



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월09일

(11) 등록번호 10-2336769

(24) 등록일자 2021년12월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09K 11/06 (2006.01) C07C 211/54 (2006.01)

C07C 211/57 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C09K 11/06 (2021.01)

C07C 211/54 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0019190

(22) 출원일자 2015년02월09일

심사청구일자 2020년01월22일

(65) 공개번호 10-2015-0099419

(43) 공개일자 2015년08월31일

(30) 우선권주장

JP-P-2014-032002 2014년02월21일 일본(JP)

JP-P-2014-031853 2014년02월21일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2011231108 A\*

JP2012046478 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자

오기타 가오리

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가

부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

스즈키 쓰네히로

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가

부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장훈

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 정현석

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

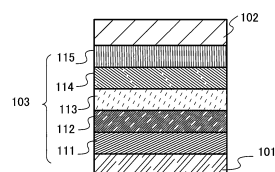
## (57) 요약

본 발명은 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공한다.

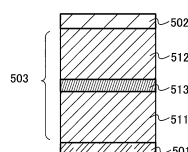
한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 여기 상태와 기저 상태에서의 구조 변화가 작은 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

대표도 - 도1

(A)



(B)



(52) CPC특허분류

**C07C 211/57** (2013.01)

**H01L 51/0054** (2013.01)

**H01L 51/5012** (2013.01)

(72) 발명자

**하시모토 나오키**

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

**하마다 도시키**

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

**스즈키 구니히코**

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

**호소우미 슌스케**

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

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

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

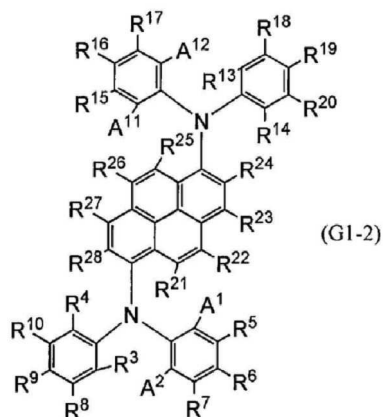
삭제

청구항 15

삭제

### 청구항 16

일반식(G1-2)으로 표시되는 유기 화합물에 있어서,

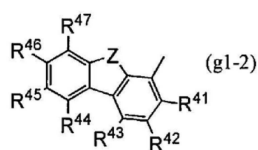


$A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^{11}$  및  $A^{12}$ 는 각각 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^3$  및  $R^4$  중 적어도 하나는 수소를 나타내고, 다른 하나는 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^{13}$  및  $R^{14}$  중 적어도 하나는 수소를 나타내고, 다른 하나는 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^5 \sim R^7$  중 어느 하나 및  $R^{15} \sim R^{17}$  중 어느 하나는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이고,



$R^{41} \sim R^{47}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 또는 탄소수 6~25의 아릴기를 나타내고,

Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타내고,

$R^5 \sim R^7$  중 나머지,  $R^8 \sim R^{10}$ ,  $R^{15} \sim R^{17}$  중 나머지 및  $R^{18} \sim R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 또는 탄소수 6~25의 아릴기를 나타내는, 유기 화합물.

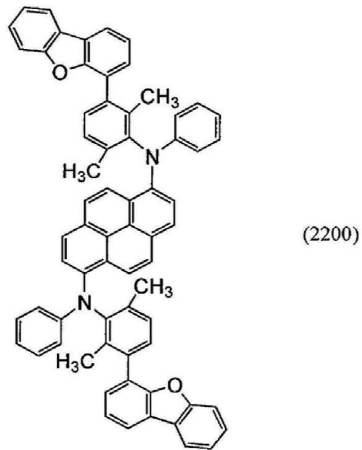
### 청구항 17

삭제

### 청구항 18

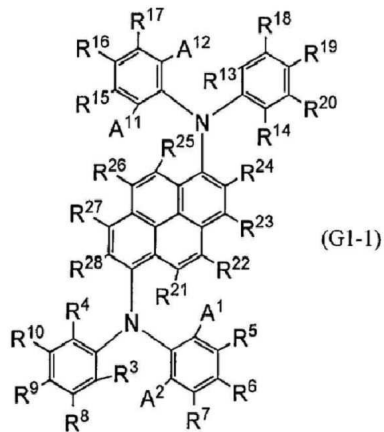
제 16 항에 있어서,

상기 유기 화합물이 구조식(2200)으로 표시되는, 유기 화합물.



### 청구항 19

일반식(G1-1)으로 표시되는 유기 화합물에 있어서,

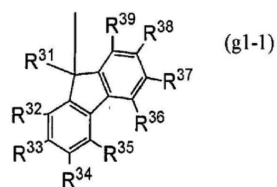


$A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^{11}$  및  $A^{12}$ 는 각각 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^3$  및  $R^4$  중 적어도 하나는 수소를 나타내고, 다른 하나는 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^{13}$  및  $R^{14}$  중 적어도 하나는 수소를 나타내고, 다른 하나는 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기를 나타내고,

$R^5 \sim R^{10}$  중 어느 하나 및  $R^{15} \sim R^{20}$  중 어느 하나는 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이고,



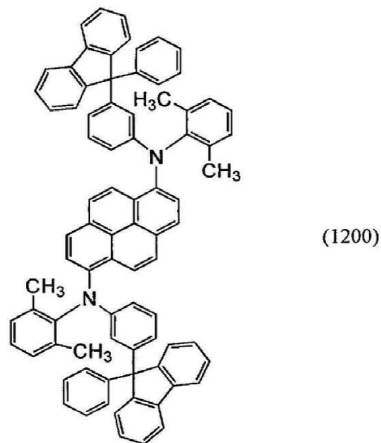
$R^{31} \sim R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 또는 탄소수 6~25의 아릴기를 나타내고,

$R^5 \sim R^{10}$  중 나머지,  $R^{15} \sim R^{20}$  중 나머지 및  $R^{21} \sim R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 또는 탄소수 6~25의 아릴기를 나타내는, 유기 화합물.

### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 유기 화합물이 구조식(1200)으로 표시되는, 유기 화합물.



## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 일 형태는 유기 화합물 및 상기 유기 화합물을 사용한 발광 소자, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다. 다만, 본 발명의 일 형태는 상술한 기술 분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)되는 발명의 일 형태의 기술 분야는 물건, 방법, 또는 제조 방법에 관한 것이다. 또는, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 그러므로, 본 명세서에 개시되는 본 발명의 일 형태의 기술 분야의 더 구체적인 일례로서는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 이들의 구동 방법, 또는 이들의 제조 방법을 들 수 있다.

### 배경 기술

- [0002] 박형 및 경량, 입력 신호에 대한 고속 응답성, 저소비 전력 등의 퍼텐셜 때문에, 차세대의 조명 장치나 표시 장치로서, 유기 화합물이 발광 물질로서 사용된 발광 소자(유기 EL 소자)를 사용한 표시 장치의 개발 및 발표가 이루어지고 있다.
- [0003] 유기 EL 소자는 한 쌍의 전극 사이에 발광층을 끼우고 전압을 인가함으로써, 전극으로부터 주입된 전자 및 정공이 재결합하여 유기 화합물인 발광 물질이 여기 상태가 되고, 그 여기 상태가 기저 상태로 되돌아 갈 때 발광한다. 발광 물질이 발하는 광의 스펙트럼은 그 발광 물질 특유의 것이고, 다른 종류의 유기 화합물을 발광 물질로서 사용함으로써, 다양한 색의 발광을 나타내는 발광 소자를 얻을 수 있다.
- [0004] 디스플레이 등, 화상을 표시하는 것을 염두에 두고 제작된 표시 장치의 경우, 풀 컬러의 영상을 재현하기 위해서는, 적어도 적색, 녹색, 청색의 3색의 광을 얻을 필요가 있다. 또한, 색 재현성을 양호한 것으로 하고 화질을 높이기 위하여, 마이크로 캐비티 구조나, 컬러 필터를 사용함으로써 발광의 색 순도를 높일 방법도 있다.
- [0005] 마이크로 캐비티 구조는 목적 파장의 광을 증폭시키고, 그 이외의 파장의 광을 감쇠시키도록 설계된다. 또한, 컬러 필터는 목적 파장의 광 이외를 차단한다. 그러므로, 이들 구조를 갖는 발광 소자에서, 목적 파장 이외의 파장에 비교적 큰 강도를 갖는 스펙트럼을 갖는 광의 대부분은 감쇠 또는 차단되어 추출될 수 없다.
- [0006] 얻어진 에너지를 최대한으로 활용하기 위하여, 내부 양자 효율이 양호한 것은 물론이고, 원하는 파장에서의 스펙트럼 강도가 크고, 반치폭이 좁은 스펙트럼을 갖는 광을 발하는 유기 화합물이 요구되고 있다.
- [0007] 특허문헌 1에는 양호한 청색 발광을 나타내는 유기 화합물이 제시되어 있다.

### 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2012-46478호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 형태는 신규 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 발광의 색 순도가 높은 유기 화합물을 제공하는 것을 과제로 한다.

[0010] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 새로운 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것을 과제로 한다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 소비 전력이 작은 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0011] 본 발명의 일 형태는 상술한 과제 중 어느 하나를 해결하면 되는 것으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 여기 상태와 기저 상태에서의 구조 변화가 작은 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0013] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 스토크스 이동(Stoke's shift)이 작은 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0014] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0015] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 발광 소자이다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 여기 상태와 기저 상태에서의 구조 변화가 작은 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

[0017] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 스토크스 이동이 작은 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.

- [0018] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 적어도 발광 재료를 포함하고, 상기 발광 재료는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 것을 특징으로 하는 발광 소자이다.
- [0019] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 EL층에 발광 재료로서 포함되는 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 다른 쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 수소로 치환된 발광 소자이다.
- [0020] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 재료의 스토크스 이동이 0.18eV 이하인 발광 소자이다.
- [0021] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 재료의 스토크스 이동이 0.15eV 이하인 발광 소자이다.
- [0022] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 EL층이 호스트 재료를 더 포함하고, 상기 발광 재료는 상기 호스트 재료에 분산되어 있고, 상기 발광 재료의 흡수 스펙트럼에서의 가장 긴 파장 측의 피크와, 상기 호스트 재료의 발광 스펙트럼이 겹치는 발광 소자이다.
- [0023] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 재료가 발하는 광의 스펙트럼의 반치폭이 40nm 이하인 발광 소자이다.
- [0024] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 재료가 발하는 광의 스펙트럼의 반치폭이 35nm 이하인 발광 소자이다.
- [0025] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 소자가 발하는 광의 CIE 색도의 y좌표가 0.15 이하인 발광 소자이다.
- [0026] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 소자가 발하는 광의 피크 파장이 465nm 이하인 발광 소자이다.
- [0027] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 여기 상태와 기저 상태에서의 구조 변화가 작은 것을 특징으로 하는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.
- [0028] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 스토크스 이동이 작은 것을 특징으로 하는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.
- [0029] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 상기 2개의 다이페닐아미노기의 2개의 페닐기의 오르토 위치가 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 것을 특징으로 하는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.
- [0030] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기는, 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 다른 쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.
- [0031] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 스토크스 이동이 0.18eV 이하인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.



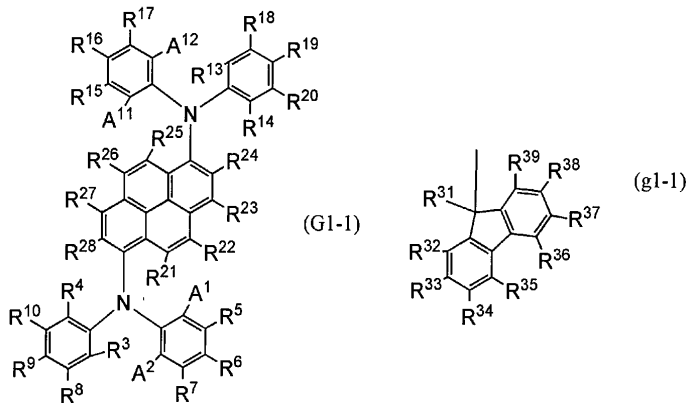
[0032] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 스토크스 이동이 0.15eV 이하인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.

[0033] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 발광 스펙트럼의 반치폭이 40nm 이하인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.

[0034] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 발광 스펙트럼의 반치폭이 35nm 이하인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.

[0035] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 발광의 피크 파장이 465nm 이하인 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.

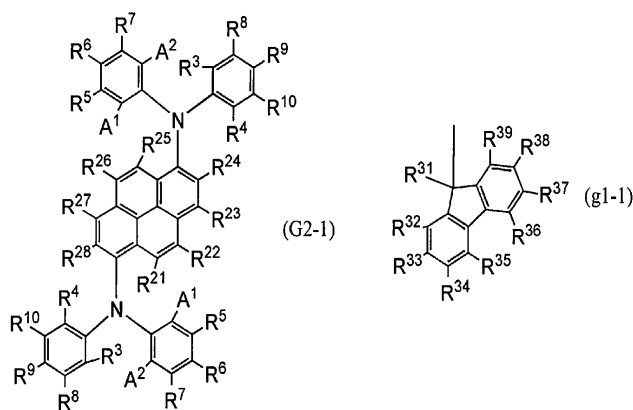
[0036] 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G1-1)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0037]

[0038] 상기 일반식(G1-1)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>, A<sup>11</sup>과 A<sup>12</sup>는 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>13</sup>과 R<sup>14</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup>, R<sup>15</sup>~R<sup>20</sup>, 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나 및 R<sup>15</sup>~R<sup>20</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서, R<sup>31</sup>~R<sup>39</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0039] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G2-1)으로 표시되는 유기 화합물이다.

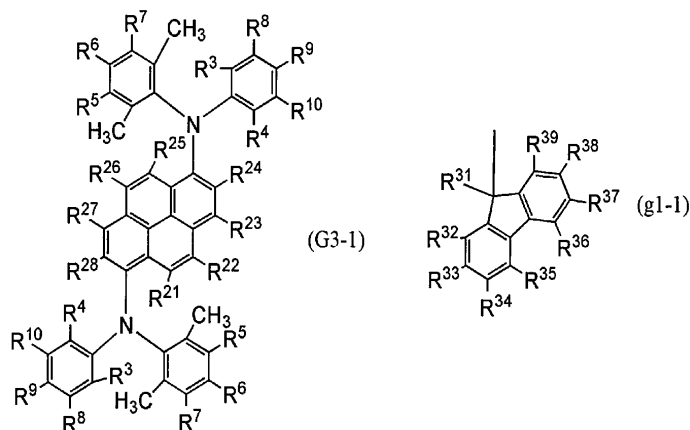


[0040]

[0041] 상기 일반식(G2-1)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>는 양쪽 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서, R<sup>31</sup>~R<sup>39</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의

알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

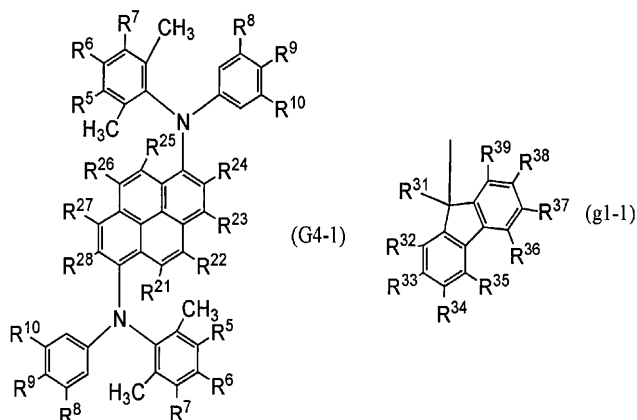
[0042] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G3-1)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0043]

[0044] 상기 일반식(G3-1)에서,  $R^3$ 과  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소가 다. 또한,  $R^5$ ~ $R^{10}$  및  $R^{21}$ ~ $R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한,  $R^5$ ~ $R^{10}$  중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서,  $R^{31}$ ~ $R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0045] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G4-1)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0046]

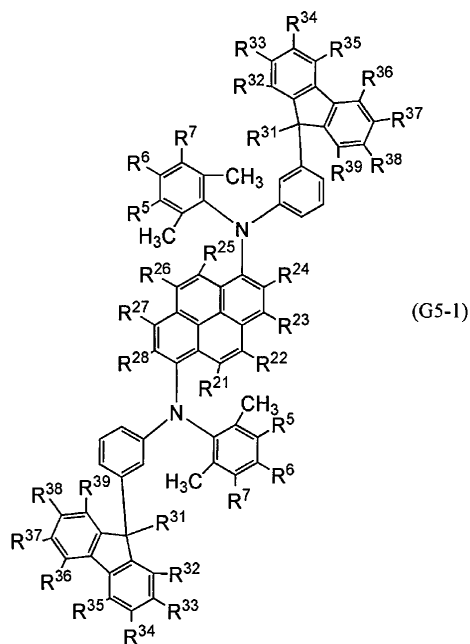
[0047] 상기 일반식(G4-1)에서,  $R^5$ ~ $R^{10}$  및  $R^{21}$ ~ $R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한,  $R^5$ ~ $R^{10}$  중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서,  $R^{31}$ ~ $R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0048] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 일반식(G2-1)에서의  $R^7$  또는  $R^8$ 이, 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기인 유기 화합물이다.

[0049] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 일반식(G2-1)에서의  $R^8$ 이, 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기인 유기 화합물이다.

[0050] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 일반식(G2-1)에서의  $R^7$ 이, 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기인 유기 화합물이다.

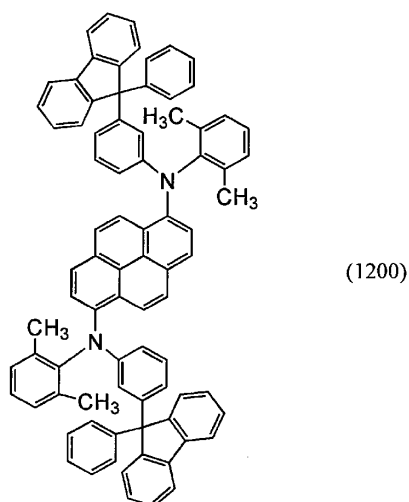
[0051] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G5-1)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0052]

[0053] 또한, 상기 일반식(G5-1)에서,  $R^5 \sim R^7$ ,  $R^{10}$ ,  $R^{21} \sim R^{28}$ , 및  $R^{31} \sim R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

[0054] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 구조식(1200)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0055]

[0056] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자이다.

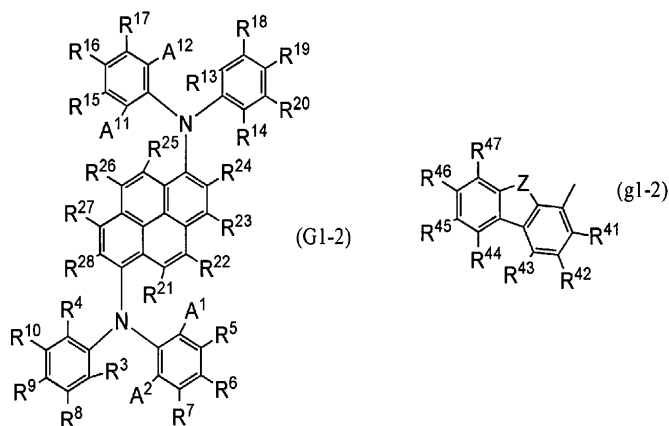
[0057] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 유기 화합물을 발광층에 포함하는 발광 소자이다.

[0058] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구성을 갖는 발광 소자가 발하는 광의 CIE 색도의 y좌표가 0.15 이하인 발광 소자이다.

[0059] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구성을 갖는 발광 소자가 발하는 광의 피크 파장이 465nm 이하인 발광 소자이다.

[0060] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구성을 갖는 발광 소자가 발하는 광의 스펙트럼의 반치폭이 40nm 이하인 발광 소자이다.

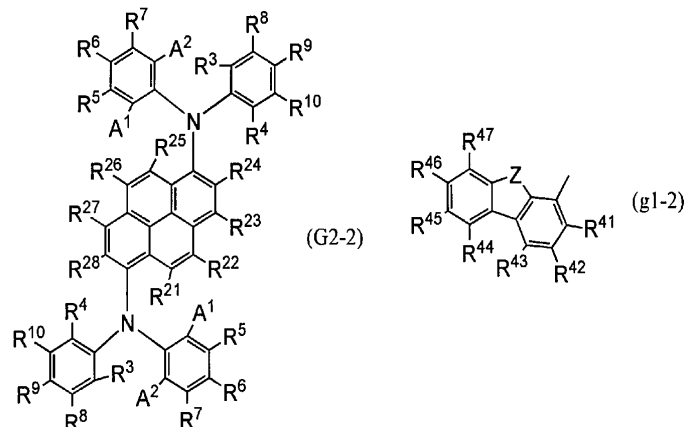
[0061] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G1-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0062]

[0063] 상기 일반식(G1-2)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>, A<sup>11</sup>과 A<sup>12</sup>는 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>13</sup>과 R<sup>14</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup>, R<sup>15</sup>~R<sup>20</sup>, 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나 및 R<sup>15</sup>~R<sup>20</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-2)에서, R<sup>41</sup>~R<sup>47</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

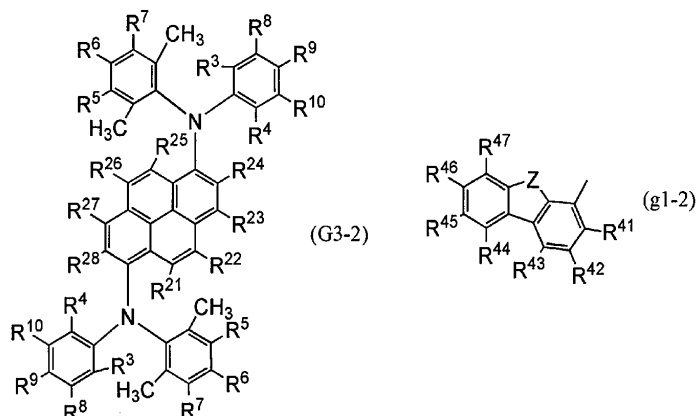
[0064] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.



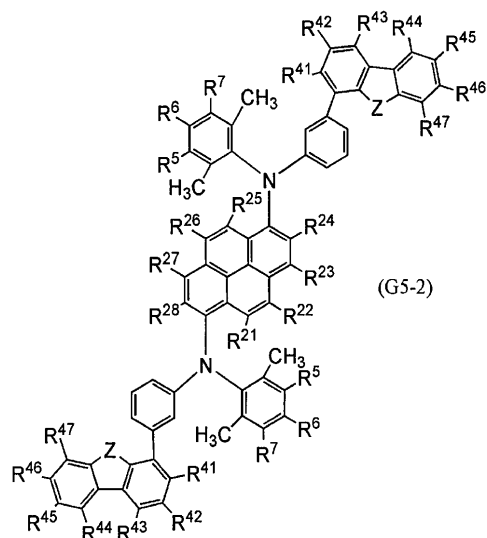
[0065]

[0066] 상기 일반식(G2-2)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>는 양쪽 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-2)에서, R<sup>41</sup>~R<sup>47</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

[0067] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 하기 일반식(G3-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.



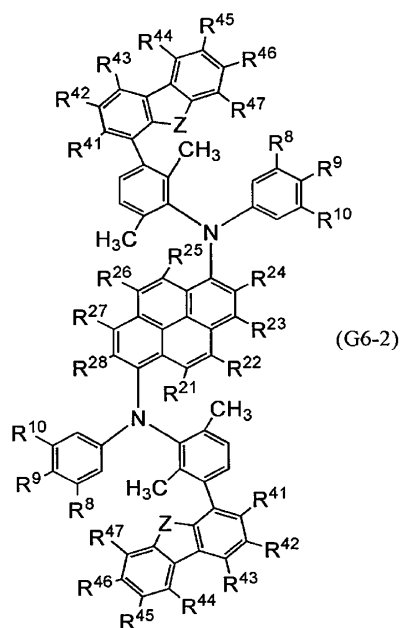
[0076] 또한, 본 발명의 다른 구성은 하기 일반식(G5-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0077]

[0078] 상기 일반식(G5-2)에서,  $R^5 \sim R^7$ ,  $R^{21} \sim R^{28}$ , 및  $R^{41} \sim R^{47}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

[0079] 또한, 본 발명의 다른 구성은 하기 일반식(G6-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.

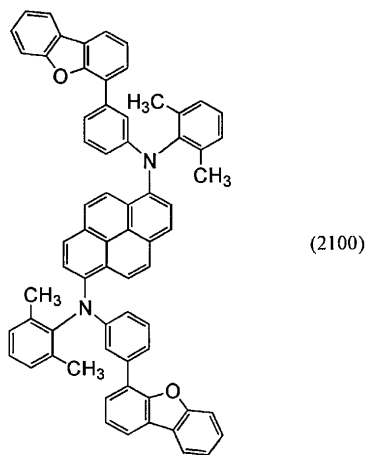


[0080]

[0081] 상기 일반식(G6-2)에서,  $R^8 \sim R^{10}$ ,  $R^{21} \sim R^{28}$ , 및  $R^{41} \sim R^{47}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

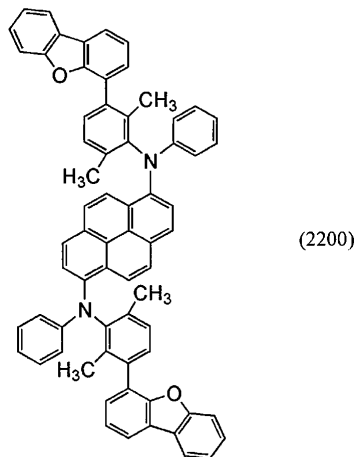
[0082] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 Z가 산소 원자인 유기 화합물이다.

[0083] 또한, 본 발명의 다른 구성은 하기 구조식(2100)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0084]

[0085] 또한, 본 발명의 다른 구성은 하기 구조식(2200)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0086]

[0087] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 상술한 유기 화합물 중 어느 것을 적어도 포함하는 발광 소자이다.

[0088] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는, 한 쌍의 전극 및 상기 한 쌍의 전극 사이의 EL층을 갖고, 상기 EL층은 상술한 유기 화합물 중 어느 것을 발광 재료로서 적어도 포함하는 발광 소자이다.

[0089] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 소자가 탠덤형 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0090] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는, 상술한 구성에 있어서, 상기 발광 소자가 청색 영역의 파장의 광을 강하게 하는 마이크로 캐비티 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0091] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 유기 화합물을 포함하는 발광 소자이다.

[0092] 또한, 본 발명의 다른 일 형태는 상기 유기 화합물을 발광층에 포함하는 발광 소자이다.

[0093] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 발광 소자를 갖는 디스플레이 모듈이다.

[0094] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 발광 소자를 갖는 조명 모듈이다.

[0095] 또한, 본 발명의 일 형태는, 상기 발광 소자, 및 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 발광 장치이다.

[0096] 또한, 본 발명의 일 형태는, 상기 발광 소자를 표시부에 갖고, 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 표시 장치이다.

[0097] 또한, 본 발명의 일 형태는, 상기 발광 소자를 조명부에 갖고, 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한 조명 장치이다.

[0098] 또한, 본 발명의 일 형태는 상기 발광 소자를 갖는 전자 기기이다.

[0099] 또한, 본 명세서 중에서의 발광 장치란, 발광 소자를 사용한 화상 표시 디바이스를 그 범주에 포함한다. 또한, 발광 소자에 커넥터, 예를 들어 이방 도전성 필름 또는 TCP(Tape Carrier Package)가 제공된 모듈, TCP 끝에 프린트 배선판이 제공된 모듈, 또는 발광 소자에 COG(Chip On Glass) 방식으로 IC(집적 회로)가 직접 실장된 모듈은 발광 장치를 갖는 경우가 있다. 또한, 조명 기구는 발광 장치를 갖는 경우가 있다.

### 발명의 효과

[0100] 본 발명의 일 형태는, 신규 유기 화합물을 제공할 수 있다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 발광 소자에 사용할 수 있는 유기 화합물을 제공할 수 있다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 3중항 여기 준위가 높은 유기 화합물을 제공할 수 있다. 또는, 본 발명의 다른 일 형태는 내열성이 높은 유기 화합물을 제공할 수 있다.

[0101] 또는, 본 발명의 다른 일 형태는, 새로운 발광 소자, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 각각 제공할 수 있다. 또는, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는, 소비 전력이 작은 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 각각 제공할 수 있다.

[0102] 본 발명의 일 형태는 상술한 효과 중 어느 하나를 나타내면 좋은 것으로 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0103] 도 1은 발광 소자의 개념도.

도 2는 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 3은 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 4는 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 5는 패시브 매트릭스형 발광 장치의 개념도.

도 6은 조명 장치를 도시한 도면.

도 7은 전자 기기를 도시한 도면.

도 8은 광원 장치를 도시한 도면.

도 9는 조명 장치를 도시한 도면.

도 10은 조명 장치를 도시한 도면.

도 11은 차재 표시 장치 및 조명 장치를 도시한 도면.

도 12는 전자 기기를 도시한 도면.

도 13은 계산 결과를 도시한 도면.

도 14는 계산 결과를 도시한 도면.

도 15는 1,6oDMemFLPAPrN의 NMR 차트.

도 16은 1,6oDMemFLPAPrN의 MS 스펙트럼.

도 17은 1,6oDMemFLPAPrN의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼.

도 18은 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성.

도 19는 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 전압-휘도 특성.

도 20은 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 전압-전류 특성.

도 21은 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 휘도-파워 효율 특성.

도 22는 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 휘도-외부 양자 효율 특성.

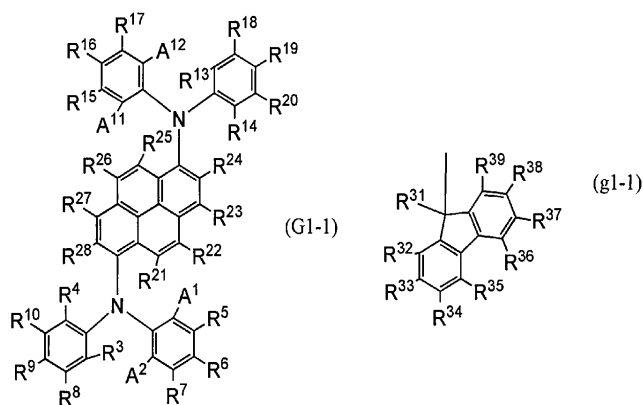


- 도 23은 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 발광 스펙트럼.
- 도 24는 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 정규화 휘도-시간 변화 특성.
- 도 25는 발광 스펙트럼의 비교.
- 도 26은 oDMemFLPA의 NMR 차트.
- 도 27은 mFrBA-04의 NMR 차트.
- 도 28은 1,6mFrBAPrn-04의 NMR 차트.
- 도 29는 1,6mFrBAPrn-04의 MS 스펙트럼.
- 도 30은 1,6mFrBAPrn-04의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼.
- 도 31은 oDMemFrBA의 NMR 차트.
- 도 32는 1,6oDMemFrBAPrn의 MS 스펙트럼.
- 도 33은 1,6oDMemFrBAPrn의 흡수 스펙트럼 및 발광 스펙트럼.
- 도 34는 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성.
- 도 35는 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 전압-휘도 특성.
- 도 36은 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 전압-전류 특성.
- 도 37은 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 휘도-파워 효율 특성.
- 도 38은 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 휘도-외부 양자 효율 특성.
- 도 39는 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 발광 스펙트럼.
- 도 40은 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성.
- 도 41은 발광 소자 4의 전압-휘도 특성.
- 도 42는 발광 소자 4의 전압-전류 특성.
- 도 43은 발광 소자 4의 휘도-파워 효율 특성.
- 도 44는 발광 소자 4의 휘도-외부 양자 효율 특성.
- 도 45는 발광 소자 4 및 비교 발광 소자 2의 발광 스펙트럼.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0104] 이하에서 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 사용하여 자세히 설명한다. 다만, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 형태 및 상세한 사항은 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 다양하게 변경될 수 있다는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 발명은 이하에서 기재하는 실시형태의 내용에 한정되어 해석되는 것은 아니다.
- [0105] 풀 컬러 표시를 수행하는 디스플레이에서는, 적색, 녹색, 및 청색의 3원색이나, 이들에 백색이나 황색 등을 더한 4색 이상의 광을 사용하여 영상이 표현된다. 그리고, 그 영상에서의 색 재현 능력은 상술한 3원색의 색조에 크게 좌우된다.
- [0106] 유기 EL 디스플레이에서의 풀 컬러 표시법으로서는, 독립 화소 방식과 백색 컬러 필터 방식이 주류이다. 백색 컬러 필터 방식에서는 컬러 필터가 필수인 한편, 독립 화소 방식에서도 높은 색 재현성을 실현하기 위하여 컬러 필터가 사용되는 경우가 있다. 또한, 같은 이유로, 상기 풀 컬러 표시법 양쪽에서 마이크로 캐비티 구조는 적용된다.
- [0107] 상술한 바와 같은 유기 EL 소자의 발광 물질로서는 유기 화합물이나 유기 금속 착체가 사용된다. 유기 화합물이나 유기 금속 착체로부터 얻어지는 발광 스펙트럼은 그 물질 고유의 파장 대역에 강도를 갖는 띠 스펙트럼이다. 컬러 필터는 목적 파장 이외의 광을 차단하고, 마이크로 캐비티 구조는 목적 파장의 광을 증폭시키고 그 외의 광을 감쇠시키기 때문에, 넓은 스펙트럼을 갖는 광의 에너지가 크게 손실된다.

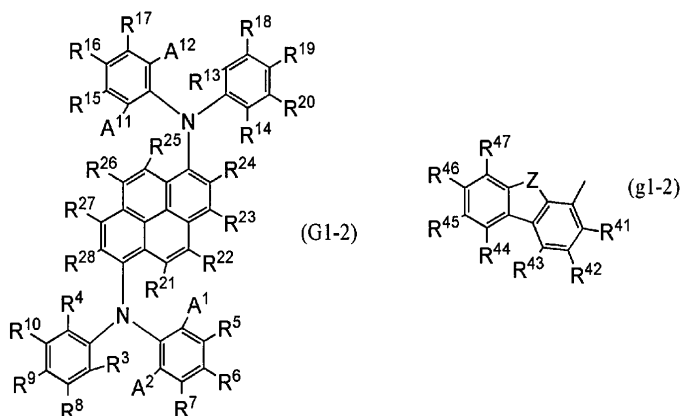
- [0108] 본 발명자들은, 스토크스 이동이 작은 발광 재료가 발하는 광의 스펙트럼은 그 반치폭이 좁으므로 상술한 에너지 손실을 저감할 수 있고, 상기 발광 재료를 사용함으로써 발광 효율이 높은 발광 소자를 얻을 수 있는 것을 찾아내었다.
- [0109] 또한, 스토크스 이동이 작으며 발광의 반치폭이 좁은 발광 재료를 사용한 발광 소자는, 색 순도가 양호한 발광을 나타내는 발광 소자로 할 수도 있다.
- [0110] 또한, 스토크스 이동이 작은 발광 재료는 유사한 구조를 갖는 발광 재료의 발광에 비하여 피크 파장이 단파장화되기 때문에, 특히 청색 영역의 발광을 나타내는 발광 재료에 있어서는 색 순도의 관점에서 유리하다.
- [0111] 백색 발광은 일반적으로 복수의 발광 재료로부터의 광을 합성하여 얻어진다. 색 온도가 높은 백색 발광을 얻기 위해서는 청색의 광이 많이 필요하기 때문에, 필요한 청색 발광을 충분히 얻기 위하여 많은 전력이 소비된다. 청색 발광의 색 순도가 향상되면, 목적의 백색 발광을 얻기 위하여 필요한 청색 발광의 휘도가 저하되기 때문에, 소비 전력을 저감할 수 있다. 또한, 이하에서 기재하는 바와 같이, 같은 파장의 광이더라도, 스토크스 이동이 작은 발광 재료로부터의 광은 구동 전압을 낮게 억제할 수 있을 가능성이 높아, 소비 전력의 저감 효과를 더 얻을 수 있게 된다.
- [0112] 거의 같은 발광 피크를 갖는 재료들을 비교한 경우, 스토크스 이동이 작은 발광 재료의 여기 에너지는, 스토크스 이동이 큰 발광 재료의 여기 에너지보다 작다. 그러므로, 밴드 갭이 비교적 좁은 호스트 재료를 사용한 경우에도 효율적으로 발광시킬 수 있고 구동 전압의 관점에서도 유리하다. 또한, 밴드 갭이 넓은 재료의 분자 구조는 한정적이며 선택의 폭이 좁기 때문에, 스토크스 이동이 작은 발광 재료를 사용함으로써 호스트 재료의 선택의 폭이 넓어지고, 더 저렴한 가격으로 특성이 양호한 발광 소자를 쉽게 얻을 수 있게 된다.
- [0113] 이와 같이, 스토크스 이동이 작은 발광 재료를 사용함으로써, 상술한 바와 같이 바람직한 효과를 다양하게 얻을 수 있다. 그래서, 본 발명의 일 형태는, 스토크스 이동이 작은 발광 재료를 사용한 발광 소자를 제공한다. 상기 발광 소자는 상술한 이유로 색 순도가 양호한 발광 소자이다. 또는, 발광 효율이 높은 발광 소자이다. 또는, 저렴한 발광 소자이다. 또는, 구동 전압이 작은 발광 소자이다.
- [0114] 또한, 본 발명자들은, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여 여기 상태와 기저 상태에서의 구조 변화가 작아 스토크스 이동이 작기 때문에, 결과적으로 발광 스펙트럼의 피크의 반치폭이 좁게 되는 것을 찾아내었다.
- [0115] 그래서, 본 발명의 일 형태는 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체, 또는 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 발광 재료로서 포함하는 발광 소자이다.
- [0116] 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 청색 영역의 발광을 나타낸다. 스토크스 이동이 작은 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 스펙트럼의 반치폭이 좁고, 피크 파장이 단파장화됨으로써, 색 순도가 더 양호한 발광을 나타낸다. 색 순도가 양호하게 되면, 소비 전력이 큰 청색 발광 소자에서 필요한 휘도가 저하되기 때문에, 백색 발광을 얻을 때의 소비 전력을 저감할 수도 있게 된다. 또한, 유사한 색 순도의 발광을 나타내는 다른 물질에 비하여 여기 에너지가 작으므로 호스트 재료로서 밴드 갭이 비교적 좁은 재료를 사용할 수 있기 때문에, 선택의 폭이 넓어지고 비용의 관점에서도 유리하고, 특성이 양호한 청색 발광 소자를 얻기 쉽다. 또한, 밴드 갭이 비교적 좁은 재료를 호스트 재료로서 사용할 수 있어, 구동 전압도 저하시킬 수 있다.
- [0117] 상기 발광 재료 또는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체의 스토크스 이동은 0eV보다 크고 0.18eV 이하, 바람직하게는 0.15eV 이하로 한다. 또한, 상기 발광 재료 또는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체의 스펙트럼의 반치폭은 40nm 이하, 이상적으로는 35nm 이하로 할 수 있다. 또한, 상기 발광 재료 또는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 발하는 광의 피크 파장은 465nm 이하일 때 특히 유효적이다. 결과적으로, 상기 발광 재료 또는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 사용한 발광 소자가 발하는 광의 CIE 색도의 y좌표가 0.15 이하인 발광 소자를 용이하게 얻을 수 있다.
- [0118] 또한, 본 발명자들은, 하기 일반식으로 표시되는 구조를 갖는 유기 화합물이, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁고 매우 양호한 청색 영역의 발광을 나타내는 것을 찾아내었다.



[0119]

[0120]

상기 일반식(G1-1)에서,  $A^1$ 과  $A^2$ ,  $A^{11}$ 과  $A^{12}$ 는 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한,  $R^3$ 과  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한,  $R^{13}$ 과  $R^{14}$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$ ,  $R^{15} \sim R^{20}$ , 및  $R^{21} \sim R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$  중 어느 하나 및  $R^{15} \sim R^{20}$  중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서,  $R^{31} \sim R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.



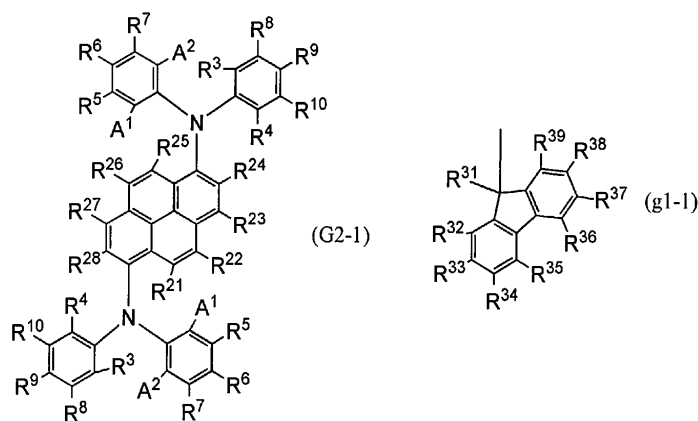
[0121]

[0122]

상기 일반식(G1-2)에서,  $A^1$ 과  $A^2$ ,  $A^{11}$ 과  $A^{12}$ 는 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한,  $R^3$ 과  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한,  $R^{13}$ 과  $R^{14}$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$ ,  $R^{15} \sim R^{20}$ , 및  $R^{21} \sim R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$  중 어느 하나 및  $R^{15} \sim R^{20}$  중 어느 하나는 상기 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-2)에서,  $R^{41} \sim R^{47}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

[0123]

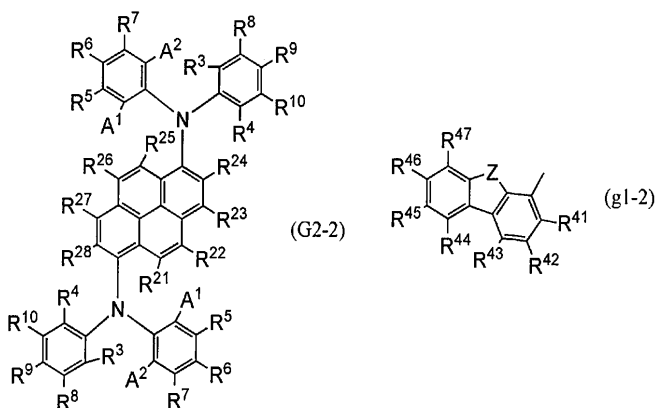
상기 일반식(G1-1)으로 표시되는 유기 화합물의 2개의 아릴아미노기의 구조가 같으면 합성이 간편하므로 바람직하다. 따라서, 본 발명의 다른 형태는 하기 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물이다.



[0124]

[0125]

상기 일반식(G2-1)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>는 양쪽 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-1)에서, R<sup>31</sup>~R<sup>39</sup>는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.



[0126]

[0127]

상기 일반식(G2-2)에서, A<sup>1</sup>과 A<sup>2</sup>는 양쪽 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한, R<sup>3</sup>과 R<sup>4</sup>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 및 R<sup>21</sup>~R<sup>28</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, R<sup>5</sup>~R<sup>10</sup> 중 어느 하나는 상기 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이다. 상기 일반식(g1-2)에서, R<sup>41</sup>~R<sup>47</sup>은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

[0128]

상기 유기 화합물은 피렌 골격의 1위치 및 6위치에 각각 결합되는 2개의 아릴아미노기를 갖는다. 그리고, 상기 2개의 아릴아미노기가 각각 갖는 2개의 페닐기 중 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 구조를 갖는다. 2개의 아릴아미노기가 각각 갖는 2개의 페닐기 중 다른 쪽은 오르토 위치 중 적어도 한쪽이 수소이고, 다른 쪽은 수소 또는 알킬기이다.

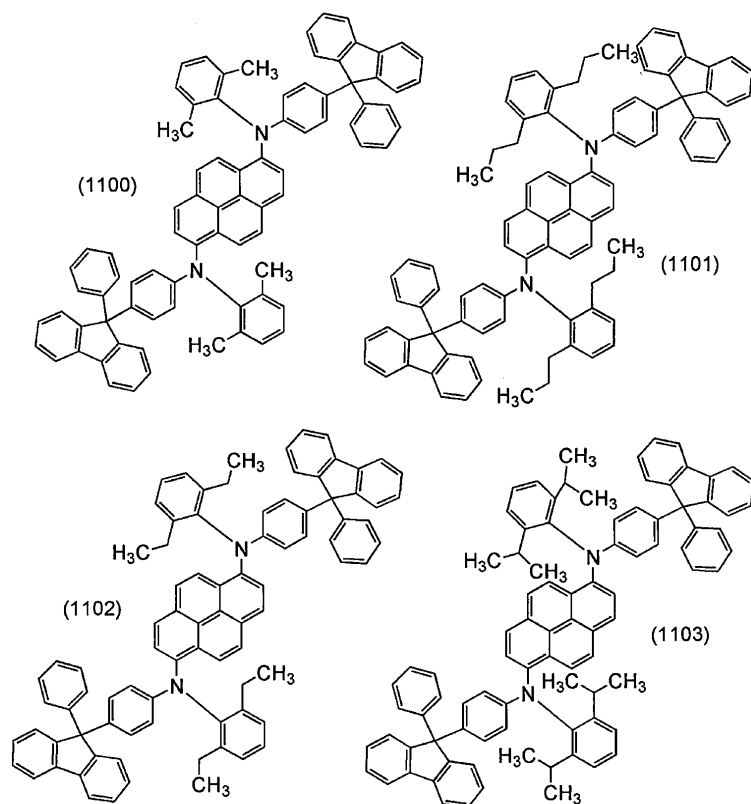
[0129]

또한, 상기 일반식(g1-1) 또는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기가 결합된 페닐기는, 아릴아미노기가 각각 갖는 2개의 페닐기 중, 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기인 페닐기든 오르토 위치 중 적어도 한쪽이 수소로 치환된 페닐기든 좋다. 유기 화합물이 어느 쪽 구조를 가지더라도, 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 양호한 청색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기인 페닐기에 상기 치환기가 결합된 유기 화합물을 사용한 발광 소자는, 다른 쪽에 비하여, 구동 시간에 따른 휘도 저하가 작고, 양호한 내구성을 갖는 발광 소자로 할 수 있다.

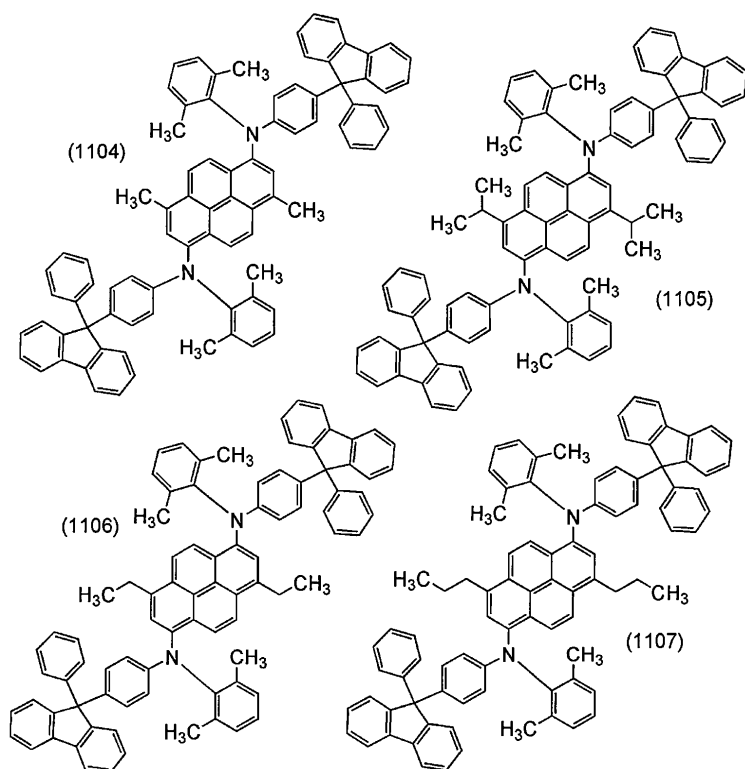
[0130]

상기 유기 화합물에서 오르토 위치 중 적어도 한쪽이 수소로 치환된 페닐기는, 오르토 위치가 양쪽 모두 수소이면 수율 좋게 합성할 수 있어 바람직하다.

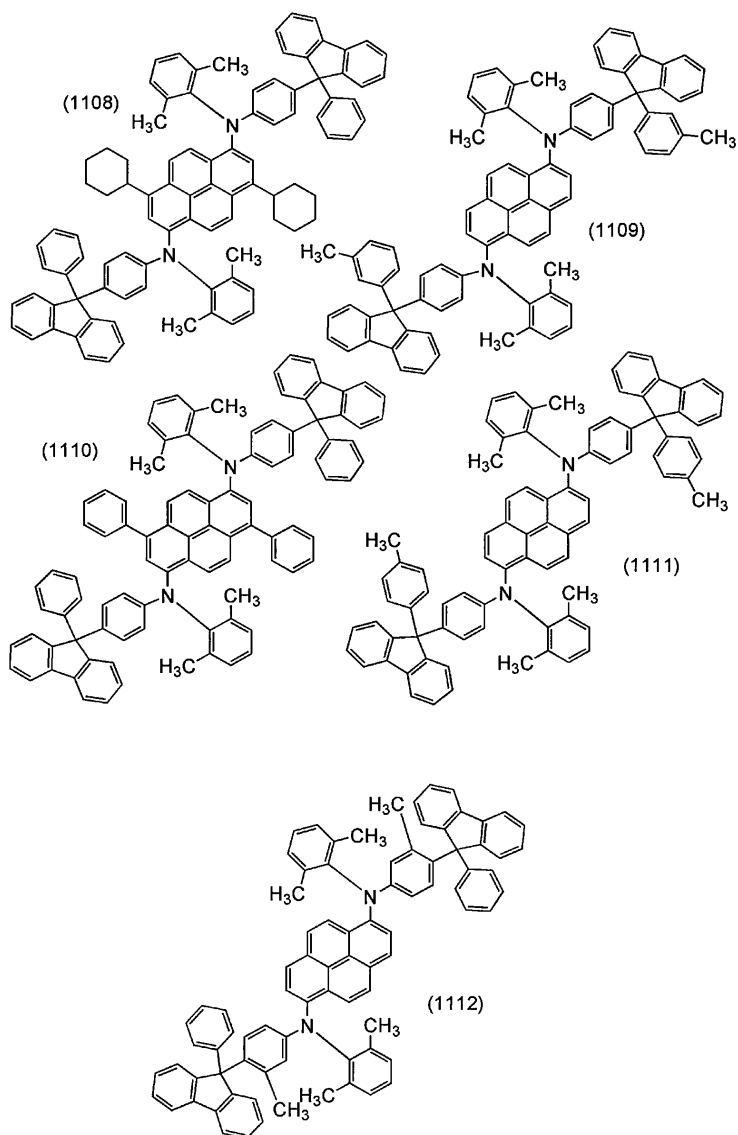
- [0131] 또한, 상기 일반식(g1-1) 또는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기가 페닐기에 결합되는 위치는 상기 아릴아미노기가 각각 갖는 2개의 페닐기 양쪽에서 메타 위치이면, 더 짧은 파장 측에 발광 피크가 나타날 수 있고 더 깊은 청색의 광을 얻을 수 있으므로 바람직하다. 또한, 상기 구성의 유기 화합물은 용매에 녹이기 쉬운 것도 특징이다.
- [0132] 또한, 상기 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물에 결합되는, 상기 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기에서의 Z는 산소 원자이면 소자 특성이나 신뢰성이 양호하기 되므로 더 바람직하다.
- [0133] 또한, 상기 일반식(g1-1) 또는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기에는, 치환 또는 무치환된 벤젠이 축환(縮環)되어 있어도 좋다.
- [0134] 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 및 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물을 설명함에 있어서, 탄소수 1~6의 알킬기로서 구체적으로는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 아이소프로필기, n-뷰틸기, sec-뷰틸기, 아이소뷰틸기, tert-뷰틸기, n-펜틸기, 1-메틸뷰틸기, 2-메틸뷰틸기, 3-메틸뷰틸기, 1-에틸프로필기, 1,1-다이메틸프로필기, 1,2-다이메틸프로필기, 2,2-다이메틸프로필기, 분지(分枝)를 갖거나 또는 갖지 않는 헥실기 등을 들 수 있다.
- [0135] 또한, 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 및 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물을 설명함에 있어서, 탄소수 6~25의 아릴기로서는 구체적으로는, 페닐기, 나프틸기, 바이페닐일기, 플루오렌일기, 안트릴기 등을 들 수 있다. 또한, 이들 아릴기는 치환기를 가져도 좋다. 이들 아릴기가 치환기를 갖는 경우, 상기 아릴기가 갖는 치환기는 탄소수 1~4의 알킬기 또는 페닐기인 것이 바람직하고, 구체적으로는 페닐기 외에, 메틸기, 에틸기, n-프로필기, 아이소프로필기, n-뷰틸기, 아이소뷰틸기, s-뷰틸기, t-뷰틸기 등을 들 수 있다. 이들 중 메틸기, t-뷰틸기가 바람직하다. 또한, 플루오렌일기는 9,9-다이메틸플루오렌-2-일기, 9,9-다이페닐플루오렌-2-일기, 또는 스퀘아IRO-9,9'-바이플루오렌-2-일기이어도 좋다.
- [0136] 또한, 상기 일반식(G1-1) 또는 일반식(G1-2)으로 표시되는 유기 화합물에서의  $A^1$ 과  $A^2$  및  $A^{11}$ 과  $A^{12}$ , 및 상기 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물에서의  $A^1$ 과  $A^2$ 는 메틸기인 것이 바람직하다. 또한, 상기 일반식(G1-1) 또는 일반식(G1-2), 및 상기 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물에서,  $R^3$ 과  $R^4$  중 어느 하나가 알킬기인 경우, 상기 알킬기는 메틸기인 것이 바람직하다.
- [0137] 또한, 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 및 일반식(G2-2)에서의  $R^{21} \sim R^{28}$ , 상기 일반식(g1-1)에서의  $R^{31} \sim R^{39}$ , 및 상기 일반식(g1-2)에서의  $R^{41} \sim R^{47}$ 이 모두 수소를 나타내는 구성은 원료를 쉽게 입수할 수 있고, 저렴한 가격으로 간편하게 합성할 수 있어 바람직하다. 또한 같은 이유로,  $R^5 \sim R^{10}$  및  $R^{15} \sim R^{20}$  중 상기 일반식(g1-1) 또는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기 이외는 수소를 나타내는 것이 바람직하다.
- [0138] 또한,  $R^{31}$ 은 페닐기인 것이 바람직하다.
- [0139] 상술한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물의 구체적인 예의 일부를 이하에서 나타낸다.



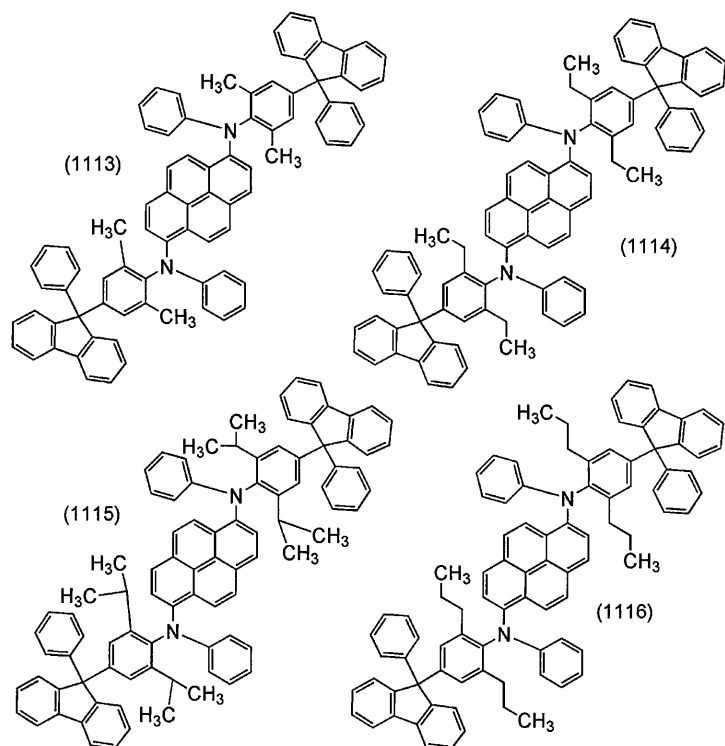
[0140]



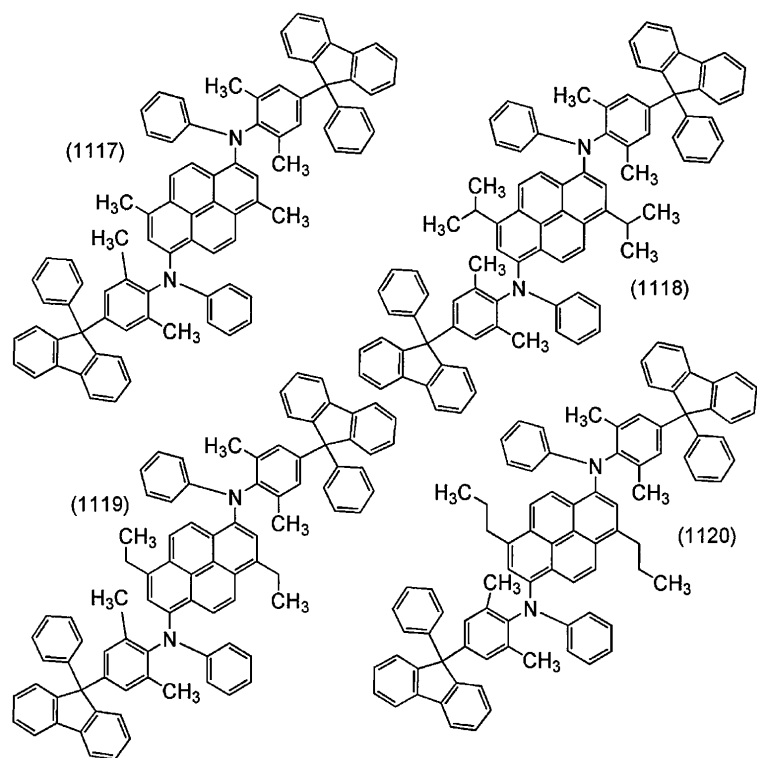
[0141]



[0142]

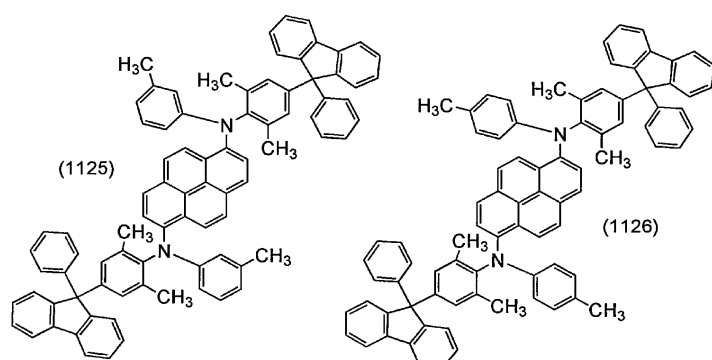
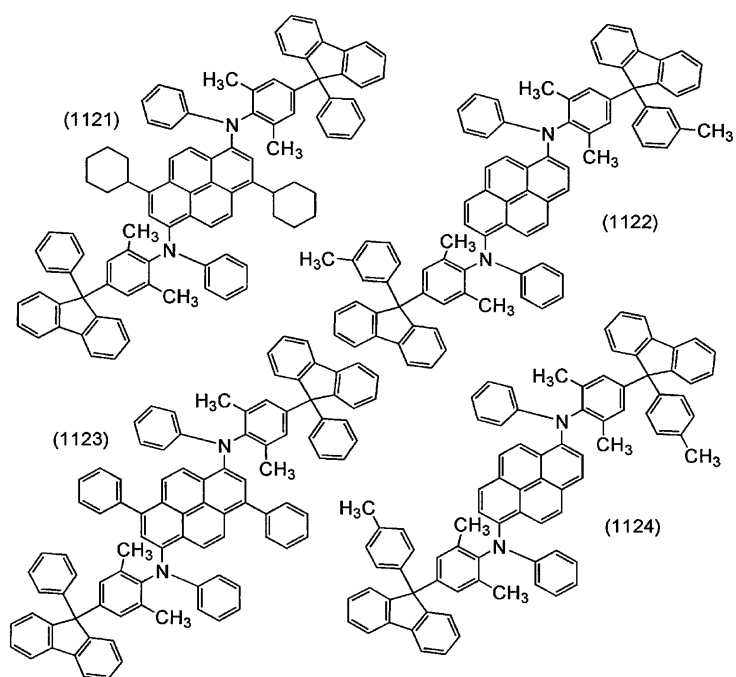


[0143]

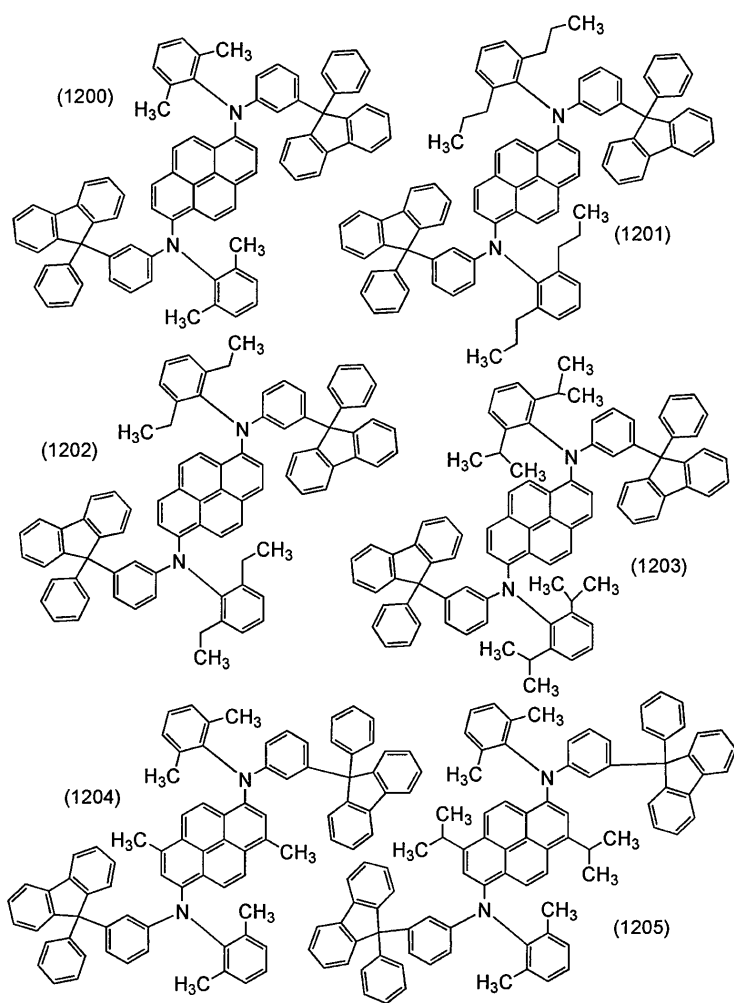


[0144]

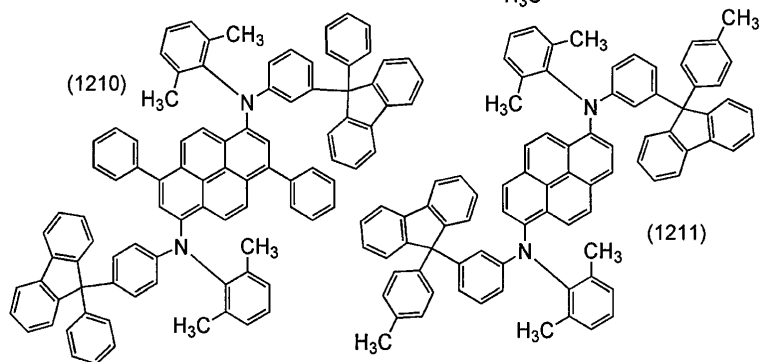
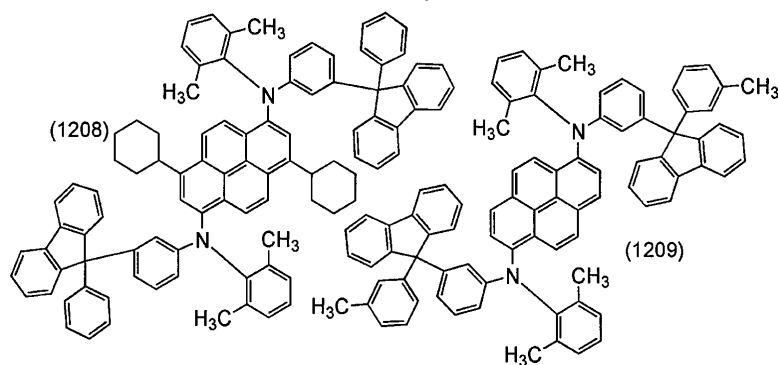
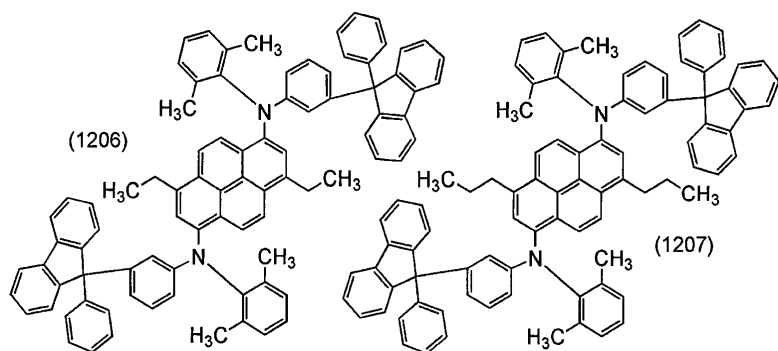




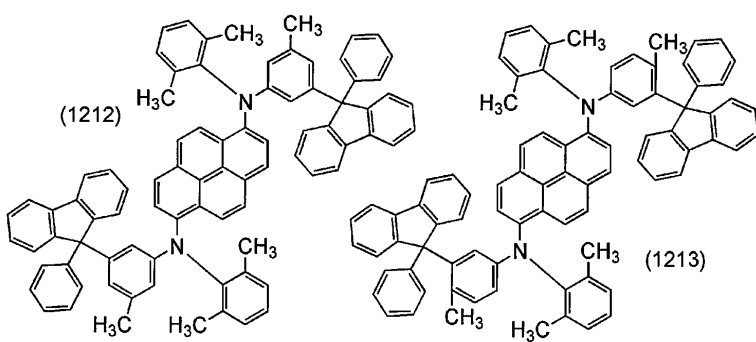
[0145]



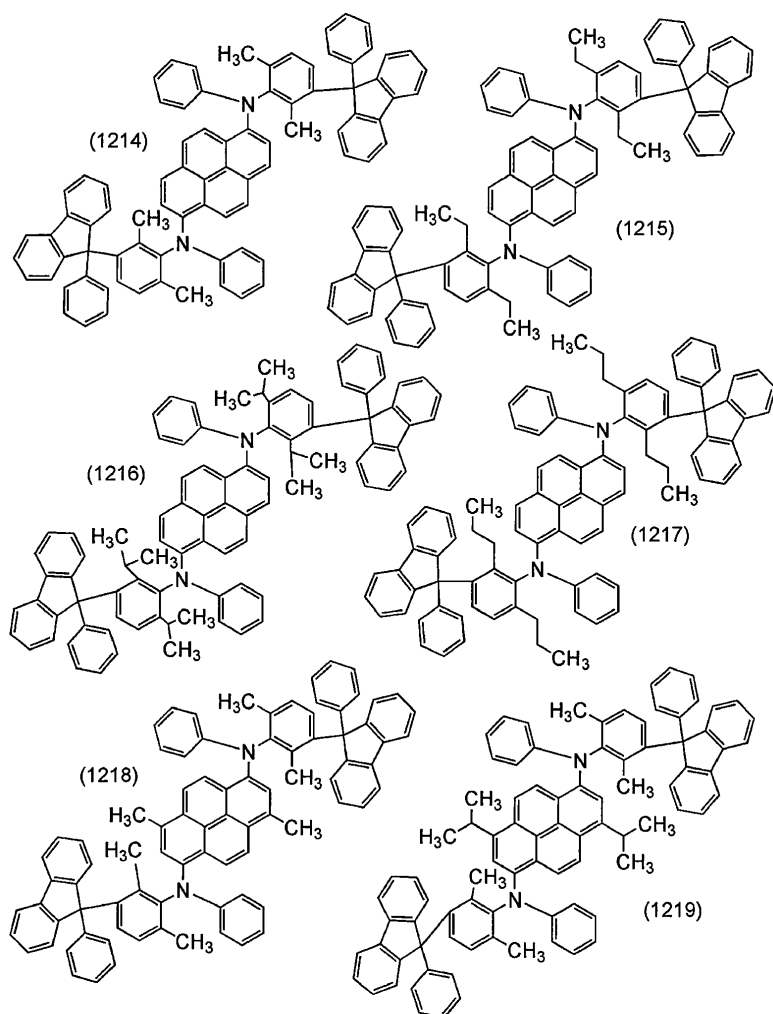
[0146]



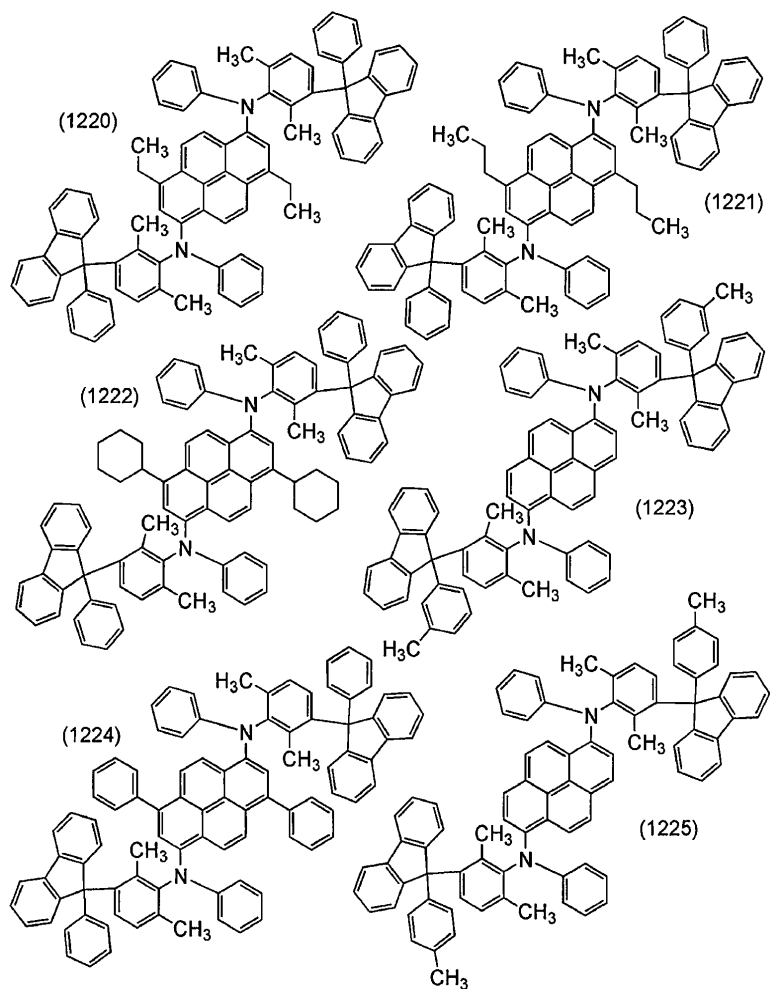
[0147]



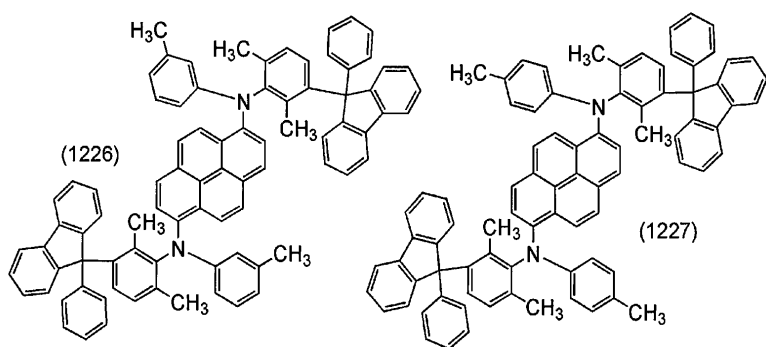
[0148]



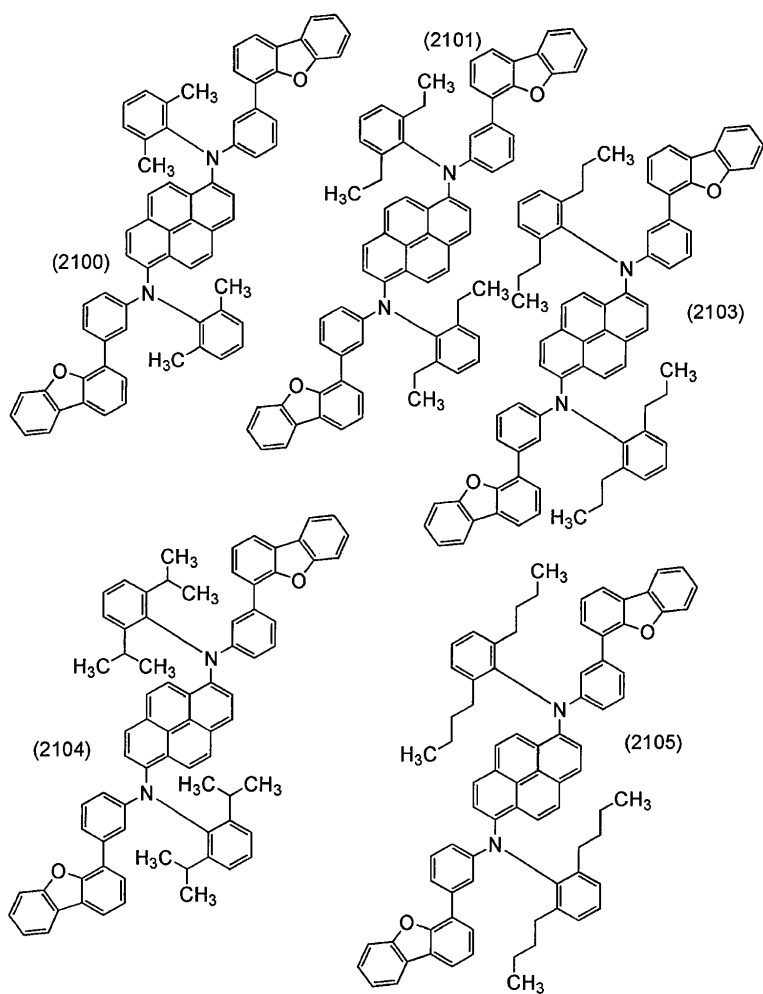
[0149]



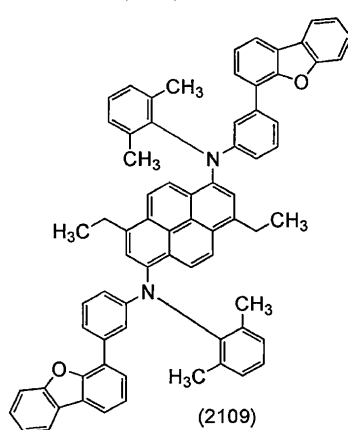
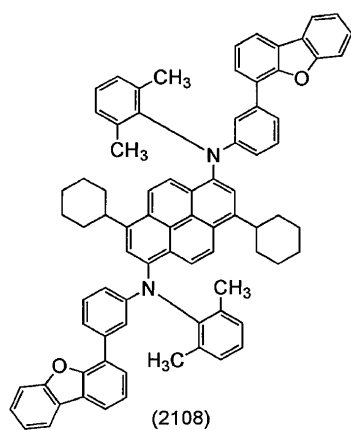
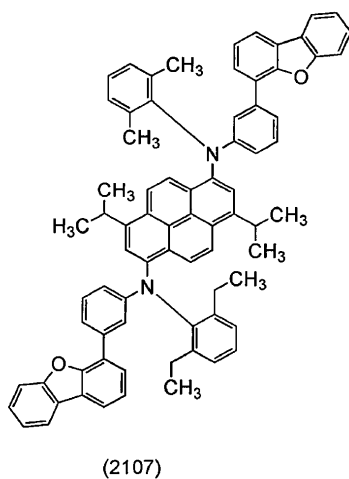
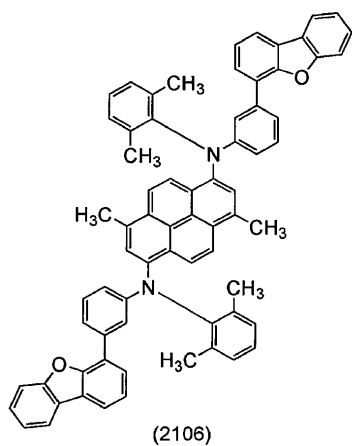
[0150]



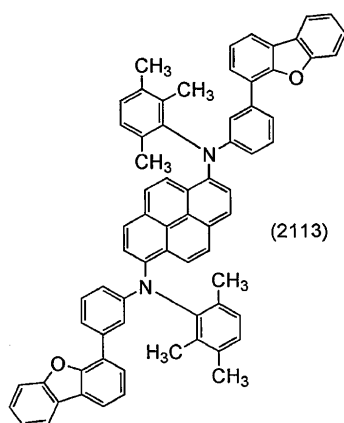
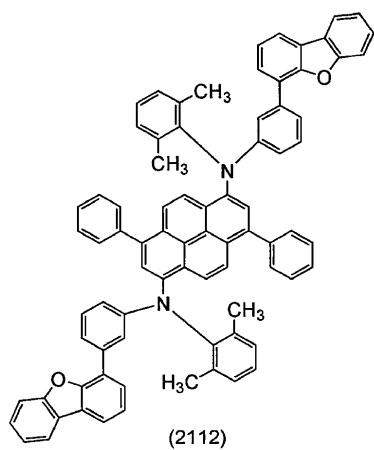
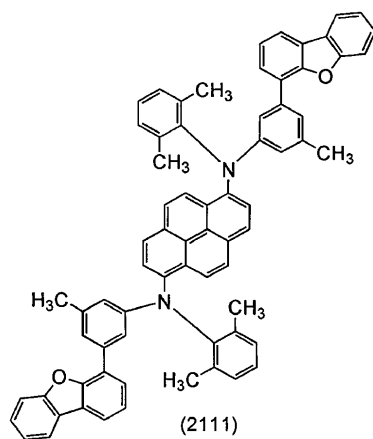
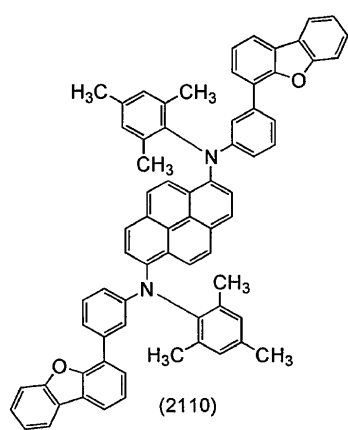
[0151]



[0152]

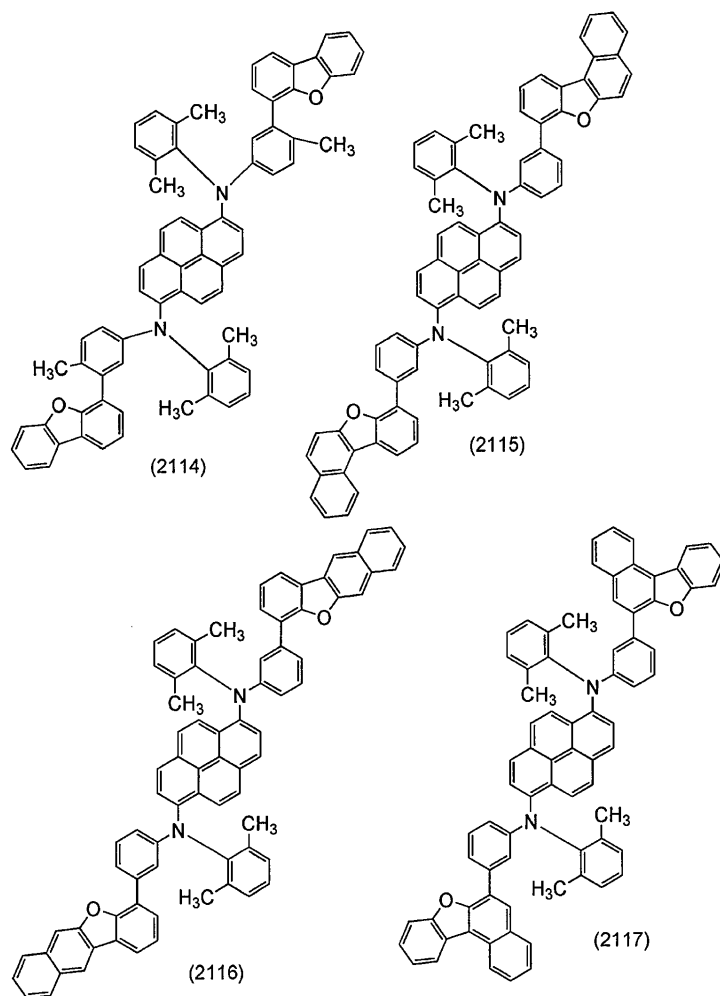


[0153]

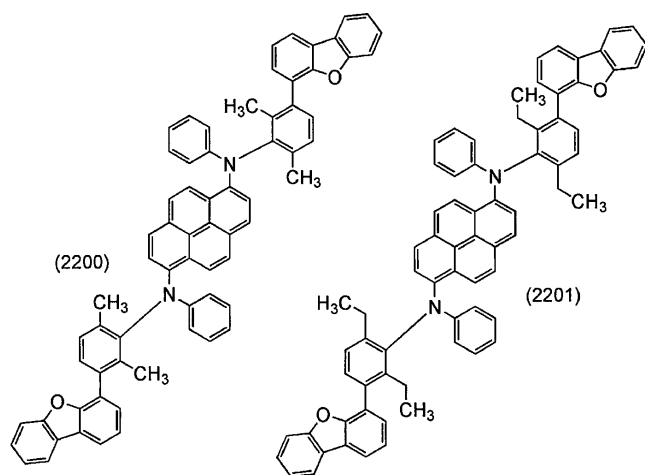


[0154]

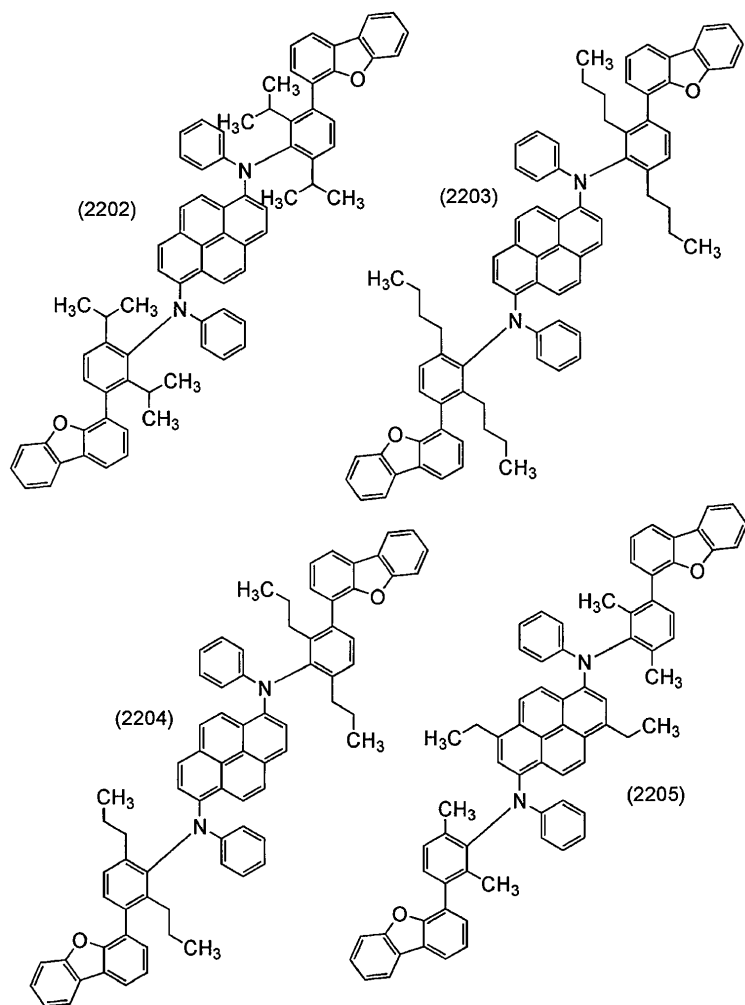




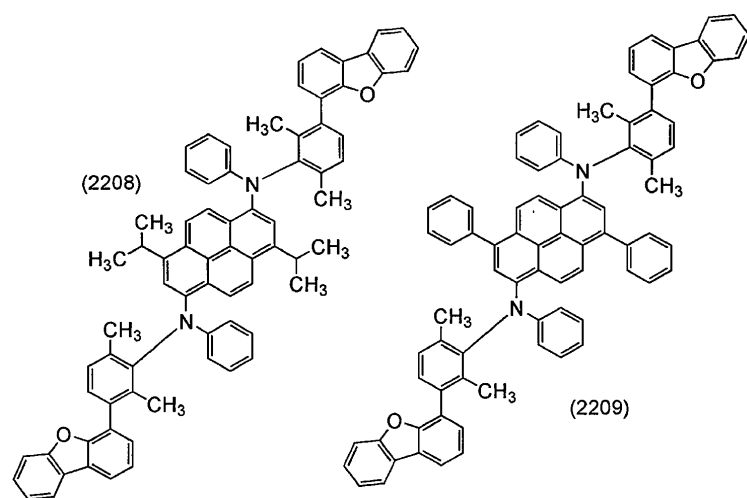
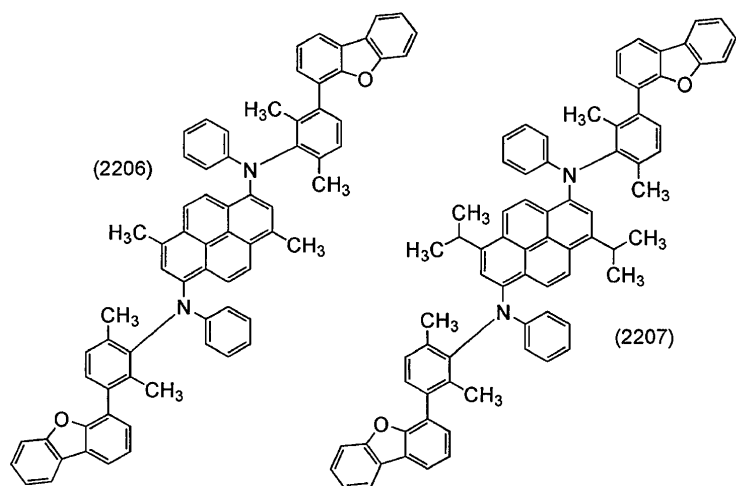
[0155]



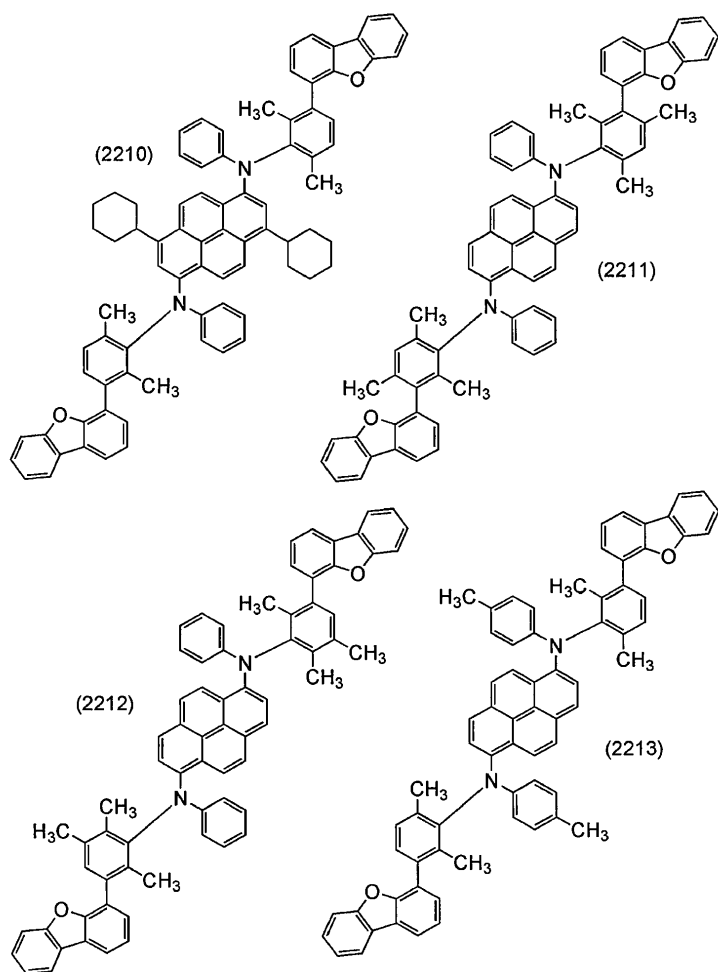
[0156]



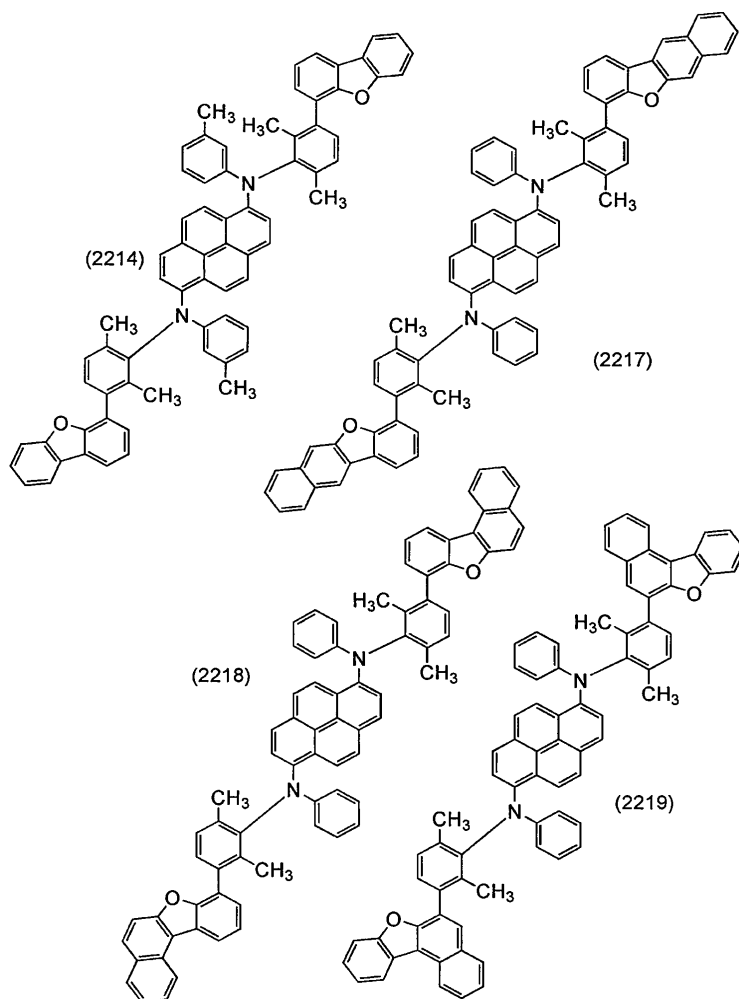
[0157]



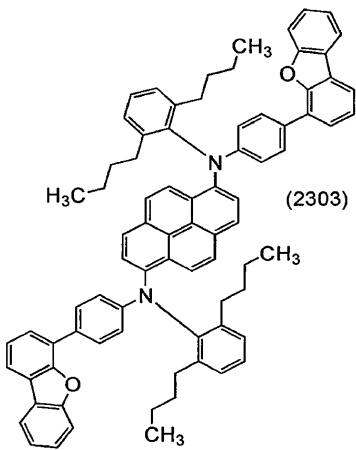
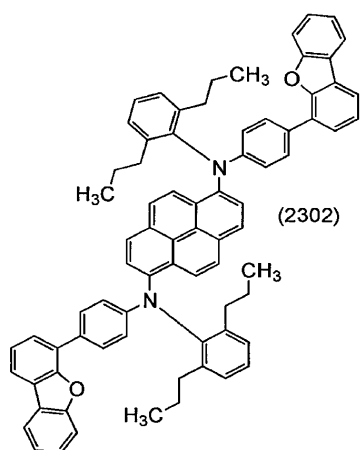
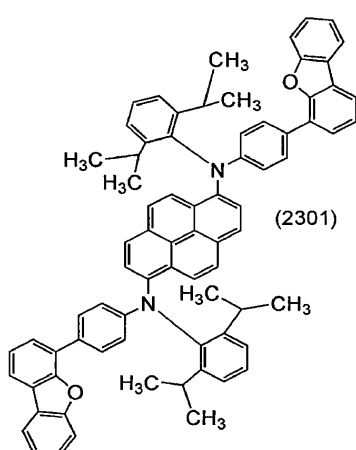
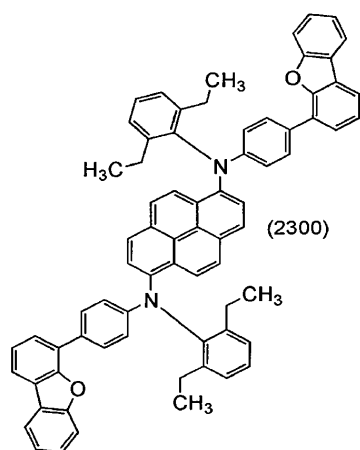
[0158]



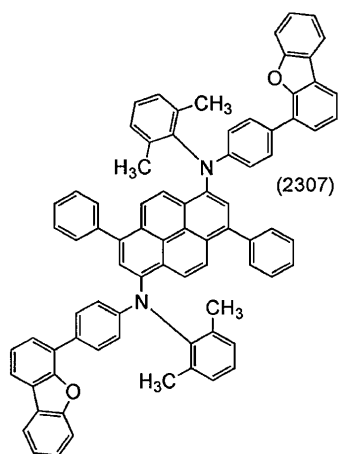
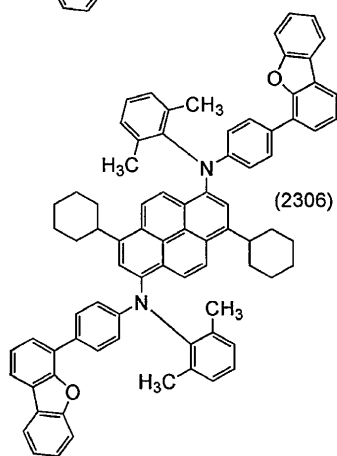
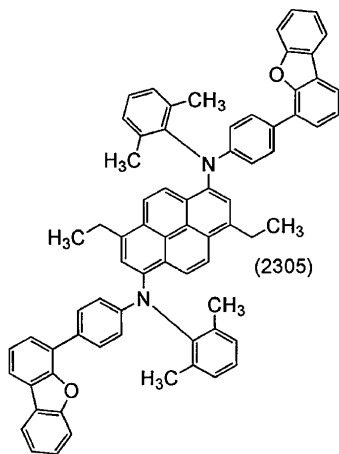
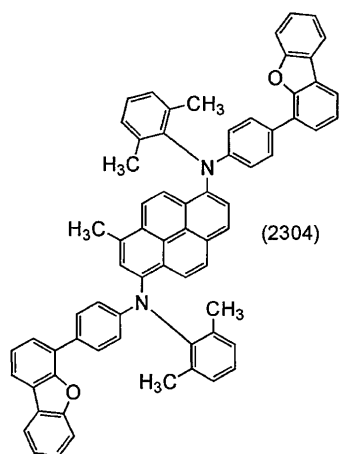
[0159]



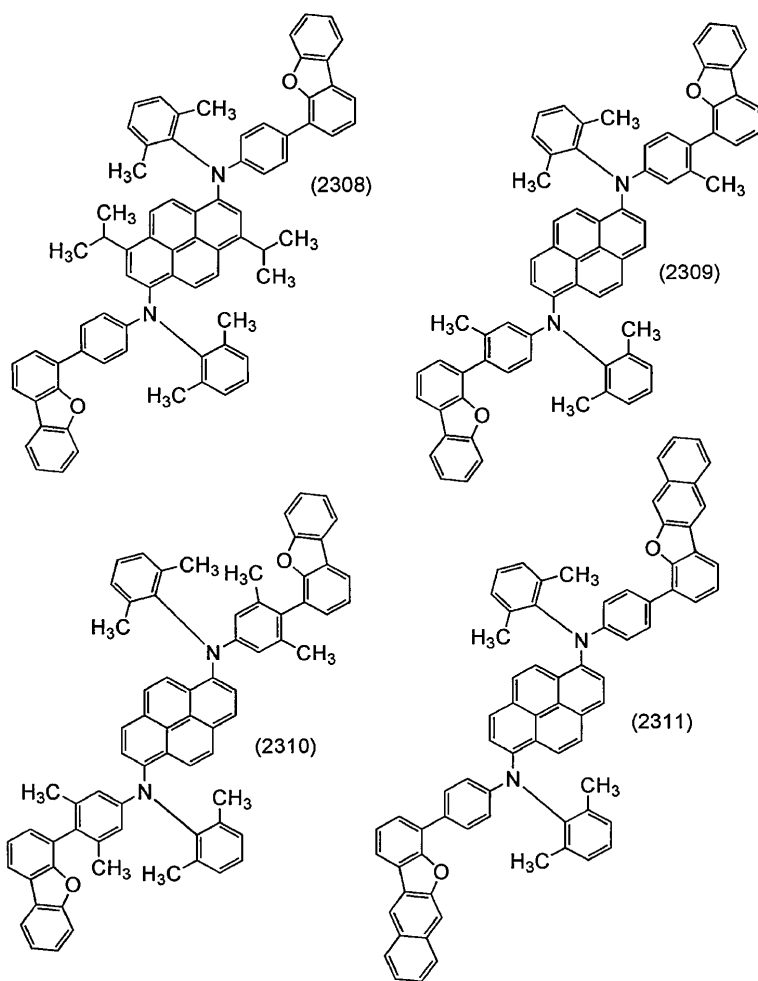
[0160]



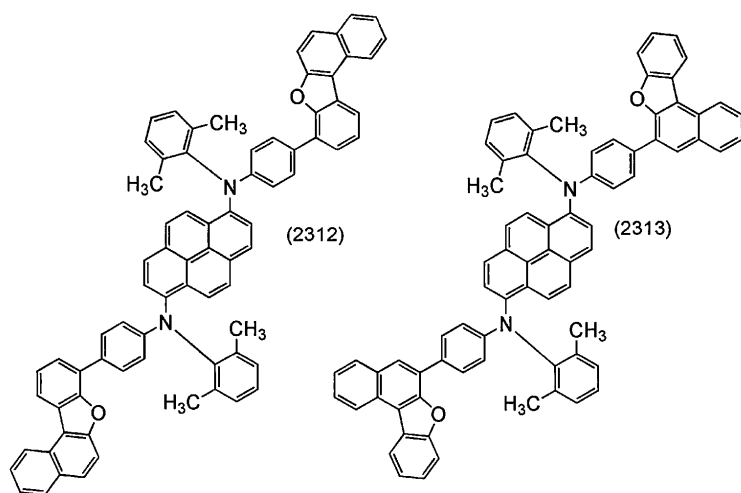
[0161]



[0162]

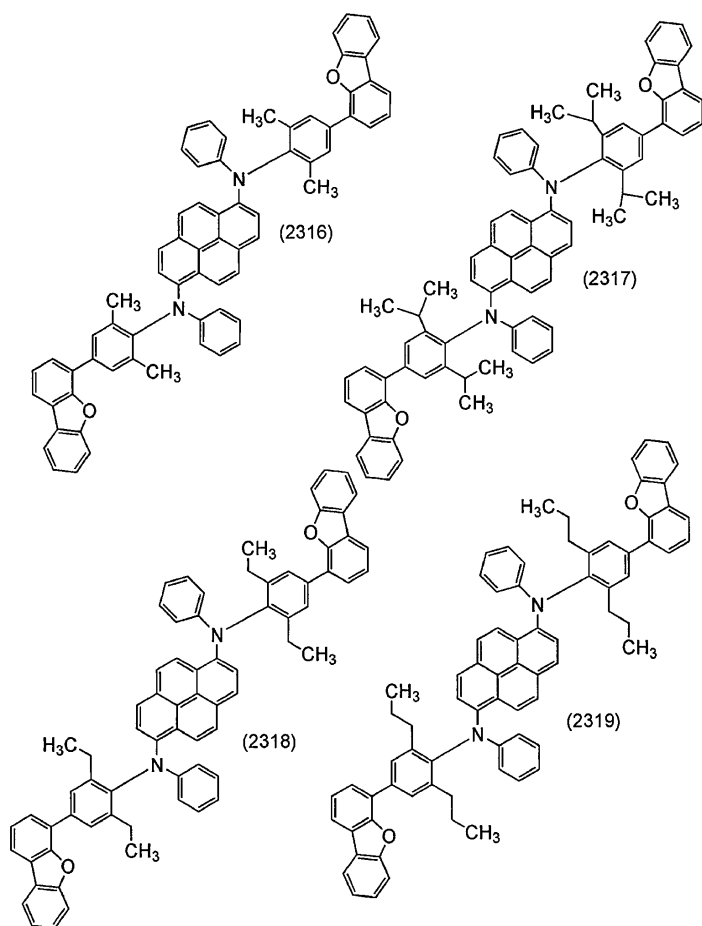


[0163]

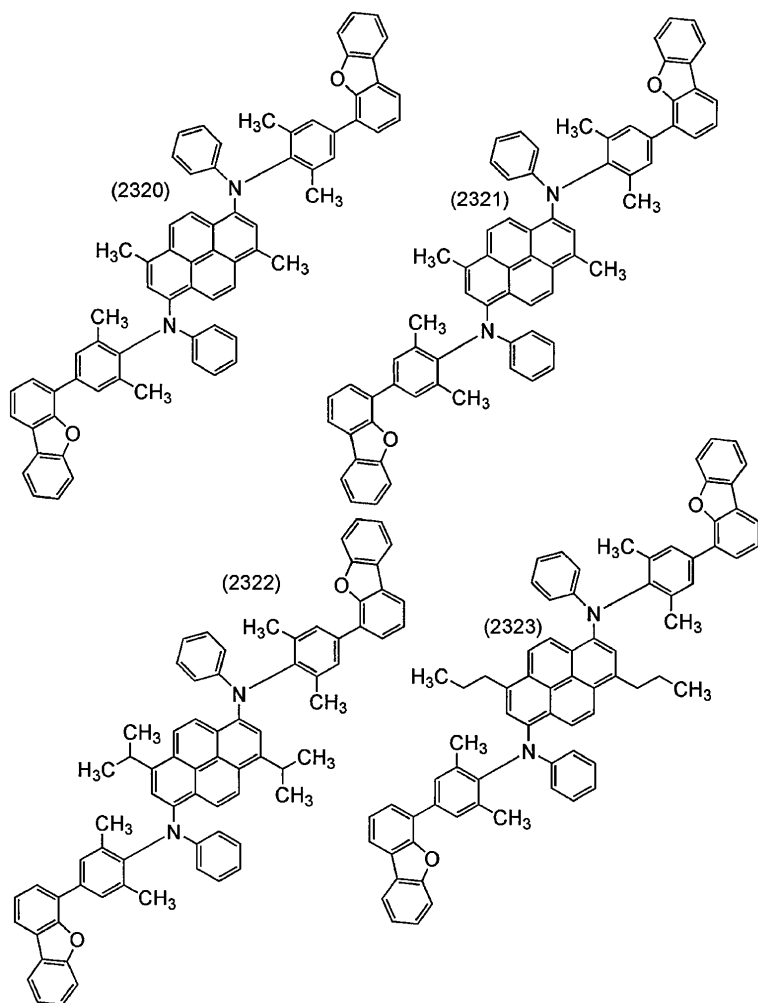


[0164]

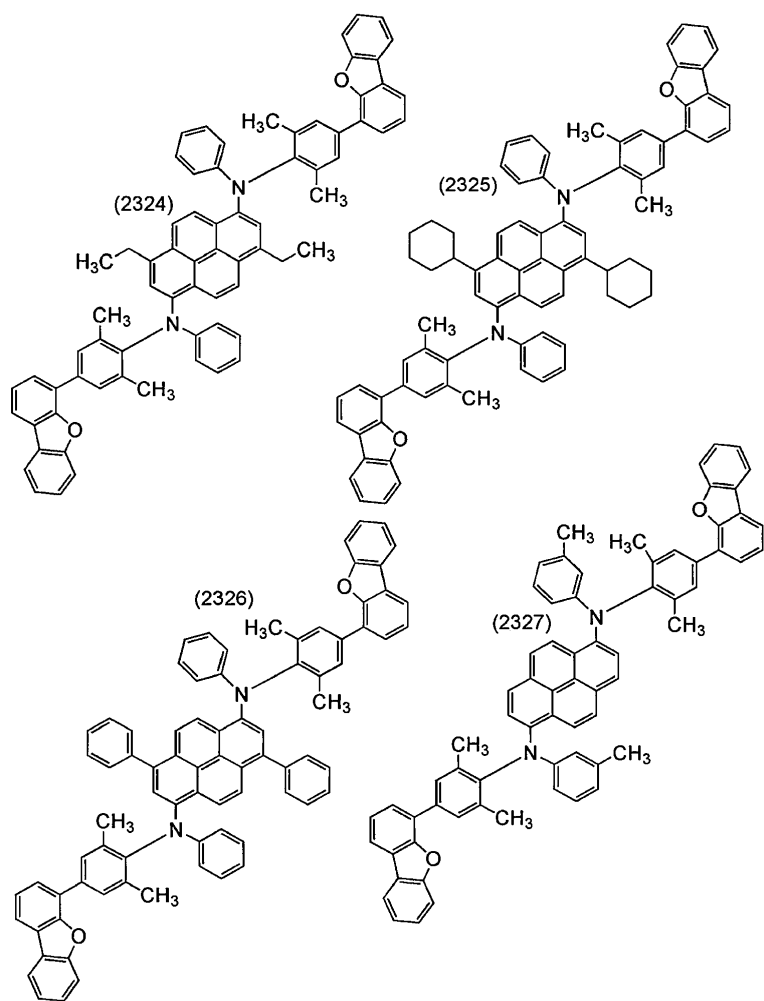




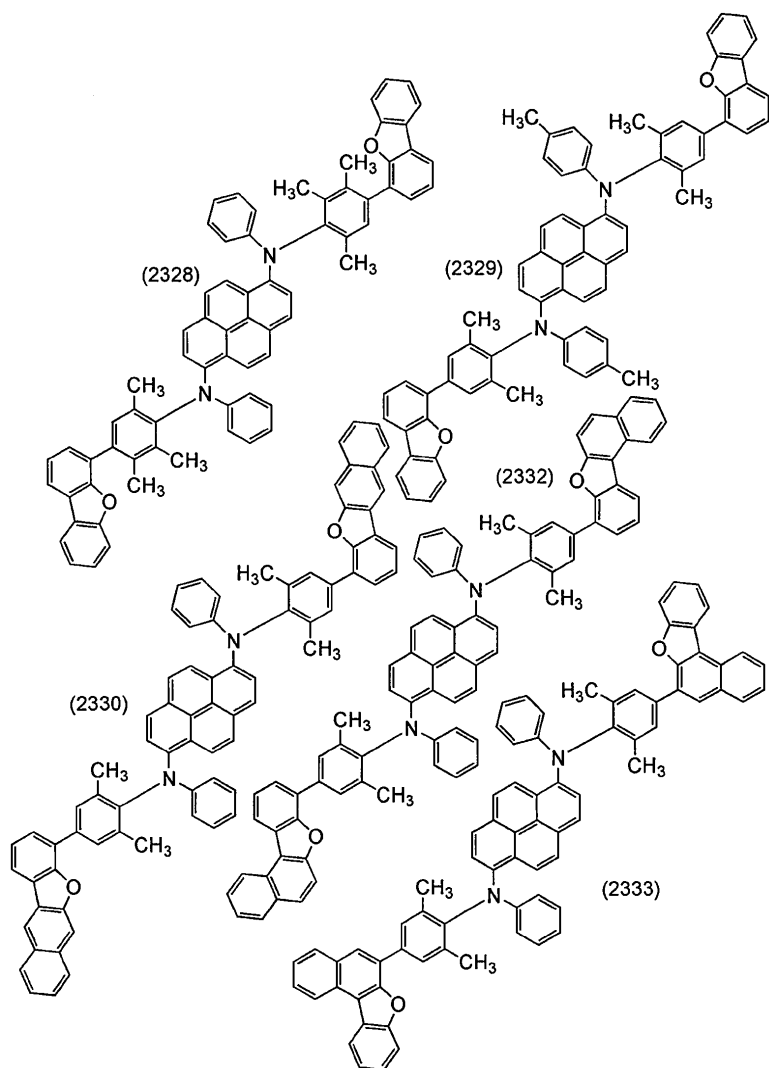
[0165]



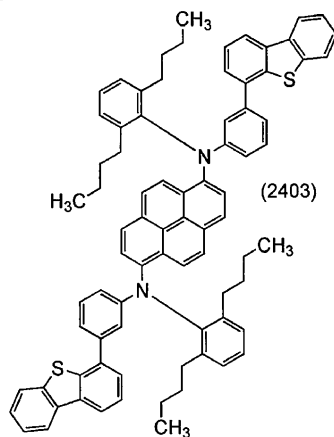
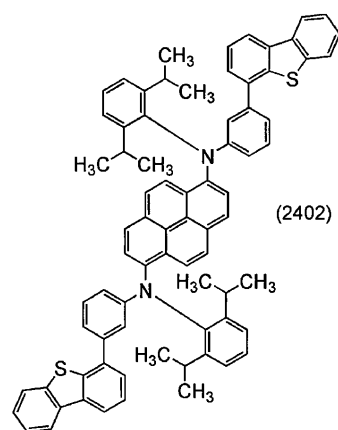
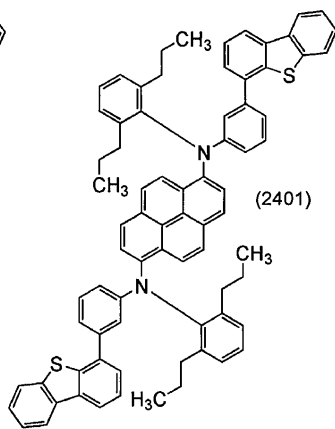
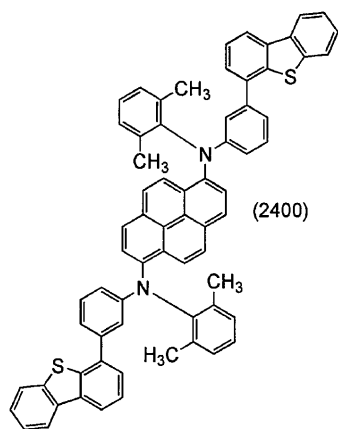
[0166]



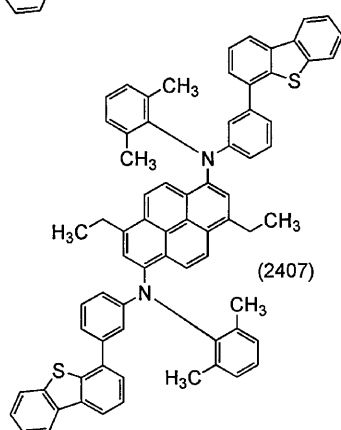
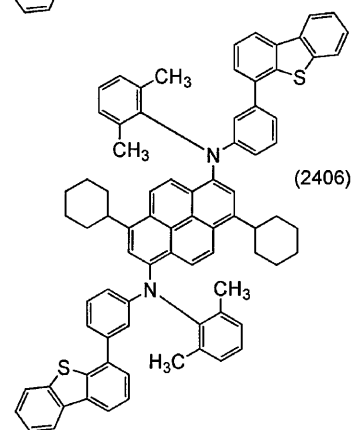
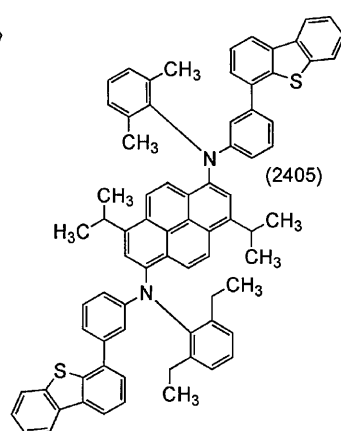
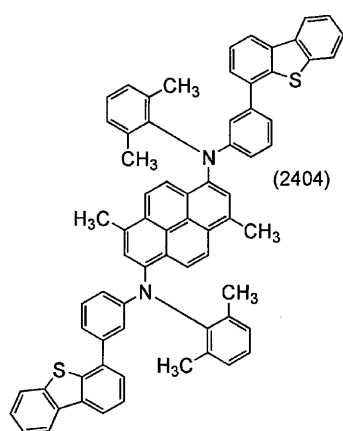
[0167]



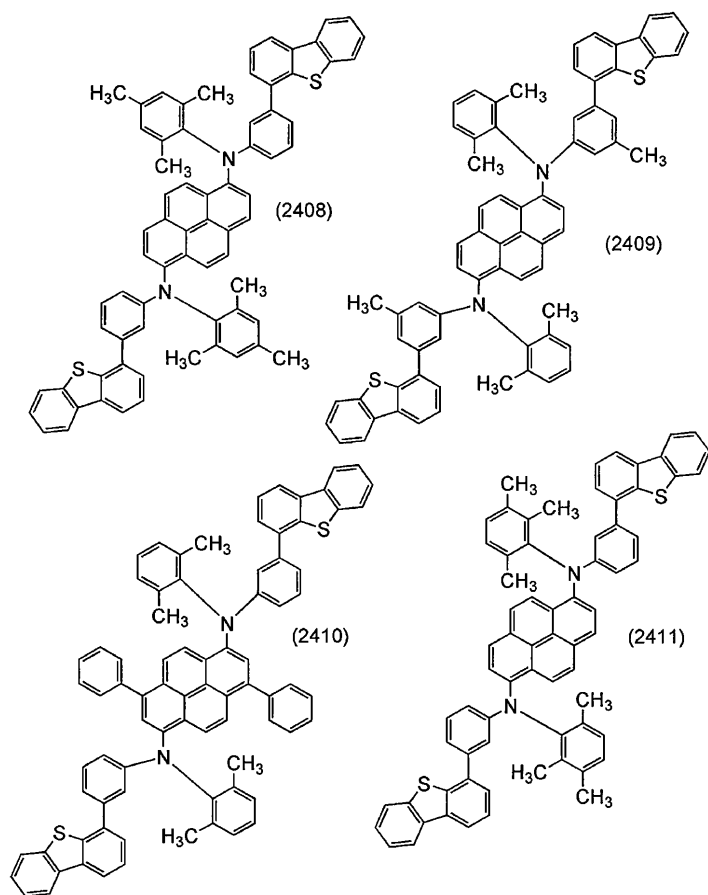
[0168]



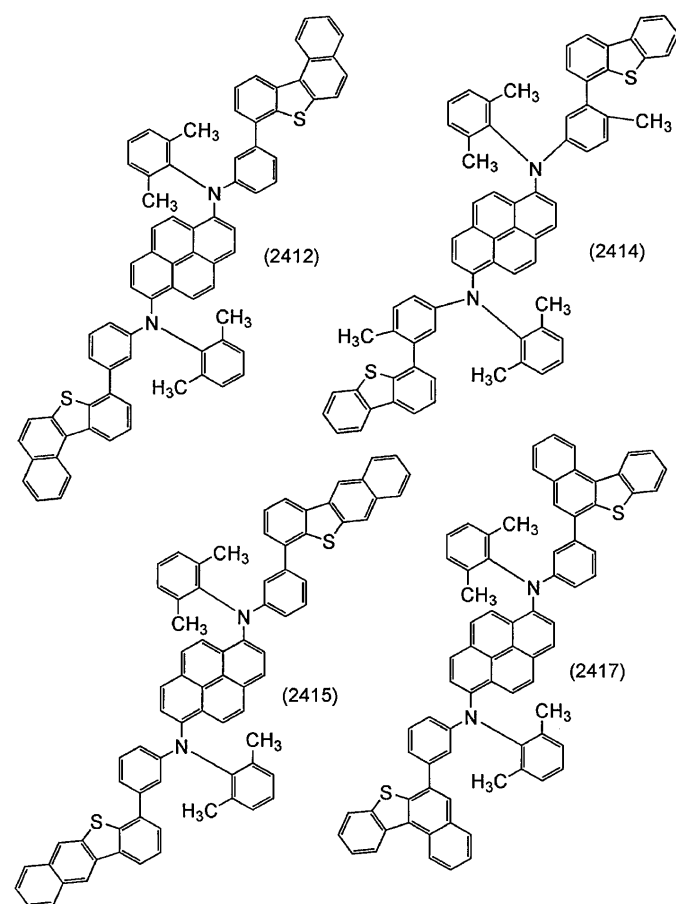
[0169]



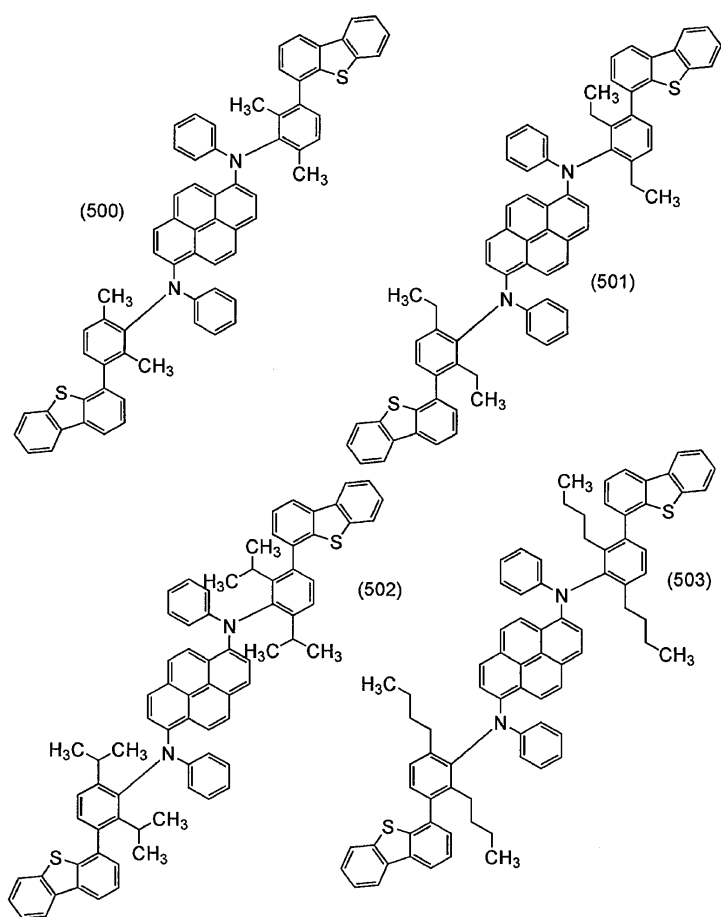
[0170]



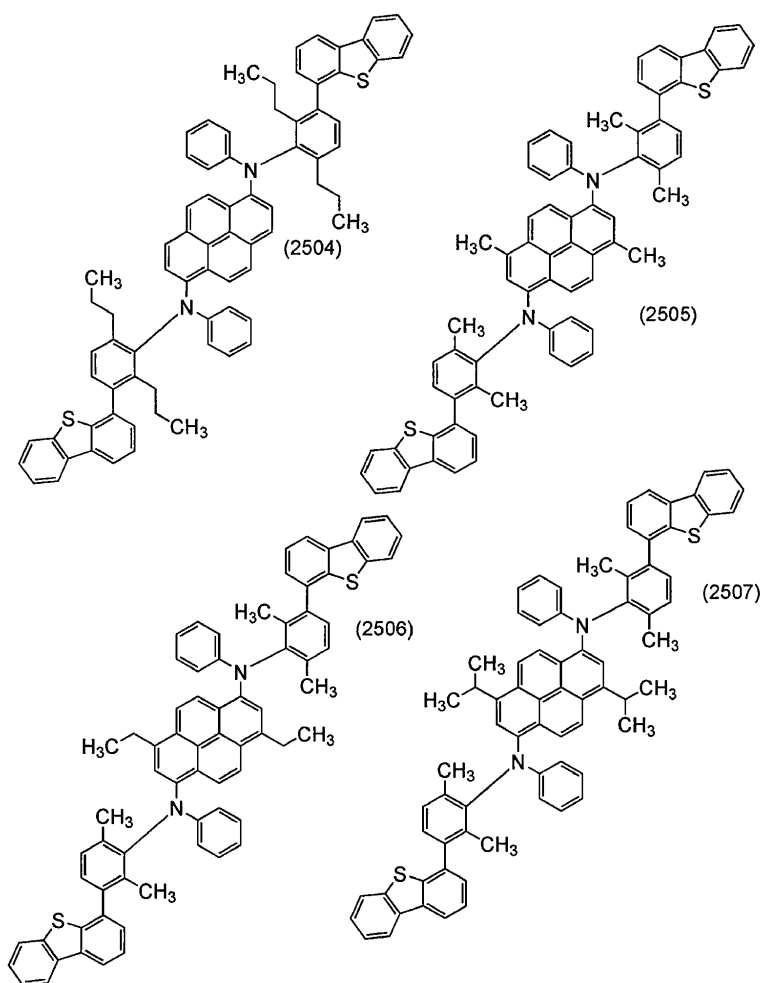
[0171]



[0172]

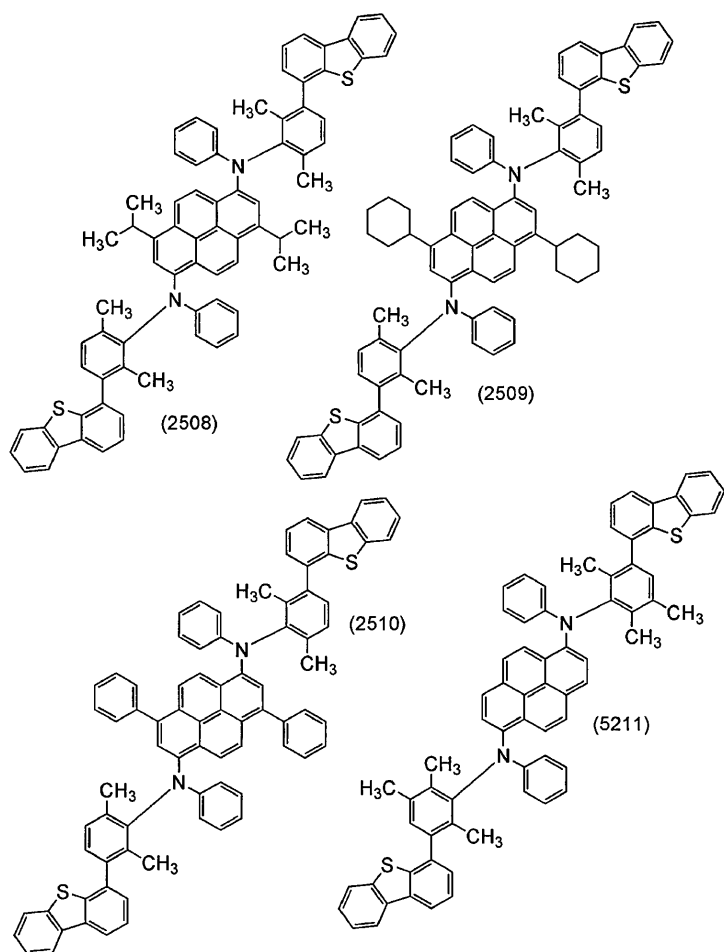


[0173]

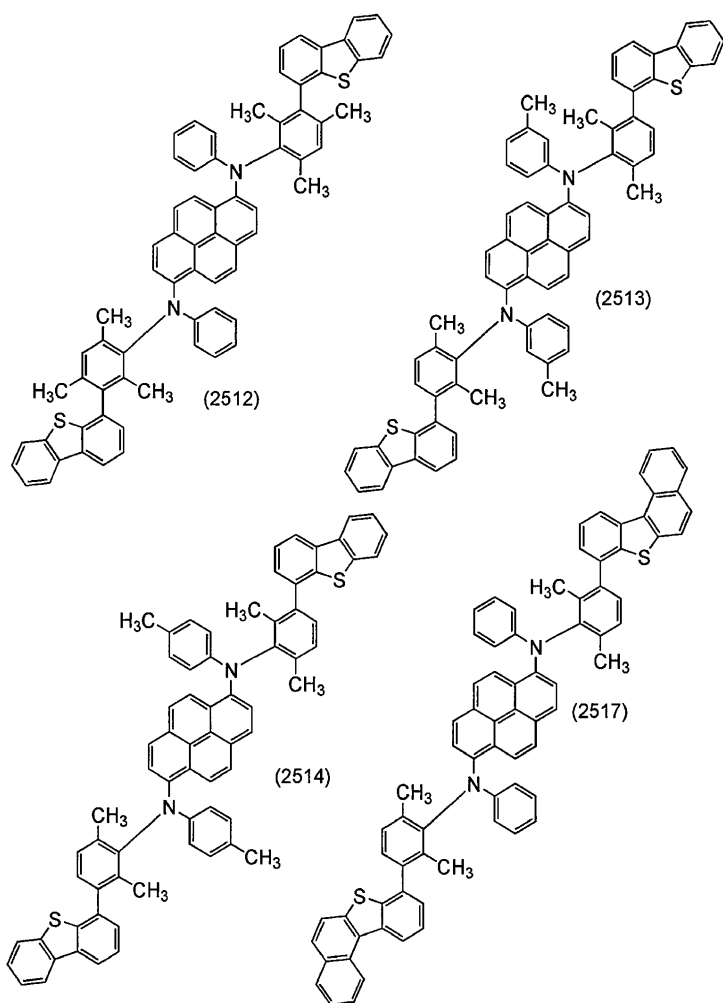


[0174]

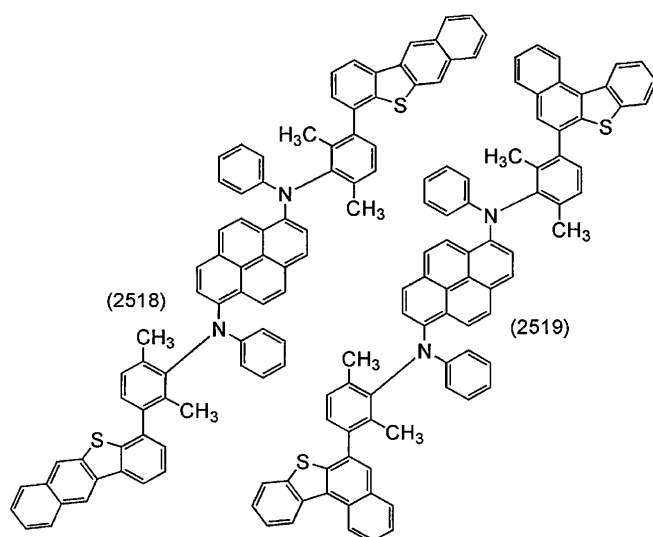




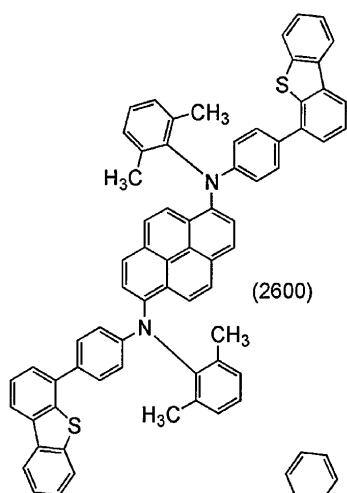
[0175]



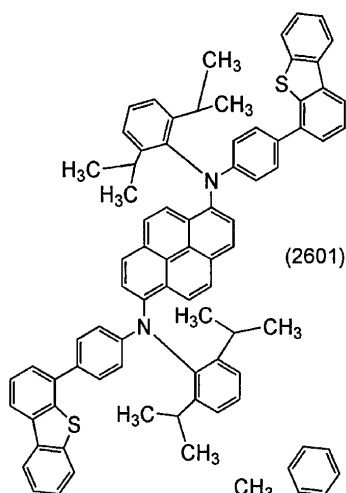
[0176]



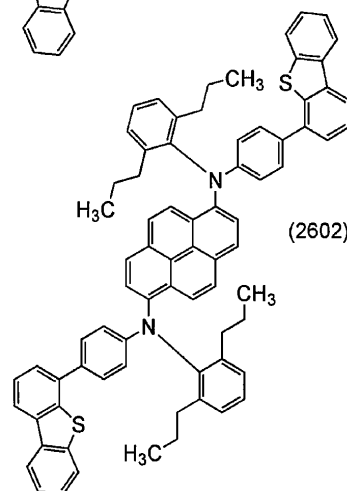
[0177]



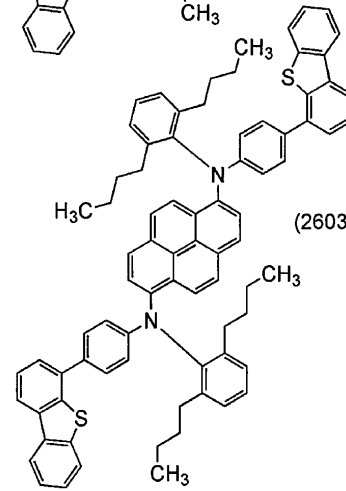
(2600)



(2601)

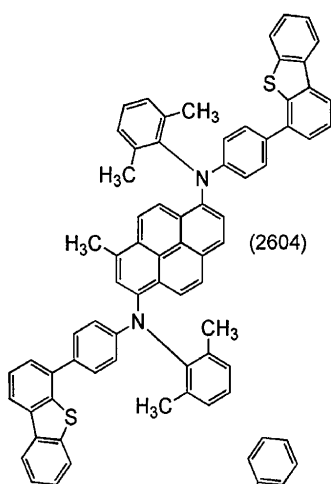


(2602)

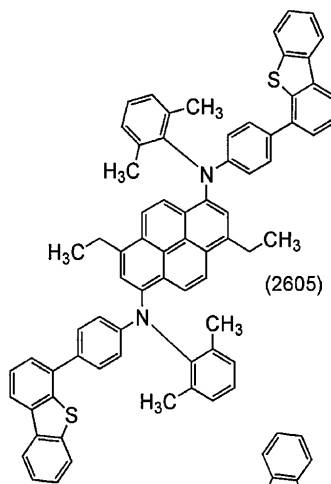


(2603)

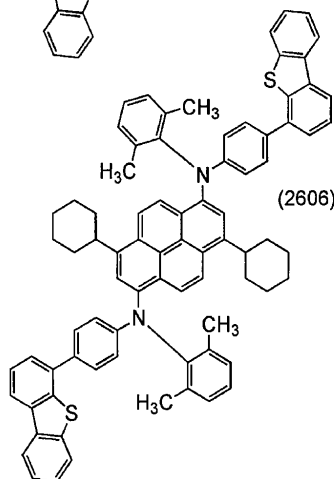
[0178]



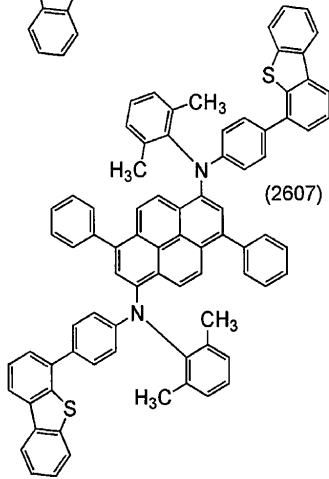
(2604)



(2605)

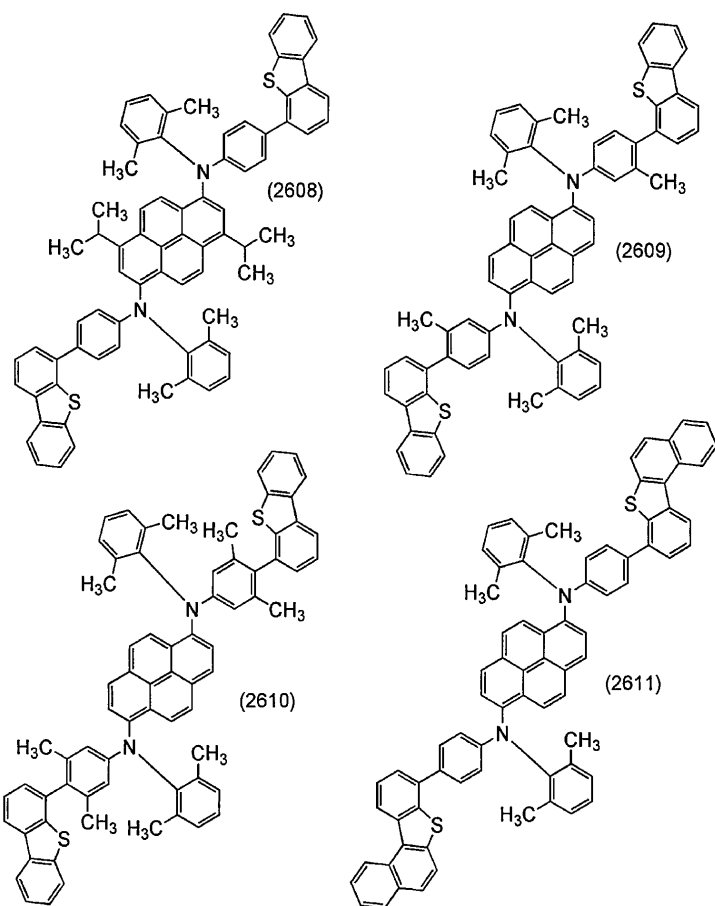


(2606)

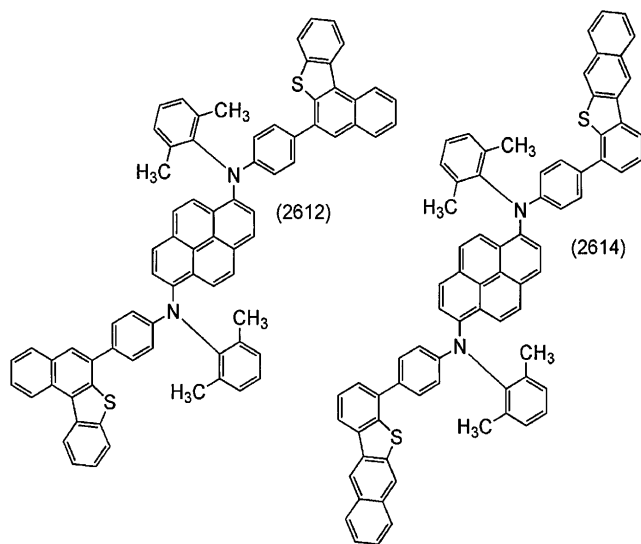


(2607)

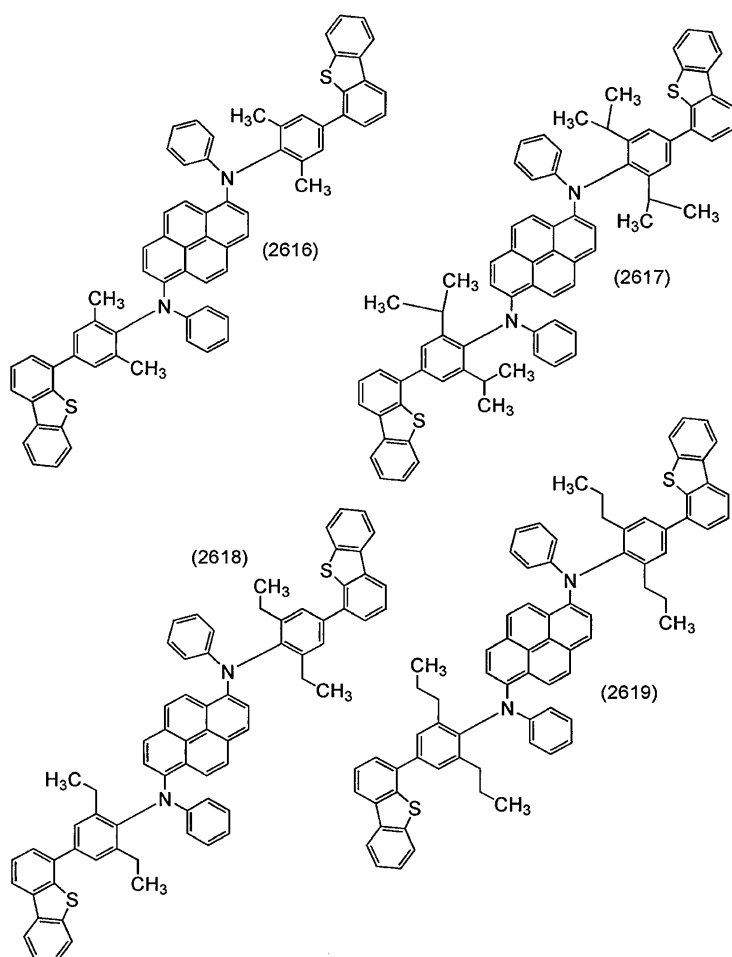
[0179]



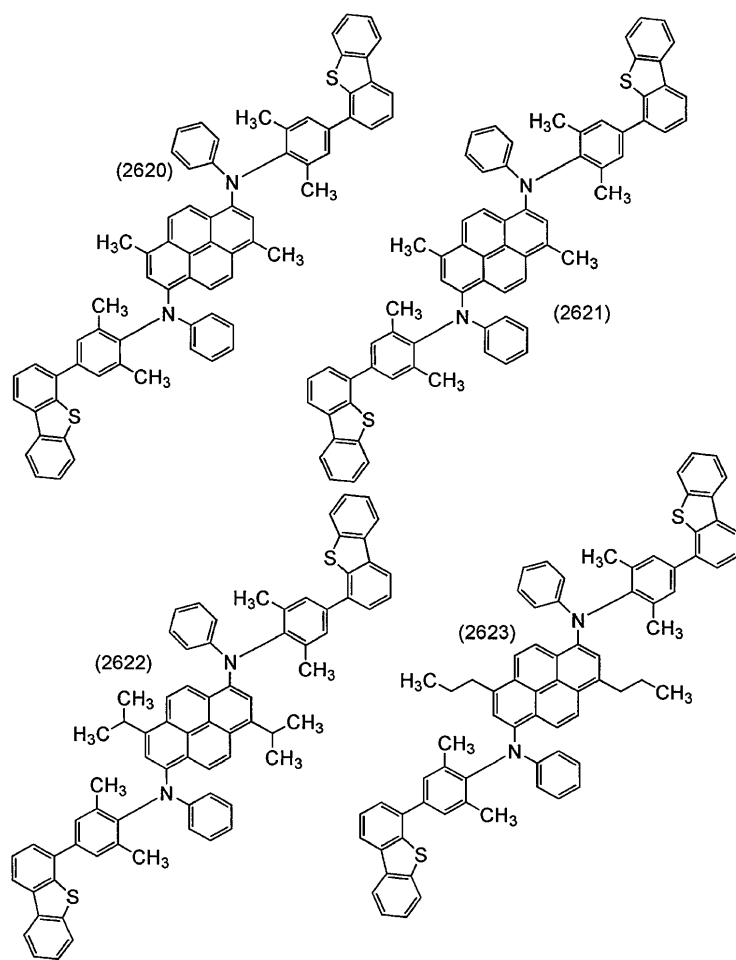
[0180]



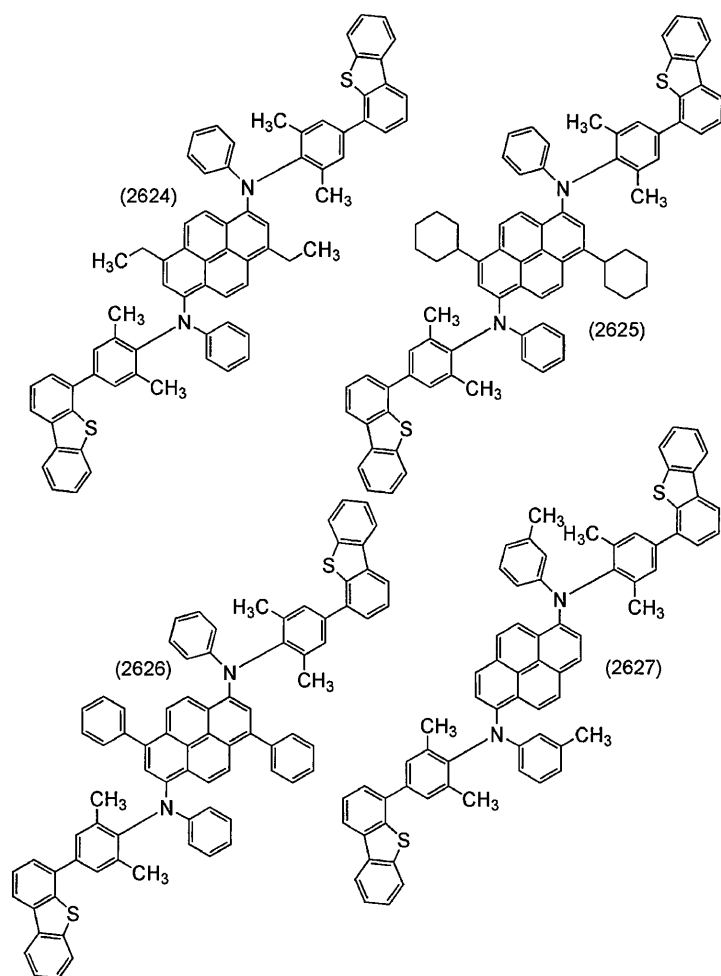
[0181]



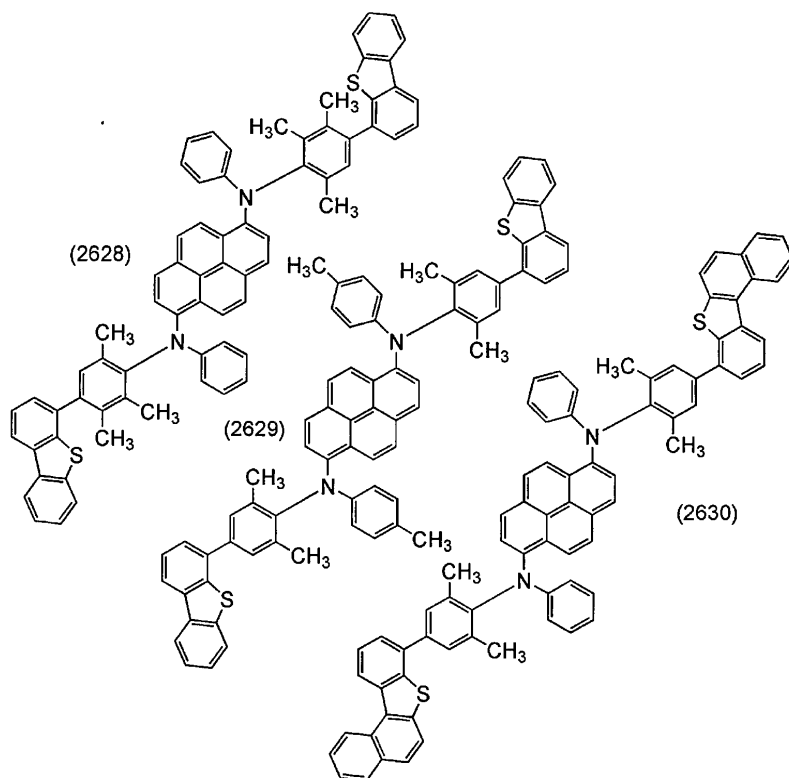
[0182]



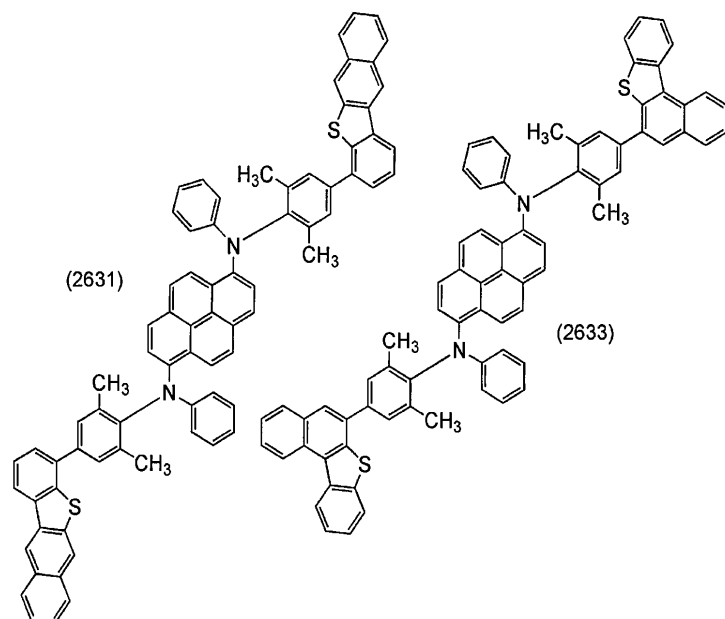
[0183]



[0184]



[0185]



[0186]

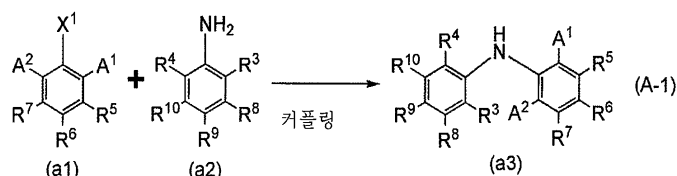
[0187]

상술한 바와 같은, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물의 합성 방법으로서의 각종 반응을 적용할 수 있다. 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물은 예를 들어 이하와 같은 합성 스킴에 의하여 합성할 수 있다.

[0188]

먼저, 하기 합성 스킴(A-1)으로 표시된 바와 같이, 할로젠기를 갖는 아릴 화합물(a1)과 아민을 갖는 아릴 화합물(a2)을 커플링(coupling)시킴으로써, 아민 유도체(a3)가 얻어진다.





[0189]

[0190] 또한, 합성 스킴(A-1)에서,  $X^1$ 은 할로젠을 나타내고, 반응성이 높은 브로민 또는 아이오딘을 나타내는 것이 바람직하고, 이들 중에서는 아이오딘을 나타내는 것이 더 바람직하다.

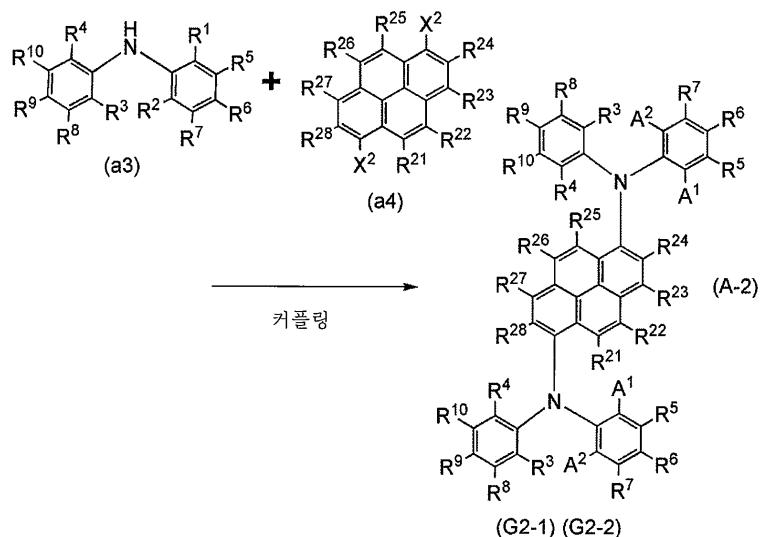
[0191] 합성 스킴(A-1)에서, 할로젠기를 갖는 아릴 화합물과, 아민을 갖는 아릴 화합물(1급 아릴아민 화합물)의 커플링 반응은 다양한 반응 조건이 있지만, 그 일례로서 염기 존재 하에서 금속 촉매를 사용한 합성 방법을 적용할 수 있다.

[0192] 합성 스킴(A-1)에서, 버크월드 하트위그(Buchwald-Hartwig) 반응을 사용하는 경우에 대하여 설명한다. 금속 촉매로서는, 팔라듐 촉매를 사용할 수 있고, 팔라듐 촉매로서는 팔라듐 착체와 그 배위자의 혼합물을 사용할 수 있다. 팔라듐 착체로서는 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0), 아세트산 팔라듐(II), 테트라키스(트라이페닐포스핀)팔라듐(0) 등을 들 수 있다. 또한, 배위자로서는 트라이(*tert*-부틸)포스핀이나, 트라이(*n*-헥실)포스핀이나, 트라이사이클로헥실포스핀이나, 1,1'-비스(다이페닐포스피노)페로센(약칭: DPPF), 다이(1-아다만틸)-*n*-부틸포스핀, 트리스(2,6-다이메톡시페닐)포스핀 등을 들 수 있다. 또한, 염기로서 사용할 수 있는 물질로서는, 나트륨 *tert*-부톡사이드 등의 유기 염기나, 탄산 칼륨, 인산 삼칼륨, 탄산 세슘 등의 무기 염기 등을 들 수 있다. 또한, 이 반응은 용액 중에서 수행하는 것이 바람직하고, 사용할 수 있는 용매로서는 톨루엔, 자일렌, 벤젠, 메시틸렌 등을 들 수 있다. 다만, 사용할 수 있는 촉매 및 그 배위자, 염기, 용매는 이들에 한정되지 않는다. 또한, 이 반응은 질소나 아르곤 등의 불활성 분위기 하에서 수행하는 것이 바람직하다.

[0193] 또한, 합성 스킴(A-1)에서, 울만(Ullmann) 반응을 사용하는 경우에 대하여 설명한다. 금속 촉매로서는 구리 촉매를 사용할 수 있고, 요오드화 구리(I) 또는 아세트산산 구리(II)를 들 수 있다. 또한, 염기로서 사용할 수 있는 물질로서는, 탄산 칼륨 등의 무기 염기를 들 수 있다. 이 반응은 용액 중에서 수행하는 것이 바람직하고, 사용할 수 있는 용매로서는 1,3-다이메틸-3,4,5,6-테트라하이드로-2(1H)-피리미딘(약칭: DMPU), 톨루엔, 자일렌, 벤젠, 메시틸렌 등을 들 수 있다. 다만, 사용할 수 있는 촉매, 염기, 용매는 이들에 한정되지 않는다. 또한, 이 반응은 질소나 아르곤 등의 불활성 분위기 하에서 수행하는 것이 바람직하다.

[0194] 또한 울만 반응에서는, 반응 온도가 100℃ 이상이면, 더 짧은 시간에 또한 높은 수율로 목적물이 얻어지기 때문에, DMPU, 자일렌, 메시틸렌 등 끓는점이 높은 용매를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 반응 온도는 150℃보다 높은 온도가 더 바람직하기 때문에, 상술한 물질 중에서 DMPU나 메시틸렌을 사용하는 것이 더 바람직하다.

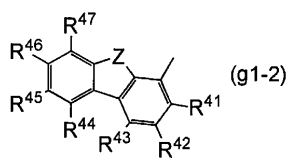
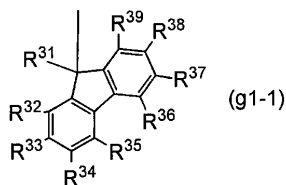
[0195] 다음에, 합성 스킴(A-2)으로 표시된 바와 같이, 아민 유도체(a3)와 할로젠화 피렌 유도체(a4)로 대표되는 할로젠화 아렌 유도체를 커플링시킴으로써, 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 아민 유도체를 얻을 수 있다.



[0196]

[0197] 또한,  $X^2$ 는 할로젠을 나타내고, 반응성이 높은 브로민 또는 요오드를 나타내는 것이 바람직하고, 이들 중에서는 요오드를 나타내는 것이 더 바람직하다. 이 때, 아민 유도체(a3)를 할로젠화 피렌 유도체(a4)에 대하여 2당량 반응시킨다.

[0198] 또한, 합성 스킴(A-1) 및 합성 스킴(A-2)에서,  $A^1$ 과  $A^2$ 는 양쪽 모두 탄소수 1~6의 알킬기이다. 또한,  $R^3$ 과  $R^4$ 는 각각 독립적으로 수소 또는 탄소수 1~6의 알킬기이며, 적어도 한쪽은 수소이다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$  및  $R^{21} \sim R^{28}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한,  $R^5 \sim R^{10}$  중 어느 하나는 상기 일반식(g1-1) 또는 일반식(g1-2)으로 표시되는 치환기이다.



[0199]

[0200] 상기 일반식(g1-1)에서,  $R^{31} \sim R^{39}$ 는 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다.

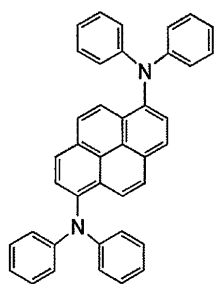
[0201] 상기 일반식(g1-2)에서,  $R^{41} \sim R^{47}$ 은 각각 독립적으로 수소, 탄소수 1~6의 알킬기, 및 탄소수 6~25의 아릴기 중 어느 하나를 나타낸다. 또한, Z는 산소 원자 또는 황 원자를 나타낸다.

[0202] 합성 스킴(A-2)에서, 할로젠기를 갖는 아릴 화합물과, 아민을 갖는 아릴 화합물(1급 아릴아민 화합물, 2급 아릴아민 화합물)의 커플링 반응은 다양한 반응 조건이 있지만, 그 일례로서 염기 존재 하에서 금속 촉매를 사용한 합성 방법을 적용할 수 있다. 또한, 합성 스킴(A-2)에서는 합성 스킴(A-1)과 마찬가지로 하트위그 버크윌트 반응, 울만 반응을 사용하여도 좋다.

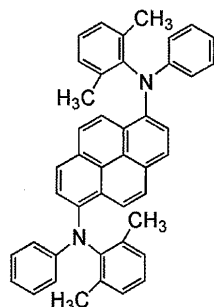
[0203] 또한, 피렌 골격에 결합되는 치환기들이 대칭인 일반식(G2-1) 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물 이외의 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 합성하는 경우에는, 합성 스킴(A-2)에서 서로 상이한 다이페닐아민 유닛을 한 종류씩 결합시키면 좋다.

[0204] 《스펙트럼 협선화(狹線化)에 대한 계산 결과와 고찰》

[0205] 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁게 되는 이유에 대하여 계산 결과를 사용하여 설명한다. 또한, 계산은, 오르토 위치가 알킬기로 치환되지 않은 N,N,N',N'-테트라페닐피렌-1,6-다이아민(계산 모델 1)과, 오르토 위치가 알킬기로 치환된 N,N'-비스(2,6-다이메틸페닐)-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(계산 모델 2)을 사용하여 수행하였다.



계산 모델 1



계산 모델 2

[0206]

[0207] 우선, 여기 상태(S1)와 기저 상태(S0)의 구조 최적화를 상기 모델 2에 대하여 수행하였다. 계산에는 고성능 컴퓨터(ICE X, SGI사 제조)를 사용하고, 양자 화학 계산 프로그램으로서는 Gaussian09를 사용하였다. 계산 방법에 관해서는 이하와 같다.

[0208]

먼저, 기저 상태(S0)에서의 가장 안정적인 구조를 밀도 범함수법으로 계산하였다. 기저 함수로서 6-311G(각 원자가 궤도에 3개의 단축 함수를 사용한 triple split valence 기저계의 기저 함수)를 모든 원자에 적용하였다. 상기 기저 함수에 의하여, 예를 들어, 수소 원자이면 1s~3s의 궤도가 고려되고, 또한 탄소 원자이면 1s~4s, 2p~4p의 궤도가 고려된다. 또한, 계산 정밀도 향상을 위하여, 분극 기저계로서, 수소 원자에는 p 함수를, 수소 원자 이외에는 d 함수를 더하였다. 범함수에는 B3LYP를 사용하였다. 또한, 기저 상태(S0)에서의 가장 안정적인 구조를 사용하여, 여기 상태(S1)에서의 가장 안정적인 구조를 시간 의존 밀도 범함수법으로 계산하였다. 사용한 기저 함수나 범함수는 기저 상태(S0)에서의 가장 안정적인 구조의 계산과 마찬가지로이다.

[0209]

계산 모델 1과 계산 모델 2에 대하여, 계산으로부터 얻어진 여기 상태(S1)에 관한 주된 분자 궤도를 도 13에 도시하였다. 도 13을 보면, 계산 모델 1에서는 여기 상태(S1)로부터 기저 상태(S0)로 전이될 때, 피렌 골격으로부터 다이페닐아민 골격으로 전자가 이동하는 것이 시사되고, 피렌 골격의 구조 변화에 따라 다이페닐아민 골격의 구조가 변화되는 것이 예측된다. 또한, 계산 모델 2에서도 계산 모델 1과 같은 구조 변화가 예측된다.

[0210]

일반적으로, 전이 전후의 구조 변화(스토크스 이동)가 크게 되면, 진동 준위의 전이수가 증가되기 때문에 발광 스펙트럼이 넓어진다. 그래서, 스토크스 이동과 진동 구조의 관계로부터, 계산 모델 1과 계산 모델 2에 대하여, 기저 상태(S0)와 여기 상태(S1)의 전이간의 구조 변화의 크기를 계산하였다.

[0211]

계산으로 얻어진 계산 모델 1과 계산 모델 2의 기저 상태(S0)와 여기 상태(S1)에서의 가장 안정적인 구조에 피렌 골격을 겹친 것을 도 14에 도시하였다.

[0212]

도 14를 보면, 계산 모델 1에서는 기저 상태(S0)와 여기 상태(S1)의 전이간에서 다이페닐아민 골격의 페닐기가 크게 움직이는 것을 알 수 있다. 한편, 계산 모델 2에서는 메틸기의 입체 장애에 의하여 페닐기의 움직임이 억제되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 계산 모델 2에서는 계산 모델 1에 비하여 전이 전후의 구조 변화가 적은 것(스토크스 이동이 작은 것)을 알 수 있고, 이로써 발광 스펙트럼이 좁게 된 것이 시사된다.

[0213]

다음에, 구조 변화가 어느 정도인지를 정량적으로 알아보기 위하여, 기저 상태(S0)와 여기 상태(S1)에서 구조 완화 시에 방출되는 에너지인 재배열 에너지  $\lambda(S0)$ ,  $\lambda(S1)$ 를 계산으로 구하여 표 1에 나타내었다.

[0214] [표 1]

	계산 모델 1	계산 모델 2
$\lambda(S0)$	0.138eV	0.121eV
$\lambda(S1)$	0.142eV	0.126eV
$\lambda(S0)+\lambda(S1)$	0.281eV	0.247eV

[0215]

[0216]

표 1로부터도, 계산 모델 2의 재배열 에너지는 계산 모델 1의 재배열 에너지보다 약 10% 작아, 구조 변화가 억제되어 있는 것을 알 수 있다.

[0217]

상술한 결과로부터, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(계산 모델 2에 상당함)는, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(계산 모델 1에 상당함)에 비하여 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁게 되는 것을 알 수 있었다.

[0218]

《발광 소자》

[0219]

다음에, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 예에 대하여 도 1의 (A)를 사용하여 이하에서 자세히 설명한다.

[0220]

본 실시형태에 따른 발광 소자는 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)으로 구성되는 한 쌍의 전극, 및 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이의 EL층(103)을 포함한다. 이하에서는 제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하고 제 2 전극(102)은 음극으로서 기능하는 것으로 하여 설명한다.

[0221]

제 1 전극(101)은 양극으로서 기능하기 때문에 일함수가 큰(구체적으로는 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 그들의 혼합물 등을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 구체적으로는 예를 들어, 산화 인듐-산화 주석(ITO: Indium Tin Oxide), 실리콘 또는 산화 실리콘을 함유한 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 중 어느 것을 포함하는 도전성 금속 산화물막은 일반적으로 스퍼터링법에 의하여 성막되지만, 졸-겔법 등을 응용하여 제작하여도 좋다. 제작 방법의 예로서는 산화 인듐에 대하여 1wt%~20wt%의 산화 아연이 첨가된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 인듐-산화 아연을 형성하는 방법 등이 있다. 또한, 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐이 0.5wt%~5wt%, 산화 아연이 0.1wt%~1wt% 함유된 타깃을 사용한 스퍼터링법에 의하여 산화 텅스텐 및 산화 아연이 함유된 산화 인듐(IWZO)을 형성할 수도 있다. 이 이외에, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 티타늄) 등을 들 수 있다. 또한, 그래핀을 사용할 수도 있다. 또한, 후술하는 복합 재료를 EL층(103)에서 제 1 전극(101)과 접하는 층에 사용함으로써 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있게 된다.

[0222]

EL층(103)은 적층 구조를 갖고, 상기 적층 구조 중 어느 층에 상술한 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 포함되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 발광층에서의 발광 중심 물질로서 사용되는 것이 바람직하다. 또한, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물인 것이 바람직하다.

[0223]

EL층(103)의 적층 구조는 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층, 캐리어 블로킹층, 중간층 등을 적절히 조합하여 구성할 수 있다. 본 실시형태에서 설명하는 EL층(103)은 정공 주입층(111), 정공 수송층(112), 발광층(113), 전자 수송층(114), 및 전자 주입층(115)이 제 1 전극(101) 위에 이 순서로 적층된 구성을 갖는다. 각 층을 구성하는 재료의 예에 대하여 이하에서 구체적으로 기재한다.

[0224]

정공 주입층(111)은 정공 주입성이 높은 물질을 포함하는 층이다. 산화 몰리브덴, 산화 바나듐, 산화 루테튬, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈 등을 사용할 수 있다. 이들 외에, 프탈로사이아닌(약칭:  $H_2Pc$ )이나 구리 프탈로사이아닌(약칭: CuPC) 등의 프탈로사이아닌계 화합물, 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) 등의 방향족 아민 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌다이옥시사이오펜)/폴리(스타이렌설폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 등에 의하여 정공 주입층(111)을 형성할 수도 있다.

[0225]

또한, 정공 주입층(111)으로서, 정공 수송성 물질에 억셉터(acceptor)성 물질을 함유시킨 복합 재료를 사용할

수 있다. 또한, 정공 수송성 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 복합 재료를 사용함으로써 전극의 일함수에 상관없이 전극을 형성하는 재료를 선택할 수 있다. 즉, 일함수가 큰 재료뿐만 아니라, 일함수가 작은 재료도 제 1 전극(101)에 사용할 수 있게 된다. 엑셉터성 물질로서는 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메탄(약칭: F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 4족~8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 니오븀, 산화 tantalum, 산화 크로뮴, 산화 몰리브데넘, 산화 텅스텐, 산화 망가니즈, 산화 레늄은 전자 수용성이 높으므로 바람직하다. 이들 중에서도 산화 몰리브데넘은 대기 중에서도 안정적이고 흡습성이 낮으며 취급하기 쉬우므로 특히 바람직하다.

[0226] 복합 재료에 사용하는 정공 수송성 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등 다양한 유기 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용하는 유기 화합물로서는 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 정공 이동도가  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질이 바람직하다. 이하에서는, 복합 재료에서 정공 수송성 물질로서 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.

[0227] 방향족 아민 화합물의 예로서는 N,N'-다이(p-톨일)-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 들 수 있다.

[0228] 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체로서 구체적으로는 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.

[0229] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 카바졸 유도체로서는 상술한 것 외에 4,4'-다이(N-카바졸일)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸일)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카바졸일)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 들 수 있다.

[0230] 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화수소의 예로서는 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 들 수 있다. 또한, 이들 외에 펜타센, 코로렌 등도 사용될 수 있다. 이와 같이 정공 이동도가  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상이고, 탄소수 14~42의 방향족 탄화수소를 사용하는 것이 더 바람직하다.

[0231] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화수소는 바이닐 골격을 가져도 좋다. 바이닐기를 갖는 방향족 탄화수소의 예로서는 4,4'-비스(2,2-다이페닐바이닐)바이페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-다이페닐바이닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등을 들 수 있다.

[0232] 또한, 폴리(N-바이닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-(4-(4-다이페닐아미노)페닐)페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아마이드](약칭: PTPDMA), 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘](약칭: Poly-TPD) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.

[0233] 정공 주입층(111)을 형성함으로써, 정공 주입성이 양호하게 되어 구동 전압이 작은 발광 소자를 얻을 수 있게 된다.

[0234] 정공 수송층(112)은 정공 수송성 물질을 포함하는 층이다. 정공 수송성 물질의 예로서는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB)이나 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 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) 등의 방향족 아민



화합물 등을 사용할 수 있다. 여기에 기재된 물질은 정공 수송성이 높고 정공 이동도가 주로  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 물질이다. 또한, 상술한 복합 재료에 사용되는 정공 수송성 물질로서 든 유기 화합물도 정공 수송층(112)에 사용할 수 있다. 또한, 폴리(N-바이닐카바졸)(약칭: PVK)나 폴리(4-바이닐트라이페닐아민)(약칭: PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다. 또한, 정공 수송성 물질을 포함하는 층은 단층뿐만 아니라, 상술한 물질을 포함하는 층이 2층 이상 적층된 것을 사용하여도 좋다.

[0235] 발광층(113)은 형광 발광을 나타내는 층, 인광 발광을 나타내는 층, 열활성화 지연 형광(TADF)을 나타내는 층 중 어느 것이어도 좋다.

[0236] 또한, 단층이어도 좋고 상이한 발광 물질을 포함하는 복수의 층으로 이루어져도 좋다.

[0237] 발광층(113)에는 스토크스 이동이 작은 발광 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 스토크스 이동이 작은 발광 재료를 사용함으로써, 상술한 바와 같은 많은 바람직한 효과를 얻을 수 있다.

[0238] 형광 발광 물질로서는 상술한 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 사용하는 것이 더 바람직하다. 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서 2개의 다이페닐아미노기 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있고, 다른 쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 수소로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 합성이 용이하므로 바람직하다. 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물인 것이 바람직하다.

[0239] 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 형광 발광 물질로서 사용한 발광 소자로부터는 양호한 청색 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 상기 발광 소자로부터는, CIE 색도의 y좌표가 0.15 이하인 청색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 상기 발광 소자로부터 얻어지는 광의 반치폭은 40nm 이하, 이상적으로는 35nm 이하로 할 수 있다. 또한, 상기 발광 소자로부터 얻어지는 광의 피크 파장은 465nm 이하로 할 수 있다.

[0240] 또한, 형광 발광 물질로서 사용할 수 있는 재료로서 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 사용하지 않는 경우, 예를 들어 이하와 같은 물질을 사용할 수 있다. 또한, 이들 이외의 형광 발광 물질도 사용할 수 있다.

[0241] 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'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐피렌-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-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐스티벤-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-뷰틸페릴렌(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), 쿠마린 30, N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-다이페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-다이페닐-2-안트릴)-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N'-트라이페닐-1,4-페닐렌다이아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트라이페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린 545T, N,N'-다이페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 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-일리렌)프로페인다이아이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리렌}프로페인다이아이트릴(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-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리렌}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTI), {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-일리렌}프로페인다이아이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-4H-피란-

4-일리텐}프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCM), 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[*i,j*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4H-피란-4-일리텐}프로페인다이아이트릴(약칭: BisDCJTM) 등을 들 수 있다. 특히 1,6FLPAPr<sub>n</sub>이나 1,6mMemFLPAPr<sub>n</sub>과 같은 피렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고 발광 효율이나 신뢰성이 우수하기 때문에 바람직하다.

[0242] 인광 발광 물질로서 발광층(113)에 사용할 수 있는 재료의 예로서는 이하와 같은 재료를 들 수 있다.

[0243] 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일- $\kappa$ N2]페닐- $\kappa$ C}이리듐(III)(약칭: [Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>]), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz)<sub>3</sub>]), 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrptz-3b)<sub>3</sub>])과 같은 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz1-mp)<sub>3</sub>]), 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>])과 같은 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, fac-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>]), 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-*f*]페난트리디나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>])과 같은 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N, $C^{2'}$ ]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸일)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N, $C^{2'}$ ]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디나토-N, $C^{2'}$ }이리듐(III)피콜리네이트(약칭: [Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)]), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디나토-N, $C^{2'}$ ]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIracac)와 같은 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체를 배위자로 하는 유기 금속 이리듐 착체를 들 수 있다. 이들은 청색 인광 발광을 나타내는 화합물이며, 440nm~520nm에 발광 피크를 갖는다.

[0244] 또한, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)<sub>3</sub>]), 트리스(4-*t*-뷰틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>]), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스[6-(2-노보닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(mppmpm)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스(4,6-다이페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토나토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)]), (아세틸아세토나토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)]과 같은 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(2-페닐피리디나토-N, $C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭: [Ir(ppy)<sub>3</sub>]), 비스(2-페닐피리디나토-N, $C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)]), 비스(벤조[*h*]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)]), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(bzq)<sub>3</sub>]), 트리스(2-페닐퀴놀리나토-N, $C^{2'}$ )이리듐(III)(약칭: [Ir(pq)<sub>3</sub>]), 비스(2-페닐퀴놀리나토-N, $C^{2'}$ )이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)]과 같은 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: [Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)])과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 주로 녹색 인광 발광을 나타내는 화합물이며, 500nm~600nm에 발광 피크를 갖는다. 또한, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성이나 발광 효율도 매우 우수하기 때문에 특히 바람직하다.

[0245] 또한, (다이아이소뷰틸일메타나토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)]), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토](다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)]), 비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디나토](다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭:

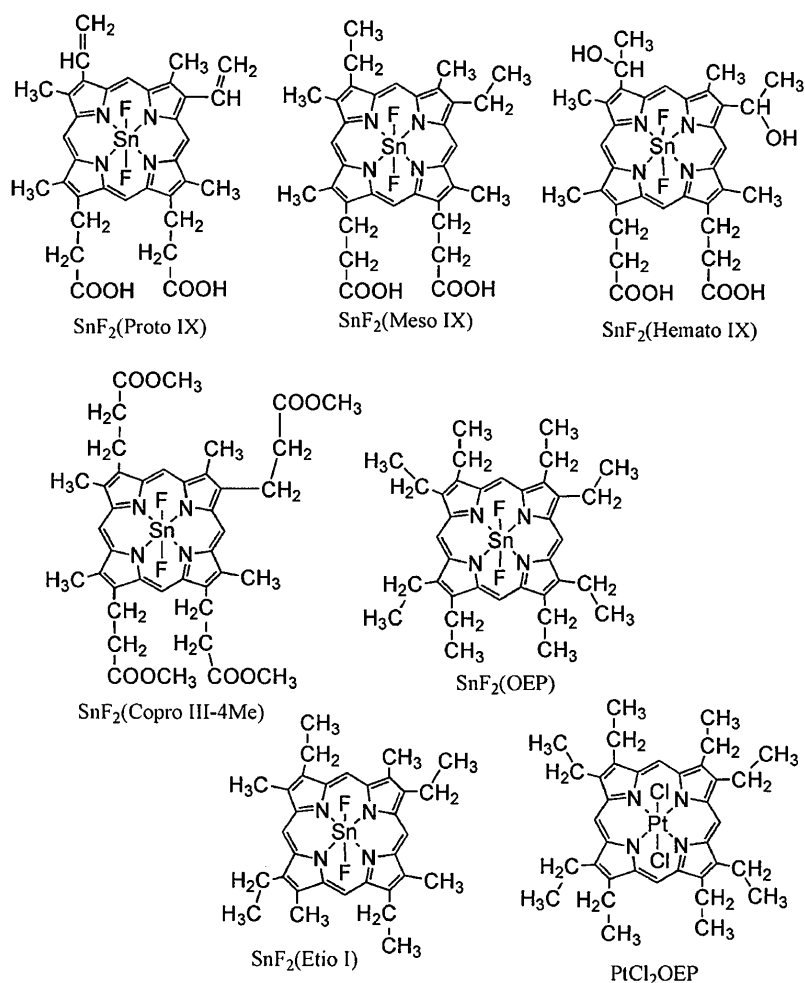
[Ir(dlnpm)<sub>2</sub>(dpm)]과 같은 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)]), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지나토)(다이피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)]), (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)]과 같은 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체나, 트리스(1-페닐아이소퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)(약칭: [Ir(piq)<sub>3</sub>]), 비스(1-페닐아이소퀴놀리나토-N,C<sup>2'</sup>)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(piq)<sub>2</sub>(acac)])와 같은 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체 외에, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP)과 같은 백금 착체나, 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(DBM)<sub>3</sub>(Phen)]), 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(TTA)<sub>3</sub>(Phen)])과 같은 희토류 금속 착체를 들 수 있다. 이들은 적색 인광 발광을 나타내는 화합물이며, 600nm~700nm에 발광 피크를 갖는다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체로부터는 색도가 양호한 적색 발광이 얻어진다.

[0246] 또한, 상술한 인광성 화합물 외에도 다양한 인광 발광 재료를 선택하여 사용하여도 좋다.

[0247] TADF 재료로서는 이하와 같은 것을 사용할 수 있다.

[0248] TADF 재료로서 사용할 수 있는 재료의 일례로서, 풀러렌 및 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 사용할 수 있다. 상기 금속 함유 포르피린의 예로서는, 이하의 구조식으로 표시되는 프로토포르피린-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Proto IX)), 메소포르피린-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Meso IX)), 헤마토포르피린-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Hemato IX)), 코프로포르피린테트라메틸에스터-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(OEP)), 에티오포르피린-불화 주석 착체(SnF<sub>2</sub>(Etio I)), 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(PtCl<sub>2</sub>OEP) 등도 들 수 있다.

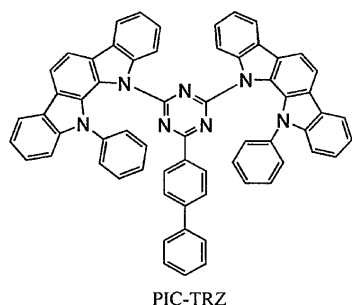




[0249]

[0250]

또한, 이하의 구조식으로 표시되는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-a]카바졸-11-일)-1,3,5-트라이아진(약칭: PIC-TRZ) 등  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 갖는 헤테로 고리 화합물을 사용할 수도 있다. 이 헤테로 고리 화합물은  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 가지므로, 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다. 또한,  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리와  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리가 직접 결합된 물질은  $\pi$  전자 과잉형 헤테로 방향족 고리의 도너(donor)성과  $\pi$  전자 부족형 헤테로 방향족 고리의 억셉터성이 둘 다 강해져,  $S_1$  준위와  $T_1$  준위의 에너지 차이가 작아지기 때문에 특히 바람직하다.



[0251]

[0252]

발광층의 호스트 재료로서는, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 사용하는 경우, 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9H-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7H-다이벤조[c,g]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[b]나프토[1,2-d]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)-바이페닐-4'-일}-안트라센(약칭: FLPPA) 등의 안트라센 골격을 갖는 재료가 바람직하다. 안트라센 골격을 갖는 물질을 호스트 재료로서 사용하면 발광 효율 및 내구성이 양호한 발광층을 실현할

수 있다. CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA, PCzPA는 매우 양호한 특성을 나타내기 때문에 바람직한 선택이다.

[0253] 상술한 재료 이외의 재료를 호스트 재료로서 사용하는 경우, 전자 수송성을 갖는 재료나 정공 수송성을 갖는 재료 등 다양한 캐리어 수송 재료를 사용할 수 있다.

[0254] 전자 수송성을 갖는 재료의 예로서는 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(II)(약칭: BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸일)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnPB0), 비스[2-(2-벤조티아졸일)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체나, 2-(4-바이페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐일)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아자졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: C011), 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: mDBTBIm-II) 등 폴리아졸 골격을 갖는 헥테로 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: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[f,h]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등 다이아진 골격을 갖는 헥테로 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) 등 피리딘 골격을 갖는 헥테로 고리 화합물을 들 수 있다. 상술한 재료 중에서도 다이아진 골격을 갖는 헥테로 고리 화합물이나 피리딘 골격을 갖는 헥테로 고리 화합물은 신뢰성이 양호하여 바람직하다. 특히 다이아진(피리미딘이나 피라진) 골격을 갖는 헥테로 고리 화합물은 전자 수송성이 높고 구동 전압 저감에도 기여한다.

[0255] 정공 수송성을 갖는 재료로서는, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-다이페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-다이아민(약칭: TPD), 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), 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), 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) 등 방향족 아민 골격을 갖는 화합물이나, 1,3-비스(N-카바졸일)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(N-카바졸일)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP) 등 카바졸 골격을 갖는 화합물이나, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(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) 등 싸이오펜 골격을 갖는 화합물이나, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II), 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBI-II) 등 퓨란 골격을 갖는 화합물을 들 수 있다. 상술한 재료 중에서도 방향족 아민 골격을 갖는 화합물이나 카바졸 골격을 갖는 화합물은 신뢰성이 양호하고 정공 수송성이 높으며 구동 전압 저감에도 기여하기 때문에 바람직하다. 또한, 상술한 정공 수송 재료 외에 다양한 물질 중에서 선택한 정공 수송 재료를 사용하여도 좋다.

[0256] 또한, 호스트 재료는 복수 종류의 물질을 혼합한 재료이어도 좋고, 혼합된 호스트 재료를 사용하는 경우에는 전자 수송성을 갖는 재료와 정공 수송성을 갖는 재료를 혼합하는 것이 바람직하다. 전자 수송성을 갖는 재료와 정공 수송성을 갖는 재료를 혼합함으로써, 발광층(113)의 수송성을 쉽게 조정할 수 있어 재결합 영역의 제어도 용이하게 수행할 수 있다. 정공 수송성을 갖는 재료와 전자 수송성을 갖는 재료의 함유량 비율은 정공 수송성을 갖는 재료:전자 수송성을 갖는 재료=1:9~9:1로 하면 좋다.

[0257] 또한, 이들 혼합된 호스트 재료들이 여기 착체를 형성하여도 좋다. 상기 여기 착체는 형광 발광 물질, 인광 발광 물질, 및 TADF 재료의 가장 낮은 에너지 층의 흡수대의 파장과 겹치는 발광을 나타내는 여기 착체를 형성하는 조합을 선택함으로써, 에너지 이동이 더 원활하게 수행되어 발광을 효율적으로 얻을 수 있게 된다. 또한, 구동 전압도 저하되므로 바람직하다.

[0258] 또한, 본 발광 소자에서는, 상기 스토크스 이동이 작은 발광 재료의 흡수 스펙트럼에서의 가장 긴 파장 층의 피크와, 상기 호스트 재료의 발광 스펙트럼이 겹치는 구성이 더 바람직하다. 발광 재료에서의 가장 긴 파장 층의

피크는 상기 발광 재료에서의 가장 에너지가 작은 영역의 흡수이다. 스토크스 이동이 작은 발광 재료는 일반적인 발광 재료에 비하여 작은 에너지로 여기될 수 있다. 또한, 상기 스토크스 이동이 작은 발광 재료에서의 가장 에너지가 작은 영역의 흡수 스펙트럼과 발광 스펙트럼이 겹치는 호스트 재료를 선택함으로써, 에너지 효율적의 관점에서 가장 유리한 구성을 얻을 수 있다.

[0259] 상술한 바와 같은 구성을 갖는 발광층(113)은 진공 증착법을 사용한 공증착, 혼합 용액을 사용한 잉크젯법, 스핀 코팅법, 딥 코팅법 등에 의하여 제작할 수 있다.

[0260] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층이다. 전자 수송성을 갖는 물질로서는, 상기 호스트 재료에 사용할 수 있는 전자 수송성을 갖는 재료로서 든 재료나, 안트라센 골격을 갖는 재료를 사용할 수 있다.

[0261] 또한, 전자 수송층과 발광층 사이에 전자 캐리어의 이동을 제어하는 층을 제공하여도 좋다. 이는 상술한 전자 수송성이 높은 재료에 전자 트랩성이 높은 물질을 조금 첨가한 층이며, 전자 캐리어의 이동을 억제함으로써, 캐리어 밸런스를 조절할 수 있다. 이러한 구성은 전자가 발광층을 통과하는 것에 의하여 발생하는 문제(예를 들어 소자 수명의 저하)를 억제하는 데에 매우 효과적이다.

[0262] 또한, 전자 수송층(114)과 제 2 전극(102) 사이에, 제 2 전극(102)과 접하도록 전자 주입층(115)을 제공하여도 좋다. 전자 주입층(115)으로서, 불화 리튬(LiF), 불화 세슘(CsF), 불화 칼슘(CaF<sub>2</sub>) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층 내에 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 함유시킨 것을 사용할 수 있다. 또한, 전자 주입층(115)에 전자화물(electride)을 사용하여도 좋다. 전자화물로서는 예를 들어, 칼슘과 알루미늄의 혼합 산화물에 전자가 고농도로 첨가된 물질 등을 들 수 있다. 또한, 전자 주입층(115)으로서, 전자 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층 내에 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유시킨 것을 사용함으로써, 제 2 전극(102)으로부터 전자가 효율적으로 주입되기 때문에 더 바람직하다.

[0263] 제 2 전극(102)을 형성하는 물질로서는, 일함수가 작은(구체적으로는 3.8eV 이하) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있다. 이와 같은 음극 재료의 구체적인 예로서는, 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 및 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등 원소 주기율표의 1족 또는 2족에 속하는 원소, 및 이들을 포함하는 합금(MgAg, AlLi), 유로퓸(Eu), 이터븀(Yb) 등 희토류 금속 및 이들을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. 그러나, 제 2 전극(102)과 전자 수송층(114) 사이에 전자 주입층을 제공함으로써, 일함수의 크기에 상관없이, Al, Ag, ITO, 또는 실리콘이나 산화 실리콘을 함유한 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전성 재료를 제 2 전극(102)에 사용할 수 있다. 이들 도전성 재료는 스퍼터링법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등에 의하여 성막할 수 있다.

[0264] 또한, EL층(103)의 형성 방법으로서는 건식법, 습식법에 한정되지 않으며, 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법 등을 사용하여도 좋다. 또한, 각 전극 또는 각 층마다 다른 성막 방법을 사용하여 형성하여도 좋다.

[0265] 전극은 졸-겔법을 사용하는 습식법에 의하여 형성하여도 좋고, 금속 재료의 페이스트를 사용하는 습식법에 의하여 형성하여도 좋다. 또한, 스퍼터링법이나 진공 증착법 등의 건식법에 의하여 형성하여도 좋다.

[0266] 상기 발광 소자의 발광은 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 어느 하나 또는 양쪽 모두를 통과하여 외부로 추출된다. 따라서, 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102) 중 어느 하나 또는 양쪽 모두는 투광성을 갖도록 형성한다.

[0267] 다음에, 복수의 발광 유닛이 적층된 구성을 갖는 발광 소자(이하에서, 적층형 소자, 탠덤형 소자라고도 함)의 형태에 대하여 도 1의 (B)를 참조하여 설명한다. 이 발광 소자는 제 1 전극과 제 2 전극으로 구성되는 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 포함하는 발광 소자이다. 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 도시된 EL층(103)과 같은 구성을 갖는다. 즉, 도 1의 (A)에 도시된 발광 소자는 하나의 발광 유닛을 갖는 발광 소자이고, 도 1의 (B)에 도시된 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 갖는 발광 소자라고 할 수 있다.

[0268] 도 1의 (B)에서는 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502) 사이에 제 1 발광 유닛(511)과 전하 발생층(513)과 제 2 발광 유닛(512)으로 이루어진 적층을 포함하는 EL층(503)이 형성되어 있다. 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502)은 각각 도 1의 (A) 중 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102)에 상당하며, 도 1의 (A)에 대한 설명과 같은 설명을 적용할 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(511) 및 제 2 발광 유닛(512)의 구성은 같아도 좋고 상이하여도 좋다.

- [0269] 전하 발생층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함한다. 이 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료로서는 도 1의 (A)에 도시된 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 복합 재료를 사용할 수 있다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 캐리어 주입성, 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동, 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한, 발광 유닛의 양극 측의 면이 전하 발생층에 접하는 경우에는, 전하 발생층이 발광 유닛의 정공 주입층으로서도 기능하기 때문에, 정공 주입층을 제공하지 않아도 된다.
- [0270] 또한, 전하 발생층(513)은 상기 복합 재료를 포함하는 층과, 다른 재료를 포함하는 층을 조합한 적층 구조로 형성하여도 좋다. 예를 들어, 복합 재료를 포함하는 층과, 전자 공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자 수송성이 높은 화합물을 포함하는 층을 적층하여 형성하여도 좋다. 또한, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함하는 층과, 투명 도전막을 적층하여 형성하여도 좋다.
- [0271] 또한, 전하 발생층(513)과 이 전하 발생층의 양극 측의 발광 유닛 사이에 전자 주입 버퍼(buffer)층을 제공하여도 좋다. 전자 주입 버퍼층은 매우 얇은 알칼리 금속층과, 전자 수송성 물질을 포함한 전자 릴레이(relay)층으로 이루어진 적층이다. 매우 얇은 알칼리 금속층은 전자 주입층(115)에 상당하며, 전자 주입 장벽을 낮추는 기능을 갖는다. 전자 릴레이층은 알칼리 금속층과 전하 발생층의 상호 작용을 방지하고 전자를 원활하게 수송하는 기능을 갖는다. 전자 릴레이층에 포함되는 전자 수송성 물질의 LUMO 준위는 전하 발생층(513)에서의 억셉터성 물질의 LUMO 준위와, 상기 양극 측의 발광 유닛 중 전자 주입 버퍼층과 접하는 층에 포함되는 물질의 LUMO 준위의 사이에 위치하도록 형성한다. 에너지 준위의 구체적인 값으로서는 전자 릴레이층에 포함되는 전자 수송성 물질의 LUMO 준위를  $-5.0\text{eV}$  이상, 바람직하게는  $-5.0\text{eV}$  이상  $-3.0\text{eV}$  이하로 하면 좋다. 또한, 전자 릴레이층에 포함되는 전자 수송성 물질로서는 프탈로사이아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 전자 주입 버퍼층의 알칼리 금속층이 양극 측의 발광 유닛에서의 전자 주입층의 역할을 갖기 때문에 상기 발광 유닛 위에는 전자 주입층을 형성할 필요는 없다.
- [0272] 어쨌든, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)에 끼워지는 전하 발생층(513)은 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502)에 전압을 인가하였을 때에, 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 쪽의 발광 유닛에 정공을 주입하는 것이면 좋다. 예를 들어, 도 1의 (B)에서, 제 1 전극의 전위가 제 2 전극의 전위보다 높아지도록 전압을 인가한 경우, 전하 발생층(513)은 제 1 발광 유닛(511)에 전자를 주입하고, 제 2 발광 유닛(512)에 정공을 주입하는 것이면 좋다.
- [0273] 도 1의 (B)에는 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자를 도시하였지만, 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광 소자에도 마찬가지로 적용할 수 있다. 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 전하 발생층에 의하여 나누어 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 고휘도 발광이 가능하고 수명이 긴 소자를 실현할 수 있다. 또한, 저전압 구동이 가능하여 소비 전력이 작은 발광 장치를 실현할 수 있다.
- [0274] 또한, 각 발광 유닛이 서로 상이한 색의 광을 사출하도록 함으로써, 발광 소자 전체로서 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에서, 제 1 발광 유닛으로부터는 적색과 녹색의 발광색을 얻고 제 2 발광 유닛으로부터 청색의 발광색을 얻음으로써, 발광 소자 전체로서 백색 발광하는 발광 소자를 쉽게 얻을 수 있다.
- [0275] <<미소 광공진기(마이크로 캐비티) 구조>>
- [0276] 마이크로 캐비티 구조를 갖는 발광 소자는, 상기 한 쌍의 전극을 반사 전극과 반투과·반반사 전극으로 구성함으로써 얻어진다. 반사 전극과 반투과·반반사 전극은 상술한 제 1 전극과 제 2 전극에 상당한다. 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에는 적어도 EL층을 갖고, 이 EL층은 적어도 발광 영역이 되는 발광층을 갖는다.
- [0277] EL층에 포함되는 발광층으로부터 전방향으로 사출되는 발광은 반사 전극과 반투과·반반사 전극에 의하여 반사되어 공진한다. 또한, 반사 전극은 반사성을 갖는 도전성 재료를 사용하여 형성되고, 가시광의 반사율이 40%~100%, 바람직하게는 70%~100%이며, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$  이하인 막이다. 또한 반투과·반반사 전극은, 반사성 및 광투과성을 갖는 도전성 재료를 사용하여 형성되고, 가시광의 반사율이 20%~80%, 바람직하게는 40%~70%이며, 저항률이  $1 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$  이하인 막이다.
- [0278] 또한, 상기 발광 소자는, 투명 도전막이나 상술한 복합 재료, 캐리어 수송 재료 등의 두께를 변화시켜 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이의 광학적 거리를 변화시킬 수 있다. 이로써, 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에서 공진하는 파장의 광을 강화시키고, 공진하지 않는 파장의 광을 감쇠시킬 수 있다.
- [0279] 또한, 발광 중 반사 전극에 의하여 반사된 광(제 1 반사광)은 발광층으로부터 반투과·반반사 전극에 직접 입사



하는 광(제 1 입사광)과 강하게 간섭하기 때문에, 반사 전극과 발광층의 광학적 거리를  $(2n-1)\lambda/4$ (다만,  $n$ 은 1 이상의 자연수이고,  $\lambda$ 는 증폭하려는 발광의 파장임)로 조절하는 것이 바람직하다. 상기 광학적 거리를 조절함으로써, 제 1 반사광과 제 1 입사광의 위상을 맞추어 발광층으로부터의 발광을 더 증폭시킬 수 있다.

[0280] 또한, 상술한 구성은 EL층에 복수의 발광층을 갖는 구조이어도 좋고, 하나의 발광층을 갖는 구조이어도 좋다. 예를 들어, 상술한 탠덤형 발광 소자의 구성과 조합하여, 하나의 발광 소자에 전하 발생층을 개재(介在)하여 복수의 EL층을 제공하고, 각 EL층에 하나 또는 복수의 발광층을 형성하는 구성을 적용하여도 좋다.

[0281] 마이크로 캐비티 구조를 가짐으로써 정면 방향에서의 특정 파장의 발광 강도를 높일 수 있기 때문에, 저소비 전력화를 도모할 수 있다. 특히, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 발광 중심 물질로서 사용한 발광 소자는, 상기 유도체로부터의 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁고, 샤프한 스펙트럼 형상을 갖기 때문에, 마이크로 캐비티 구조를 이용함에 의한 발광 증폭 효과가 크고, 발광 효율이 매우 양호한 발광 소자를 얻을 수 있다.

[0282] <<발광 장치>>

[0283] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치에 대하여 도 2를 사용하여 설명한다. 또한, 도 2의 (A)는 발광 장치의 상면도이고, 도 2의 (B)는 도 2의 (A)를 A-B 및 C-D에서 절단한 단면도이다. 이 발광 장치는 발광 소자의 발광을 제어하기 위한 것으로서 점선으로 나타내어진 구동 회로부(소스선 구동 회로)(601), 화소부(602), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 또한, 부호 604는 밀봉 기관, 부호 605는 밀봉재이고, 밀봉재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)이다.

[0284] 또한, 리드 배선(608)은 소스선 구동 회로(601) 및 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이며, 외부 입력 단자인 FPC(연성 인쇄 회로)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 공급받는다. 또한, 여기서는 FPC만 도시하였지만, 이 FPC에는 프린트 배선 기관(PWB)이 제공되어 있어도 좋다. 본 명세서에서 발광 장치에는, 발광 장치 본체뿐만 아니라, 이에 FPC 또는 PWB가 제공된 상태의 것도 포함되는 것으로 한다.

[0285] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 2의 (B)를 사용하여 설명한다. 구동 회로부 및 화소부가 소자 기관(610) 위에 형성되지만, 여기서는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601)와, 화소부(602) 중 하나의 화소가 도시되었다.

[0286] 또한, 소스선 구동 회로(601)에는 n채널 FET(623)와 p채널 FET(624)를 조합한 CMOS 회로가 형성된다. 또한, 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등 다양한 회로로 형성되어도 좋다. 본 실시형태에서는 구동 회로가 기관 위에 형성된 드라이버 일체형을 제시하지만, 반드시 그럴 필요는 없으며, 구동 회로는 기관 위가 아니라 외부에 형성될 수도 있다.

[0287] 또한, 화소부(602)는 스위칭용 FET(611)와, 전류 제어용 FET(612)와, 전류 제어용 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소로 형성되어 있지만, 이에 한정되지 않고 3개 이상의 FET와 용량 소자를 조합한 화소부로 하여도 좋다.

[0288] FET에 사용하는 반도체의 종류 및 결정성에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 비정질 반도체를 사용하여도 좋고, 결정성 반도체를 사용하여도 좋다. FET에 사용하는 반도체의 예로서는 14족(실리콘 등) 반도체, 13족(갈륨 등) 반도체, 화합물 반도체(산화물 반도체를 포함함) 외에, 유기 반도체 등을 사용할 수 있지만, 특히 산화물 반도체를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 산화물 반도체로서는, 예를 들어, In-Ga 산화물, In-M-Zn 산화물(M은 Al, Ga, Y, Zr, La, Ce, 또는 Nd) 등을 들 수 있다. 또한, 에너지 갭이 2eV 이상, 바람직하게는 2.5eV 이상, 더 바람직하게는 3eV 이상인 산화물 반도체 재료를 사용함으로써, 트랜지스터의 오프 전류를 저감할 수 있으므로 바람직하다.

[0289] 또한, 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연물(614)이 형성된다. 여기서는, 포지티브형 감광성 아크릴 수지막을 사용하여 형성할 수 있다.

[0290] 또한, 피복을 양호하게 하기 위하여, 절연물(614)은 그의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 예를 들어, 절연물(614)의 재료로서 포지티브형 감광성 아크릴을 사용한 경우에는, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경( $0.2\mu\text{m}$ ~ $3\mu\text{m}$ )을 갖는 곡면을 갖게 하는 것이 바람직하다. 또한, 절연물(614)로서 네거티브형 감광성 수지 및 포지티브형 감광성 수지 중 어느 쪽도 사용할 수 있다.

[0291] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 각각 형성되어 있다. 이들은 각각 도 1의 (A)에 도시된 제 1 전극(101), EL층(103), 및 제 2 전극(102), 또는 도 1의 (B)에 도시된 제 1 전극(501), EL층(503), 및 제

2 전극(502)에 상당한다.

- [0292] EL층(616)에는, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이고, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각이 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 포함되는 것이 바람직하다. 또한, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 상기 일반식(G1-1), 일반식(G1-2), 일반식(G2-1), 또는 일반식(G2-2)으로 표시되는 유기 화합물인 것이 바람직하다. 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 발광층에서의 발광 중심 물질로서 사용되는 것이 바람직하다.
- [0293] 또한, 밀봉재(605)를 이용하여 밀봉 기판(604)과 소자 기판(610)을 접합함으로써, 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 및 밀봉재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 또한, 공간(607)에는 충전재가 충전되어 있고, 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등) 외에도 밀봉재(605)가 충전되는 경우가 있다. 밀봉 기판(604)에는 오목부를 형성하고 여기에 건조제(625)를 제공하면 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.
- [0294] 밀봉재(605)에는 에폭시계 수지나 유리 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 이들 재료는 가능한 한 수분이나 산소를 투과시키지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한, 소자 기판(610) 및 밀봉 기판(604)으로서, 유리 기판이나 석영 기판 외에, FRP(Fiber Reinforced Plastics), PVF(폴리바이닐플루오라이드), 폴리 에스테리, 또는 아크릴 등으로 이루어진 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.
- [0295] 예를 들어, 본 명세서 등에서 다양한 기판을 사용하여 트랜지스터나 발광 소자를 형성할 수 있다. 기판의 종류는 특정한 것에 한정되지 않는다. 그 기판의 일 예로서는 반도체 기판(예를 들어, 단결정 기판 또는 실리콘 기판), SOI 기판, 유리 기판, 석영 기판, 플라스틱 기판, 금속 기판, 스테인리스스틸 기판, 스테인리스스틸 포일을 갖는 기판, 텅스텐 기판, 텅스텐 포일을 갖는 기판, 가요성 기판, 접합 필름, 섬유상의 재료를 포함하는 종이, 또는 기재 필름(base material film) 등이 있다. 유리 기판의 일례로서는, 바륨 보로실리케이트 유리, 알루미늄 보로실리케이트 유리, 또는 소다라임 유리 등이 있다. 가요성 기판, 접합 필름, 기재 필름 등의 일례로서는 이하와 같은 것을 들 수 있다. 예를 들어, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르설폰(PES)으로 대표되는 플라스틱 등이 있다. 또는, 다른 일례로서 아크릴 등의 합성 수지 등이 있다. 또는, 다른 일례로서 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리불화 바이닐, 또는 폴리염화 바이닐 등이 있다. 또는, 다른 일례로서 폴리아마이드, 폴리이미드, 아라미드, 에폭시, 무기 증착 필름, 또는 종이류 등이 있다. 특히, 반도체 기판, 단결정 기판, 또는 SOI 기판 등을 사용하여 트랜지스터를 제작함으로써, 특성, 사이즈, 또는 형상 등의 편차가 적고, 전류 능력이 높고, 사이즈가 작은 트랜지스터를 제작할 수 있다. 이와 같은 트랜지스터에 의하여 회로를 구성하면, 회로의 저소비 전력화 또는 고집적화를 도모할 수 있다.
- [0296] 또한, 기판으로서 가요성 기판을 사용하고, 가요성 기판 위에 트랜지스터나 발광 소자를 직접 형성하여도 좋다. 또는, 기판과 트랜지스터 사이나, 기판과 발광 소자 사이에 박리층을 제공하여도 좋다. 박리층은 그 위에 반도체 장치의 일부 또는 전체를 형성한 후에 기판으로부터 분리하여 다른 기판으로 전재(轉載)하기 위하여 사용할 수 있다. 이 때, 트랜지스터는 내열성이 떨어지는 기판이나 가요성 기판에도 전재할 수 있다. 또한, 상기 박리층은 예를 들어, 텅스텐막과 산화 실리콘막 등의 무기막을 적층한 구조나, 기판 위에 폴리이미드 등의 유기 수지막이 형성된 구성 등을 가질 수 있다.
- [0297] 즉, 어떠한 기판을 사용하여 트랜지스터나 발광 소자를 형성하고 나서 다른 기판에 트랜지스터나 발광 소자를 전치하여 다른 기판 위에 트랜지스터나 발광 소자를 배치하여도 좋다. 트랜지스터나 발광 소자가 전치되는 기판의 일례로서는, 트랜지스터를 형성하는 것이 가능한 상술한 기판에 더하여, 종이 기판, 셀로판 기판, 아라미드 필름 기판, 폴리이미드 필름 기판, 석재 기판, 목재 기판, 직물 기판(천연 섬유(명주(silk), 솜(cotton), 삼(hemp)), 합성 섬유(나일론, 폴리우레탄, 폴리에스테르) 또는 재생 섬유(아세테이트, 큐프라, 레이온, 재생 폴리에스테르) 등을 포함함), 피혁 기판, 또는 고무 기판 등을 들 수 있다. 이와 같은 기판을 사용함으로써, 특성이 좋은 트랜지스터의 형성, 소비 전력이 작은 트랜지스터의 형성, 파괴되기 어려운 장치의 제작, 내열성의 부여, 경량화, 또는 박형화를 도모할 수 있다.
- [0298] 도 3에는 백색 발광을 나타내는 발광 소자를 형성하고 착색층(컬러 필터) 등을 제공함으로써 풀 컬러 표시가 가능한 발광 장치의 예를 도시하였다. 도 3의 (A)에는, 기판(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, 1024R, 1024G, 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기판(1031), 밀봉재(1032) 등이 도시되

었다.

- [0299] 또한, 도 3의 (A)에서 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))은 투명한 기재(1033)에 제공되어 있다. 또한, 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 더 제공되어도 좋다. 착색층 및 흑색층이 제공된 투명한 기재(1033)는 위치를 맞춰 기관(1001)에 고정한다. 또한, 착색층 및 흑색층은 오버 코트층(1036)으로 덮여 있다. 또한, 도 3의 (A)에서 광이 착색층을 투과하지 않고 외부로 추출되는 발광층과, 광이 각 색의 착색층을 투과하여 외부로 추출되는 발광층이 있고, 착색층을 투과하지 않는 광은 백색, 착색층을 투과하는 광은 적색, 청색, 녹색이 되므로, 4색의 화소를 사용하여 영상을 표현할 수 있다.
- [0300] 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 발광 중심 물질의 하나로서 사용한 발광 소자는, 상기 유도체로부터의 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁고, 샤프한 스펙트럼 형상을 갖기 때문에, 컬러 필터로 인한 광 손실이 적고, 양호한 효율로 청색 발광을 얻을 수 있다.
- [0301] 도 3의 (B)에는, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))을 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 형성하는 예를 도시하였다. 이와 같이 착색층은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공되어도 좋다.
- [0302] 또한, 상술한 발광 장치에서는, FET가 형성된 기관(1001) 측으로 광이 추출되는 구조(보텀 이미션형)의 발광 장치로 하였지만, 밀봉 기관(1031) 측으로 광이 추출되는 구조(탑 이미션형)의 발광 장치로 하여도 좋다. 탑 이미션형 발광 장치의 단면도를 도 4에 도시하였다. 이 경우, 기관(1001)으로서는 광을 투과시키지 않는 기관을 사용할 수 있다. FET와 발광 소자의 양극을 접속시키는 접속 전극을 제작하는 공정까지는 보텀 이미션형 발광 장치와 마찬가지로 형성한다. 그 후, 전극(1022)을 덮도록 제 3 층간 절연막(1037)을 형성한다. 이 절연막은 평탄화 기능을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막(1021)과 같은 재료 외에, 다양한 다른 재료를 사용하여 형성할 수 있다.
- [0303] 여기서는 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 1024B)을 양극으로 하지만, 음극으로 하여도 좋다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같은 탑 이미션형 발광 장치의 경우, 제 1 전극을 반사 전극으로 하는 것이 바람직하다. EL층(1028)의 구성은 도 1의 (A)의 EL층(103) 또는 도 1의 (B)의 EL층(503)과 같은 구성으로 하고, 백색 발광이 얻어지는 소자 구조로 한다.
- [0304] 도 4와 같은 탑 이미션 구조의 경우에는, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공된 밀봉 기관(1031)을 이용하여 밀봉을 수행할 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소와 화소 사이에 위치하도록 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)을 제공하여도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 청색 착색층(1034B))이나 흑색층은 오버 코트층(1036)으로 덮여 있어도 좋다. 또한, 밀봉 기관(1031)으로서는 투광성을 갖는 기관을 사용하기로 한다.
- [0305] 또한, 여기서는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 제시하였지만, 이에 특별히 한정되지 않고, 적색, 녹색, 및 청색의 3색이나, 적색, 녹색, 청색, 황색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.
- [0306] 도 5에는 본 발명의 일 형태에 따른 패시브 매트릭스형 발광 장치를 도시하였다. 또한, 도 5의 (A)는 발광 장치의 사시도이고, 도 5의 (B)는 도 5의 (A)를 X-Y에서 절단한 단면도이다. 도 5에서, 기관(951) 위의 전극(952)과 전극(956) 사이에 EL층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 그리고, 절연층(953) 위에 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽은 경사져 있으며, 측벽들 사이의 거리가 기관 표면에 가까워질수록 좁아진다. 즉, 격벽층(954)의 짧은 변 방향으로의 단면은 사다리꼴이고, 아랫변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고 절연층(953)과 접하는 변)은 윗변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향을 향하고 절연층(953)과 접하지 않는 변)보다 짧다. 이와 같이 격벽층(954)을 제공함으로써 정전기 등으로 인한 발광 소자의 불량을 방지할 수 있다.
- [0307] 여기까지 설명한 발광 장치는 매트릭스상으로 배치된 복수의 미소한 발광 소자를, 화소부에 형성된 FET로 각각 제어할 수 있기 때문에, 화상을 표현하는 표시 장치로서 적합하게 이용할 수 있는 발광 장치이다.
- [0308] <<조명 장치>>
- [0309] 본 발명의 일 형태에 따른 조명 장치를 도 6을 참조하면서 설명한다. 도 6의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 6의 (A)는 도 6의 (B)를 e-f에서 절단한 단면도이다.
- [0310] 상기 조명 장치는 지지체인 투광성을 갖는 기관(400) 위에 제 1 전극(401)이 형성되어 있다. 제 1 전극(401)은

도 1의 (A)의 제 1 전극(101)에 상당한다. 제 1 전극(401) 측으로부터 발광을 추출하는 경우, 제 1 전극(401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성한다.

[0311] 제 2 전극(404)에 전압을 공급하기 위한 패드(412)가 기관(400) 위에 형성된다.

[0312] 제 1 전극(401) 위에는 EL층(403)이 형성되어 있다. EL층(403)은 도 1의 (A), (B)의 EL층(103) 또는 EL층(503) 등에 상당한다. 또한, 이들의 구성에 대해서는 상술한 설명을 참조하면 좋다.

[0313] 제 2 전극(404)은 EL층(403)을 덮도록 형성된다. 제 2 전극(404)은 도 1의 (A)의 제 2 전극(102)에 상당한다. 발광을 제 1 전극(401) 측으로부터 추출하는 경우, 제 2 전극(404)은 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 제 2 전극(404)은 패드(412)와 접촉됨으로써 전압이 공급된다.

[0314] 제 1 전극(401), EL층(403), 및 제 2 전극(404)으로 발광 소자가 형성된다. 밀봉재(405), 밀봉재(406)를 사용하여, 상기 발광 소자가 형성된 기관(400)과 밀봉 기관(407)을 접합하여 밀봉을 수행함으로써, 조명 장치가 완성된다. 밀봉재(405) 및 밀봉재(406) 중 어느 하나만 제공하여도 좋다. 또한, 내측의 밀봉재(406)(도 6의 (B)에는 미도시)에는 건조제를 혼합시킬 수도 있고, 이로써 수분을 흡착할 수 있어 신뢰성의 향상에 기여한다.

[0315] 또한, 패드(412)와 제 1 전극(401)의 일부를 밀봉재(405), 밀봉재(406)의 외측으로 연장시켜 제공함으로써 외부 입력 단자로 할 수 있다. 또한, 컨버터 등이 장착된 IC 칩(420) 등이 외부 입력 단자 위에 제공되어도 좋다.

[0316] <<전자 기기>>

[0317] 본 발명의 일 형태에 따른 전자 기기의 예에 대하여 설명한다. 전자 기기의 예로서는, 텔레비전 장치(텔레비전 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라나 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화기(휴대 전화, 휴대 전화 장치라고도 함), 휴대형 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 파친코(pachinko)기 등의 대형 게임기 등을 들 수 있다. 이러한 전자 기기의 구체적인 예를 이하에서 제시한다.

[0318] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 일례이다. 텔레비전 장치에서는 하우징(7101)에 표시부(7103)가 제공된다. 또한, 여기서는 스탠드(7105)에 의하여 하우징(7101)을 지지한 구성을 도시하였다. 표시부(7103)에 의하여 영상을 표시할 수 있고, 표시부(7103)는 매트릭스상으로 배열된 발광 소자를 포함한다.

[0319] 텔레비전 장치의 조작은 하우징(7101)에 제공된 조작 스위치나, 별도 제공된 리모트 컨트롤러(7110)에 의하여 수행될 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)에 제공된 조작 키(7109)에 의하여 채널이나 음량을 조작할 수 있어, 표시부(7103)에 표시되는 영상을 조작할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력하는 정보를 표시하는 표시부(7107)를 상기 리모트 컨트롤러(7110)에 제공하는 구성으로 하여도 좋다.

[0320] 또한, 텔레비전 장치는 수신기나 모뎀 등을 구비한 구성으로 한다. 수신기를 이용하여 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선으로 통신 네트워크에 접속됨으로써, 단방향(송신자로부터 수신자로) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이 또는 수신자들 사이 등)의 정보 통신이 가능하다.

[0321] 도 7의 (B1)은 컴퓨터이며, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함한다. 또한, 이 컴퓨터는 발광 소자를 매트릭스상으로 배열하여 표시부(7203)에 사용하여 제작된다. 도 7의 (B1)의 컴퓨터는 도 7의 (B2)와 같은 형태이어도 좋다. 도 7의 (B2)의 컴퓨터는 키보드(7204), 포인팅 디바이스(7206)를 대신하여 제 2 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제 2 표시부(7210)는 터치 패널이며, 제 2 표시부(7210)에 표시된 입력용 표시를 손가락이나 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 수행할 수 있다. 또한, 제 2 표시부(7210)는 입력용 표시뿐만 아니라 다른 화상을 표시할 수도 있다. 또한, 표시부(7203)도 터치 패널이어도 좋다. 2개의 화면이 힌지로 연결되어 있기 때문에 수납할 때나 운반할 때 화면이 손상되거나 파손되는 등의 사고 발생도 방지할 수 있다.

[0322] 도 7의 (C)는 휴대형 게임기이며, 하우징(7301)과 하우징(7302)의 2개의 하우징으로 구성되어 있고, 이들은 연결부(7303)에 의하여 개폐 가능하게 연결되어 있다. 매트릭스상으로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부(7304)가 하우징(7301)에 제공되고, 표시부(7305)가 하우징(7302)에 제공되어 있다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는, 상술한 것 이외에, 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작 키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 빛, 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(7312)) 등을 구비한다. 물론 휴대형 게임기의 구성은 상술한 것에 한정되지 않고, 적어도 표시부(7304) 및 표시부(7305)의 양쪽을 사용하면 좋다. 도 7



의 (C)에 도시된 휴대형 게임기는 기록 매체에 기록되어 있는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 표시부에 표시하는 기능이나, 다른 휴대형 게임기와 무선 통신으로 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대형 게임기가 갖는 기능은 이에 한정되지 않고, 다양한 기능을 가질 수 있다.

- [0323] 도 7의 (D1) 및 (D2)는 휴대 정보 단말의 일례이다. 휴대 정보 단말은 하우징(7401)에 제공된 표시부(7402) 외에, 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크로폰(7406) 등을 구비한다. 휴대 정보 단말은, 매트릭스상으로 배열된 발광 소자를 포함하는 표시부(7402)를 구비한다.
- [0324] 도 7의 (D1) 및 (D2)에 도시된 휴대 정보 단말은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 정보를 입력할 수 있는 구성으로 할 수도 있다. 이 경우, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써, 전화를 걸거나 메일을 작성하는 등의 조작을 수행할 수 있다.
- [0325] 표시부(7402)의 화면은 주로 3가지 모드가 있다. 제 1 모드는 화상 표시를 주로 하는 표시 모드이고, 제 2 모드는 문자 등 정보의 입력을 주로 하는 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2개의 모드가 혼합한 표시+입력 모드이다.
- [0326] 예를 들어, 전화를 걸거나 메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)를 문자 입력을 주로 하는 문자 입력 모드로 하여, 화면에 표시시킨 문자의 입력 조작을 수행하면 좋다. 이 경우, 키보드 또는 번호 버튼을 표시부(7402)의 화면의 대부분에 표시시키는 것이 바람직하다.
- [0327] 또한, 자이로스코프(gyroscope) 또는 가속도 센서 등 기울기를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치를 휴대 전화기 내부에 제공함으로써, 휴대 전화기의 방향(세로인지 가로인지)을 측정하여 표시부(7402)의 화면 표시를 자동 전환할 수 있다.
- [0328] 또한, 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 하우징(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 동영상의 데이터이면 표시 모드, 텍스트 데이터이면 입력 모드로 전환한다.
- [0329] 또한, 입력 모드에 있어서, 표시부(7402)의 광 센서에서 검출되는 신호를 검지하여, 표시부(7402)의 터치 조작에 의한 입력이 일정 기간 없는 경우에는, 화면의 모드를 입력 모드로부터 표시 모드로 전환하도록 제어하여도 좋다.
- [0330] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능할 수도 있다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥이나 손가락으로 터치함으로써, 장문(掌紋)이나 지문 등을 촬상(撮像)하여 본인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 발광하는 백 라이트 또는 근적외광을 발광하는 센싱용 광원을 사용하면, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수도 있다.
- [0331] 또한, 본 명세서에서 제시한 구성을 적절히 조합하여 상기 전자 기기에 사용할 수 있다.
- [0332] 또한, 표시부에 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 사용하는 것이 바람직하다. 이 발광 소자는 발광 효율이 양호한 발광 소자로 할 수 있으므로, 소비 전력이 작은 전자 기기를 얻을 수 있다. 또한, 내열성이 높은 발광 소자로 할 수 있다.
- [0333] 도 8은 발광 소자를 백 라이트에 적용한 액정 표시 장치의 일례이다. 도 8에 도시된 액정 표시 장치는 하우징(901), 액정층(902), 백 라이트 유닛(903), 하우징(904)을 구비하고, 액정층(902)은 드라이버 IC(905)와 접속된다. 백 라이트 유닛(903)에는 발광 소자가 사용되고 단자(906)를 통하여 전류가 공급된다.
- [0334] 발광 소자로서는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 사용하는 것이 바람직하며, 이 발광 소자를 액정 표시 장치의 백 라이트에 적용함으로써, 소비 전력이 저감된 백 라이트를 얻을 수 있다. 또한, 내열성이 우수한 백 라이트를 얻을 수 있다.
- [0335] 도 9는 본 발명의 일 형태에 따른 전기 스탠드의 예이다. 도 9에 도시된 전기 스탠드는 하우징(2001)과 광원(2002)을 구비하고, 광원(2002)으로서 발광 소자를 사용한 조명 장치가 사용된다.
- [0336] 도 10은 실내 조명 장치(3001)의 예이다. 상기 조명 장치(3001)에는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0337] 본 발명의 일 형태에 따른 자동차를 도 11에 도시하였다. 상기 자동차는 앞유리나 대시보드에 발광 소자가 탑재되어 있다. 표시 영역(5000)~표시 영역(5005)은 발광 소자를 사용하여 제공된 표시 영역이다. 상기 발광 소

자에는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직하며, 이 유기 화합물을 사용함으로써 소비 전력이 작은 발광 소자로 할 수 있다. 이로써, 표시 영역(5000)~표시 영역(5005)은 소비 전력이 억제될 수 있으므로 차량에 탑재하는 데에 적합하다.

- [0338] 표시 영역(5000)과 표시 영역(5001)은 자동차의 앞유리에 제공된, 발광 소자를 사용한 표시 장치이다. 이 발광 소자에서 제 1 전극과 제 2 전극을 투광성을 갖는 전극으로 제작함으로써, 반대측이 비치 보이는 소위 시스루 상태의 표시 장치로 할 수 있다. 이러한 시스루 상태의 표시 장치는 시계(視界)의 방해 없이 자동차의 앞유리에 제공될 수 있다. 또한, 구동용 트랜지스터 등을 제공하는 경우에는 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터나 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투광성을 갖는 트랜지스터를 사용하면 좋다.
- [0339] 표시 영역(5002)은 필러(pillar) 부분에 제공된 발광 소자를 사용한 표시 장치이다. 표시 영역(5002)에, 차체에 제공된 활상 수단으로부터의 영상을 표시함으로써, 필러로 가로막힌 시계를 보완할 수 있다. 마찬가지로, 대시보드 부분에 제공된 표시 영역(5003)은 자동차의 외측에 설치된 활상 수단으로부터의 영상을 표시시킴으로써, 차체에 의하여 가로막힌 시계를 보완하여 안전성을 높일 수 있다. 운전자가 볼 수 없는 부분을 보완하도록 영상을 표시함으로써, 더 자연스럽게 위화감 없이 안전을 확인할 수 있다.
- [0340] 표시 영역(5004)이나 표시 영역(5005)은 내비게이션 정보, 속도계나 회전수, 주행 거리, 급유량, 기어 상태, 에어컨디셔너의 설정 등 다양한 정보를 제공할 수 있다. 표시 항목이나 레이아웃은 필요에 따라 사용자가 자유롭게 변경할 수 있다. 또한, 이들 정보는 표시 영역(5000)~표시 영역(5003)에도 제공할 수 있다. 또한, 표시 영역(5000)~표시 영역(5005)은 조명 장치로서 사용할 수도 있다.
- [0341] 도 12의 (A) 및 (B)는 반으로 접을 수 있는 태블릿 단말의 일례이다. 도 12의 (A)는 펼친 상태의 태블릿 단말이며, 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 전환 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 전력 절약 모드 전환 스위치(9036), 후크(9033)를 구비한다. 또한, 상기 태블릿 단말은 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물을 포함하는 발광 소자를 구비한 발광 장치를 표시부(9631a) 및 표시부(9631b) 중 하나 또는 양쪽에 사용함으로써 제작된다.
- [0342] 표시부(9631a)는 일부를 터치 패널 영역(9632a)으로 할 수 있고, 표시된 조작 키(9637)를 터치함으로써 데이터를 입력할 수 있다. 또한, 표시부(9631a)에서는 일례로서 절반의 영역을 표시 기능만을 갖는 구성으로 하고, 나머지 절반의 영역을 터치 패널의 기능을 갖는 구성으로 하였지만, 이 구성에 한정되지 않는다. 표시부(9631a)의 모든 영역을 터치 패널 기능을 갖는 구성으로 하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(9631a)의 전체 면에 키보드 버튼을 표시시켜 터치 패널로 하고, 표시부(9631b)를 표시 화면으로서 사용할 수 있다.
- [0343] 또한, 표시부(9631b)에서도 표시부(9631a)와 마찬가지로 표시부(9631b)의 일부를 터치 패널 영역(9632b)으로 할 수 있다. 또한, 터치 패널의 키보드 표시 전환 버튼(9639)이 표시되어 있는 위치를 손가락이나 스타일러스 등으로 터치함으로써 표시부(9631b)에 키보드 버튼을 표시할 수 있다.
- [0344] 또한, 터치 패널 영역(9632a)과 터치 패널 영역(9632b)에서 동시에 터치 입력할 수도 있다.
- [0345] 또한, 표시 모드 전환 스위치(9034)는 세로 표시 또는 가로 표시 등 표시 방향의 전환, 흑백 표시나 컬러 표시의 전환 등을 선택할 수 있다. 전력 절약 모드 전환 스위치(9036)는 태블릿 단말에 내장된 광 센서로 검출되는 사용 시의 외광의 광량에 따라 최적의 표시 휘도로 할 수 있다. 태블릿 단말은 광 센서뿐만 아니라 자이로스코프나 가속도 센서 등 기밀기를 검출하는 센서 등 다른 검출 장치를 내장하여도 좋다.
- [0346] 또한, 도 12의 (A)에서는 표시부(9631b)와 표시부(9631a)의 표시 면적이 같은 예를 도시하였지만, 이에 특별히 한정되지 않고, 크기가 서로 상이하여도 좋고 표시 품질도 상이하여도 좋다. 예를 들어 한쪽 표시부는 다른 쪽 표시부보다 고정세(高精細)한 표시가 가능하여도 좋다.
- [0347] 도 12의 (B)는 닫은 상태를 도시한 것이며, 본 실시형태에 따른 태블릿 단말에서는, 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636)를 구비하는 예이다. 또한, 도 12의 (B)에는 충방전 제어 회로(9634)의 일례로서 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636)를 갖는 구성을 도시하였다.
- [0348] 또한, 태블릿 단말은 반으로 접을 수 있기 때문에 사용하지 않을 때는 하우징(9630)을 닫은 상태로 할 수 있다. 따라서, 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)를 보호할 수 있기 때문에 내구성이 우수하며 장기 사용의 관점에서 봐도 신뢰성이 우수한 태블릿 단말을 제공할 수 있다.
- [0349] 또한, 도 12의 (A) 및 (B)에 도시된 태블릿 단말은 상술한 것 외에도 다양한 정보(정지 화상, 동영상, 텍스트 화상 등)를 표시하는 기능, 달력, 날짜, 또는 시각 등을 표시부에 표시하는 기능, 표시부에 표시한 정보를 터치

입력 조작 또는 편집하는 터치 입력 기능, 다양한 소프트웨어(프로그램)에 의하여 처리를 제어하는 기능 등을 가질 수 있다.

[0350] 태블릿 단말의 표면에 장착된 태양 전지(9633)에 의하여 터치 패널, 표시부, 또는 영상 신호 처리부 등에 전력을 공급할 수 있다. 또한, 태양 전지(9633)는 하우징(9630)의 한 면 또는 양면에 제공되면 배터리(9635)를 효율적으로 충전할 수 있는 구성으로 할 수 있어 바람직하다.

[0351] 또한, 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)의 구성 및 동작에 대하여 도 12의 (C)의 블록도를 참조하여 설명한다. 도 12의 (C)에는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1)~스위치(SW3), 표시부(9631)가 도시되어 있으며, 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1)~스위치(SW3)가 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)에 대응하는 부분이다.

[0352] 우선, 외광을 이용하여 태양 전지(9633)로 발전되는 경우의 동작예에 대하여 설명한다. 태양 전지로 발전된 전력은 배터리(9635)를 충전하기 위한 전압이 되도록 DC-DC 컨버터(9636)에 의하여 승압 또는 강압된다. 그리고, 태양 전지(9633)에 의하여 충전된 전력이 표시부(9631)의 동작에 사용될 때에는 스위치(SW1)를 온 상태로 하고, 컨버터(9638)로 표시부(9631)에 필요한 전압으로 승압 또는 강압을 수행한다. 또한, 표시부(9631)에 표시하지 않을 때는 스위치(SW1)를 오프 상태로 하고 스위치(SW2)를 온 상태로 함으로써 배터리(9635)를 충전하는 구성으로 하면 좋다.

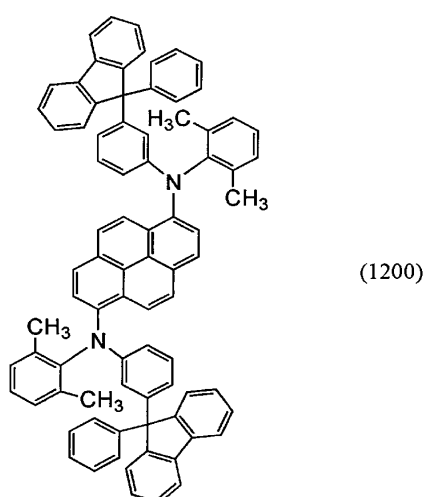
[0353] 또한, 태양 전지(9633)를 발전 수단의 일례로서 제시하였지만, 발전 수단은 이에 특별히 한정되지 않으며, 압전 소자(피에조 소자(piezoelectric element))나 열전 변환 소자(펠티어 소자(Peltier element)) 등 다른 발전 수단에 의하여 배터리(9635)를 충전하는 구성이어도 좋다. 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전하는 무접점 전력 전송 모듈이나, 다른 충전 수단을 조합하여 충전하는 구성으로 하여도 좋고, 발전 수단을 구비하지 않아도 된다.

[0354] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물은 유기 박막 태양 전지에 사용할 수 있다. 더 구체적으로는, 캐리어 수송성을 갖기 때문에, 캐리어 수송층에 사용할 수 있다. 또한, 광 여기되므로 발광층으로서 사용할 수 있다.

[0355] 또한, 상술한 표시부(9631)를 구비하기만 하면, 도 12에 도시된 형상의 태블릿 단말에 한정되지 않는다.

[0356] (실시예 1)

[0357] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물인 N,N'-비스(2,6-다이메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6oDMemFLPAPrN)의 합성 방법에 대하여 설명한다. 1,6oDMemFLPAPrN의 구조식을 이하에서 나타낸다.

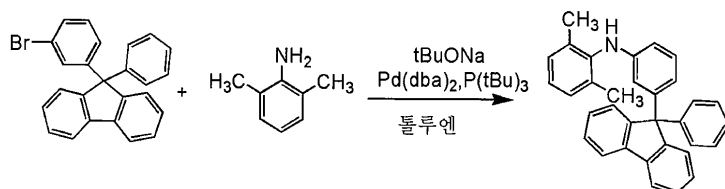


[0358]

[0359] <스텝 1: N-(2,6-다이메틸페닐)-N-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]아민(약칭: oDMemFLPA)의 합성>

[0360] 9-(3-브로모페닐)-9-페닐플루오렌 2.7g(6.9mmol), 나트륨 tert-뷰톡사이드 2.0g(21.0mmol)을 200mL의 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소로 치환한 후, 톨루엔 35.0mL, 2,6-다이메틸아닐린 0.9mL(6.9mmol), 트라이(tert-뷰틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.5mL, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 42mg(0.1mmol)을 첨가한 후, 이 혼합

물을 90℃로 하고 13.0시간 교반하였다. 교반 후, 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 540-00135), 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 카탈로그 번호: 531-16855), 알루미늄을 통하여 흡인 여과하여, 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카젤 칼럼 크로마토그래피(전개 용매는 헥산:톨루엔=3:1)에 의하여 정제하여, 목적의 화합물 3.0g을 수율 99%로 얻었다. 핵자기 공명법( $^1\text{H}$  NMR)에 의하여, 이 화합물이 목적물인 N-(2,6-다이메틸페닐)-N-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]아민인 것을 확인하였다. 스텝 1의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0361]

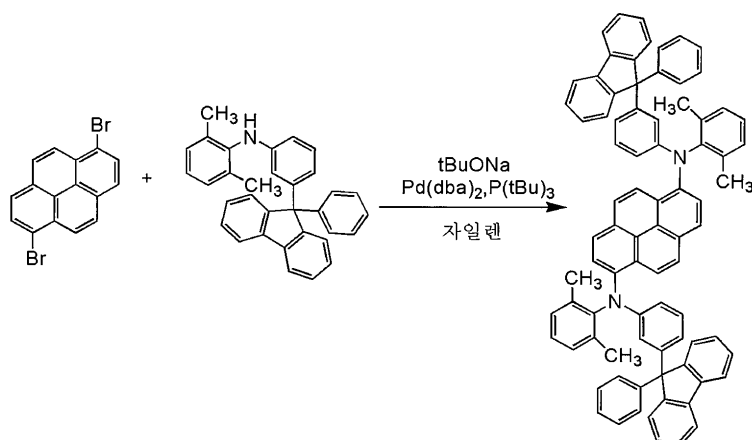
[0362] 얻어진 물질의  $^1\text{H}$  NMR 데이터를 이하에서 나타낸다.

[0363]  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz):  $\delta$ =2.13(s, 6H), 5.04(s, 1H), 7.18(dd, J=8.0, 2.0Hz, 1H), 6.44(t, J=2.0Hz, 1H), 6.57(d, J=8.5Hz, 1H), 6.94-7.05(m, 4H), 7.17-7.19(m, 5H), 7.24-7.27(m, 2H), 7.34(t, J=7.5Hz, 2H), 7.40(d, J=7.5Hz, 2H), 7.74(d, J=7.5Hz, 2H).

[0364] 또한,  $^1\text{H}$  NMR 차트를 도 26에 나타내었다. 또한, 도 26의 (B)는 도 26의 (A)에서의 6.00ppm~8.00ppm의 범위를 확대한 차트이다. 이를 보면 oDMemFLPA가 얻어진 것을 알 수 있다.

[0365] <스텝 2: 1,6oDMemFLPAPrn의 합성>

[0366] 1,6-다이브로모페렌 0.7g(1.8mmol), N-(2,6-다이메틸페닐)-N-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]아민 1.8g(4.1mmol), 나트륨 tert-부톡사이드 0.6g(5.9mmol)을 100mL의 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 혼합물에 자일렌 19.0mL와 트라이(tert-부틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.5mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 80℃로 하고, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 37.5mg(0.1mmol)을 첨가하고 교반하여 6.8시간 환류시켰다. 교반 후, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 32.9mg(0.1mmol)을 첨가하고 80℃로 1.0시간 교반하고 1.2시간 환류시켰다. 환류 후, 이 혼합물을 흡인 여과하고, 얻어진 여과물을 톨루엔에 용해시키고 나서, 이 혼합물을 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 540-00135), 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 531-16855), 알루미늄을 통하여 흡인 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체에 톨루엔 200mL를 첨가하고 환류시킨 후 하룻밤 방치하였다. 이 혼합물을 흡인 여과하여, 목적물의 화합물 0.93g을 수율 47%로 얻었다. 스텝 2의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0367]

[0368] 얻어진 고체 0.9g을, 트레인 서블리메이션법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제 조건으로서는, 압력  $1.2 \times 10^{-2}$  Pa, 아르곤 가스를 흘리지 않고 336℃로 2.5시간 고체를 가열하였다. 승화 정제 후, 목적물의 황색 고체

0.8g을 회수율 87%로 얻었다.

[0369] 얻어진 물질을  $^1\text{H}$  NMR로 측정하였다. 측정 데이터를 이하에서 나타낸다.

[0370]  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz):  $\delta$ =2.05-2.13(m, 12H), 6.46-7.18(m, 36H), 7.36-7.46(m, 3H), 7.52-7.60(m, 3H), 7.66-7.72(m, 2H), 7.86-7.92(m, 4H).

[0371] 또한,  $^1\text{H}$  NMR 차트를 도 15에 나타내었다. 또한, 도 15의 (B)는 도 15의 (A)에서의 6.25ppm~8.00ppm의 범위를 확대한 차트이다. 이를 보면, 상술한 구조식(1200)으로 표시되는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물인 1,6oDMemFLPAPrn이 얻어진 것을 알 수 있다.

[0372] 얻어진 1,6oDMemFLPAPrn의 열 중량 측정-시차 열 분석(TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)을 수행하였다. 측정에는 고진공 차동형 시차 열 천칭(Bruker AXS K.K. 제조, TG-DTA2410SA)을 사용하였다. 상압, 승온 속도 10°C/min, 질소 기류 하(유속 200mL/min)의 조건에서 측정한 결과, 중량과 온도의 관계(열 중량 측정)로부터, 5% 중량 감소 온도는 500°C 이상이며, 양호한 내열성을 나타내었다.

[0373] 또한, 1,6oDMemFLPAPrn을 액체 크로마토그래피 질량 분석(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(약칭: LC/MS 분석))에 의하여 분석하였다. LC/MS 분석은 Acquity UPLC(Waters사 제조) 및 Xevo G2 Tof MS(Waters사 제조)를 이용하여 수행하였다.

[0374] MS 분석으로는 일렉트로 스프레이-이온화법(Electrospray Ionization(약칭: ESI))에 의한 이온화를 수행하였다. 이 때의 캐필러리(Capillary) 전압은 3.0kV, 샘플 콘 전압은 30V로 하고, 검출은 포지티브 모드로 하여 수행하였다. 또한, 상술한 조건으로 이온화된 성분을 충돌실(collision cell) 내에서 아르곤 가스와 충돌시켜 프로덕트 이온으로 해리시켰다. 아르곤을 충돌시킬 때의 에너지(collision energy)는 70eV로 하였다. 또한, 측정하는 질량 범위는  $m/z$ =100~1300으로 하였다. 측정 결과를 도 16에 나타내었다.

[0375] 다음에, 1,6oDMemFLPAPrn의 톨루엔 용액 및 고체 박막의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 '흡수 스펙트럼'이라고 함), 발광 스펙트럼을 측정하였다. 고체 박막은 석영 기판 위에 진공 증착법에 의하여 성막하였다. 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조, V550형)를 이용하였다. 또한, 발광 스펙트럼의 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, FS920)를 이용하였다.

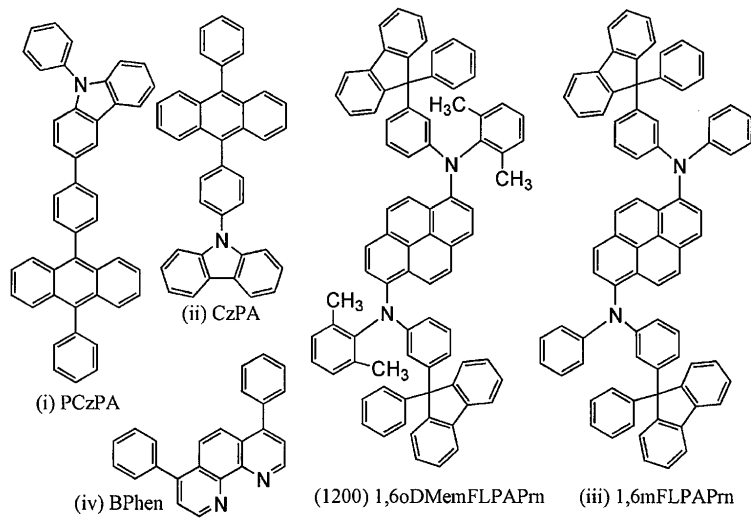
[0376] 측정 결과를 도 17에 나타내었다. 도 17을 보면, 1,6oDMemFLPAPrn의 톨루엔 용액은 438nm 부근에 흡수 피크가 나타나고, 박막은 443nm 부근, 421nm 부근, 400nm 부근, 382nm 부근, 310nm 부근, 301nm 부근, 263nm 부근, 및 246nm 부근에 흡수 피크가 나타났다. 또한, 톨루엔 용액의 발광 파장의 피크는 457nm 부근, 박막의 발광 파장의 피크는 530nm 부근, 497nm 부근, 및 464nm 부근에 나타났다.

[0377] 또한, 박막 상태의 1,6oDMemFLPAPrn의 이온화 퍼텐셜의 값을 대기 중에서 광전자 분광법(리켄 계기사 제조, AC-3)으로 측정하였다. 얻어진 이온화 퍼텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, 1,6oDMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.61eV이었다. 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터로부터, 직접 전이를 가정한  $T_{auc}$  플롯으로부터 구한 1,6oDMemFLPAPrn의 흡수단은 2.69eV이었다. 따라서, 1,6oDMemFLPAPrn의 고체 상태의 광학적 에너지 갭은 2.69eV라고 어렵잡을 수 있고, 앞서 얻은 HOMO 준위와 이 에너지 갭의 값으로부터, 1,6oDMemFLPAPrn의 LUMO 준위를 -2.92V라고 어렵잡을 수 있다.

[0378] (실시예 2)

[0379] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 1) 및 비교 발광 소자 1에 대하여 설명한다. 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1에 사용한 유기 화합물의 구조식을 이하에서 나타낸다.





[0380]

[0381] (발광 소자 1의 제작 방법)

[0382] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다. 여기서 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능하는 전극이다.

[0383] 다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전(前) 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃로 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0384] 이 후, 내부 압력이 약  $10^{-4}$ Pa까지 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃로 30분 동안 진공 소성한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭(放冷)하였다.

[0385] 다음에, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽이 되도록 제 1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고 약  $10^{-4}$ Pa까지 감압하고 나서, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 표시되는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA)과 산화 몰리브데넘(VI)을 저장 가열을 이용한 증착법에 의하여 공증착함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다. 그 막 두께는 50nm로 하고, PCzPA:산화 몰리브데넘=4:2[중량비]가 되도록 조절하였다. 또한 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 수행하는 증착법이다.

[0386] 다음에, 정공 주입층(111) 위에 PCzPA를 막 두께 10nm로 성막하여 정공 수송층(112)을 형성하였다.

[0387] 또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조식(ii)으로 표시되는 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA) 및 상기 구조식(1200)으로 표시되는 N,N'-비스(2,6-다이메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6oDMemFLPAPrn)을 CzPA:1,6oDMemFLPAPrn=1:0.01[중량비]이 되도록 막 두께 25nm로 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0388] 다음에, 발광층(113) 위에 CzPA를 막 두께 10nm로 성막하고, 그 위에 상기 구조식(iv)으로 표시되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께 15nm로 성막하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0389] 전자 수송층(114)을 형성하고 나서, 불화 리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착하여 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막에 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm로 증착함으로써, 본 실시예에 따른 발광 소자 1을 제작하였다.

[0390] (발광 소자 2의 제작 방법)

[0391] 발광 소자 2는, 발광 소자 1의 발광층(113)의 CzPA와 1,6oDMemFLPAPrn을 CzPA:1,6oDMemFLPAPrn=1:0.03[중량비]이 되도록 막 두께 25nm로 공증착하여 발광층(113)을 형성한 이외에는 발광 소자 1과 마찬가지로 제작하였다.

[0392] (비교 발광 소자 1의 제작 방법)

[0393] 비교 발광 소자 1은, 발광 소자 1의 발광층(113)에서의 1,6oDMemFLPAPrn 대신에, 상기 구조식(iii)으로 표시되

는 N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mFLPAPrn)을 사용한 이외에는 발광 소자 1과 마찬가지로 제작하였다.

[0394] 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 소자 구조를 정리한 표를 나타낸다.

[0395] [표 2]

	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층
	50nm	10nm	25nm	10nm	15nm	
발광 소자 1	PCzPA:MoOx 4:2	PCzPA	CzPA:1,6oDMemFLPAPrn 1:0.01	CzPA	BPhen	LiF
발광 소자 2			CzPA:1,6oDMemFLPAPrn 1:0.03			
비교 발광 소자 1			CzPA:1,6mFLPAPrn 1:0.03			

[0396]

[0397] 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1을 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판에 의하여 밀봉하는 작업(밀봉재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃로 1시간의 가열 처리)을 수행한 후, 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0398] 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전류 효율 특성을 도 18에, 전압-휘도 특성을 도 19에, 전압-전류 특성을 도 20에, 휘도-파워 효율 특성을 도 21에, 휘도-외부 양자 효율 특성을 도 22에, 발광 스펙트럼을 도 23에 각각 나타내었다.

[0399] 상술한 결과로부터, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1은 양쪽 모두가 양호한 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 도 23의 (B)는 도 23의 (A)에서의 400nm~600nm의 범위를 확대한 스펙트럼이다. 도 23의 (B)를 보면, 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 스펙트럼은 비교 발광 소자 1의 스펙트럼에 비하여 좁고, 그 피크 파장도 단파장화된 것을 알 수 있다.

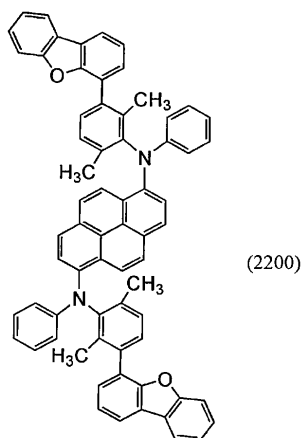
[0400] 또한, 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 외부 양자 효율은 비교 발광 소자 1과 거의 같은 수치를 나타내었다. 따라서, 도 23의 발광 스펙트럼은 최대값을 1로 정규화하였지만, 실제로는 외부 양자 효율이 거의 같고, 스펙트럼의 반치폭이 좁은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 발광 강도의 최대값은 비교 발광 소자 1보다 큰 것을 알 수 있다. 이에 더하여, 캐비티 효과에 의하여 감소되는 광이나, 컬러 필터로 차단되는 광이 적은 것을 감안하면, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 1,6oDMemFLPAPrn을 사용함으로써, 발광 효율이 매우 양호하거나, 또는 소비 전력이 매우 작은 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0401] 또한, 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1을 2.81mA로 정전류 구동시키고, 초기 휘도를 100으로 한 경우의 구동 시간에 따른 휘도 변화를 측정한 결과를 도 24에 나타내었다. 도 24를 보면, 발광 소자 1, 발광 소자 2, 및 비교 발광 소자 1은 모두가 양호한 특성을 갖는 발광 소자임을 알 수 있다.

[0402] 상술한 바와 같이, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(본 실시예에서는 1,6oDMemFLPAPrn)를 형광 발광 물질로서 사용한 발광 소자 1은, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(1,6mFLPAPrn)를 사용한 비교 발광 소자 1과 동등한 특성을 갖고, 비교 발광 소자 1보다 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 발광 스펙트럼을 갖는 발광 소자임을 알 수 있었다.

[0403] (실시예 3)

[0404] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물인 N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)-2,6-다이메틸페닐]-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mFrBAPrn-04)의 합성 방법에 대하여 설명한다. 1,6mFrBAPrn-04의 구조식을 이하에서 나타낸다.



[0405]

[0406]

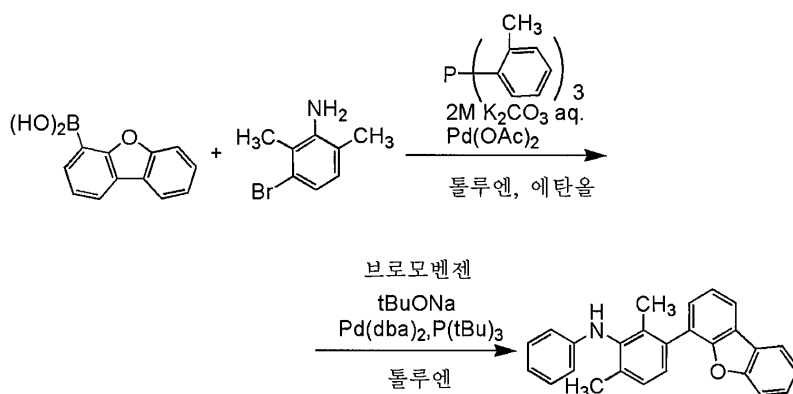
<스텝 1: N-[3-(다이벤조퓨란-4-일)-2,6-다이메틸페닐]-N-페닐아민(약칭: mFrBA-04)의 합성>

[0407]

3-브로모-2,6-다이메틸아닐린 5.2g(26.1mmol)을 200mL의 3구 플라스크에 넣고, 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 플라스크에 톨루엔 98.0mL, 에탄올32.0mL, 4-다이벤조퓨란보론산6.6g(31.3mmol), 트리스(2-메틸페닐)포스핀 0.4g(1.3mmol), 탄산 칼륨 수용액(2mol/L) 25.8mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 탈기한 후, 아세트산 팔라듐(II) 0.09g(0.4mmol)을 첨가하였다. 이 혼합물을 90℃로 하고 15.5시간 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물에 톨루엔과 물을 첨가하고 유기층과 수성층을 분리하고 나서, 수성층에 대하여 톨루엔을 사용하여 2번, 아세트산 에틸을 사용하여 2번 추출을 수행하였다. 이 추출 용액과 유기층을 합치고 황산 마그네슘을 사용하여 건조시켰다. 얻어진 혼합물을 자연 여과하여 황산 마그네슘을 제거하고, 여과액을 농축하여 고체를 얻었다.

[0408]

다음에, 나트륨 tert-부톡사이드 4.0g(42.0mmol)을 200mL의 3구 플라스크에 넣고 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 플라스크에 톨루엔 30.0mL, 얻어진 상기 고체 4.0g을 톨루엔 40.0mL에 용해시킨 것, 2-브로모벤젠 1.5mL(13.9mmol), 트라이(tert-부틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.5mL를 첨가한 후, 이 혼합물에 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 33.1mg(0.1mmol)을 첨가하고, 80℃로 하고 10.2시간 교반하였다. 교반 후, 플로리실, 셀라이트, 알루미늄을 통하여 흡인 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축함으로써 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카젤 칼럼 크로마토그래피(전개 용매는 헥산:톨루엔=3:1)에 의하여 정제하여, 목적의 화합물 3.3g을 수율 89%로 얻었다. 스텝 1의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0409]

[0410]

얻어진 물질의  $^1\text{H}$  NMR 데이터를 이하에서 나타낸다.

[0411]

$^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz):  $\delta$ =2.09(s, 3H), 2.31(s, 3H), 5.34(s, 1H), 6.63(d, J=8.0Hz, 2H), 6.78(t, J=7.5Hz, 1H), 7.19-7.27(m, 4H), 7.33-7.45(m, 4H), 7.52(d, J=8.0Hz, 1H), 7.95-7.99(m, 2H).

[0412]

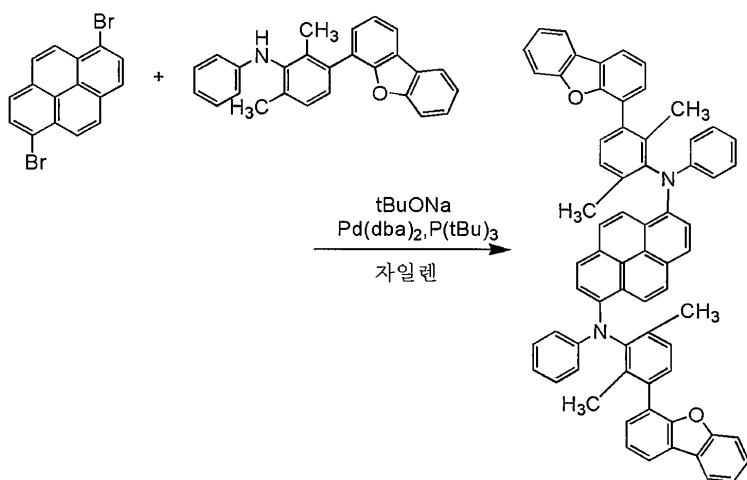
$^1\text{H}$  NMR 차트를 도 27에 나타내었다. 또한, 도 27의 (B)는 도 27의 (A)에서의 7ppm~8.25ppm의 범위를 확대한 차트이다. 이를 보면, mFrBA-04가 얻어진 것을 알 수 있다.

[0413]

<스텝 2: N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)-2,6-다이메틸페닐]-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mFrBAPrn-04)의 합성>



[0414] 1,6-다이브로모페렌 0.8g(2.2mmol), N-[3-(다이벤조퓨란-4-일)-2,6-다이메틸페닐]-N-페닐아민 1.6g(4.4mmol), 나트륨 tert-부톡사이드 0.6g(6.6mmol)을 100mL의 3구 플라스크에 넣고 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 혼합물에 자일렌 22.0mL, 트라이(tert-부틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.5mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 80℃로 하고, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 37.2mg(0.1mmol)을 첨가한 후, 교반하면서 7.3시간 환류시켰다. 교반 후, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 40.2mg(0.1mmol)을 첨가하고 8.3시간 교반하고 나서, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 41.0mg(0.1mmol)을 더 첨가하고 8.5시간 교반하였다. 교반 후, 혼합물을 흡인 여과하고 얻어진 여과물을 톨루엔에 용해시키고 나서, 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 540-00135), 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 531-16855), 알루미늄을 통하여 흡인 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카 젤 칼럼 크로마토그래피(전개 용매는 헥산:톨루엔=3:1)에 의하여 정제하고 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 톨루엔과 헥산의 혼합 용매를 사용하여 재결정화하여, 목적의 황색 고체 0.8g을 수율 42%로 얻었다. 스텝 2의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0415]

[0416] 얻어진 황색 고체 0.8g을, 트레인 서블리메이션법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제 조건으로서는, 압력  $4.1 \times 10^{-2}$  Pa, 아르곤 가스를 흘리지 않고 352℃로 황색 고체를 가열하였다. 승화 정제 후, 목적물의 황색 고체 0.7g을 회수율 78%로 얻었다.

[0417] 얻어진 물질을  $^1\text{H}$  NMR로 측정하였다. 측정 데이터를 하기에서 나타낸다.

[0418]  $^1\text{H}$  NMR(CDCl<sub>3</sub>, 500MHz):  $\delta$ =2.00(d, J=5.0Hz, 6H), 2.19(d, J=5.5Hz, 6H), 6.73-6.89(m, 6H), 7.14-7.46(m, 18H), 7.61(d, J=8.5Hz, 2H), 7.81(d, J=9.0Hz, 2H), 7.92-8.02(m, 8H).

[0419] 또한,  $^1\text{H}$  NMR 차트를 도 28에 나타내었다. 또한, 도 28의 (B)는 도 28의 (A)에서의 6.50ppm~8.25ppm의 범위를 확대한 차트이다. 이를 보면, 상술한 구조식(2200)으로 표시되는 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물인 1,6mFrBAPrn-04가 얻어진 것을 알 수 있다.

[0420] 얻어진 1,6mFrBAPrn-04의 열 중량 측정-시차 열 분석을 수행하였다. 측정에는 고진공 차동형 시차 열 천칭(Bruker AXS K.K. 제조, TG-DTA2410SA)을 사용하였다. 상압, 승온 속도 10℃/min, 질소 기류 하(유속 200mL/min)의 조건에서 측정한 결과, 중량과 온도의 관계(열 중량 측정)로부터, 5% 중량 감소 온도는 487℃이며, 양호한 내열성을 나타내었다.

[0421] 또한, 1,6mFrBAPrn-04를 액체 크로마토그래피 질량 분석(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(약칭: LC/MS 분석))에 의하여 분석하였다. LC/MS 분석은 Acquity UPLC(Waters사 제조) 및 Xevo G2 ToF MS(Waters사 제조)를 이용하여 수행하였다.

[0422] MS 분석으로는 일렉트로 스프레이-이온화법(Electrospray Ionization(약칭: ESI))에 의한 이온화를 수행하였다. 이때의 캐필러리 전압은 3.0kV, 샘플 콘 전압은 30V로 하고, 검출은 포지티브 모드로 하여 수행하였다. 또한, 상술한 조건으로 이온화된 성분을 충돌실(collision cell) 내에서 아르곤 가스와 충돌시켜 프로덕트 이온으로 해리시켰다. 아르곤을 충돌시킬 때의 에너지(collision energy)는 70eV로 하였다. 또한, 측정하는 질량 범위는

m/z=100~1200으로 하였다. 측정 결과를 도 29에 나타내었다.

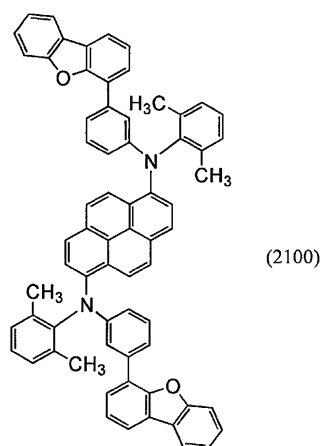
[0423] 다음에, 1,6mFrBAPrn-04의 톨루엔 용액 및 고체 박막의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 '흡수 스펙트럼'이라고 함), 발광 스펙트럼을 측정하였다. 고체 박막은 석영 기판 위에 진공 증착법에 의하여 성막하였다. 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조, V550형)를 이용하였다. 또한, 발광 스펙트럼의 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, FS920)를 이용하였다.

[0424] 측정 결과를 도 30에 나타내었다. 도 30을 보면, 1,6mFrBAPrn-04의 톨루엔 용액은 435nm 부근에 흡수 피크가 나타나고, 박막은 441nm 부근, 420nm 부근, 383nm 부근, 302nm 부근, 292nm 부근, 및 246nm 부근에 흡수 피크가 나타났다. 또한, 톨루엔 용액의 발광 파장의 피크는 452nm 부근, 박막의 발광 파장의 피크는 538nm 부근, 498nm 부근, 및 462nm 부근에 나타났다.

[0425] 또한, 박막 상태의 1,6mFrBAPrn-04의 이온화 퍼텐셜의 값을 대기 중에서 광전자 분광법(리켄 계기사 제조, AC-3)으로 측정하였다. 얻어진 이온화 퍼텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, 1,6mFrBAPrn-04의 HOMO 준위는 -5.66eV이었다. 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터로부터, 직접 전이를 가정한  $T_{auc}$  플롯으로부터 구한 1,6mFrBAPrn-04의 흡수단은 2.69eV이었다. 따라서, 1,6mFrBAPrn-04의 고체 상태의 광학적 에너지 갭은 2.69eV라고 어렵잡을 수 있고, 앞서 얻은 HOMO 준위와 이 에너지 갭의 값으로부터, 1,6mFrBAPrn-04의 LUMO 준위를 -2.97V라고 어렵잡을 수 있다.

[0426] (실시예 4)

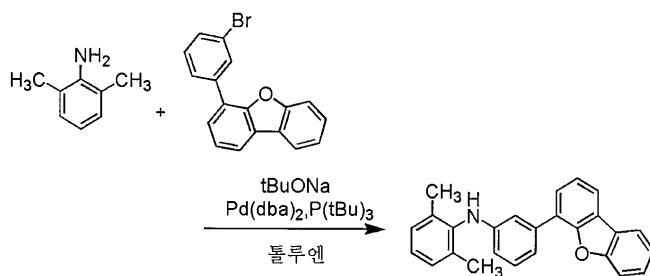
[0427] 본 실시예에서는, 본 발명의 일 형태에 따른 유기 화합물인 N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N,N'-비스(2,6-다이메틸페닐)피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6oDMemFrBAPrn)의 합성 방법에 대하여 설명한다. 1,6oDMemFrBAPrn의 구조식을 이하에서 나타낸다.



[0428]

[0429] <스텝 1: N-[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N-(2,6-다이메틸페닐)아민(약칭: oDMemFrBA)의 합성>

[0430] 4-(3-브로모페닐)다이벤조퓨란 4.4g(13.8mmol), 나트륨 tert-부톡사이드 4.0g(41.3mmol)을 200mL의 3구 플라스크에 넣고 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 혼합물에 2,6-다이메틸아닐린 2.6mL(21.0mmol), 톨루엔 65.0mL, 트라이(tert-부틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.5mL, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔류덤(0) 57.4mg(0.1mmol)을 첨가한 후, 이 혼합물을 90℃로 하고 6.5시간 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물에 톨루엔과 물을 첨가하고 유기층과 수성층을 분리하고 나서, 수성층에 대하여 톨루엔을 사용하여 3번 추출을 수행하였다. 추출 용액과 유기층을 합치고 황산 마그네슘을 사용하여 건조시켰다. 얻어진 혼합물을 자연 여과하여 황산 마그네슘을 제거하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 실리카겔 칼럼 크로마토그래피(전개 용매는 헥산:톨루엔=5:1)에 의하여 정제하여, 목적의 화합물 4.9g을 수율 98%로 얻었다. 스텝 1의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0431]

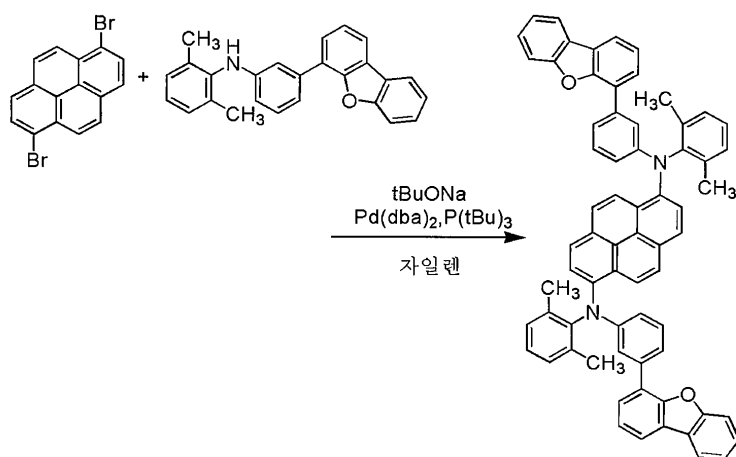
[0432] 또한, 얻어진 물질의  $^1\text{H}$  NMR 데이터를 이하에서 나타낸다.

[0433]  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500MHz):  $\delta$ =2.32(s, 6H), 5.35(s, 1H), 6.60-6.62(m, 1H), 7.06-7.10(m, 2H), 7.15(d, J=7.5Hz, 2H), 7.28-7.39(m, 4H), 7.46(t, J=8.0Hz, 1H), 7.55-7.57(m, 2H), 7.89(d, J=7.5Hz, 1H), 7.96(d, J=8.0Hz, 1H).

[0434] 또한,  $^1\text{H}$  NMR 차트를 도 31에 나타내었다. 또한, 도 31의 (B)는 도 31의 (A)에서의 6.5ppm~8.25ppm의 범위를 확대한 차트이다. 이를 보면, oDMemFrBA가 얻어진 것을 알 수 있다.

[0435] <스텝 2: N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N,N'-비스(2,6-다이메틸페닐)피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6oDMemFrBAPrN)의 합성>

[0436] 1,6-다이브로모피렌 0.8g(2.2mmol), N-[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N-(2,6-다이메틸페닐)아민 1.6g(4.3mmol), 나트륨 tert-부톡사이드 0.6g(6.6mmol)을 100mL의 3구 플라스크에 넣고 플라스크 내를 질소로 치환하였다. 이 혼합물에 자일렌 21.0mL, 트라이(tert-부틸)포스핀의 10% 헥산 용액 0.8mL를 첨가하였다. 이 혼합물을 80℃로 하고, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 31.2mg(0.1mmol)을 첨가하고 3.0시간 교반하였다. 교반 후, 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0) 27.2mg(0.05mmol)을 첨가하고 120℃로 하고 1.5시간 교반하였다. 교반 후, 혼합물을 흡인 여과하여 얻어진 여과물을 톨루엔에 용해시켰다. 이 혼합물을 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 540-00135), 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 제조, 카탈로그 번호: 531-16855), 알루미늄을 통하여 흡인 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 톨루엔을 사용하여 세정하여, 목적의 고체 0.6g을 수율 30%로 얻었다. 스텝 2의 합성 스킴을 이하에서 나타낸다.



[0437]

[0438] 얻어진 고체 0.6g을, 트레인 서블리메이션법에 의하여 승화 정제하였다. 승화 정제 조건으로서는, 압력  $1.3 \times 10^{-2}$  Pa, 아르곤 가스를 흘리지 않고 330℃로 2.0시간, 338℃로 2.5시간 고체를 가열하였다. 승화 정제 후, 1,6oDMemFrBAPrN의 고체 0.4g을 회수율 69%로 얻었다.

[0439] 얻어진 1,6oDMemFrBAPrN의 열 중량 측정-시차 열 분석을 수행하였다. 측정에는 고진공 차동형 시차 열 천칭(Bruker AXS K.K. 제조, TG-DTA2410SA)을 사용하였다. 상압, 승온 속도 10℃/min, 질소 기류 하(유속 200mL/min)의 조건에서 측정한 결과, 중량과 온도의 관계(열 중량 측정)로부터, 5% 중량 감소 온도는

476℃이며, 양호한 내열성을 나타내었다.

[0440] 또한, 1,6oDMemFrBAPrn을 액체 크로마토그래피 질량 분석(Liquid Chromatography Mass Spectrometry(약칭: LC/MS 분석))에 의하여 분석하였다. LC/MS 분석은 Acquity UPLC(Waters사 제조) 및 Xevo G2 ToF MS(Waters사 제조)를 이용하여 수행하였다.

[0441] MS 분석으로는 일렉트로 스프레이-이온화법(Electrospray Ionization(약칭: ESI))에 의한 이온화를 수행하였다. 이 때의 캐필러리 전압은 3.0kV, 샘플 콘 전압은 30V로 하고, 검출은 포지티브 모드로 하여 수행하였다. 또한, 상술한 조건으로 이온화된 성분을 충돌실(collision cell) 내에서 아르곤 가스와 충돌시켜 프로덕트 이온으로 해리시켰다. 아르곤을 충돌시킬 때의 에너지(collision energy)는 70eV로 하였다. 또한, 측정하는 질량 범위는  $m/z=100\sim1200$ 으로 하였다. 측정 결과를 도 32에 나타내었다.

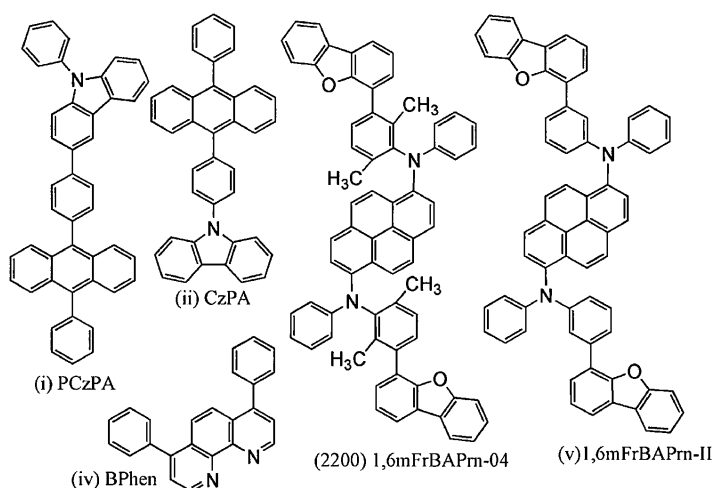
[0442] 다음에, 1,6oDMemFrBAPrn의 톨루엔 용액 및 고체 박막의 자외 가시 흡수 스펙트럼(이하, 단순히 '흡수 스펙트럼'이라고 함), 발광 스펙트럼을 측정하였다. 고체 박막은 석영 기판 위에 진공 증착법에 의하여 성막하였다. 흡수 스펙트럼의 측정에는 자외 가시 분광 광도계(JASCO Corporation 제조, V550형)를 이용하였다. 또한, 발광 스펙트럼의 측정에는 형광 광도계(Hamamatsu Photonics K.K. 제조, FS920)를 이용하였다.

[0443] 측정 결과를 도 33에 나타내었다. 도 33을 보면, 1,6oDMemFrBAPrn의 톨루엔 용액은 436nm 부근에 흡수 피크가 나타나고, 박막은 443nm 부근, 419nm 부근, 403nm 부근, 381nm 부근, 302nm 부근, 및 246nm 부근에 흡수 피크가 나타났다. 또한, 톨루엔 용액의 발광 파장의 피크는 453nm 부근, 박막의 발광 파장의 피크는 550nm 부근, 532nm 부근, 및 462nm 부근, 및 442nm 부근에 나타났다.

[0444] 또한, 박막 상태의 1,6oDMemFrBAPrn의 이온화 퍼텐셜의 값을 대기 중에서 광전자 분광법(리켄 계기사 제조, AC-3)으로 측정하였다. 얻어진 이온화 퍼텐셜의 값을 음의 값으로 환산한 결과, 1,6oDMemFrBAPrn의 HOMO 준위는 -5.67eV이었다. 박막의 흡수 스펙트럼의 데이터로부터, 직접 전이를 가정한  $T_{auc}$  플롯으로부터 구한 1,6oDMemFrBAPrn의 흡수단은 2.68eV이었다. 따라서, 1,6oDMemFrBAPrn의 고체 상태의 광학적 에너지 갭은 2.68eV라고 어렵잡을 수 있고, 앞서 얻은 HOMO 준위와 이 에너지 갭의 값으로부터, 1,6oDMemFrBAPrn의 LUMO 준위를 -2.99V라고 어렵잡을 수 있다.

[0445] (실시예 5)

[0446] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 3) 및 비교 발광 소자 2에 대하여 설명한다. 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2에 사용한 유기 화합물의 구조식을 이하에서 나타낸다.



[0447]

[0448] (발광 소자 3의 제작 방법)

[0449] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은  $2\text{mm}\times2\text{mm}$ 로 하였다. 여기서 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능하는 전극이다.

[0450] 다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃로 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

- [0451] 이 후, 내부 압력이 약  $10^{-4}$ Pa까지 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃로 30분 동안 진공 소성한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.
- [0452] 다음에, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽이 되도록 제 1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고 약  $10^{-4}$ Pa까지 감압하고 나서, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 표시되는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA)과 산화 몰리브데넘(VI)을 저항 가열을 이용한 증착법에 의하여 공증착함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다. 그 막 두께는 50nm로 하고, PCzPA:산화 몰리브데넘=4:2[중량비]가 되도록 조절하였다. 또한 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 수행하는 증착법이다.
- [0453] 다음에, 정공 주입층(111) 위에 PCzPA를 막 두께 10nm로 성막하여 정공 수송층(112)을 형성하였다.
- [0454] 또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조식(ii)으로 표시되는 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA) 및 상기 구조식(2200)으로 표시되는 N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)-2,6-다이메틸페닐]-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mFrBAPrn-04)을 CzPA:1,6mFrBAPrn-04=1:0.03[중량비]이 되도록 막 두께 25nm로 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.
- [0455] 다음에, 발광층(113) 위에 CzPA를 막 두께 10nm로 성막하고, 그 위에 상기 구조식(iv)으로 표시되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께 15nm로 성막하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.
- [0456] 전자 수송층(114)을 형성하고 나서, 불화 리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착하여 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막에 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm로 증착함으로써, 본 실시예에 따른 발광 소자 3을 제작하였다.
- [0457] (비교 발광 소자 2의 제작 방법)
- [0458] 비교 발광 소자 2는, 발광 소자 3의 발광층(113)에서의 1,6mFrBAPrn-04 대신에, 상기 구조식(v)으로 표시되는 N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N,N'-다이페닐피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mFrBAPrn-II)을 사용한 이외에는 발광 소자 3과 마찬가지로 제작하였다.
- [0459] 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 소자 구조를 정리한 표를 나타낸다.

[표 3]

	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층
	50nm	10nm	25nm	10nm	15nm	
발광 소자 3	PCzPA:MoOx 4:2	PCzPA	CzPA:1,6mFrBAPrn-04 1:0.03	CzPA	BPhen	LiF
비교 발광 소자 2			CzPA:1,6mFrBAPrn-II 1:0.03			

- [0461]
- [0462] 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2를 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판에 의하여 밀봉하는 작업(밀봉재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃로 1시간의 가열 처리)을 수행한 후, 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.
- [0463] 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성을 도 34에, 전압-휘도 특성을 도 35에, 전압-전류 특성을 도 36에, 휘도-파워 효율 특성을 도 37에, 휘도-외부 양자 효율 특성을 도 38에, 발광 스펙트럼을 도 39에 각각 나타내었다.
- [0464] 상술한 결과로부터, 발광 소자 3 및 비교 발광 소자 2는 양쪽 모두가 양호한 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 특히, 실용 휘도인  $100\text{cd/m}^2$  이상의 휘도 영역에서는, 발광 소자 3은 비교 발광 소자 2보다 양호한 특성을 나타내었다. 또한, 도 39의 (B)는 도 39의 (A)에서의 400nm~600nm의 범위를 확대한 스펙트럼이다. 도 39의 (B)를 보면, 발광 소자 3의 스펙트럼은 비교 발광 소자 2의 스펙트럼에 비하여 좁고, 그 피크 파장도 단파장화된 것을 알 수 있다.
- [0465] 또한, 실용 휘도에서의 발광 소자 3의 외부 양자 효율은 비교 발광 소자 2보다 양호한 수치를 나타내었다. 따라서, 도 39의 발광 스펙트럼은 최대값을 1로 정규화하였지만, 실제로는 외부 양자 효율이 양호하고, 스펙트럼



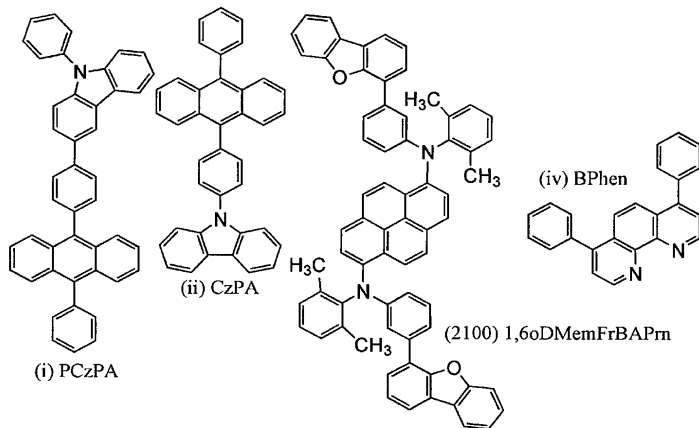
의 반치폭이 좁은 발광 소자 3의 발광 강도의 최대값은 비교 발광 소자 2보다 큰 것을 알 수 있다. 이에 더하여, 캐비티 효과에 의하여 감소되는 광이나, 컬러 필터로 차단되는 광이 적은 것을 감안하면, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 1,6mFrBAPrn-04를 사용함으로써, 발광 효율이 매우 양호하거나, 또는 소비 전력이 매우 작은 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0466] 또한, 발광 소자 3에 대하여 2.5mA로 정전류 구동을 수행한 결과, 260시간 경과 후에도 66%의 휘도를 유지하였다. 이와 같이, 다이페닐아민의 2개의 페닐기 중 다이벤조퓨란일기가 치환된 페닐기에 메틸기가 2개 결합된 1,6mFrBAPrn-04는, 신뢰성도 양호한 발광 소자를 제작할 수 있는 유기 화합물이다.

[0467] 상술한 바와 같이, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(본 실시예에서는 1,6mFrBAPrn-04)를 형광 발광 물질로서 사용한 발광 소자 3은, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(1,6mFrBAPrn-II)를 사용한 비교 발광 소자 2와 동등하거나 비교 발광 소자 2보다 좋은 특성을 갖고, 비교 발광 소자 2보다 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 발광 스펙트럼을 갖는 발광 소자임을 알 수 있었다.

[0468] (실시예 6)

[0469] 본 실시예에서는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자(발광 소자 4)에 대하여 설명한다. 발광 소자 4에 사용한 유기 화합물의 구조식을 이하에서 나타낸다.



[0470]

[0471] (발광 소자 4의 제작 방법)

[0472] 우선, 유리 기판 위에 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법으로 성막하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 그 막 두께는 110nm로 하고, 전극 면적은 2mm×2mm로 하였다. 여기서 제 1 전극(101)은 발광 소자의 양극으로서 기능하는 전극이다.

[0473] 다음에, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전 처리로서 기판 표면을 물로 세정하고 200℃로 1시간 소성한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0474] 이 후, 내부 압력이 약  $10^{-4}$  Pa까지 감압된 진공 증착 장치에 기판을 도입하고, 진공 증착 장치 내의 가열실에서 170℃로 30분 동안 진공 소성한 후, 기판을 약 30분 동안 방랭하였다.

[0475] 다음에, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽이 되도록 제 1 전극(101)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하고 약  $10^{-4}$  Pa까지 감압하고 나서, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 표시되는 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: PCzPA)과 산화 몰리브데넘(VI)을 저장 가열을 이용한 증착법에 의하여 공증착함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다. 그 막 두께는 50nm로 하고, PCzPA:산화 몰리브데넘=4:2[중량비]가 되도록 조절하였다. 또한 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 수행하는 증착법이다.

[0476] 다음에, 정공 주입층(111) 위에 PCzPA를 막 두께 10nm로 성막하여 정공 수송층(112)을 형성하였다.

[0477] 또한, 정공 수송층(112) 위에, 상기 구조식(ii)으로 표시되는 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA) 및 상기 구조식(2100)으로 표시되는 N,N'-비스[3-(다이벤조퓨란-4-일)페닐]-N,N'-비스(2,6-다이메틸페

닐)피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6oDMemFrBAPrn)을 CzPA:1,6oDMemFrBAPrn=1:0.03[중량비]이 되도록 막 두께 25nm로 공증착하여 발광층(113)을 형성하였다.

[0478] 다음에, 발광층(113) 위에 CzPA를 막 두께 10nm로 성막하고, 그 위에 상기 구조식(iv)으로 표시되는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 막 두께 15nm로 성막하여 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0479] 전자 수송층(114)을 형성하고 나서, 불화 리튬(LiF)을 막 두께 1nm로 증착하여 전자 주입층(115)을 형성하고, 마지막에 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)으로서 알루미늄을 막 두께 200nm로 증착함으로써, 본 실시예에 따른 발광 소자 4를 제작하였다.

[0480] 발광 소자 4의 소자 구조를 정리한 표를 나타낸다.

	정공 주입층	정공 수송층	발광층	전자 수송층		전자 주입층
	50nm	10nm	25nm	10nm	15nm	
발광 소자 4	PCzPA:MoOx 4:2	PCzPA	CzPA:1,6oDMemFrBAPrn 1:0.03	CzPA	BPhen	LiF

[0481]

[0482] 발광 소자 4를 질소 분위기의 글로브 박스 내에서 대기에 노출시키지 않도록 유리 기판에 의하여 밀봉하는 작업(밀봉재를 소자의 주위에 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃로 1시간의 가열 처리)을 수행한 후, 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 또한, 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0483] 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 도 40에, 전압-휘도 특성을 도 41에, 전압-전류 특성을 도 42에, 휘도-파워 효율 특성을 도 43에, 휘도-외부 양자 효율 특성을 도 44에, 발광 스펙트럼을 도 45에 각각 나타내었다.

[0484] 상술한 결과로부터, 발광 소자 4는 양호한 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 도 45의 (B)는 도 45의 (A)에서의 400nm~600nm의 범위를 확대한 스펙트럼에, 실시예 5에서 제작한 비교 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 참고로 겹친 것이다. 도 45의 (B)를 보면, 발광 소자 4의 스펙트럼은 비교 발광 소자 2의 스펙트럼에 비하여 좁고, 그 피크 파장도 단파장화된 것을 알 수 있다.

[0485] 또한, 실용 휘도에서의 발광 소자 4의 외부 양자 효율은 실시예 5의 비교 발광 소자 2와 거의 같은 수치를 나타내었다. 따라서, 도 45의 발광 스펙트럼은 최대값을 1로 정규화하였지만, 실제로는 외부 양자 효율이 거의 같고, 스펙트럼의 반치폭이 좁은 발광 소자 4의 발광 강도의 최대값은 비교 발광 소자 2보다 큰 것을 알 수 있다. 이에 더하여, 캐비티 효과에 의하여 감쇠되는 광이나, 컬러 필터로 차단되는 광이 적은 것을 감안하면, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 1,6oDMemFrBAPrn을 사용함으로써, 발광 효율이 매우 양호하거나, 또는 소비 전력이 매우 작은 발광 소자를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

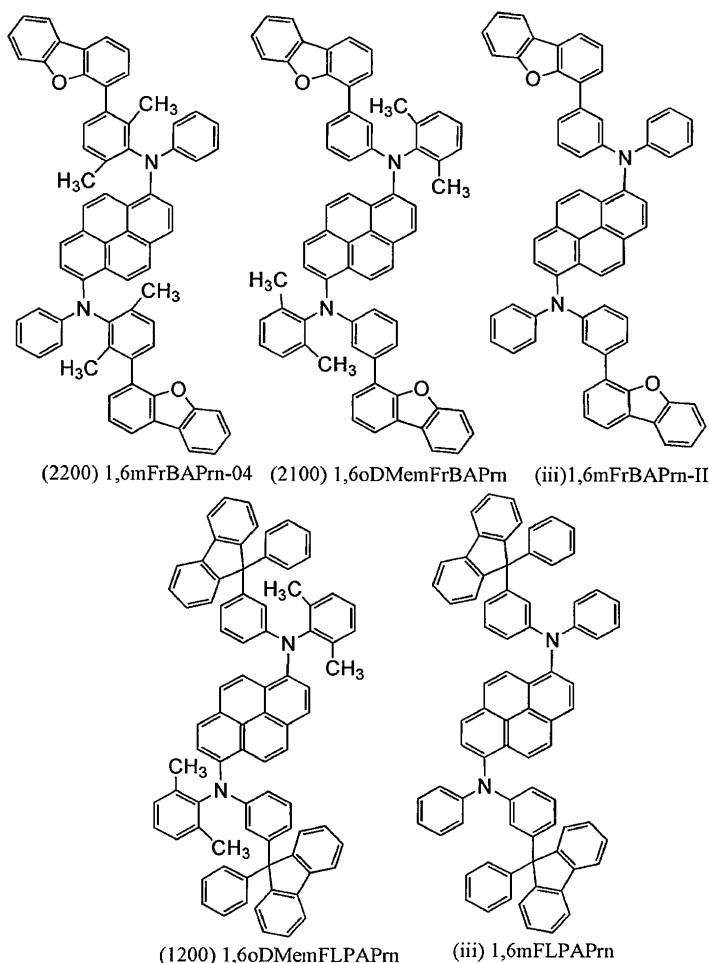
[0486] 또한, 발광 소자 4에 대하여 2.5mA로 정전류 구동을 수행한 결과, 89시간 경과 후에 65%의 휘도를 유지하였다.

[0487] 상술한 바와 같이, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(본 실시예에서는 1,6oDMemFrBAPrn)를 형광 발광 물질로서 사용한 발광 소자 4는, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체(1,6mFrBAPrn-II)를 사용한 비교 발광 소자 2에 비하여 발광 스펙트럼의 반치폭이 좁은 발광 스펙트럼을 갖는 발광 소자임을 알 수 있었다.

[0488] (실시예 7)

[0489] 본 실시예에서는, 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에서, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에 있어서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환된, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체의 발광 스펙트럼과, 이 구조를 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체의 발광 스펙트럼을 비교한 결과를 나타낸다.

[0490] 본 실시예에서 사용한 유기 화합물의 구조식을 나타낸다.



[0491]

[0492] 상기 유기 화합물 중 1,6mFrBAPrn-04, 1,6oDMemFrBAPrn, 및 1,6oDMemFLPAPrn은 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이며, 상기 유도체가 갖는 2개의 다이페닐아미노기 각각에서, 상기 다이페닐아미노기가 갖는 2개의 페닐기 중 적어도 한쪽의 오르토 위치가 양쪽 모두 알킬기로 치환되어 있다. 또한, 1,6mFrBAPrn-II와 1,6mFLPAPrn은 상술한 바와 같은 구조를 갖지 않는 비교예로서의 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체이다.

[0493] 상기 구조식으로부터 알 수 있듯이, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체와, 비교예로서의 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체의 구조상 차이는, 다이페닐아민에 결합된 페닐기 또는 페닐렌기의 피렌 골격 측의 오르토 위치에 메틸기가 2개 결합되어 있는지 여부만이다.

[0494] 상기 화합물의 톨루엔 용액 중에서의 발광 스펙트럼을 도 25의 (A)~(C)에 나타내었다. 도 25의 (A)에는 1,6oDMemFrBAPrn과 1,6mFrBAPrn-II의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 25의 (B)에는 1,6mFrBAPrn-04와 1,6mFrBAPrn-II의 발광 스펙트럼을 나타내고, 도 25의 (C)에는, 1,6oDMemFLPAPrn과 1,6mFLPAPrn의 발광 스펙트럼을 나타내었다.

[0495] 어느 도면에서도, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체가 스펙트럼의 반치폭이 좁고, 피크 파장이 단파장화된 스펙트럼 형상을 나타내었다.

[0496] 또한, 상기 각 유기 화합물의 흡수 파장(에너지), 발광 파장(에너지), 및 그 차이를 하기 표에 나타내었다. 차이는 각 유기 화합물의 스토크스 이동에 상당한다.



[0497] [표 5]

	흡수 파장		발광 파장		차이	
	(nm)	(eV)	(nm)	(eV)	(nm)	(eV)
1,6mFrBAPrn-04	435	2.851	452	2.743	17	0.107
1,6oDMemFrBAPrn	436	2.844	453	2.737	17	0.107
1,6oDMemFLPAPrn	438	2.831	457	2.713	19	0.118
1,6mFrBAPrn-II	428	2.897	458	2.707	30	0.190
1,6mFLPAPrn	430	2.884	459	2.702	29	0.182

[0498]

[0499]

표 5를 보면, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체인 1,6mFrBAPrn-04, 1,6oDMemFrBAPrn, 및 1,6oDMemFLPAPrn은 모두 스토크스 이동이 0.18eV 이하이고, 비교예인 1,6mFrBAPrn-II와 1,6mFLPAPrn에 비하여 스토크스 이동이 작은 것을 알 수 있다. 또한, 스토크스 이동은 0.15eV 이하인 것이 바람직하고, 0.12eV 이하이면 더 바람직하다.

[0500]

이와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는, 상기 구성을 갖지 않는 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체에 비하여 스토크스 이동이 작은 물질임을 알 수 있었다. 그러므로, 본 발명의 일 형태에 따른 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체는 반치폭이 좁은 발광 스펙트럼을 갖는 발광을 나타내고, 색 순도가 양호한 청색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 상기 1,6-비스(다이페닐아미노)피렌 유도체를 사용한 발광 소자에 마이크로 캐비티 구조나 컬러 필터를 적용함으로써, 에너지 손실을 저감할 수 있기 때문에, 종래보다 효율이 좋고, 양호한 청색 발광을 나타내는 발광 소자를 용이하게 얻을 수 있게 된다. 또한, 작은 여기 에너지로 양호한 청색 발광을 얻을 수 있으므로, 소비 전력이 작은 발광 소자를 얻을 수 있다.

### 부호의 설명

[0501]

101: 제 1 전극

102: 제 2 전극

103: EL층

111: 정공 주입층

112: 정공 수송층

113: 발광층

114: 전자 수송층

115: 전자 주입층

400: 기판

401: 제 1 전극

403: EL층

404: 제 2 전극

405: 밀봉재

406: 밀봉재

407: 밀봉 기판

412: 패드

420: IC 칩

501: 제 1 전극

502: 제 2 전극

503: EL층  
 511: 제 1 발광 유닛  
 512: 제 2 발광 유닛  
 513: 전하 발생층  
 601: 구동 회로부(소스선 구동 회로)  
 602: 화소부  
 603: 구동 회로부(게이트선 구동 회로)  
 604: 밀봉 기관  
 605: 밀봉재  
 607: 공간  
 608: 배선  
 609: FPC(연성 인쇄 회로)  
 610: 소자 기관  
 611: 스위칭용 FET  
 612: 전류 제어용 FET  
 613: 제 1 전극  
 614: 절연물  
 616: EL층  
 617: 제 2 전극  
 618: 발광 소자  
 623: n채널형 FET  
 624: p채널형 FET  
 625: 건조제  
 901: 하우징  
 902: 액정층  
 903: 백 라이트 유닛  
 904: 하우징  
 905: 드라이버 IC  
 906: 단자  
 951: 기관  
 952: 전극  
 953: 절연층  
 954: 격벽층  
 955: EL층  
 956: 전극  
 1001: 기관

1002: 하지 절연막  
 1003: 게이트 절연막  
 1006: 게이트 전극  
 1007: 게이트 전극  
 1008: 게이트 전극  
 1020: 제 1 층간 절연막  
 1021: 제 2 층간 절연막  
 1022: 전극  
 1024W: 발광 소자의 제1 전극  
 1024R: 발광 소자의 제1 전극  
 1024G: 발광 소자의 제1 전극  
 1024B: 발광 소자의 제1 전극  
 1025: 격벽  
 1028: EL층  
 1029: 발광 소자의 제2 전극  
 1031: 밀봉 기관  
 1032: 밀봉재  
 1033: 투명한 기재  
 1034R: 적색 착색층  
 1034G: 녹색 착색층  
 1034B: 청색 착색층  
 1035: 흑색층(블랙 매트릭스)  
 1037: 제 3 층간 절연막  
 1040: 화소부  
 1041: 구동 회로부  
 1042: 주변부  
 2001: 하우징  
 2002: 광원  
 3001: 조명 장치  
 5000: 표시 영역  
 5001: 표시 영역  
 5002: 표시 영역  
 5003: 표시 영역  
 5004: 표시 영역  
 5005: 표시 영역  
 7101: 하우징

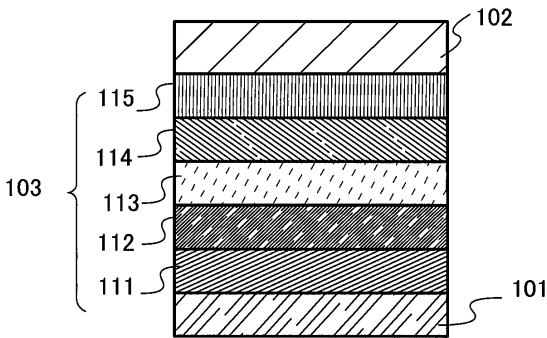
7103: 표시부  
7105: 스탠드  
7107: 표시부  
7109: 조작 키  
7110: 리모트 컨트롤러  
7201: 본체  
7202: 하우징  
7203: 표시부  
7204: 키보드  
7205: 외부 접속 포트  
7206: 포인팅 디바이스  
7210: 제 2 표시부  
7301: 하우징  
7302: 하우징  
7303: 연결부  
7304: 표시부  
7305: 표시부  
7306: 스피커부  
7307: 기록 매체 삽입부  
7308: LED 램프  
7309: 조작 키  
7310: 접속 단자  
7311: 센서  
7401: 하우징  
7402: 표시부  
7403: 조작 버튼  
7404: 외부 접속 포트  
7405: 스피커  
7406: 마이크로폰  
9033: 후크  
9034: 스위치  
9035: 전원 스위치  
9036: 스위치  
9038: 조작 스위치  
9630: 하우징  
9631: 표시부

- 9631a: 표시부
- 9631b: 표시부
- 9632a: 터치 패널 영역
- 9632b: 터치 패널 영역
- 9633: 태양 전지
- 9634: 충방전 제어 회로
- 9635: 배터리
- 9636: DC-DC 컨버터
- 9637: 조작 키
- 9638: 컨버터
- 9639: 버튼

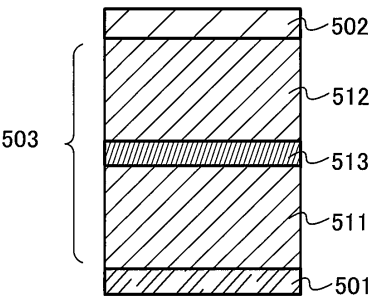
도면

도면1

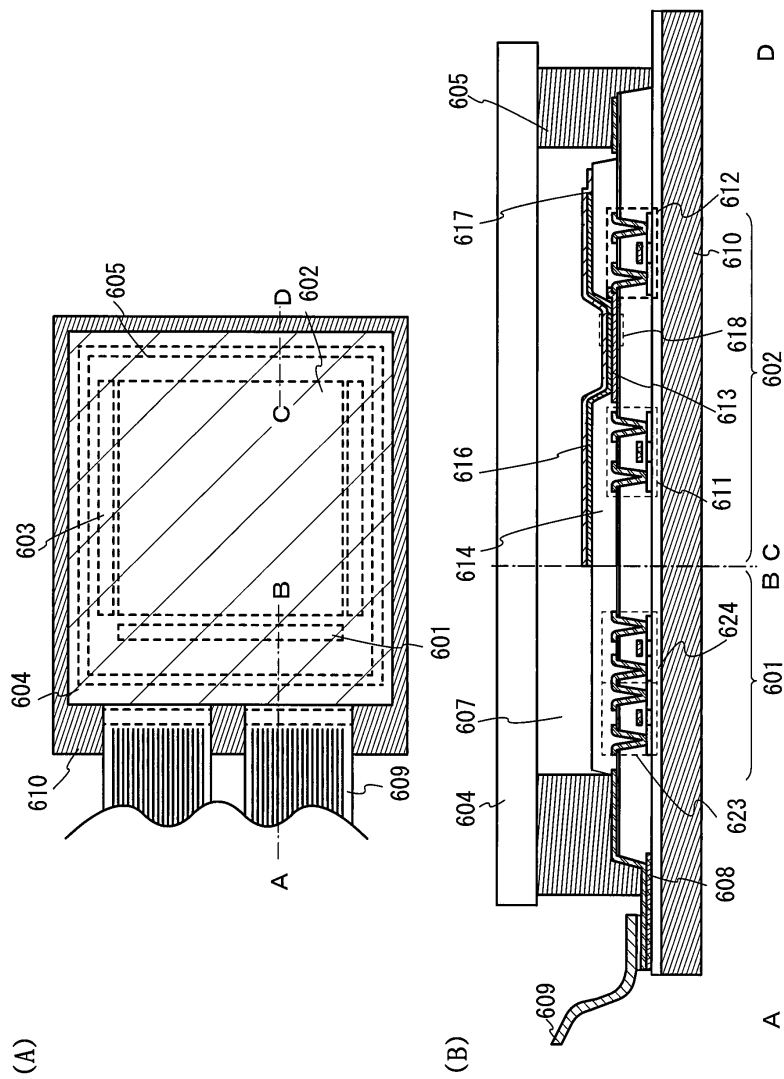
(A)



(B)

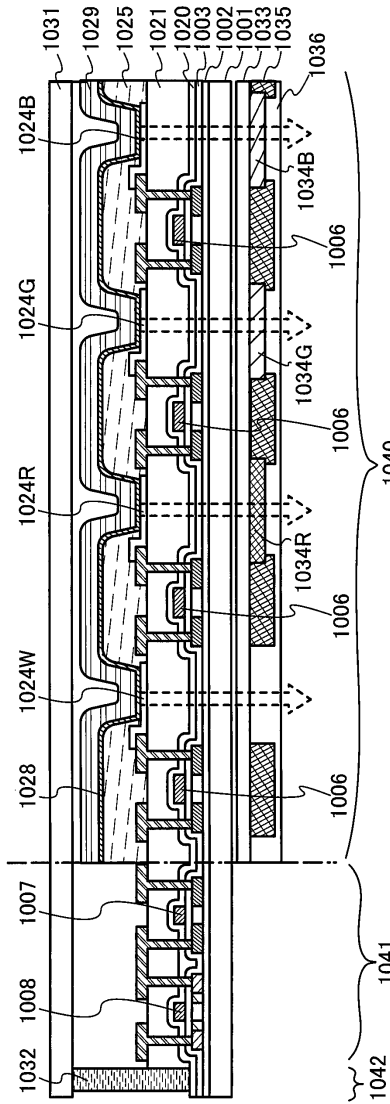


도면2

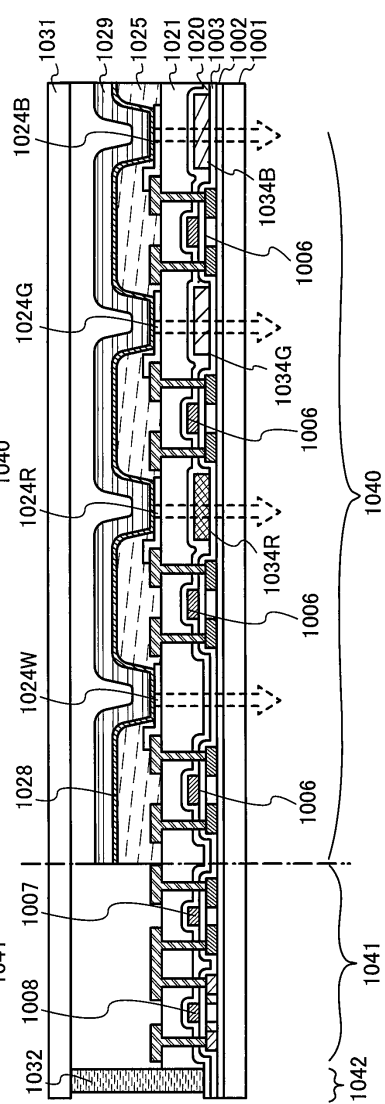


도면3

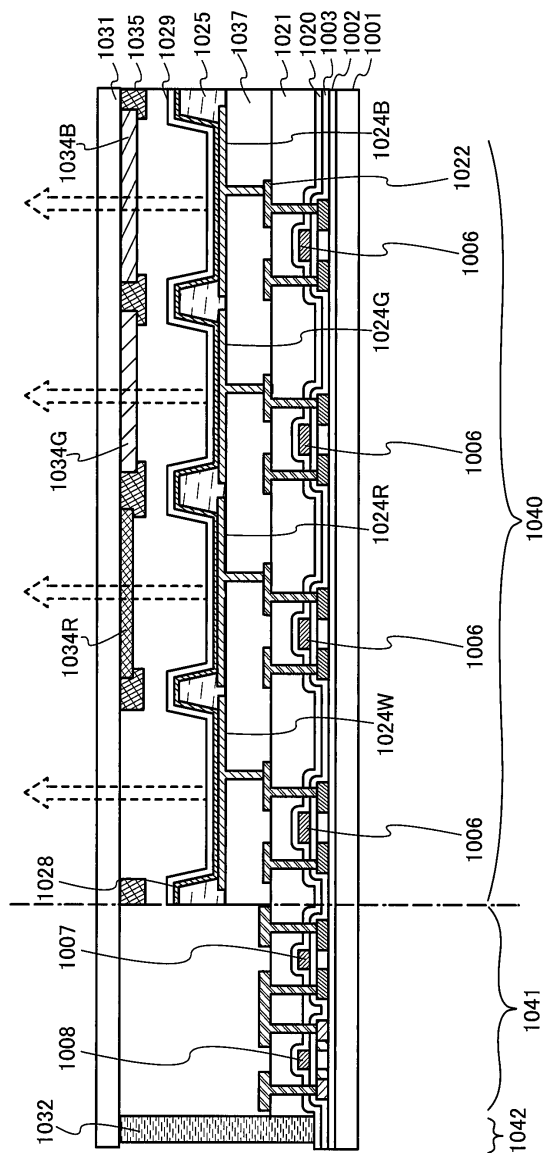
(A)



(B)



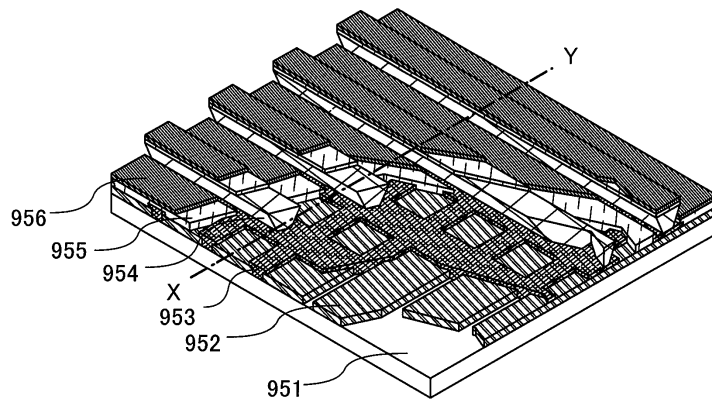
도면4



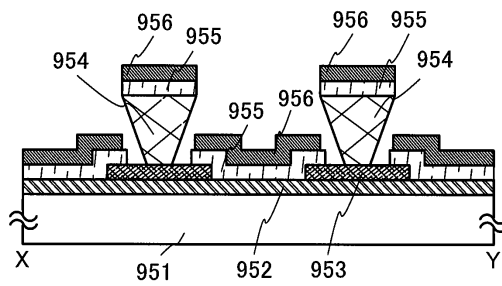


도면5

(A)

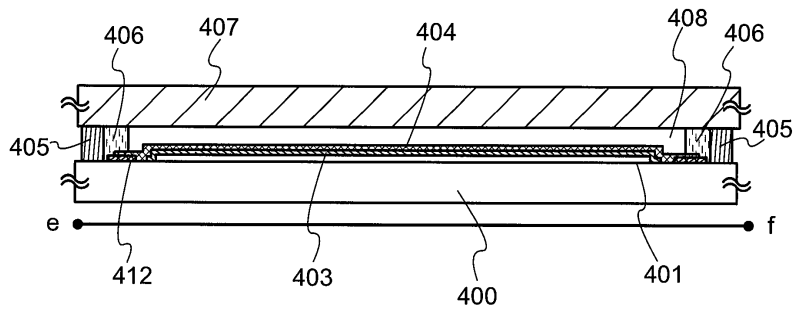


(B)

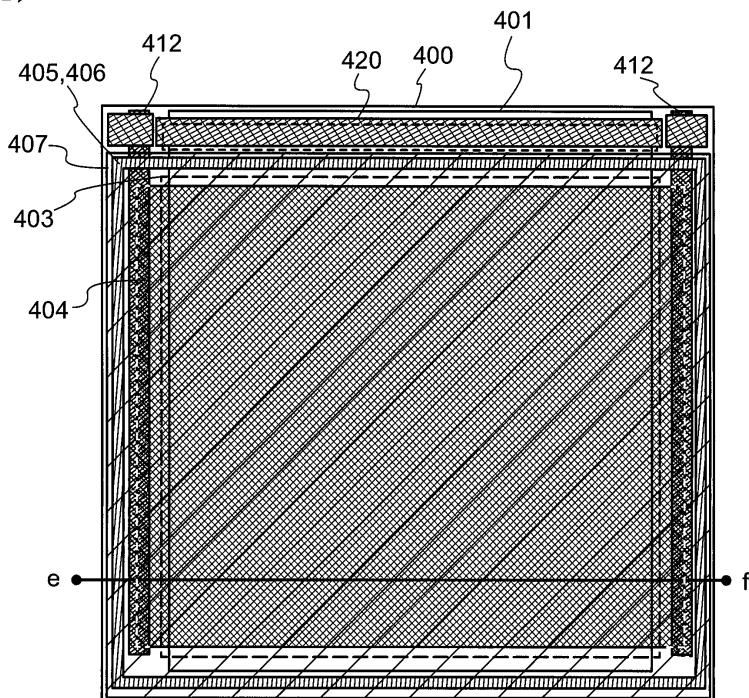


도면6

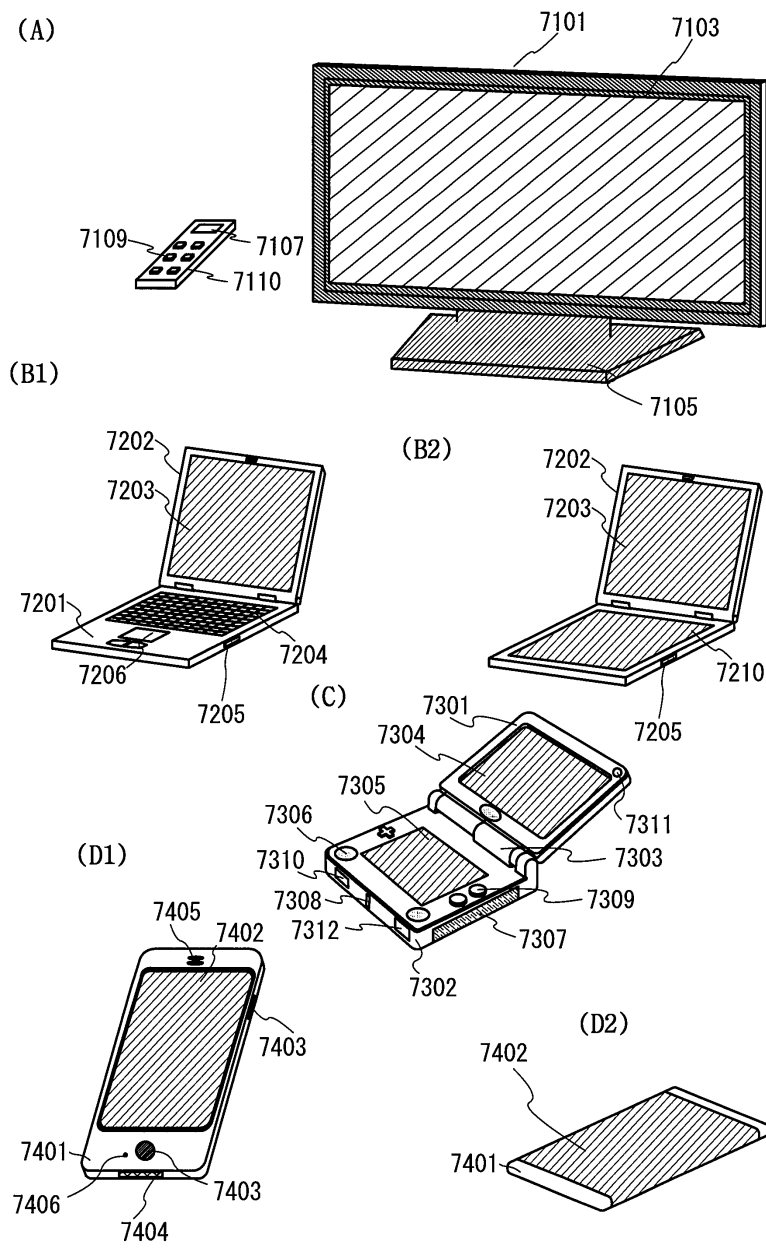
(A)



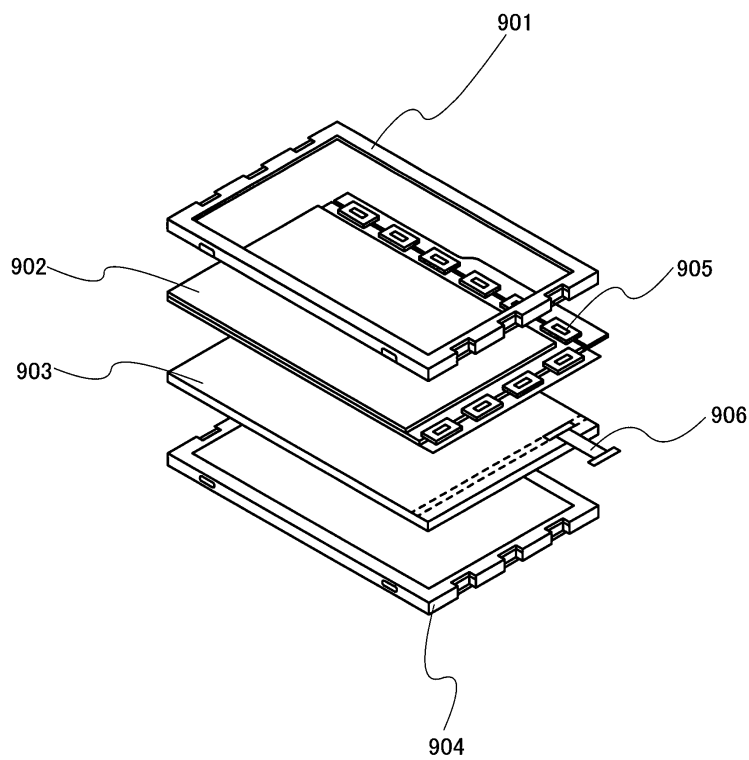
(B)



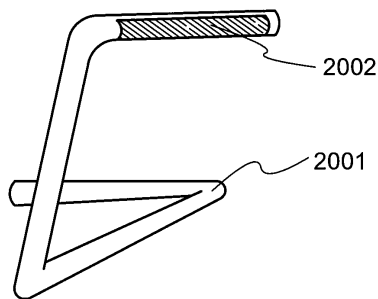
도면7



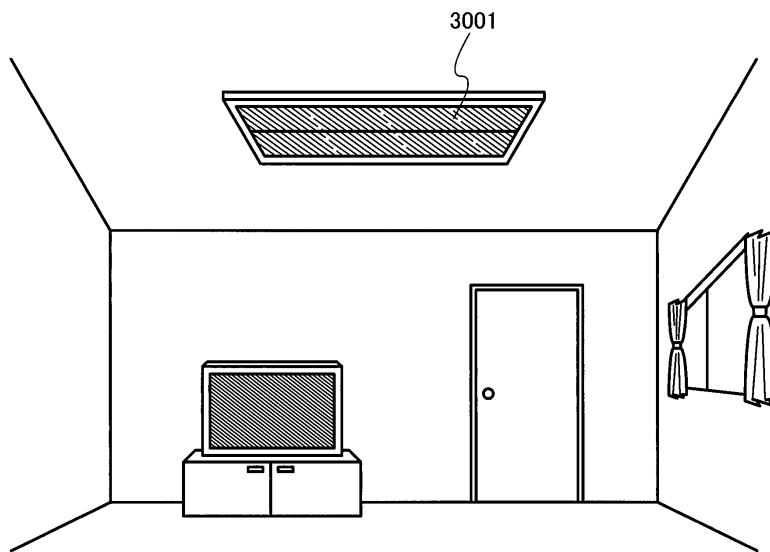
도면8



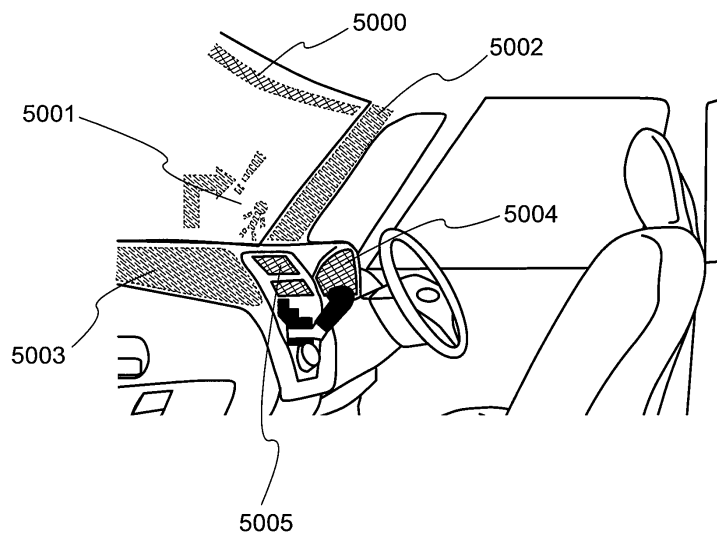
도면9



도면10

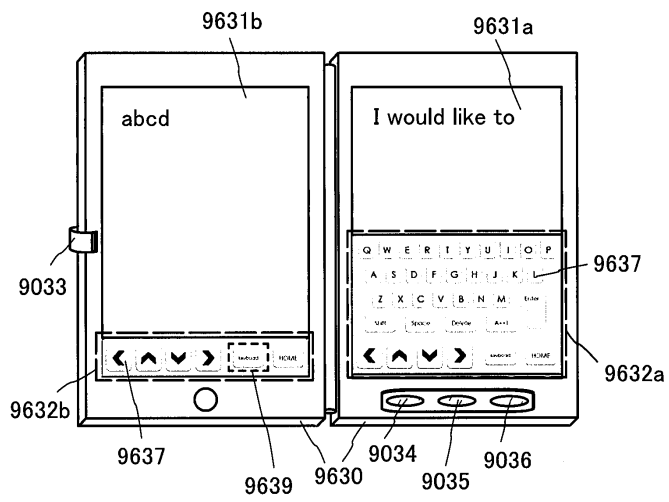


도면11

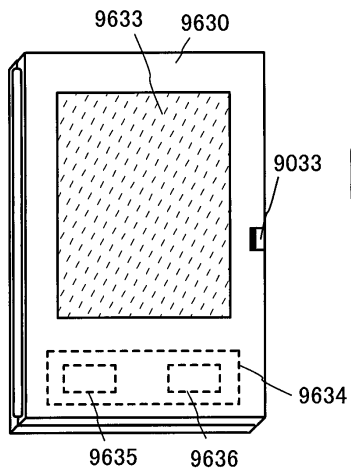


도면12

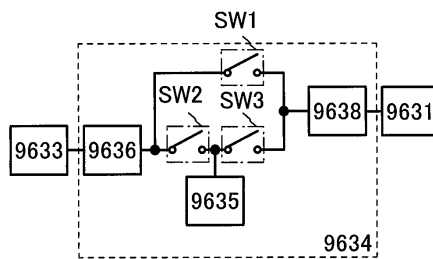
(A)



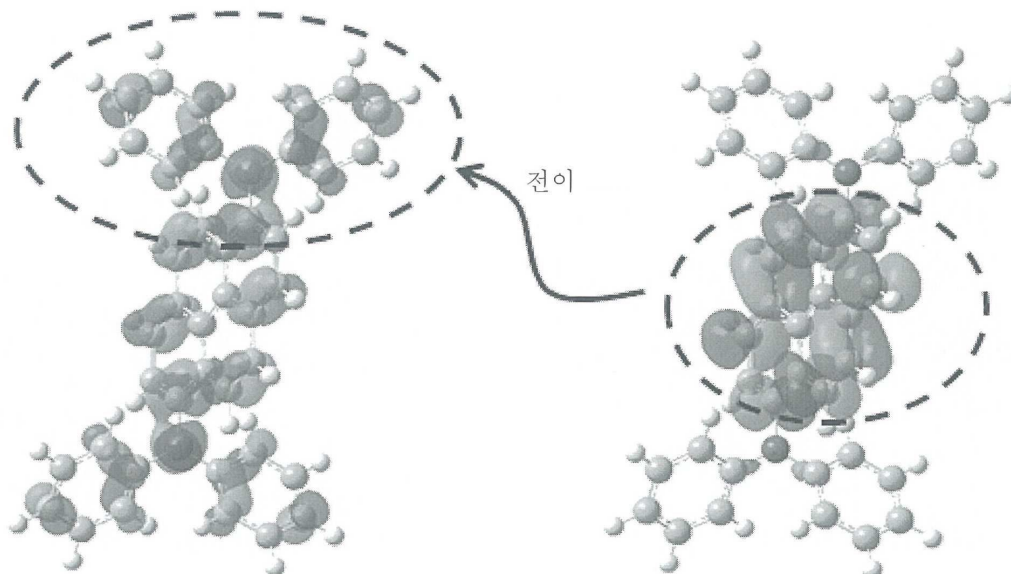
(B)



(C)

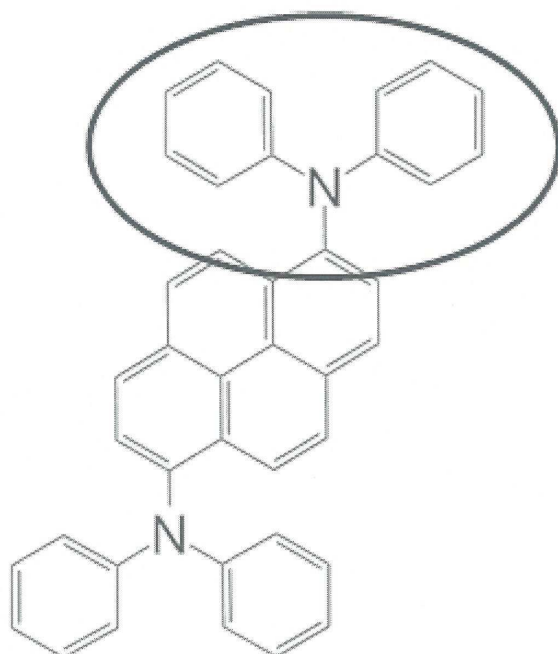


도면13

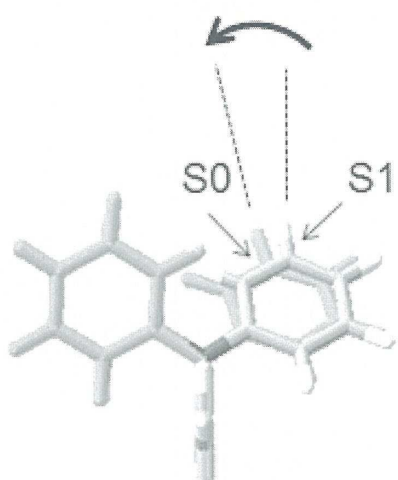


도면14

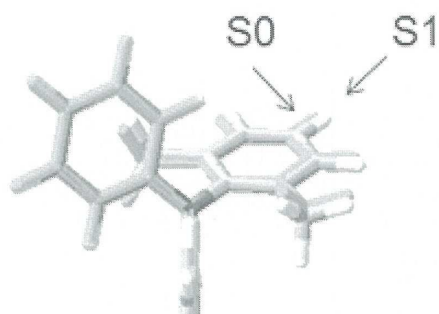
(A)



(B)

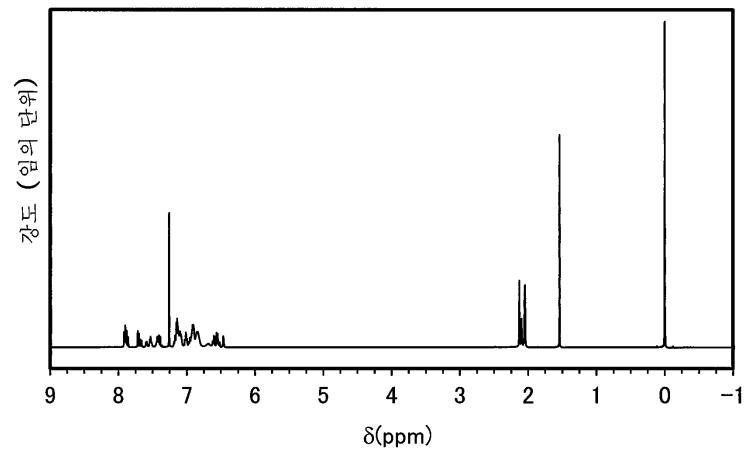


(C)

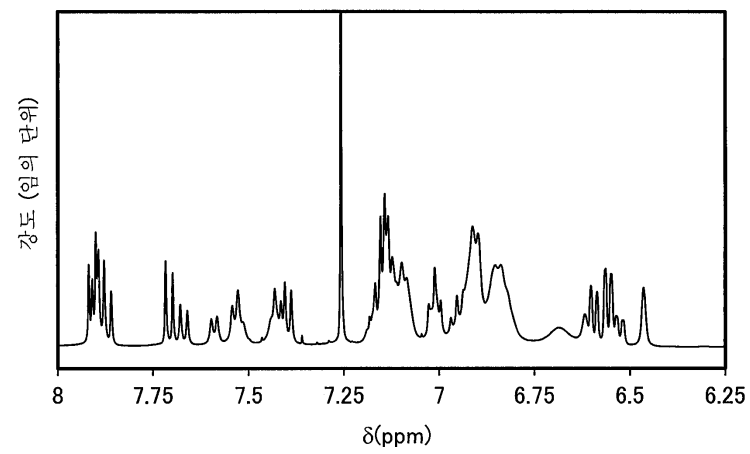


도면15

(A)

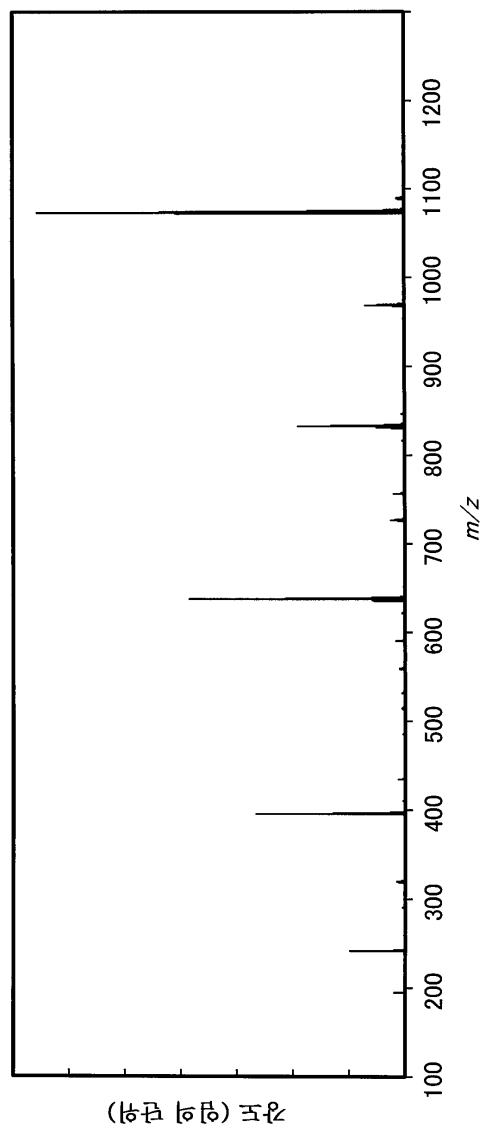


(B)

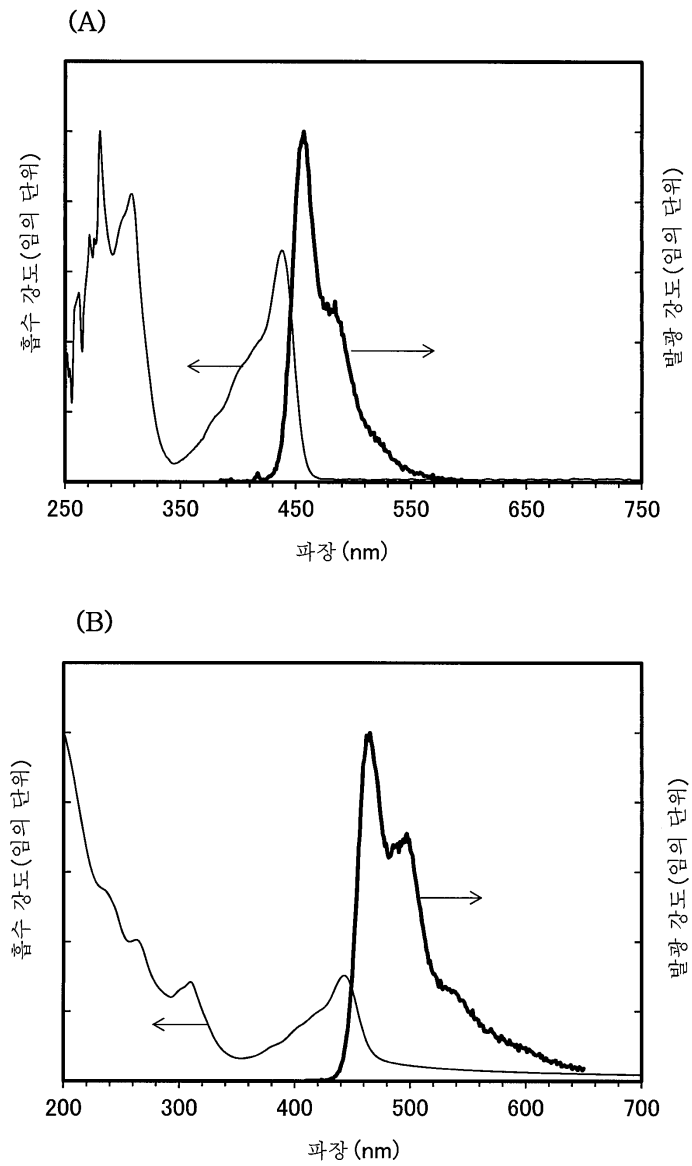




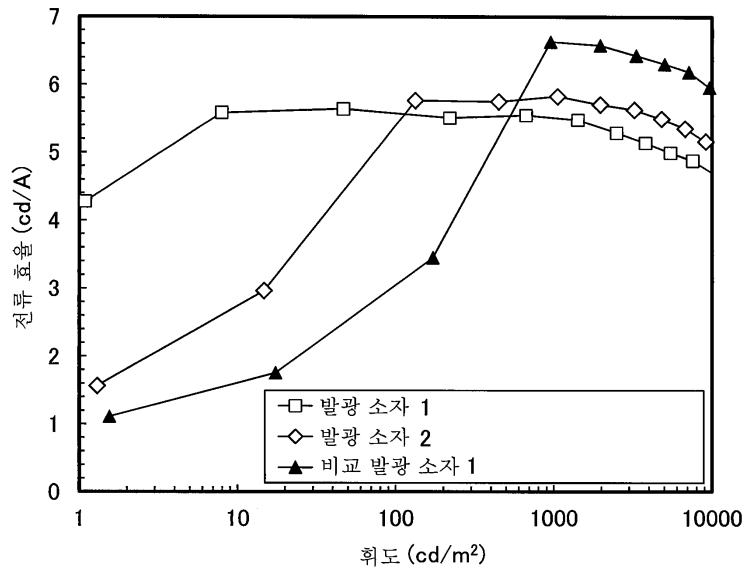
도면16



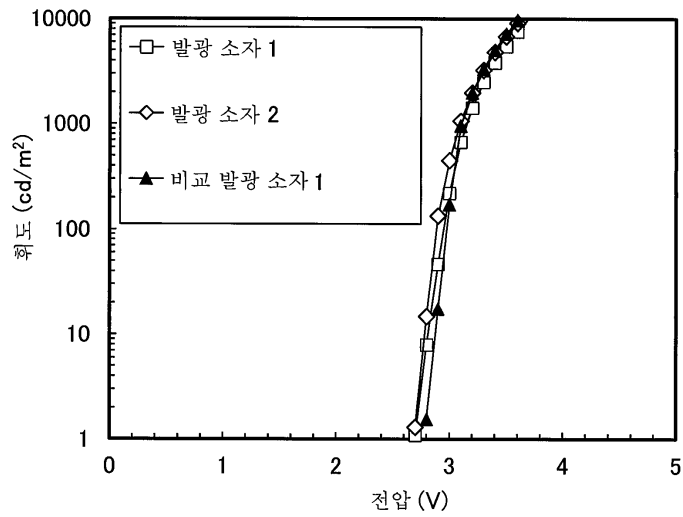
도면17



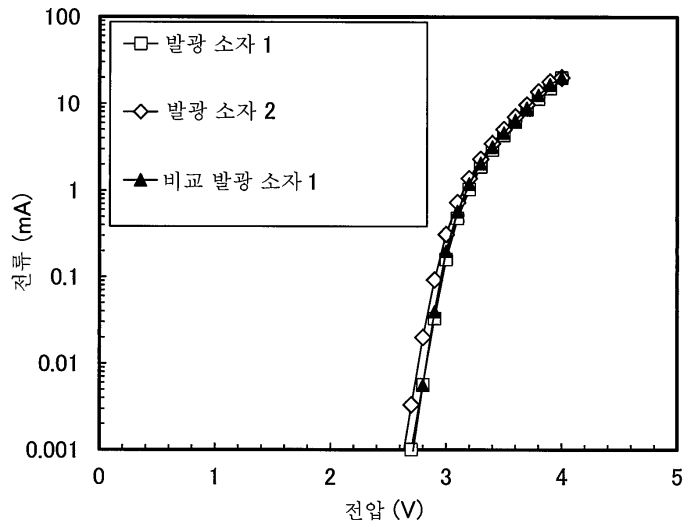
도면18



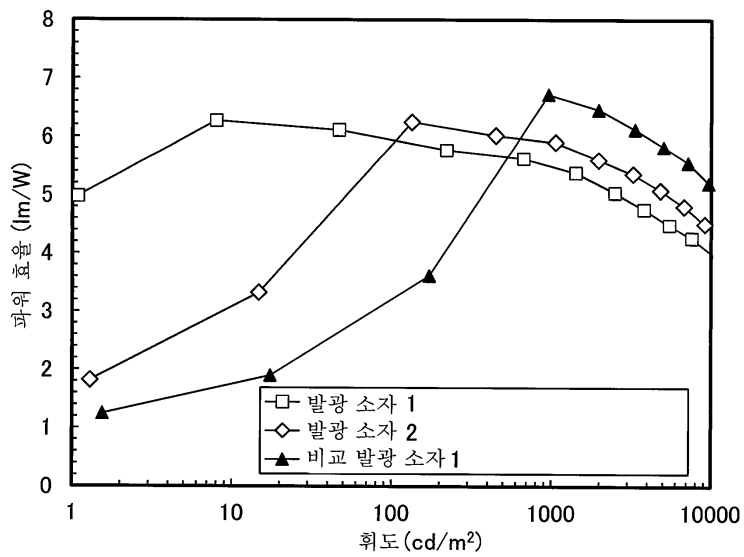
도면19



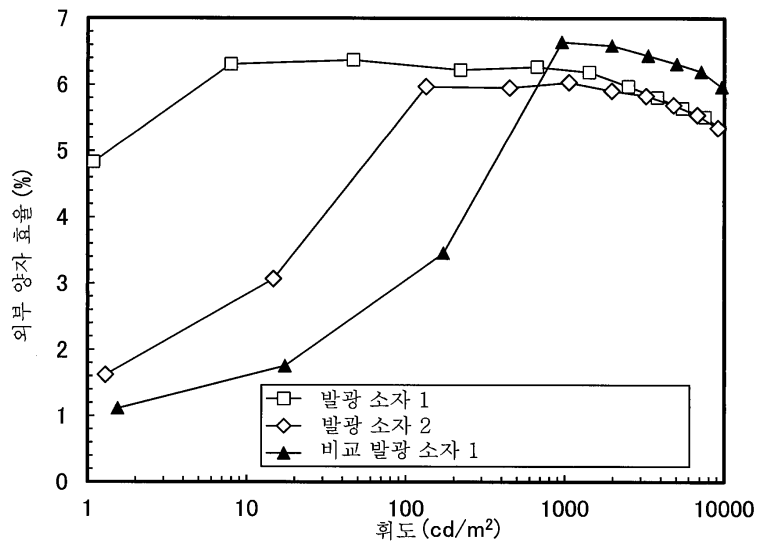
도면20



도면21

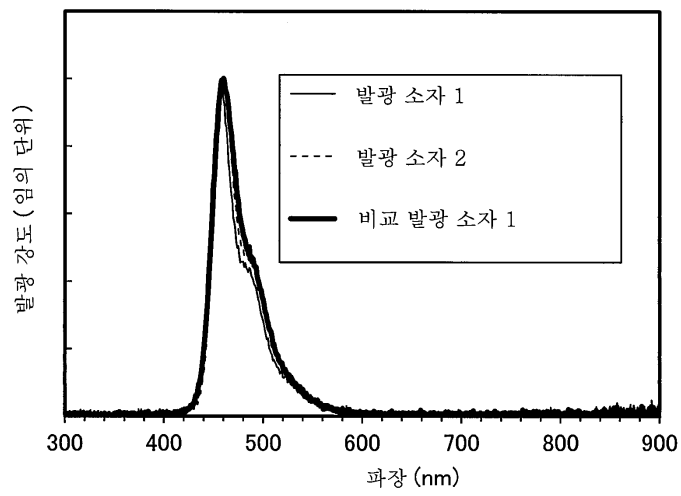


도면22

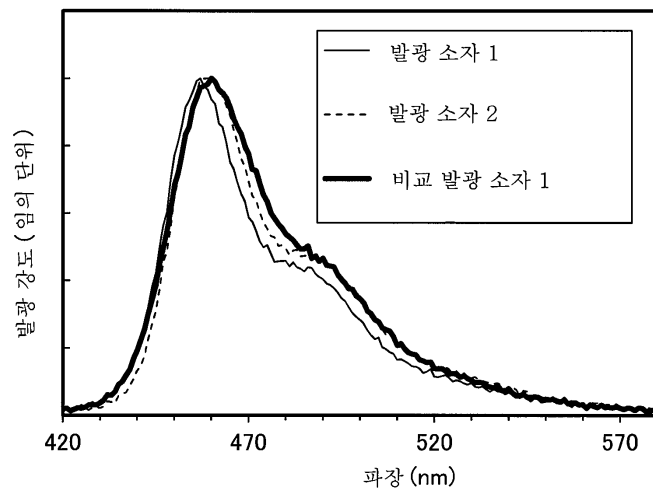


도면23

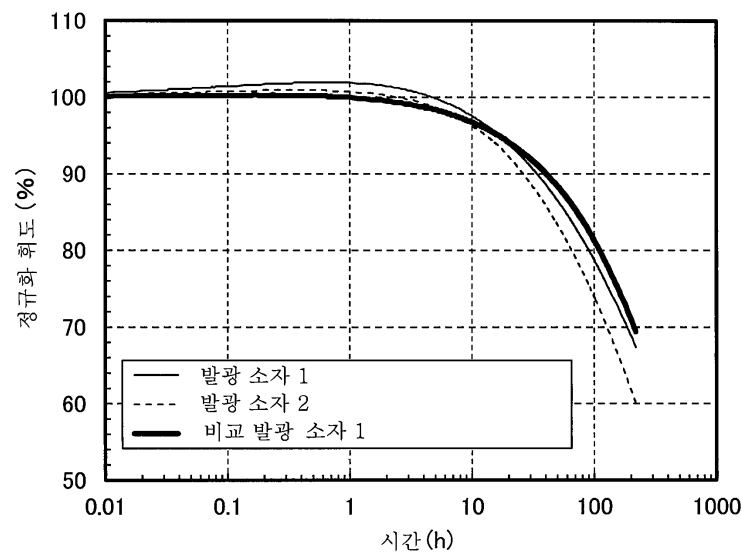
(A)



(B)

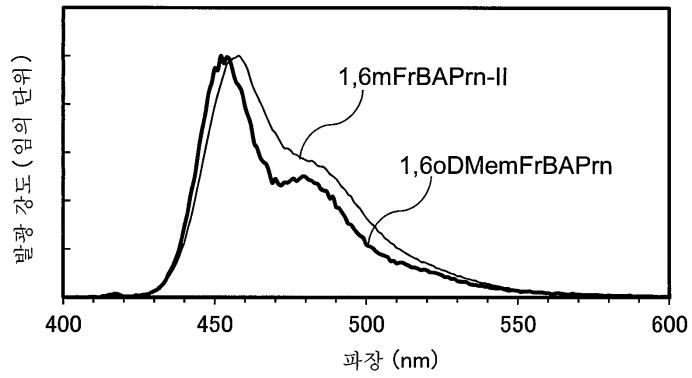


도면24

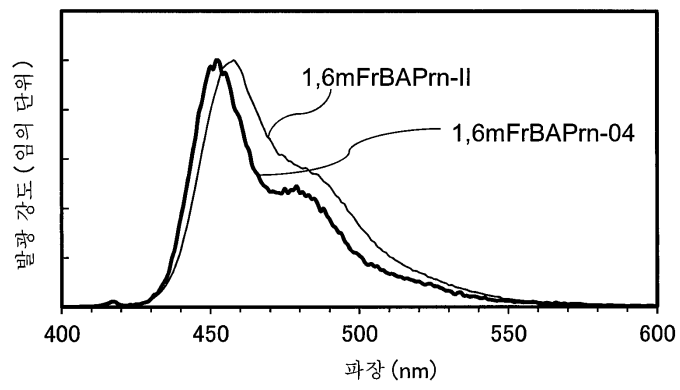


도면25

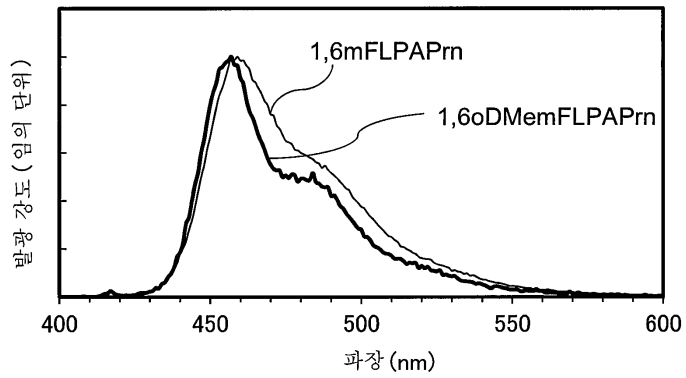
(A)



(B)



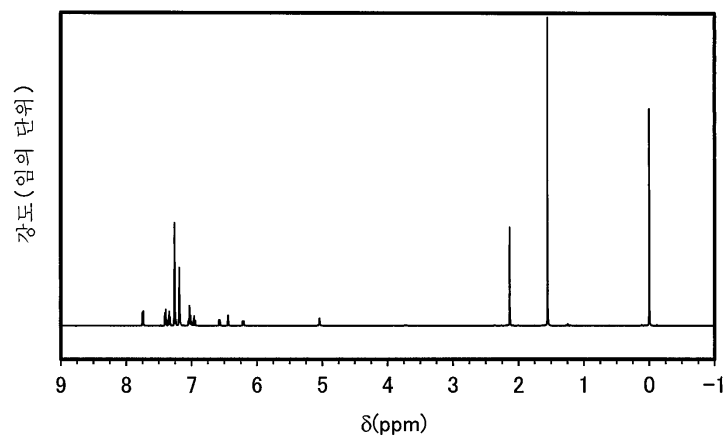
(C)



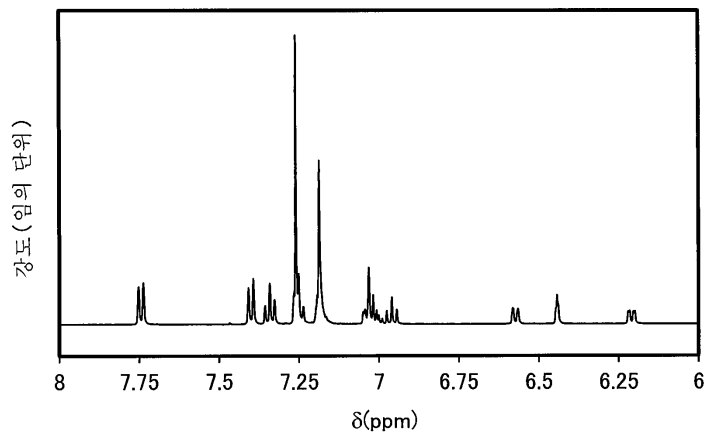


도면26

(A)

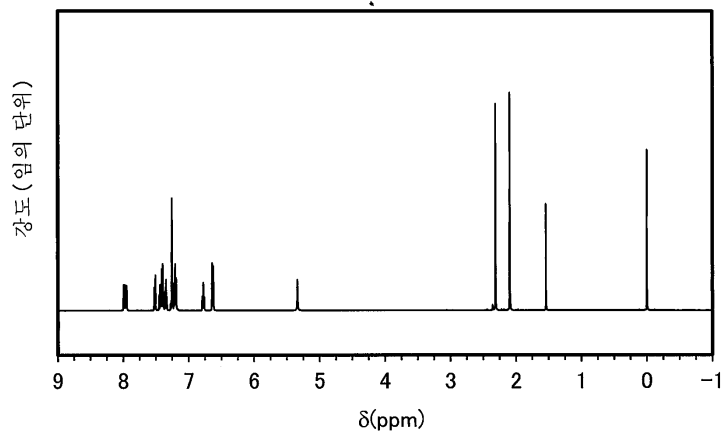


(B)

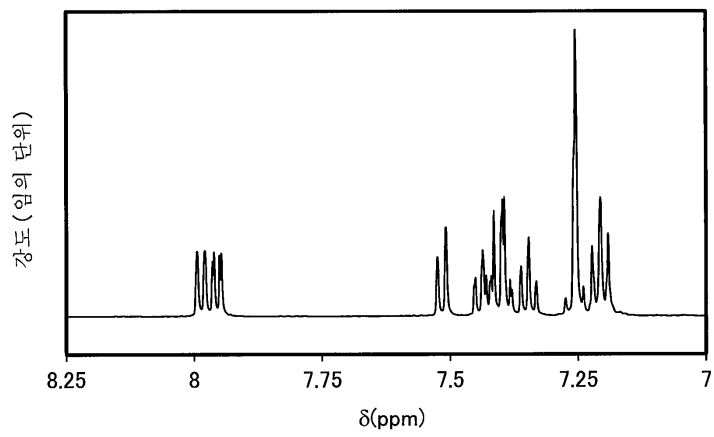


도면27

(A)

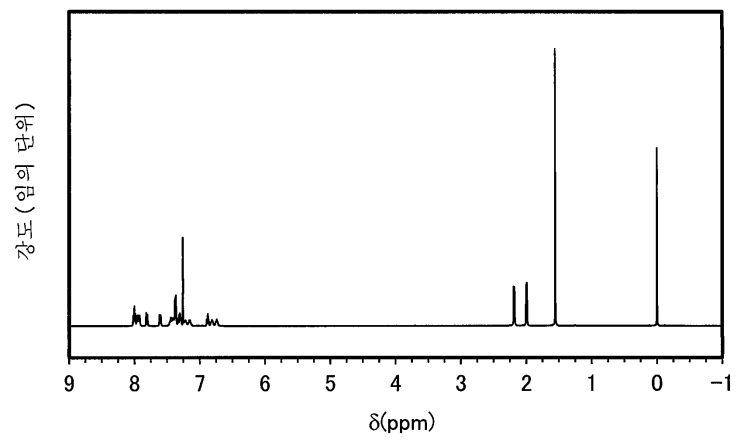


(B)

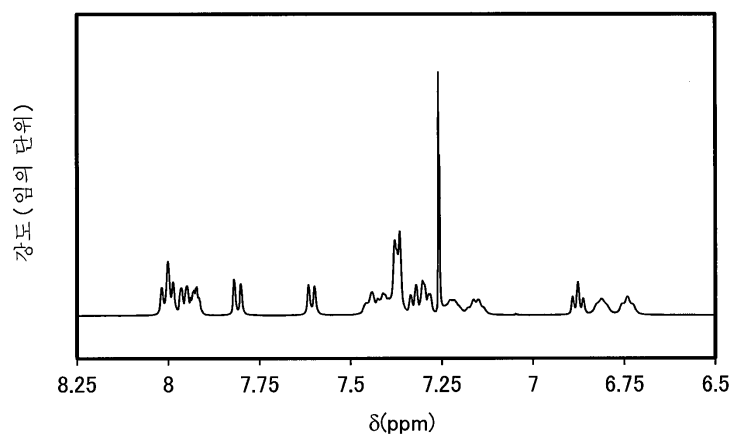


도면28

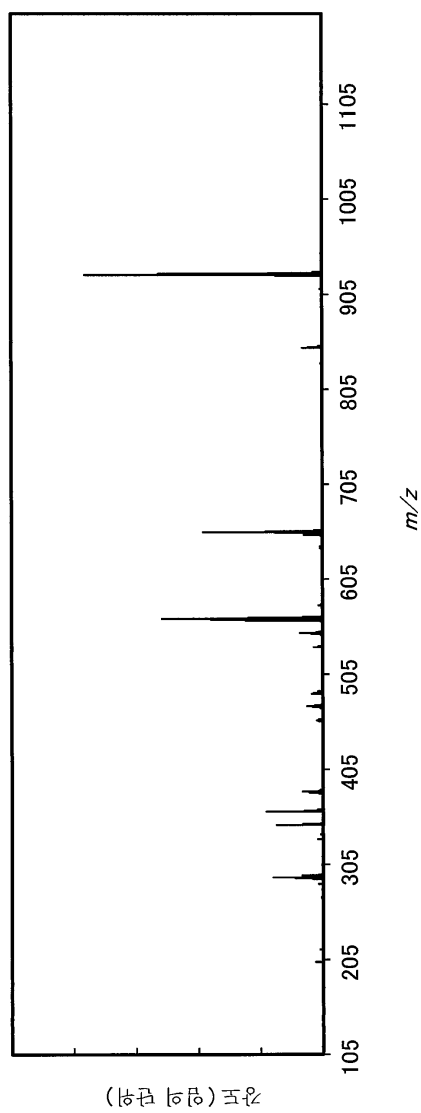
(A)



(B)

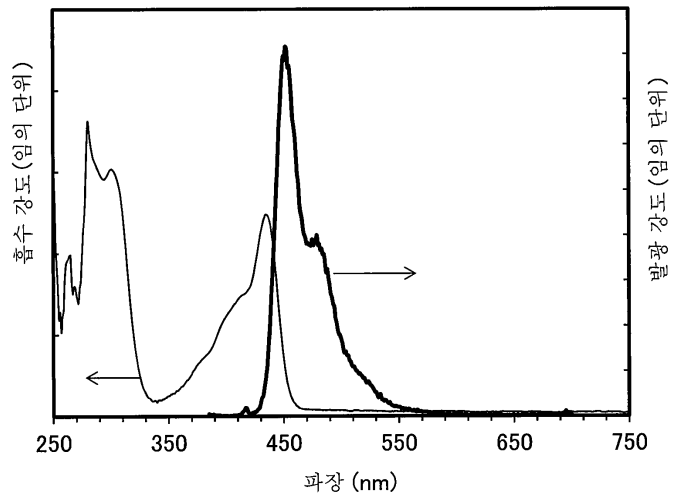


도면29

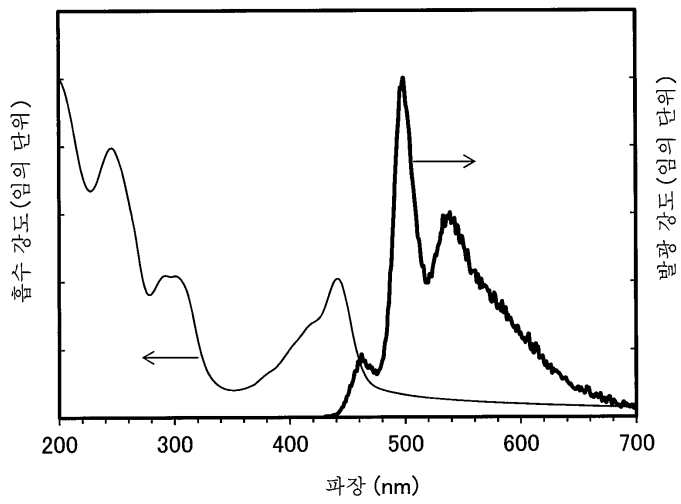


도면30

(A)

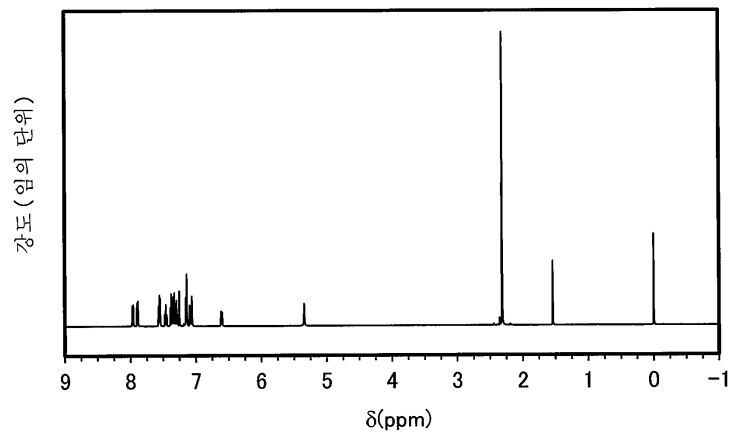


(B)

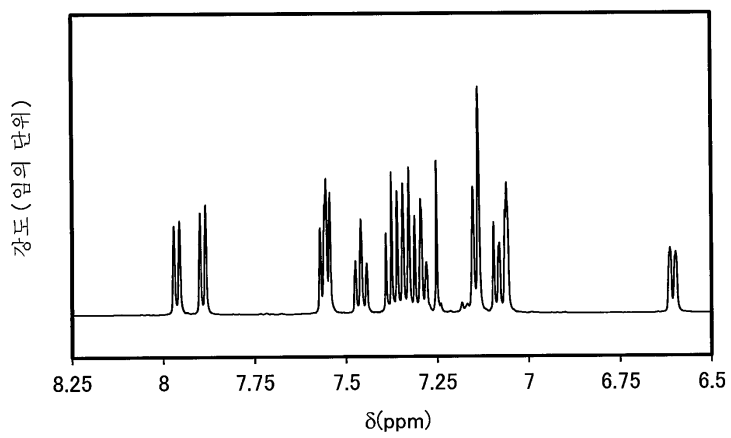


도면31

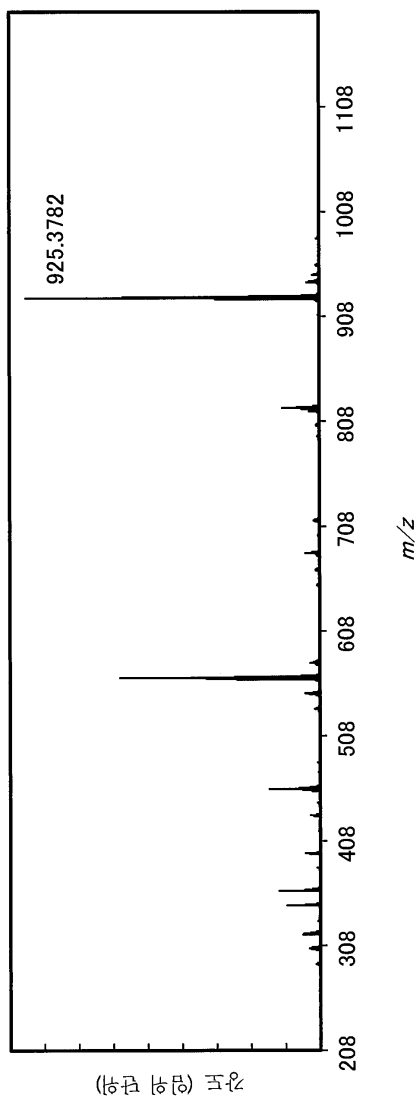
(A)



(B)

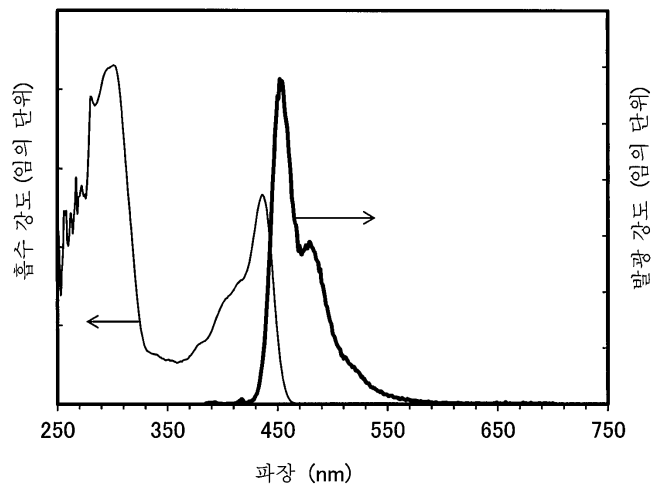


도면32

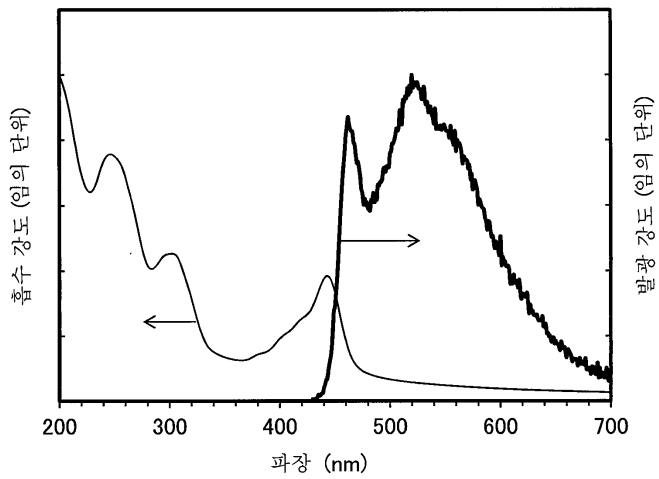


도면33

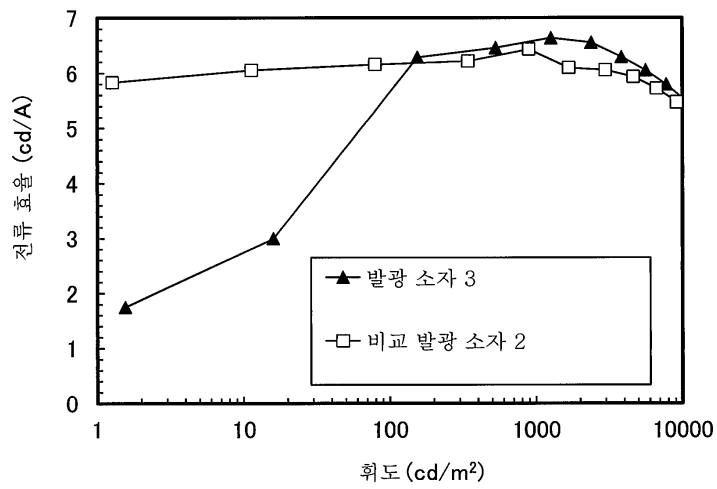
(A)



(B)

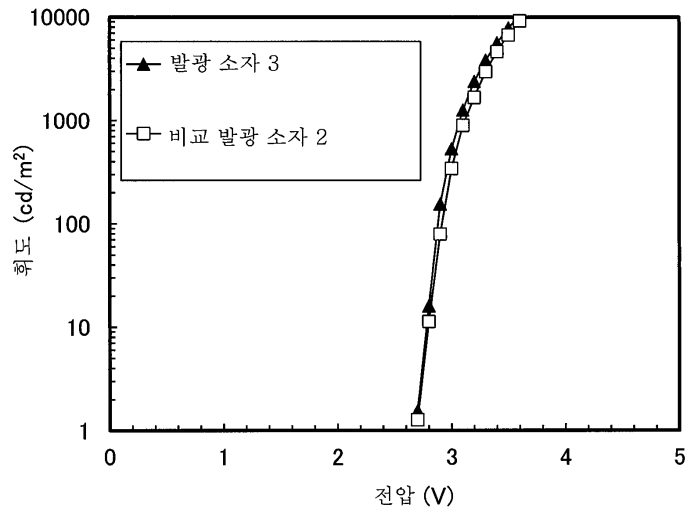


도면34

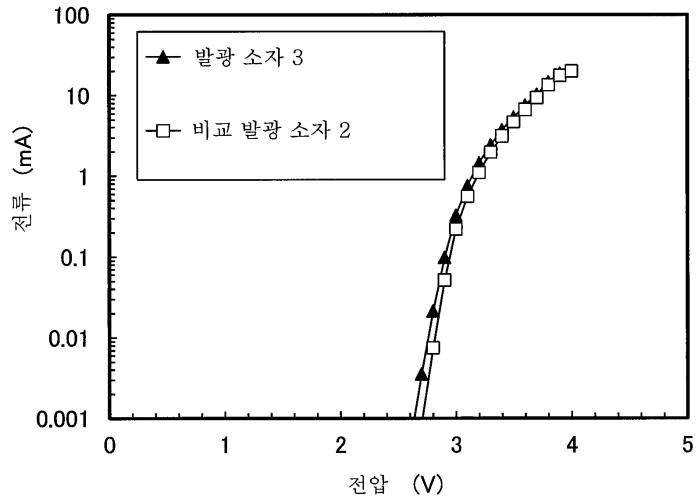




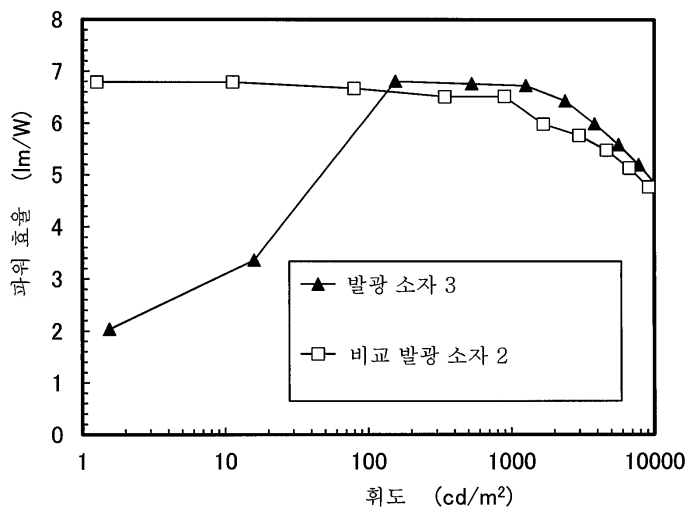
도면35



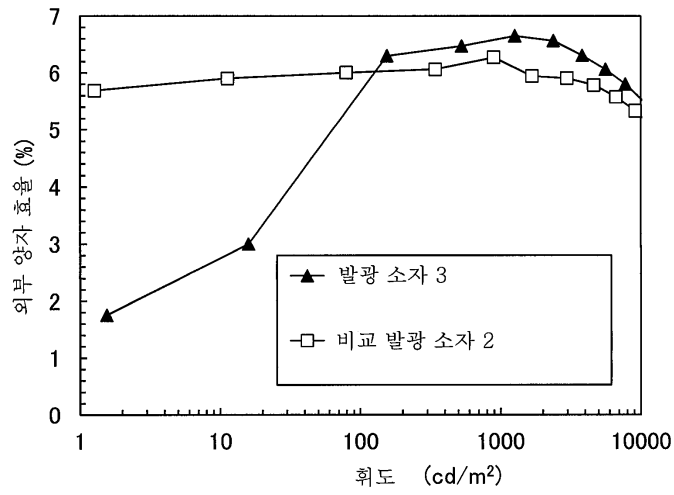
도면36



도면37

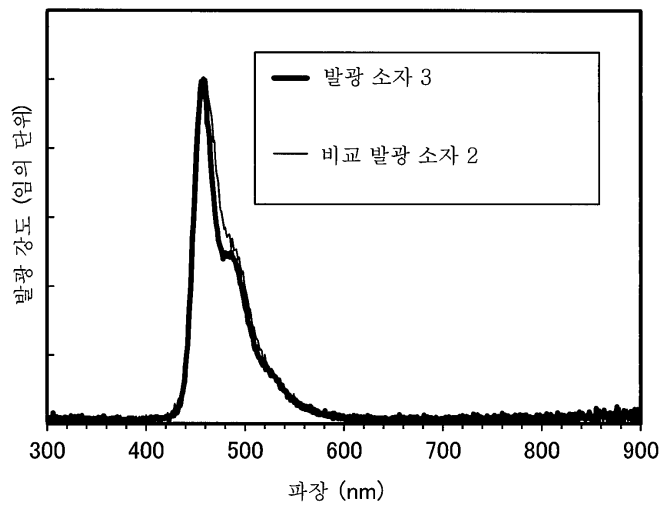


도면38

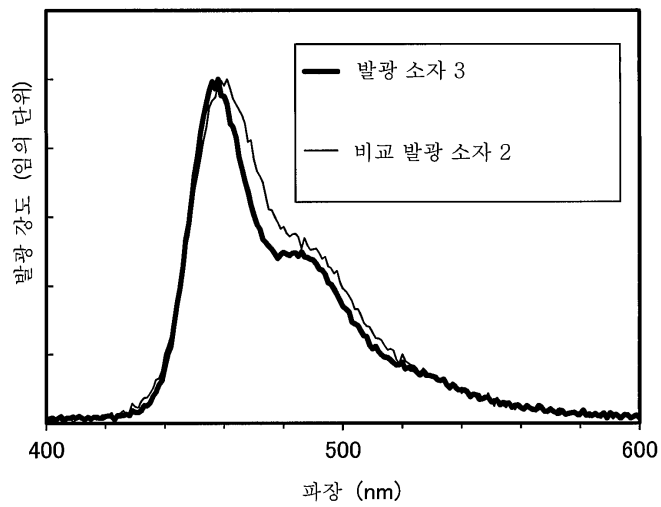


도면39

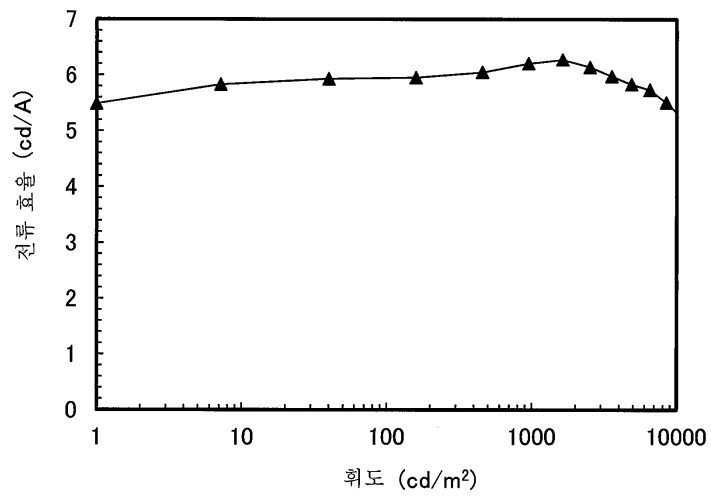
(A)



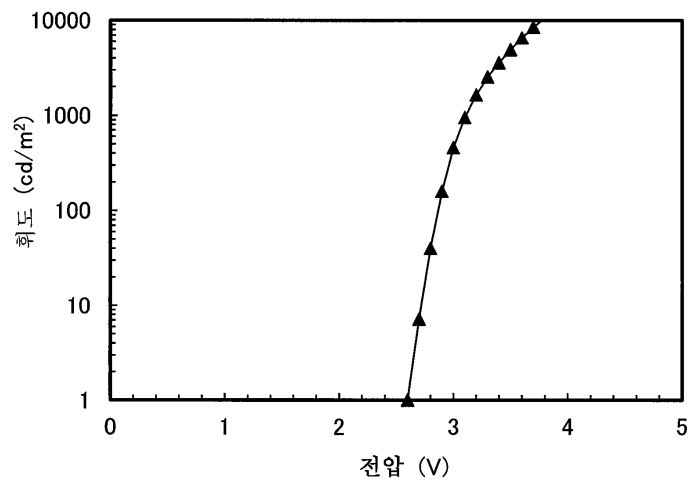
(B)



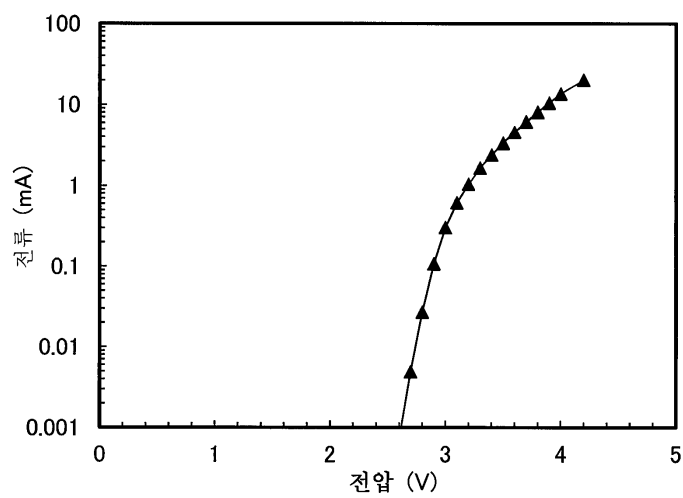
도면40



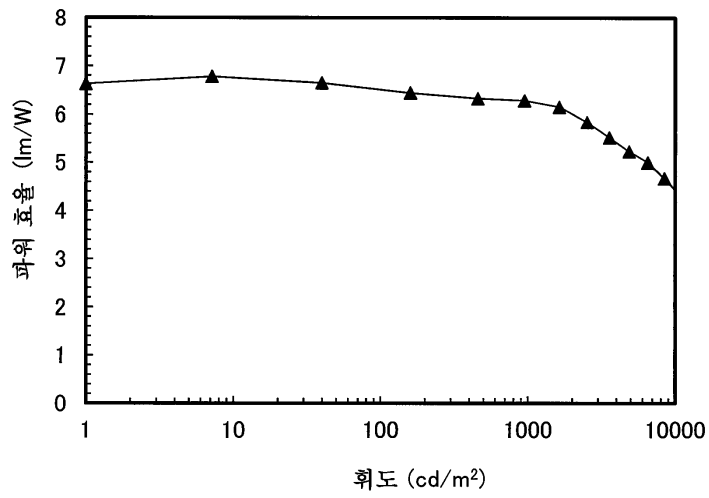
도면41



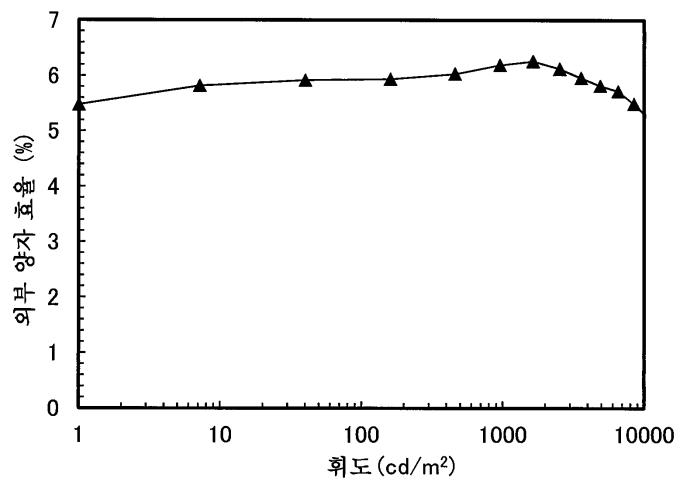
도면42



도면43



도면44



도면45

