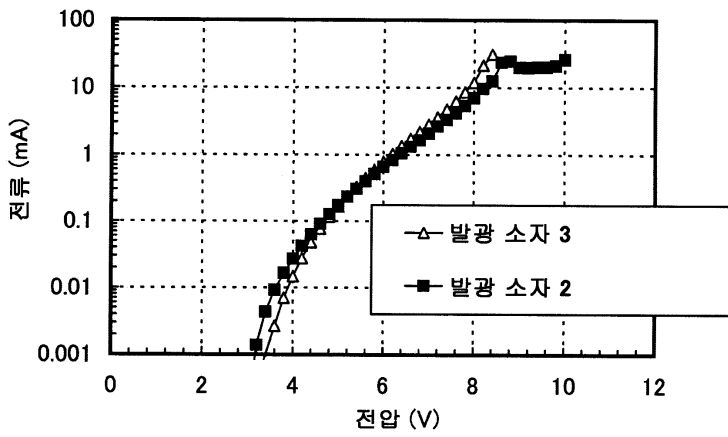
도면22



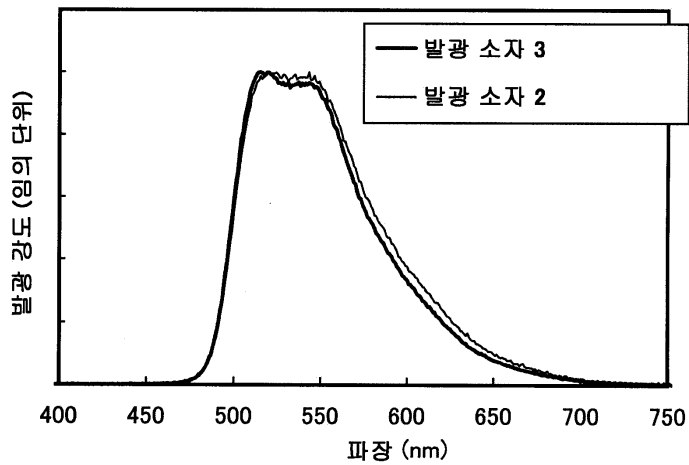
도면23



도면24



도면25



도면26

