(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월08일
(11) 등록번호 10-2792028
(24) 등록일자 2025년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07D 209/86 (2006.01) *H10K 50/15* (2023.01)
H10K 85/60 (2023.01)
(52) CPC특허분류
C07D 209/86 (2013.01)
H10K 50/15 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2024-7033731(분할)
(22) 출원일자(국제) 2016년08월18일
심사청구일자 2024년10월10일
(85) 번역문제출일자 2024년10월10일
(65) 공개번호 10-2024-0154080
(43) 공개일자 2024년10월24일
(62) 원출원 특허 10-2018-7008703
원출원일자(국제) 2016년08월18일
심사청구일자 2021년08월12일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2016/054941
(87) 국제공개번호 WO 2017/037559
국제공개일자 2017년03월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-168476 2015년08월28일 일본(JP)
JP-P-2015-203894 2015년10월15일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2011009498 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자
가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
스즈키 쓰네노리
일본 가나가와켄 2430036 아쓰기시 하세 398 가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
다키타 유스케
일본 가나가와켄 2430036 아쓰기시 하세 398 가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
세오 사토시
일본 가나가와켄 2430036 아쓰기시 하세 398 가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
(74) 대리인
장훈

심사관 : 김상걸

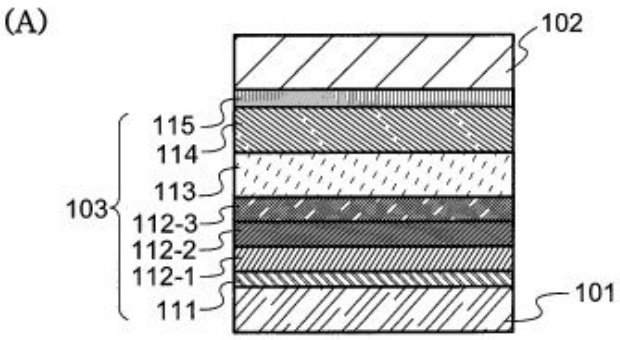
(54) 발명의 명칭 **발광 소자, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치**

(57) 요 약

제 1 전극, 제 2 전극, 및 이들 사이에 위치하는 EL층을 포함하는 발광 소자를 제공한다. EL층은 정공 주입층, 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층의 적층을 포함하고; 정공 주입층은 유기 억셉터를 포함하고; 제 1 층, 제 2 층, 및 제 3 층은 각각 제 1, 제 2, 및 제 3 정공 수송 재료를 포함하고; 제 4 층은 호스트 재료 및 발광

(뒷면에 계속)

대 표 도



재료를 포함하고; 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하고; 제 2 및 제 3 정공 수송 재료 사이의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하이다.

(52) CPC특허분류
H10K 85/6572 (2023.02)

(56) 선행기술조사문헌
JP2014167946 A*
KR1020090033084 A*
KR1020150018437 A*
KR1020150077269 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

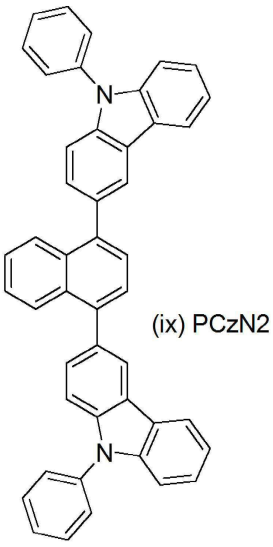
청구범위

청구항 1

발광 소자용 재료로서,

식 (ix)로 표시되고,

호스트 재료가 안트라센 골격을 포함하는 발광층과 접촉하는 정공 수송층에 사용되는, 발광 소자용 재료.



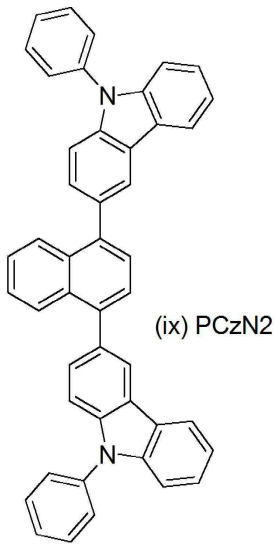
(ix) PCzN2

청구항 2

발광층과 접촉하는 정공 수송층에 사용되는 발광 소자용 재료로서,

상기 발광층이 갖는 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하거나 깊은 HOMO 준위를 갖고,

식 (ix)로 표시되는, 발광 소자용 재료.



(ix) PCzN2

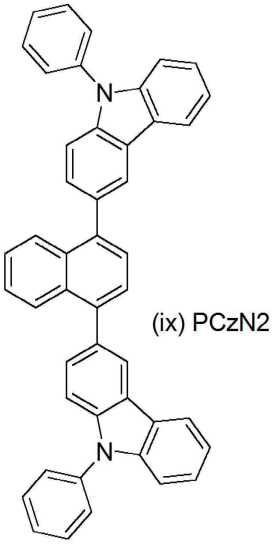
청구항 3

발광층과 제 1 정공 수송층의 양쪽에 접촉하는 제 2 정공 수송층에 사용되는 발광 소자용 재료로서,

상기 발광층이 갖는 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하거나 깊은 HOMO 준위를 갖고,

상기 제 1 정공 수송층이 갖는 재료와의 HOMO 준위의 차이가 0.3eV 이하이고,

식 (ix)로 표시되는, 발광 소자용 재료.



(ix) PCzN2

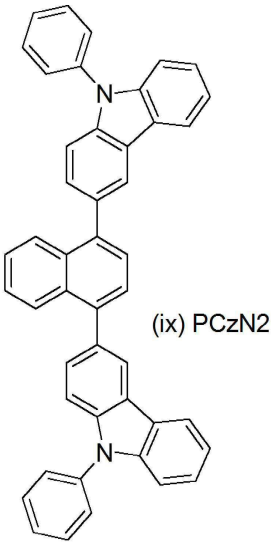
청구항 4

발광층과 제 1 정공 수송층의 양쪽에 접촉하는 제 2 정공 수송층에 사용되는 발광 소자용 재료로서,

상기 발광층에서의 안트라센 골격을 갖는 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하거나 깊은 HOMO 준위를 갖고,

상기 제 1 정공 수송층이 갖는 재료와의 HOMO 준위의 차이가 0.3eV 이하이고,

식 (ix)로 표시되는, 발광 소자용 재료.



(ix) PCzN2

청구항 5

발광 소자로서,

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자용 재료를 포함하는, 발광 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 일 형태는 발광 소자, 디스플레이 모듈, 조명 모듈, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 및 조명 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 기술분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 기술분야는 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 구체적으로, 본 명세서에 개시된 본 발명의 일 형태의 기술분야의 예에는 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 촬상 장치, 이들 중 어느 것의 구동 방법, 및 이들 중 어느 것의 제작 방법이 포함된다.

배 경 기 술

[0002] 유기 화합물을 포함하고 일렉트로루미네선스(EL)를 이용하는 발광 소자(유기 EL 소자)가 실용화되고 있다. 이러한 발광 소자의 기본적인 구조에서는, 한 쌍의 전극 사이에 발광 재료를 포함하는 유기 화합물층(EL층)이 개재(介在)되어 있다. 이 소자에 전압을 인가하여 캐리어를 주입하고, 상기 캐리어의 재결합 에너지를 사용함으로써, 발광 재료로부터 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 상기 발광 소자는 자기 발광 소자이기 때문에, 디스플레이의 화소로서 사용하면, 액정 디스플레이에 비하여, 시인성이 높고 백라이트가 불필요하다는 등의 이점이 있고, 평판 디스플레이 소자로서 적합하다. 또한, 이러한 발광 소자를 포함하는 디스플레이는 얇고 가벼운 디스플레이로서 제작할 수 있다는 이점도 있다. 또한, 응답 속도가 매우 빠르다는 것도 특징이다.

[0004] 이러한 발광 소자에서는, 발광층을 2차원으로 연속적으로 형성할 수 있기 때문에, 면 발광을 얻을 수 있다. 따라서, 대면적의 광원을 쉽게 형성할 수 있다. 이 특징은 백열등 및 LED로 대표되는 점 광원 또는 형광등으로 대표되는 선 광원에 의해서는 실현하기 어렵다. 따라서, 발광 소자는 조명 장치 등에 응용되는 면 광원으로서의 이용 가치도 높다.

[0005] 상술한 바와 같이 발광 소자를 포함하는 디스플레이 또는 조명 장치는 다양한 전자 기기에 적합하게 사용될 수 있고, 더 높은 효율 또는 더 긴 수명을 위하여 발광 소자의 연구 및 개발이 진행되고 있다.

[0006] EL층에 대한 캐리어의 주입, 특히 정공의 주입을 용이하게 하기 위하여 사용되는 정공 주입층의 재료의 예로서 유기 억셉터가 있다. 유기 억셉터는 증착에 의하여 쉽게 형성될 수 있어 양산에 적합하므로, 유기 억셉터의 사용이 광범위해지고 있다. 그러나, 유기 억셉터의 LUMO 준위가 정공 수송층에 포함되는 유기 화합물의 HOMO 준위와 떨어져 있으면, EL층에 정공을 주입하기가 어렵다. 따라서, 유기 억셉터의 LUMO 준위를 정공 수송층에 포함되는 유기 화합물의 HOMO 준위와 가깝게 하기 위하여, 정공 수송층에 포함되는 유기 화합물로서 HOMO 준위가 얕은 물질을 사용한다. 이러한 경우, 발광층에 사용되는 호스트 재료의 HOMO 준위와 정공 수송층에 포함되는 유기 화합물의 HOMO 준위의 차이는 크다. 그러므로, EL층에 정공을 주입할 수 있더라도, 정공 수송층으로부터 발광층의 호스트 재료에 정공을 주입하기가 어렵다.

[0007] 특허문헌 1에는 발광층과, 정공 주입층과 접촉하는 제 1 정공 수송층 사이에, HOMO 준위가 제 1 정공 주입층의 HOMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위 사이에 있는 정공 수송성 재료를 제공하는 구조에 대하여 개시되고 있다.

[0008] 발광 소자의 특성은 현저히 향상되어 왔지만, 효율 및 내구성을 포함한 다양한 특성에 대한 고도의 요구를 아직 만족시키지 못하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 국제공개공보 WO2011/065136호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 신규 발광 소자를 제공하는 것을 본 발명의 일 형태의 과제로 한다. 수명이 긴 발광 소자를 제공하는 것을 본 발명의 일 형태의 또 다른 과제로 한다. 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공하는 것을 본 발명의 일 형태의 또

다른 과제로 한다.

[0011] 신뢰성이 높은 발광 장치, 신뢰성이 높은 전자 기기, 및 신뢰성이 높은 표시 장치를 제공하는 것을 본 발명의 일 형태의 또 다른 과제로 한다. 소비전력이 낮은 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치 각각을 제공하는 것을 본 발명의 일 형태의 또 다른 과제로 한다.

[0012] 본 발명에서는 상술한 과제들 중 적어도 하나를 달성할 수 있으면 된다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 제 1 전극, 제 2 전극, 및 EL층을 포함한다. 발광 소자에서, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고; EL층은 정공 주입층, 제 1 층, 제 2 층, 제 3 층, 및 제 4 층을 포함하고; 정공 주입층은 유기 억셉터를 포함하고; 정공 주입층은 제 1 전극과 제 1 층 사이에 위치하고; 제 2 층은 제 1 층과 제 3 층 사이에 위치하고; 제 4 층은 제 3 층과 제 2 전극 사이에 위치하고; 제 1 층은 제 1 정공 수송 재료를 포함하고; 제 2 층은 제 2 정공 수송 재료를 포함하고; 제 3 층은 제 3 정공 수송 재료를 포함하고; 제 4 층은 호스트 재료 및 발광 재료를 포함하고; 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하고; 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하이다.

[0014] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 제 1 전극, 제 2 전극, 및 EL층을 포함한다. 발광 소자에서, EL층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치하고; EL층은 정공 주입층, 제 1 정공 수송층, 제 2 정공 수송층, 제 3 정공 수송층, 및 발광층을 포함하고; 정공 주입층은 유기 억셉터를 포함하고; 제 1 정공 수송층은 제 1 정공 수송 재료를 포함하고; 제 2 정공 수송층은 제 2 정공 수송 재료를 포함하고; 제 3 정공 수송층은 제 3 정공 수송 재료를 포함하고; 발광층은 호스트 재료 및 발광 재료를 포함하고; 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고; 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하고; 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하이다.

[0015] 본 발명의 다른 일 형태는 유기 억셉터가 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0016] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위가 -5.4eV 이상인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0017] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.3eV 이하인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0018] 본 발명의 다른 일 형태는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.2eV 이하인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0019] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.2eV 이하인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0020] 본 발명의 다른 일 형태는 발광 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 높은, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0021] 본 발명의 다른 일 형태는 제 1 정공 수송 재료가 플루오렌일아민 골격을 갖는 물질인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0022] 본 발명의 다른 일 형태는 제 2 정공 수송 재료가 트라이페닐아민 골격을 갖는 물질인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0023] 본 발명의 다른 일 형태는 제 3 정공 수송 재료가 아민을 포함하지 않는 물질인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0024] 본 발명의 다른 일 형태는 제 3 정공 수송 재료가 카바졸 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0025] 본 발명의 다른 일 형태는 카바졸 골격이 페닐카바졸 골격인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0026] 본 발명의 다른 일 형태는 제 3 정공 수송 재료가 트라이페닐렌 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0027] 본 발명의 다른 일 형태는 제 3 정공 수송 재료가 나프탈렌 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0028] 본 발명의 다른 일 형태는 호스트 재료가 안트라센 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0029] 본 발명의 다른 일 형태는 호스트 재료가 다이페닐안트라센 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0030] 본 발명의 다른 일 형태는 호스트 재료가 카바졸 골격을 포함하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0031] 본 발명의 다른 일 형태는 카바졸 골격이 벤조카바졸 골격인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다. 특히, 카바졸 골격이 다이벤조카바졸 골격인 것이 바람직하다.

[0032] 본 발명의 다른 일 형태는 발광 재료가 형광 물질인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0033] 본 발명의 다른 일 형태는 발광 재료가 청색 형광을 방출하는, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0034] 본 발명의 다른 일 형태는 발광 재료가 축합 방향족 다이아민 화합물인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0035] 본 발명의 다른 일 형태는 발광 재료가 피렌다이아민 화합물인, 상술한 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0036] 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 구조를 갖는 발광 소자, 및 트랜지스터 또는 기판을 포함하는 발광 장치이다.

[0037] 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 발광 장치, 및 센서, 조작 버튼, 스피커, 또는 마이크로폰을 포함하는 전자 기기이다.

[0038] 본 발명의 다른 일 형태는 상술한 발광 장치, 및 하우징을 포함하는 조명 장치이다.

[0039] 또한, 본 명세서에서의 발광 장치는 발광 소자를 사용한 화상 표시 장치를 포함한다. 발광 장치는 발광 소자에 이방성 도전막 또는 TCP(tape carrier package) 등의 커넥터가 제공된 모듈, TCP 끝에 인쇄 배선판이 제공된 모듈, 및 발광 소자에 COG(chip on glass)법에 의하여 IC(integrated circuit)가 직접 탑재된 모듈에 포함되어도 좋다. 또한, 발광 장치는 조명 기구 등에 포함되어도 좋다.

발명의 효과

[0040] 본 발명의 일 형태에서는, 신규 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는, 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다. 또는, 발광 효율이 높은 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0041] 본 발명의 다른 일 형태에서는, 신뢰성이 높은 발광 장치, 신뢰성이 높은 전자 기기, 및 신뢰성이 높은 표시 장치를 제공할 수 있다. 본 발명의 다른 일 형태에서는, 소비전력이 낮은 발광 장치, 전자 기기, 및 표시 장치 각각을 제공할 수 있다.

[0042] 또한, 이들 효과의 기재는 다른 효과의 존재를 방해하지 않는다. 본 발명의 일 형태는 상술한 모든 효과를 반드시 달성할 필요는 없다. 다른 효과는 명세서, 도면, 및 청구항 등의 기재로부터 명백해질 것이고 추출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도 1의 (A) 내지 (C)는 발광 소자의 개략도이다.

도 2의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 3의 (A) 및 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 4는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 5의 (A) 및 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 6의 (A) 및 (B)는 조명 장치를 도시한 것.

도 7의 (A) 내지 (D)는 전자 기기를 도시한 것.

도 8은 광원 장치를 도시한 것.

도 9는 조명 장치를 도시한 것.

도 10은 조명 장치를 도시한 것.

도 11은 차재용 표시 장치 및 조명 장치를 도시한 것.

도 12의 (A) 내지 (C)는 전자 기기를 도시한 것.

도 13의 (A) 내지 (C)는 전자 기기를 도시한 것.

도 14는 발광 소자 1의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 15는 발광 소자 1의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 16은 발광 소자 1의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 17은 발광 소자 1의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 18은 발광 소자 1의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 19는 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 20은 발광 소자 1의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 21은 발광 소자 2 및 3의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 22는 발광 소자 2 및 3의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 23은 발광 소자 2 및 3의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 24는 발광 소자 2 및 3의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 25는 발광 소자 2 및 3의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 26은 발광 소자 2 및 3의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 27은 발광 소자 2 및 3의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 28은 발광 소자 4의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 29는 발광 소자 4의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 30은 발광 소자 4의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 31은 발광 소자 4의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 32는 발광 소자 4의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 33은 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 34는 발광 소자 4의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 35는 발광 소자 5의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 36은 발광 소자 5의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 37은 발광 소자 5의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 38은 발광 소자 5의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 39는 발광 소자 5의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 40은 발광 소자 5의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 41은 발광 소자 5의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 42는 발광 소자 6 내지 8의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 43은 발광 소자 6 내지 8의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 44는 발광 소자 6 내지 8의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 45는 발광 소자 6 내지 8의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 46은 발광 소자 6 내지 8의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 47은 발광 소자 6 내지 8의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 48은 발광 소자 6 내지 8의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 49는 발광 소자 9 내지 11의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 50은 발광 소자 9 내지 11의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 51은 발광 소자 9 내지 11의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 52는 발광 소자 9 내지 11의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 53은 발광 소자 9 내지 11의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 54는 발광 소자 9 내지 11의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 55는 발광 소자 9 내지 11의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 56은 발광 소자 12의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것.

도 57은 발광 소자 12의 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 58은 발광 소자 12의 휘도-전압 특성을 나타낸 것.

도 59는 발광 소자 12의 전류-전압 특성을 나타낸 것.

도 60은 발광 소자 12의 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것.

도 61은 발광 소자 12의 발광 스펙트럼을 나타낸 것.

도 62는 발광 소자 12의 정규화된 휘도의 시간 의존성을 나타낸 것.

도 63의 (A) 및 (B)는 BBAβNB의 ^{1}H-NMR 차트를 나타낸 것.

도 64의 (A) 및 (B)는 βNP2PC의 ^{1}H-NMR 차트를 나타낸 것.

도 65의 (A) 및 (B)는 BBAαNB의 ^{1}H-NMR 차트를 나타낸 것.

도 66의 (A) 및 (B)는 BBAβNBi의 ^{1}H-NMR 차트를 나타낸 것.

도 67의 (A) 및 (B)는 βNPβNC의 ^{1}H-NMR 차트를 나타낸 것.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 아래에서 설명한다. 다만, 본 발명은 아래의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 범위에서 벗어남이 없이 다양한 변경과 수정이 가능하다는 것은 통상의 기술자에 의하여 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명은 아래의 실시형태의 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.

[0045] (실시형태 1)

[0046] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자를 도시한 것이다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 제 1 전극(101), 제 2 전극(102), 및 EL층(103)을 포함한다. EL층(103)은 제 1 전극(101) 측으로부터 순서대로 제공된, 정공 주입층(111), 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 제 3 정공 수송층(112-3), 및 발광층(113)을 포함한다. 또한, EL층(103)은 전자 수송층(114) 및 전자 주입층(115)을 더 포함하여도 좋다.

[0047] 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서, 발광층(113)은 호스트 재료 및 발광 재료를 포함하고; 정공 주입층(111)은 유기 억셉터를 포함하고; 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 및 제 3 정공 수송층(112-3)은 각각 제 1 정공 수송 재료, 제 2 정공 수송 재료, 및 제 3 정공 수송 재료를 포함한다.

[0048] 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하다. 또한, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하이다.

[0049] 유기 억셉터는 LUMO 준위가 깊은 유기 화합물이다. 유기 억셉터와, HOMO 준위가 유기 억셉터의 LUMO 준위와 가까운 다른 유기 화합물 사이에서 전하 분리가 일어나면, 유기 화합물에서 정공이 발생된다. 바꿔 말하면, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자에서는, 유기 억셉터와 접촉하는 제 1 정공 수송 재료에서 정공이 발생된다. 유기 억셉터로서는, 전자 흡인기(할로젠기 또는 사이아노기)를 포함하는 화합물, 예를 들어, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F_4-TCNQ), 3,6-다이플루오로-2,5,7,7,8,8-헥사사이아노퀴노다이메테인, 클로라닐, 또는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 사용할 수 있다. HAT-CN는 억셉터성이 높고 막질도 안정적이기 때문에 특히 바람직하다.

[0050] 유기 억셉터의 LUMO 준위와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 유기 억셉터의 억셉터성의 강도에 따르기 때문에 특별히 한정되지 않지만, 준위들 사이의 차이가 약 1eV 이하이면 정공을 주입할 수 있다. HAT-CN의 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리 측정에 의하여 -4.41eV로 추산되므로, HAT-CN가 유기 억셉터로서 사용되는 경우에는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 -5.4eV 이상인 것이 바람직하다. 또한, 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위가 지나치게 높으면, 제 2 정공 수송 재료에 대한 정공 주입성이 열화된다. 또한, ITO 등의 양극의 일함수는 약 -5eV이기 때문에, 제 1 정공 수송 재료로서 HOMO 준위가 -5eV보다 높은 재료를 사용하면 불리해진다. 따라서, 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 -5.0eV 이하인 것이 바람직하다.

[0051] 제 1 정공 수송 재료에서 발생된 정공은, 전계에 의하여 제 2 전극(102)을 향하여 이동하여 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송층(112-2)에 포함되는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 호스트 재료의 HOMO 준위 사이에 위치하기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 정공을 쉽게 주입할 수 있다. 또한, 정공을 원활하게 주입하기 위해서는, 정공 수송 재료와 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.3eV 이하인 것이 바람직하고, 정공을 더 쉽게 주입하기 위해서는, 상기 차이가 0.2eV 이하인 것이 더 바람직하다.

[0052] 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된 정공은 제 2 전극(102)을 향하여 더 이동하여 제 3 정공 수송층(112-3)에 주입된다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하고, 제 3 정공 수송 재료와 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.35eV 미만(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이다. 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.3eV 이하이기 때문에, 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 제 3 정공 수송층(112-3)에 정공이 원활하게 주입된다. 또한, 더 원활한 정공 주입을 위하여, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.25eV 미만(유효 숫자 1자리로 0.2eV 이하)인 것이 바람직하다.

[0053] 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하기 때문에, 정공 수송층(112-3)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입될 때 장벽이 존재하지 않고; 또한, 발광 재료뿐만 아니라 호스트 재료에도 정공이 직접 주입되기 쉬워진다. 발광 재료에 정공이 우선적으로 들어가면, 발광층에서의 정공의 이동이 매우 어려워지고, 정공 수송층과 발광층의 계면에서 발광 영역이 국재화(局在化)되어, 소자의 수명에 악영향을 미친다. 반대로, 본 발명의 일 형태에서와 같이, 호스트 재료에도 정공이 들어가면, 정공은 발광층에서는 주로 호스트를 전도하면서, 발광 재료에서는 정공 트랩에 의하여 적당히 영향을 받기 때문에, 발광 영역을 적당히 확대할 수 있어, 효율이 높아지고 수명이 길어진다. 발광 영역의 적당한 확대란, 발광층에서 정공이 어느 정도 수송되지만 발광층을 관통하지 않는 것을 의미한다. 따라서, 호스트 재료는 정공 수송성을 갖는 것이 바람직하고, 구체적으로는 안트라센 골격 또는 카바졸 골격을 갖는 것이 바람직하다. 안트라센 골격은, 호스트 재료가 전자 수송성을 갖는 것이 바람직하기 때문에 특히 바람직하다. 바꿔 말하면, 호스트 재료는 안트라센 골격과 카바졸 골격의 양쪽 모두를 갖는 것이 더 바람직하다. 카바졸 골격은 벤조카바졸 골격 또는 다이벤조카바졸인 것이 바람직하다. 이것은, 이들 구조 중 어느 것의 HOMO 준위가 카바졸의 HOMO 준위보다 약 0.1eV 정도 높으면, 호스트 재료에 정공이 들어가기 용이해지기(결과적으로, 상술한 발광 영역의 적당한 확대가 용이해지기) 때문이다. 이러한 식으로, 제 3 정공 수송층(112-3)을 포함하는 것이 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자의 특징 중 하나이다.

[0054] 여기서, 발광 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕은 경우, HOMO 준위가 호스트 재료보다 얕은 정공 수송 재료로부터 발광층에 정공이 주입되면, 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 정공이 주입된다.

HOMO 준위가 얕은 발광 재료에 정공이 주입되면, 정공이 트랩된다. 정공의 트랩이 정공의 흐름을 억제하면, 전하의 축적, 재결합 영역의 집중으로 인한 발광층의 열화 촉진, 및 발광 효율의 저하 등의 문제가 일어난다.

[0055] 반대로, 본 실시형태의 발광 소자와 같이, 제 3 정공 수송층(112-3)을 포함하고, 제 3 정공 수송층(112-3)의 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등한 발광 소자에서는, 정공이 먼저 발광 재료가 아니라, 호스트 재료에 우선적으로 주입된다. 결과적으로, 정공의 흐름이 억제되지 않고, 발광 재료에서 정공이 적당히 트랩되고, 재결합 영역이 분산되기 때문에, 신뢰성 및 발광 효율의 향상 등 다양한 효과를 가져다준다.

[0056] 다음으로, 상술한 발광 소자의 구체적인 구조 및 재료의 예에 대하여 설명한다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 한 쌍의 전극(제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)) 사이에 끼워지며 복수의 층을 갖는 EL층(103)을 포함한다. EL층(103)에서는, 제 1 전극(101) 측으로부터 적어도 정공 주입층(111), 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 제 3 정공 수송층(112-3), 및 발광층(113)이 제공된다.

[0057] EL층(103)에 포함되는 그 외의 층에 대한 특별한 한정은 없고, 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 주입층, 캐리어 차단층, 여기자 차단층, 및 전하 발생층 등 다양한 층을 채용할 수 있다.

[0058] 제 1 전극(101)은 일함수가 높은(구체적으로는, 일함수가 4.0eV 이상) 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등 중 어느 것을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 구체적인 예에는, 산화 인듐-산화 주석(ITO: indium tin oxide), 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함하는 산화 인듐-산화 주석, 산화 인듐-산화 아연, 및 산화 텅스텐 및 산화 아연을 포함하는 산화 인듐(IWZO)이 포함된다. 이러한 도전성 금속 산화물막은 일반적으로 스퍼터링법에 의하여 형성되지만, 졸-겔법 등을 응용하여 형성되어도 좋다. 형성 방법의 예에서는, 산화 인듐에 대하여 1wt% 내지 20wt%의 산화 아연을 첨가하여 얻은 타깃을 사용하는 스퍼터링법에 의하여 산화 인듐-산화 아연을 퇴적한다. 또한, 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐이 0.5wt% 내지 5wt% 및 산화 아연이 0.1wt% 내지 1wt% 첨가된 타깃을 사용하는 스퍼터링법에 의하여 산화 텅스텐 및 산화 아연을 포함하는 산화 인듐(IWZO)의 막을 형성할 수 있다. 또는, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크로뮴(Cr), 몰리브데넘(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 또는 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화 타이타늄) 등을 사용할 수 있다. 그래핀을 사용할 수도 있다. 또한, 나중에 설명하는 복합 재료를 EL층(103)에서의 제 1 전극(101)과 접촉하는 층에 사용하면, 일함수에 상관없이 전극 재료를 선택할 수 있다.

[0059] 정공 주입층(111), 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 제 3 정공 수송층(112-3), 및 발광층(113)에 더하여 전자 수송층(114) 및 전자 주입층(115)을 포함하는 도 1의 (A)에 도시된 구조와, 정공 주입층(111), 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 제 3 정공 수송층(112-3), 및 발광층(113)에 더하여 전자 수송층(114), 전자 주입층(115), 및 전하 발생층(116)을 포함하는 도 1의 (B)에 도시된 구조의 2종류의 EL층(103)의 적층 구조에 대하여 설명한다. 각 층을 형성하는 재료에 대하여 아래에서 구체적으로 설명한다.

[0060] 정공 주입층(111)은 유기 억셉터를 포함한다. 유기 억셉터로서는, 전자 흡인기(할로젠기 또는 사이아노기)를 포함하는 화합물, 예를 들어, 7,7,8,8-테트라사이아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노다이메테인(약칭: F_4-TCNQ), 3,6-다이플루오로-2,5,7,7,8,8-헥사사이아노퀴노다이메테인, 클로라닐, 또는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 사용할 수 있다. 유기 억셉터로서는, HAT-CN과 같이 복수의 헤테로 원자를 갖는 축합 방향족 고리에 전자 흡인기가 결합된 화합물이 열적으로 안정적이므로 바람직하다. 유기 억셉터는 인접한 정공 수송층(또는 정공 수송 재료)으로부터, 적어도 전계를 인가함으로써 전자를 추출할 수 있다.

[0061] 정공 주입층(111)은 정공 주입성을 향상시킬 수 있기 때문에, 낮은 전압으로 발광 소자를 구동할 수 있게 된다. 또한, 유기 억셉터는 증착에 의하여 쉽게 형성되기 때문에 사용하기 쉽다.

[0062] 제 1 정공 수송층(112-1), 제 2 정공 수송층(112-2), 및 제 3 정공 수송층(112-3)은 정공 수송층을 형성한다. 제 1 정공 수송층 내지 제 3 정공 수송층(112-1, 112-2, 및 112-3)은 각각 정공 수송성을 갖는 정공 수송 재료를 포함하고; 구체적으로는 이들은 각각 제 1 정공 수송 재료, 제 2 정공 수송 재료, 및 제 3 정공 수송 재료를 포함한다. 정공 수송 재료는 정공 이동도가 1×10^{-6} cm^2/Vs 이상인 것이 바람직하다. 이들 재료 사이에서는, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위가 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 발광층(113)에 포함되는 호스트 재료의 HOMO 준위가 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊거나 호스트 재료의 HOMO 준위와 동등하고, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이가 0.3eV 이하라는 관계를 만족시킨다. 또한, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준

위와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.2eV 이하인 것이 바람직하다.

[0063] 제 1 정공 수송 재료로서는, HOMO 준위가 비교적 얕은 정공 수송 재료가 바람직하다. 이러한 유기 화합물로서는, 트라이아릴아민이고 플루오렌일아민 골격을 갖는 물질이 바람직하다.

[0064] 제 3 정공 수송 재료로서는, HOMO 준위가 비교적 깊은 정공 수송 재료가 바람직하다. 아민을 포함하는 유기 화합물은 HOMO 준위가 얕은 경향이 있기 때문에, 아민이 없는 정공 수송 재료가 바람직하다. 또한, 이러한 정공 수송 재료로서는, 카바졸 골격을 갖는 정공 수송 재료가 바람직하다. 카바졸 골격과 트라이페닐렌 골격을 갖는 유기 화합물 및 카바졸 골격과 나프탈렌 골격을 갖는 유기 화합물 등을 바람직하게 사용할 수 있다.

[0065] 제 2 정공 수송 재료로서는, HOMO 준위가 제 1 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위들 사이에 있는 정공 수송 재료가 바람직하다. 구체적으로는, 트라이아릴아민이고 트라이페닐아민 골격을 갖는 정공 수송 재료가 바람직하다. 또한, 상기 트라이페닐아민 골격의 페닐기는 융합 구조를 형성하지 않는 것이 바람직하다.

[0066] 발광층(113)은 호스트 재료 및 발광 재료를 포함한다. 발광 재료로서는, 형광 재료, 인광 재료, 열활성화 지연 형광(TADF)을 나타내는 물질 중 어느 것을 사용하여도 좋다. 또한, 발광층(113)은 단층이어도 좋고, 다른 발광 재료를 포함하는 복수의 층을 포함하여도 좋다. 또한, 본 발명의 일 형태에서는, 발광층(113)이 형광, 구체적으로는 청색 형광을 방출하기만 하면 바람직하게 사용할 수 있다.

[0067] 발광층(113)에서 형광 발광 물질로서 사용할 수 있는 재료의 예에 대하여 아래에서 설명한다. 아래에 제시하는 것 외의 형광 물질을 사용할 수도 있다.

[0068] 형광 물질의 예에는, 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), *N*,*N*'-다이페닐-*N*,*N*'-비스[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6FLPAPrn), *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), *N*,*N*'-비스[4-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]-*N*,*N*'-다이페닐스틸벤-4,4'-다이아민(약칭: YGA2S), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9*H*-카바졸-9-일)-4'-(9,10-다이페닐-2-안트릴)트라이페닐아민(약칭: 2YGAPPA), *N*,9-다이페닐-*N*-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페릴렌, 2,5,8,11-테트라-*tert*-뷰틸페릴렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-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]-9*H*-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-9*H*-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), *N*-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-*N*,9-다이페닐-9*H*-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-(9*H*-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-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이나이트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이나이트릴(약칭: DCM2), *N*,*N*,*N*',*N*'-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-다이아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-다이페닐-*N*,*N*,*N*',*N*'-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-*a*]플루오란텐-3,10-다이아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-아이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이나이트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-*tert*-뷰틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이나이트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(다이메틸아미노)페닐]에텐일}-4*H*-피란-4-일리덴)프로페인다이나이트릴(약칭: BisDCM), 및 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1*H*,5*H*-벤조[*ij*]퀴놀리진-9-일)에텐일]-4*H*-피란-4-일리덴}프로페인다이나이트릴(약칭: BisDCJTM)이 포함된다. 1,6FLPAPrn 및 1,6mMemFLPAPrn 등의 피렌다이아민 화합물로 대표되는 축합 방향족 다이아민 화합물은 정공 트랩성이 높고, 발광 효율이 높고, 신뢰성이 높기 때문에 특히 바람직하다.

[0069] 발광층(113)에서 인광 발광 물질로서 사용할 수 있는 재료의 예는 다음과 같다.

[0070] 상기 예에는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-다이메틸페닐)-4*H*-1,2,4-트라이아졸-3-일-κ*N*2]페닐-κ*C*}이리듐(III)(약칭: [Ir(mpptz-dmp)$_3$]), 트리스(5-메틸-3,4-다이페닐-4*H*-1,2,4-트라이아졸레이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz)$_3$]), 및 트리스[4-(3-바이페닐)-5-아이소프로필-3-페닐-4*H*-1,2,4-트라이아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrptz-3b)$_3$]) 등의 4*H*-트라이아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1*H*-1,2,4-트라이아졸레이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(Mptz1-mp)$_3$]) 및 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1*H*-1,2,4-트라이아졸레이토)이리듐(III)(약칭: Ir(Prptz1-Me)$_3$) 등의 1*H*-트라이아졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; *fac*-트리스[1-(2,6-다이아이소프로필페닐)-2-페닐-1*H*-이미다졸]이리듐(III)(약칭: [Ir(iPrpmi)$_3$]) 및 트리스[3-(2,6-다이메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-*f*]페난트리디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(dmpimpt-Me)$_3$]) 등의 이미다졸 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-$N,C^{2'}$]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-$N,C^{2'}$]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트라이플루오로메틸)페닐]피리디네이토-$N,C^{2'}$}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: [Ir(CF$_3$ppy)$_2$(pic)]), 및 비스[2-(4',6'-다이플루오로페닐)피리디네이토-$N,C^{2'}$]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac)) 등의 전자 흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체가 배위자인 유기 금속 이리듐 착체가 포함된다. 이들은 청색의 인광을 방출하는 화합물이며, 440nm 내지 520nm에 발광 피크를 갖는다.

[0071] 다른 예에는 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)$_3$]), 트리스(4-*t*-뷰틸-6-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)$_3$]), (아세틸아세토네이토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppm)$_2$(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스(6-*tert*-뷰틸-4-페닐피리미딘네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)$_2$(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스[6-(2-노보닐)-4-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(nbppm)$_2$(acac)]), (아세틸아세토네이토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(mpmppm)$_2$(acac)]), 및 (아세틸아세토네이토)비스(4,6-다이페닐피리미디네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(dppm)$_2$(acac)]) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이토)비스(3,5-다이메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-Me)$_2$(acac)]) 및 (아세틸아세토네이토)비스(5-아이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(mppr-iPr)$_2$(acac)]) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(2-페닐피리디네이토-$N,C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: [Ir(ppy)$_3$]), 비스(2-페닐피리디네이토-$N,C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(ppy)$_2$(acac)]), 비스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(bzq)$_2$(acac)]), 트리스(벤조[*h*]퀴놀리네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(bzq)$_3$]), 트리스(2-페닐퀴놀리네이토-$N,C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: [Ir(pq)$_3$]), 및 비스(2-페닐퀴놀리네이토-$N,C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(pq)$_2$(acac)]) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 및 트리스(아세틸아세토네이토)(모노페난트롤린)터븀(III)(약칭: [Tb(acac)$_3$(Phen)]) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 이들은 주로 녹색 인광을 방출하는 화합물이며 500nm 내지 600nm에 발광 피크를 갖는다. 또한, 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 신뢰성 및 발광 효율이 두드러지게 높기 때문에 특히 바람직하다.

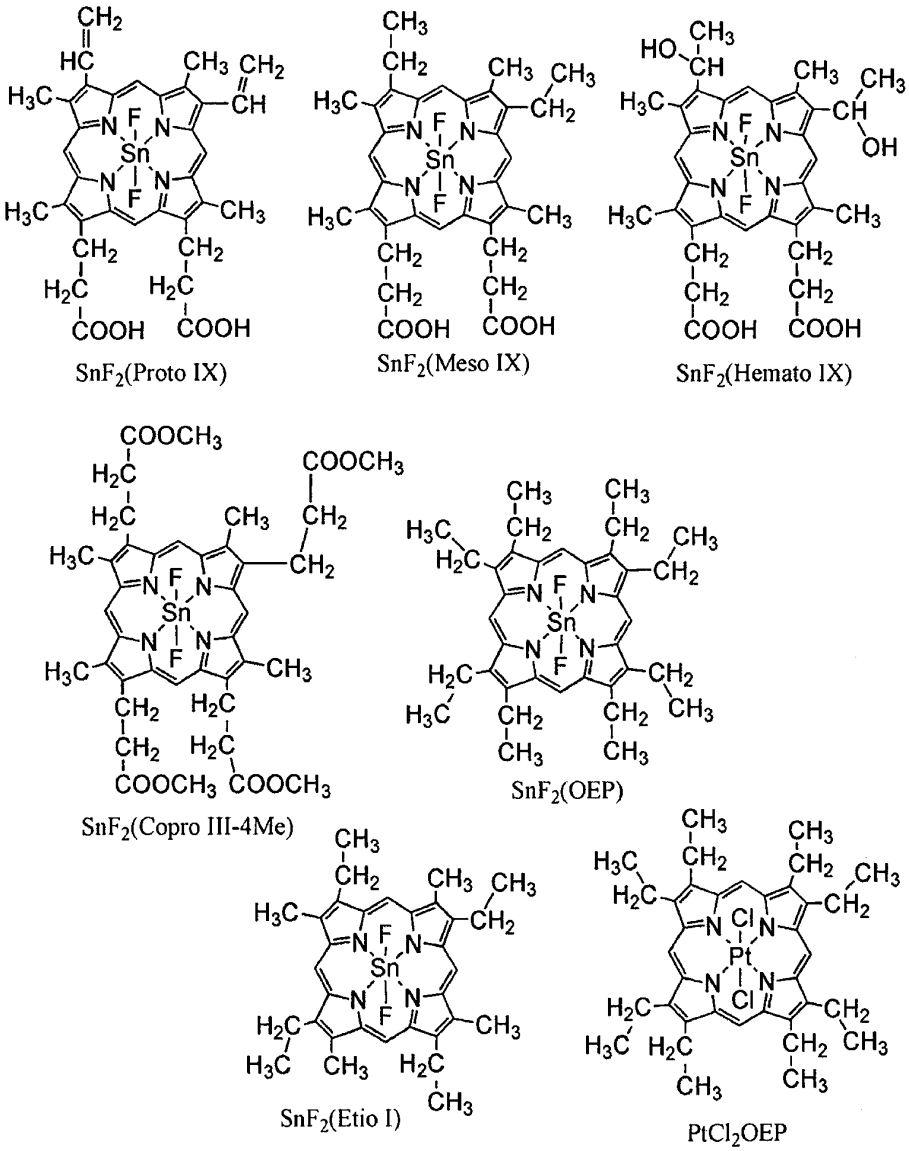
[0072] 다른 예에는, (다이아이소뷰틸일메타네이토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토]이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)$_2$(dibm)]), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(5mdppm)$_2$(dpm)]),
비스[4,6-다이(나프탈렌-1-일)피리미디네이토](다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(d1npm)$_2$(dpm)]) 등의 피리미딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; (아세틸아세토네이토)비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)$_2$(acac)]), 비스(2,3,5-트라이페닐피라지네이토)(다이피발로일메타네이토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)$_2$(dpm)]), 및 (아세틸아세토네이토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이토]이리듐

(III)(약칭: [Ir(Fdpq)$_2$(acac)]) 등의 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 트리스(1-페닐아이소퀴놀리네이토-*N*,$C^{2'}$)이리듐(III)(약칭: [Ir(piq)$_3$]) 및 비스(1-페닐아이소퀴놀리네이토-*N*,$C^{2'}$)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: [Ir(piq)$_2$(acac)]) 등의 피리딘 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체; 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21*H*,23*H*-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP) 등의 백금 착체; 및 트리스(1,3-다이페닐-1,3-프로페인다이오네이토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(DBM)$_3$(Phen)]) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트라이플루오로아세토네이토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: [Eu(TTA)$_3$(Phen)]) 등의 희토류 금속 착체가 포함된다. 이들은 적색 인광을 방출하는 화합물이며 600nm 내지 700nm에 발광 피크를 갖는다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기 금속 이리듐 착체는 색도가 양호한 적색 발광을 제공할 수 있다.

[0073] 상술한 인광성 화합물에 더하여, 공지의 인광 재료를 선택하여 사용하여도 좋다.

[0074] TADF 재료의 예에는, 풀러렌, 그 유도체, 프로플라빈 등의 아크리딘 유도체, 또는 에오신 등, 및 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In), 또는 팔라듐(Pd)을 포함하는 포르피린 등의 금속-함유 포르피린이 포함된다. 금속-함유 포르피린의 예에는, 아래의 구조식으로 나타낸, 프로토포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(Proto IX)), 메소포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(Meso IX)), 헤마토포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(Hemato IX)), 코프로포르피린 테트라메틸 에스터-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(OEP)), 에티오포르피린-플루오린화 주석 착체(SnF$_2$(Etio I)), 및 옥타에틸포르피린-염화 백금 착체(PtCl$_2$(OEP))가 포함된다.

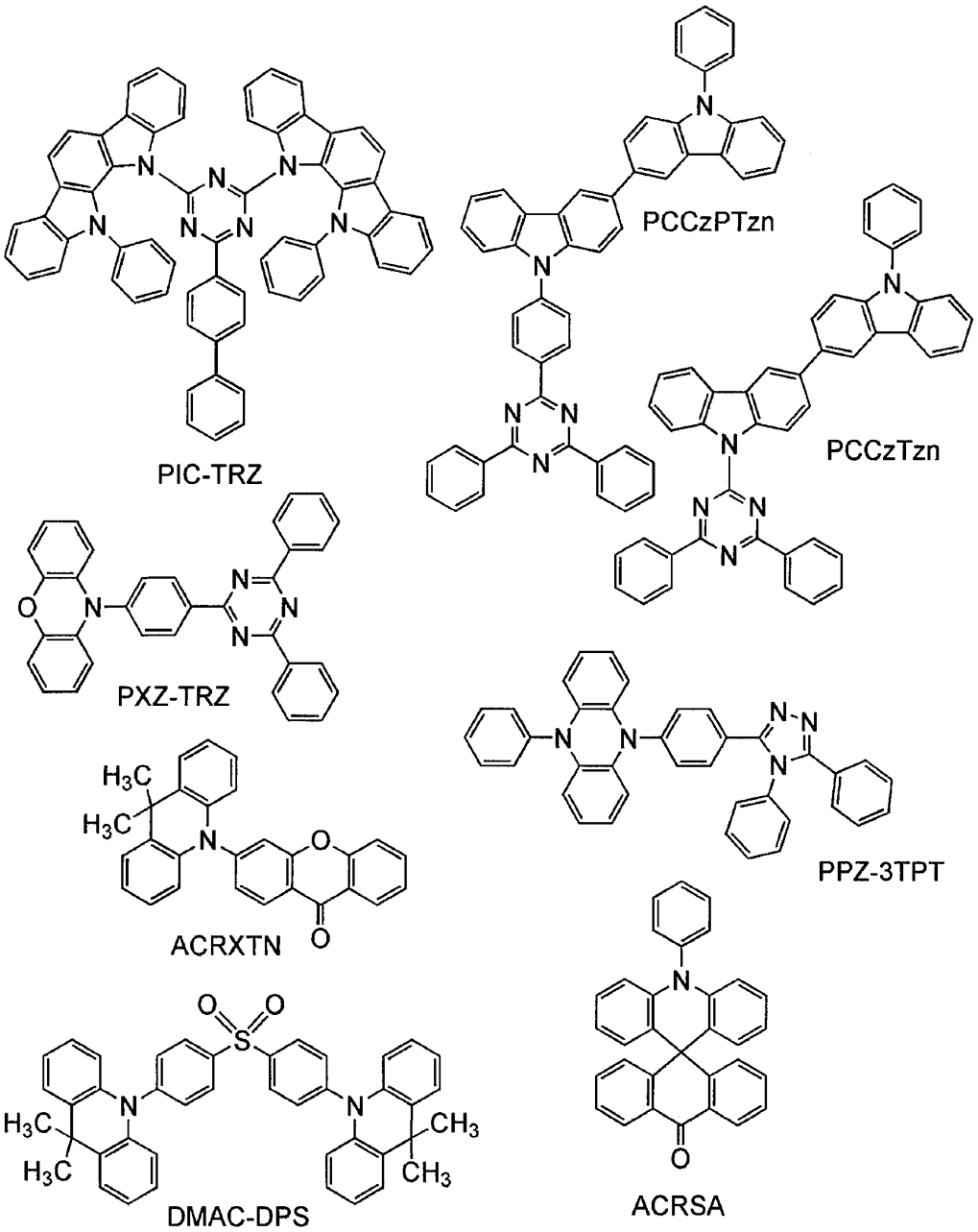
[0075] [화학식 1]



[0076]

[0077] 또는, 아래의 구조식에 나타내어지는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3-*a*]카바졸-11-일)-1,3,5-트라이아진(약칭: PIC-TRZ), 9-(4,6-다이페닐-1,3,5-트라이아진-2-일)-9'-페닐-9*H*,9'*H*-3,3'-바이카바졸(약칭: PCCzTzn), 9-[4-(4,6-다이페닐-1,3,5-트라이아진-2-일)페닐]-9'-페닐-9*H*,9'*H*-3,3'-바이카바졸(약칭: PCCzPTzn), 2-[4-(10*H*-페녹사진-10-일)페닐]-4,6-다이페닐-1,3,5-트라이아진(약칭: PXZ-TRZ), 3-[4-(5-페닐-5,10-다이하이드로페나진-10-일)페닐]-4,5-다이페닐-1,2,4-트라이아졸(약칭: PPZ-3TPT), 3-(9,9-다이메틸-9*H*-아크리딘-10-일)-9*H*-크산텐-9-온(약칭: ACRXTN), 비스[4-(9,9-다이메틸-9,10-다이하이드로아크리딘)페닐]설폰(약칭: DMAC-DPS), 또는 10-페닐-10*H*,10'*H*-스파이로[아크리딘-9,9'-안트라센]-10'-온(약칭: ACRSA) 등, π-전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및 π-전자 부족형 헤테로 방향족 고리의 양쪽 모두를 갖는 헤테로 고리 화합물을 사용할 수 있다. 상기 헤테로 고리 화합물은 π-전자 과잉형 헤테로 방향족 고리 및 π-전자 부족형 헤테로 방향족 고리를 갖기 때문에, 전자 수송성 및 정공 수송성이 높아 바람직하다. 또한, π-전자 과잉형 헤테로 방향족 고리가 π-전자 부족형 헤테로 방향족 고리와 직접 결합된 물질은, π-전자 과잉형 헤테로 방향족 고리의 도너성 및 π-전자 부족형 헤테로 방향족 고리의 억셉터성 양쪽 모두가 높아지고, S_1 준위와 T_1 준위의 에너지 차이가 작아지므로 열활성화 지연 형광을 높은 효율로 얻을 수 있기 때문에 특히 바람직하다. 또한, π-전자 부족형 헤테로 방향족 고리 대신에, 사이아노기 등 전자 흡인기가 결합된 방향족 고리를 사용하여도 좋다.

[0078] [화학식 2]



[0079]

[0080] 발광층의 호스트 재료로서는, 전자 수송성을 갖는 재료 및 정공 수송성을 갖는 재료 등 다양한 캐리어 수송 재료를 사용할 수 있다.

[0081] 다음은 정공 수송성을 갖는 재료의 예이다: 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-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-다이페닐-4''-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-다이(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)트라이페닐아민(약칭: PCBNBB), 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF), 및 *N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]스파이로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF) 등의 방향족 아민 골격을 갖는 화합물; 1,3-비스(*N*-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-다이(*N*-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-다이페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP), 및 3,3'-비스(9-페닐-9*H*-카바졸)(약칭: PCCP) 등의 카바졸 골격을 갖는 화합물; 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조싸이오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-다이페닐

-4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-III), 및 4-[4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐다이벤조싸이오펜(약칭: DBTFLP-IV) 등의 싸이오펜 골격을 갖는 화합물, 및 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트라이일)트라이(다이벤조퓨란)(약칭: DBF3P-II) 및 4-{3-[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]페닐}다이벤조퓨란(약칭: mmDBFFLBi-II) 등의 퓨란 골격을 갖는 화합물. 상술한 재료 중에서, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카바졸 골격을 갖는 화합물은, 신뢰성이 높고 정공 수송성이 높고 구동 전압의 저감에 기여하기 때문에 바람직하다.

[0082] 다음은 전자 수송성을 갖는 재료의 예이다: 비스(10-하이드록시벤조[*h*]퀴놀리네이토)베릴륨(II)(약칭: $BeBq_2$), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀레이토)(4-페닐페놀레이토)알루미늄(III)(약칭: BAlq), 비스(8-퀴놀리놀레이토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤즈옥사졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnPBO), 및 비스[2-(2-벤조싸이아졸릴)페놀레이토]아연(II)(약칭: ZnBTZ) 등의 금속 착체; 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-*tert*-뷰틸페닐)-1,2,4-트라이아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(*p*-*tert*-뷰틸페닐)-1,3,4-옥사다이아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사다이아졸-2-일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트라이일)트리스(1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI), 및 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1*H*-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBIm-II) 등의 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물; 2-[3-(다이벤조싸이오펜-4-일)페닐]다이벤조[*f*,*h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(다이벤조싸이오펜-4-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f*,*h*]퀴녹살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), 2-[3'-(9*H*-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]다이벤조[*f*,*h*]퀴녹살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm), 및 4,6-비스[3-(4-다이벤조싸이엔일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II) 등의 다이아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물; 및 3,5-비스[3-(9*H*-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy) 및 1,3,5-트라이[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB) 등의 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물. 상술한 재료 중에서, 다이아진 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은, 신뢰성이 높기 때문에 바람직하다. 특히, 다이아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 헤테로 고리 화합물은 전자 수송성이 높아 구동 전압의 저감에 기여한다.

[0083] 발광 재료로서 형광 물질을 사용하는 경우, 호스트 재료로서는 안트라센 골격을 갖는 재료가 바람직하다. 형광 물질을 위한 호스트 재료로서 안트라센 골격을 갖는 물질을 사용하면, 발광 효율이 높고 내구성이 높은 발광층을 얻을 수 있다. 안트라센 골격을 갖는 재료의 대부분은 HOMO 준위가 깊기 때문에, 이러한 재료를 본 발명의 일 형태에 바람직하게 사용할 수 있다. 호스트 재료로서 사용되는 안트라센 골격을 갖는 물질로서는, 다이페닐안트라센 골격을 갖는 물질, 특히 9,10-다이페닐안트라센 골격을 갖는 물질이 화학적으로 안정적이므로 바람직하다. 호스트 재료가 카바졸 골격을 가지면, 정공 주입성 및 정공 수송성이 높아지기 때문에 바람직하고, 카바졸에 벤젠 고리가 더 축합된 벤조카바졸 골격을 호스트 재료가 가지면, 카바졸보다 HOMO 준위가 약 0.1eV 높아지기 때문에 호스트 재료에 정공이 쉽게 들어가므로 더 바람직하다. 특히, 호스트 재료가 다이벤조카바졸 골격을 포함하면, 카바졸보다 HOMO 준위가 약 0.1eV 높기 때문에 호스트 재료에 정공이 들어가기 쉬워지고, 정공 수송성이 향상되고, 내열성이 높아지기 때문에 바람직하다. 따라서, 호스트 재료로서는 9,10-다이페닐안트라센 골격 및 카바졸 골격(또는 벤조카바졸 또는 다이벤조카바졸 골격)의 양쪽 모두를 갖는 물질이 더 바람직하다. 또한, 상술한 정공 주입성 및 정공 수송성의 관점에서, 카바졸 골격 대신에 벤조플루오렌 골격 또는 다이벤조플루오렌 골격을 사용하여도 좋다. 이러한 물질의 예에는, 9-페닐-3-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: PCzPA), 3-[4-(1-나프틸)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPN), 9-[4-(10-페닐-9-안트라센일)페닐]-9*H*-카바졸(약칭: CzPA), 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA), 6-[3-(9,10-다이페닐-2-안트릴)페닐]-벤조[*b*]나프토[1,2-*d*]퓨란(약칭: 2mBnfPPA), 및 9-페닐-10-{4-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)-바이페닐-4'-일}-안트라센(약칭: FLPPA)이 포함된다. 특히, CzPA, cgDBCzPA, 2mBnfPPA, 및 PCzPA는 특성이 우수하므로 바람직한 선택이다.

[0084] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자는 청색 형광을 방출하는 발광 소자에 적용되는 것이 바람직하다.

[0085] 또한, 호스트 재료는 복수 종류의 물질의 혼합물이어도 좋고, 혼합된 호스트 재료를 사용하는 경우에는, 전자 수송성을 갖는 재료를 정공 수송성을 갖는 재료와 혼합하는 것이 바람직하다. 전자 수송성을 갖는 재료를 정공 수송성을 갖는 재료와 혼합함으로써, 발광층(113)의 수송성을 쉽게 조절할 수 있고 재결합 영역을 쉽게 제어할 수 있다. 정공 수송성을 갖는 재료의 함유량과 전자 수송성을 갖는 재료의 함유량의 비율은 1:9 내지 9:1로 할 수 있다.

[0086] 이들 혼합 재료에 의하여 엑시플렉스를 형성하여도 좋다. 파장이 발광 재료의 가장 낮은 에너지 측의 흡수대의

파장과 중첩되는 발광을 나타내는 엑시플렉스가 형성되도록 이들 재료의 조합을 선택함으로써, 에너지가 원활하게 이동되고, 발광을 효율적으로 얻을 수 있고, 구동 전압이 저감되기 때문에 바람직하다.

[0087] 전자 수송층(114)은 전자 수송성을 갖는 물질을 포함하는 층이다. 전자 수송성을 갖는 물질로서는, 호스트 재료로서 사용할 수 있는 전자 수송성을 갖는 상술한 물질 중 임의의 것을 사용할 수 있다.

[0088] 전자 수송층(114)과 제 2 전극(102) 사이에, 전자 주입층(115)으로서, 플루오린화 리튬(LiF), 플루오린화 세슘(CsF), 또는 플루오린화 칼슘(CaF_2) 등의 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 제공하여도 좋다.

예를 들어, 전자화물(electride), 또는 전자 수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되며 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 포함하는 층을 사용할 수 있다. 전자화물의 예에는, 칼슘과 알루미늄의 혼합 산화물(calcium oxide-aluminum oxide)에 높은 농도로 전자를 첨가한 물질이 포함된다.

[0089] 전자 주입층(115) 대신에 전하 발생층(116)을 제공하여도 좋다(도 1의 (B) 참조). 전하 발생층(116)이란, 전위가 인가될 때 전하 발생층(116)의 음극 측과 접촉하는 층에 정공을, 그 양극 측과 접촉하는 층에 전자를 주입할 수 있는 층을 말한다. 전하 발생층(116)은 적어도 p형층(117)을 포함한다. p형층(117)은, 정공 주입층(111)에 사용할 수 있는 재료의 예로서 상술한 복합 재료들 중 어느 것을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. p형층(117)은, 복합 재료에 포함되는 재료로서 상술한 억셉터 재료를 포함하는 막과, 정공 수송 재료를 포함하는 막을 적층시켜 형성되어도 좋다. p형층(117)에 전위를 인가함으로써, 전자 수송층(114)에 전자가 주입되고, 음극으로서 기능하는 제 2 전극(102)에 정공이 주입되므로, 발광 소자가 동작된다.

[0090] 또한, 전하 발생층(116)은 p형층(117)에 더하여 전자 릴레이층(118) 또는 전자 주입 버퍼층(119), 또는 양쪽 모두를 포함하는 것이 바람직하다.

[0091] 전자 릴레이층(118)은 전자 수송성을 갖는 물질을 적어도 포함하고, 전자 주입 버퍼층(119)과 p형층(117)의 상호 작용을 방지하고 전자를 원활하게 수송하는 기능을 갖는다. 전자 릴레이층(118)에 포함되는 전자 수송성을 갖는 물질의 LUMO 준위는, p형층(117)에서의 억셉터성을 갖는 물질의 LUMO 준위와, 전자 수송층(114) 중 전하 발생층(116)과 접촉하는 층에 포함되는 물질의 LUMO 준위 사이에 있는 것이 바람직하다. 에너지 준위의 구체적인 값으로서는, 전자 릴레이층(118)에서의 전자 수송성을 갖는 물질의 LUMO 준위가 -5.0eV 이상인 것이 바람직하고, -5.0eV 이상 -3.0eV 이하인 것이 더 바람직하다. 또한, 전자 릴레이층(118)에서의 전자 수송성을 갖는 물질로서는, 프탈로사이아닌계 재료 또는 금속-산소 결합과 방향족 배위자를 갖는 금속 착체를 사용하는 것이 바람직하다.

[0092] 전자 주입 버퍼층(119)에는 전자 주입성이 높은 물질을 사용할 수 있다. 예를 들어, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 또는 이들의 화합물(예를 들어, 알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 및 탄산 리튬 또는 탄산 세슘 등의 탄산염을 포함함)), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 및 탄산염을 포함함), 또는 희토류 금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 및 탄산염을 포함함)을 사용할 수 있다.

[0093] 전자 주입 버퍼층(119)이 전자 수송성을 갖는 물질 및 도너 물질을 포함하는 경우, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 상술한 금속의 화합물(예를 들어, 알칼리 금속 화합물(산화 리튬 등의 산화물, 할로젠화물, 및 탄산 리튬 또는 탄산 세슘 등의 탄산염을 포함함), 알칼리 토금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 및 탄산염을 포함함), 및 희토류 금속 화합물(산화물, 할로젠화물, 및 탄산염을 포함함))에 더하여, 테트라싸이아나프타센(약칭: TTN), 니켈로센, 또는 데카메틸니켈로센 등의 유기 화합물을 도너 물질로서 사용할 수 있다. 또한, 전자 수송성을 갖는 물질로서는, 전자 수송층(114)에 사용되는 상술한 재료와 비슷한 재료를 사용할 수 있다.

[0094] 제 2 전극(102)에는, 일함수가 낮은(구체적으로는 일함수가 3.8eV 이하) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등 중 임의의 것을 사용할 수 있다. 이러한 음극 재료의 구체적인 예에는, 알칼리 금속(예를 들어, 리튬(Li) 및 세슘(Cs)), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 및 스트론튬(Sr) 등의 주기율표에서 1족 및 2족에 속하는 원소, 그 합금(예를 들어, MgAg 및 AlLi), 유로퓸(Eu) 및 이터븀(Yb) 등의 희토류 금속, 및 이들의 합금 등이 있다. 그러나, 제 2 전극(102)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 제공하는 경우에는, 제 2 전극(102)에 대하여, Al, Ag, ITO, 또는 실리콘 또는 산화 실리콘을 포함한 산화 인듐-산화 주석 등 다양한 도전성 재료 중 임의의 것을 일함수에 상관없이 사용할 수 있다. 이들 도전성 재료의 막은, 진공 증착법 또는 스퍼터링법 등의 건식법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법 등에 의하여 형성할 수 있다. 또한, 전극은, 졸-겔법을 사용한 습식법에 의하여 형성하여도 좋고, 또는 금속 재료의 페이스트를 사용한 습식법에 의하여 형성하여도 좋다.

[0095] 건식 공정이든 습식 공정이든 간에 상관없이, EL층(103)의 형성에는 다양한 방법들 중 임의의 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 그라비어 인쇄법, 오프셋 인쇄법, 스크린 인쇄법, 잉크젯법, 또는 스핀 코팅법

등을 사용하여도 좋다.

[0096] 다른 방법을 사용하여 상술한 전극들 또는 층들을 형성하여도 좋다.

[0097] 제 1 전극(101)과 제 2 전극(102) 사이에 제공되는 층의 구조는 상술한 구조에 한정되지 않는다. 발광 영역과 전극 및 캐리어 주입층에 사용되는 금속의 근접으로 인한 소광을 방지할 수 있도록, 정공과 전자가 재결합되는 발광 영역이 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)으로부터 떨어져 위치하는 것이 바람직하다.

[0098] 또한, 발광층에서 생성된 여기자로부터의 에너지 이동을 억제할 수 있도록, 발광층(113)과 접촉하는 정공 수송층 및 전자 수송층, 특히 발광층(113)의 재결합 영역과 가까운 캐리어 수송층은, 발광층의 발광 재료 또는 발광층에 포함되는 발광 재료보다 밴드 갭이 넓은 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다.

[0099] 다음으로, 복수의 발광 유닛이 적층된 구조를 갖는 발광 소자(이 형태의 발광 소자를 적층 소자 또는 탠덤 소자라고도 함)의 일 형태에 대하여 도 1의 (C)를 참조하여 설명한다. 이 발광 소자에서는, 양극과 음극 사이에 복수의 발광 유닛이 제공된다. 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 도시된 EL층(103)과 비슷한 구조를 갖는다. 바꿔 말하면, 도 1의 (C)에 도시된 발광 소자는 복수의 발광 유닛을 포함하는 발광 소자이고, 도 1의 (A) 및 (B)에 도시된 각 발광 소자는 하나의 발광 유닛을 포함하는 발광 소자이다.

[0100] 도 1의 (C)에서, 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502) 사이에 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512)이 적층되고, 제 1 발광 유닛(511)과 제 2 발광 유닛(512) 사이에 전하 발생층(513)이 제공된다. 제 1 전극(501) 및 제 2 전극(502)은 각각, 도 1의 (A)에 도시된 제 1 전극(101) 및 제 2 전극(102)에 상당하며, 도 1의 (A)의 설명에서 제시한 재료가 사용될 수 있다. 또한, 제 1 발광 유닛(511) 및 제 2 발광 유닛(512)은 같은 구조를 가져도 좋고 다른 구조를 가져도 좋다.

[0101] 전하 발생층(513)은, 제 1 전극(501)과 제 2 전극(502) 사이에 전압이 인가될 때, 발광 유닛들 중 한쪽에 전자를 주입하고 발광 유닛들 중 다른 쪽에 정공을 주입하는 기능을 갖는다. 즉, 도 1의 (C)에서, 제 1 전극의 전위가 제 2 전극의 전위보다 높아지도록 전압이 인가되면, 전하 발생층(513)은 제 1 발광 유닛(511)에 전자를, 제 2 발광 유닛(512)에 정공을 주입한다.

[0102] 전하 발생층(513)은 도 1의 (B)를 참조하여 설명한 전하 발생층(116)과 비슷한 구조를 갖는 것이 바람직하다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 캐리어 주입성 및 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동 또는 저전류 구동을 실현할 수 있다. 또한, 발광 유닛의 양극 측의 면이 전하 발생층(513)과 접촉하는 경우에는, 전하 발생층(513)이 발광 유닛에서 정공 주입층으로서도 기능할 수 있어 발광 유닛에 정공 주입층을 반드시 형성할 필요는 없다.

[0103] 전자 주입 버퍼층(119)이 제공되는 경우, 전자 주입 버퍼층(119)은 전자 주입 버퍼층(119)과 접촉하는 양극 측의 발광 유닛에서의 전자 주입층으로서 기능하여, 양극 측의 발광 유닛은 전자 주입층을 더 필요로 하지 않는다.

[0104] 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에 대하여 도 1의 (C)를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 3개 이상의 발광 유닛이 적층되는 발광 소자에 대해서도 마찬가지로 적용될 수 있다. 본 실시형태에 따른 발광 소자와 같이 한 쌍의 전극 사이에서 복수의 발광 유닛이 전하 발생층(513)에 의하여 분할됨으로써, 전류 밀도를 낮게 유지한 채 높은 휘도로 광을 방출할 수 있고 수명이 긴 발광 소자를 제공할 수 있다. 또한, 낮은 전압으로 구동될 수 있는, 소비전력이 낮은 발광 장치를 제작할 수 있다.

[0105] 또한, 발광 유닛들의 발광색을 다르게 하면, 발광 소자 전체로서 원하는 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛을 갖는 발광 소자에서, 제 1 발광 유닛의 발광색이 적색 및 녹색이고 제 2 발광 유닛의 발광색이 청색이면, 발광 소자는 소자 전체로서 백색광을 방출할 수 있다.

[0106] 상술한 구조는 본 실시형태 및 다른 실시형태에서의 구조 중 임의의 것과 조합될 수 있다.

[0107] (실시형태 2)

[0108] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대하여 설명한다.

[0109] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치에 대하여 도 2의 (A) 및 (B)를 참조하여 설명한다. 또한, 도 2의 (A)는 발광 장치의 상면도이고, 도 2의 (B)는 도 2의 (A)의 선 A-B 및 C-D를 따라 취한 단면도이다. 이 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하는, 점선으로 도시된 구동 회로부(소스선 구동 회로)(601), 화소부(602), 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로)(603)를 포함한다. 부호 604는 밀봉

기판을 나타내고, 605는 밀봉 재료를 나타내고, 607은 밀봉 재료(605)로 둘러싸인 공간을 나타낸다.

[0110] 부호 608은, 소스선 구동 회로(601) 및 게이트선 구동 회로(603)에 입력되는 신호를 전송하며, 외부 입력 단자로서 기능하는 FPC(flexible printed circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 및 리셋 신호 등의 신호를 받기 위한 리드 배선을 나타낸다. 여기서는 FPC만을 도시하였지만, FPC에 인쇄 배선판(PWB)이 제공되어도 좋다. 본 명세서의 발광 장치는 발광 장치 자체뿐만 아니라, FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 그 범주에 포함한다.

[0111] 다음으로, 도 2의 (B)를 참조하여 단면 구조에 대하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에는 구동 회로부 및 화소부가 형성되어 있으며, 도 2의 (B)에는 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601), 및 화소부(602)에서의 하나의 화소를 나타내었다.

[0112] 소자 기판(610)은 유리, 석영, 유기 수지, 금속, 합금, 또는 반도체이어도 좋고, FRP(fiber-reinforced plastic), PVF(poly(vinyl fluoride)), 폴리에스터, 또는 아크릴로 이루어진 플라스틱 기판이어도 좋다.

[0113] 화소 및 구동 회로에 사용되는 트랜지스터의 구조는 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 역 스태거형 트랜지스터를 사용하여도 좋고, 스태거형 트랜지스터를 사용하여도 좋다. 또한, 톱 게이트형 트랜지스터를 사용하여도 좋고, 보텀 게이트형 트랜지스터를 사용하여도 좋다. 트랜지스터에 사용되는 반도체 재료는 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 실리콘, 저마늄, 탄소화 실리콘, 또는 질화 갈륨 등을 사용할 수 있다. 또는, In-Ga-Zn계 금속 산화물 등, 인듐, 갈륨, 아연 중 적어도 하나를 포함하는 산화물 반도체를 사용하여도 좋다.

[0114] 트랜지스터에 사용하는 반도체 재료의 결정성에 특별한 한정은 없고, 비정질 반도체 또는 결정성을 갖는 반도체(미결정(microcrystalline) 반도체, 다결정 반도체, 단결정 반도체, 또는 부분적으로 결정 영역을 포함하는 반도체)를 사용하여도 좋다. 결정성을 갖는 반도체가 사용되는 경우, 트랜지스터 특성의 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.

[0115] 여기서, 화소 및 구동 회로에 제공되는 트랜지스터, 및 후술하는 터치 센서에 사용되는 트랜지스터 등의 반도체 장치에는 산화물 반도체를 사용하는 것이 바람직하다. 특히, 실리콘보다 밴드 갭이 넓은 산화물 반도체를 사용하는 것이 바람직하다. 실리콘보다 밴드 갭이 넓은 산화물 반도체를 사용하면, 트랜지스터의 오프 상태 전류를 저감시킬 수 있다.

[0116] 산화물 반도체는 적어도 인듐(In) 또는 아연(Zn)을 포함하는 것이 바람직하다. 산화물 반도체는 In-*M*-Zn계 산화물(*M*은 Al, Ti, Ga, Ge, Y, Zr, Sn, La, Ce, 또는 Hf 등의 금속을 나타냄)로 나타내어지는 산화물을 포함하는 것이 더 바람직하다.

[0117] 반도체층이 형성되는 표면, 또는 반도체층의 상면에 대하여 c축이 수직으로 배향되고, 또한 인접한 결정부가 결정립계를 갖지 않는 복수의 결정부를 포함하는 산화물 반도체막을 반도체층으로서 사용하는 것이 특히 바람직하다.

[0118] 반도체층에 이러한 재료를 사용함으로써, 전기 특성의 변동이 억제된, 신뢰성이 높은 트랜지스터를 제공할 수 있다.

[0119] 트랜지스터의 오프 전류는 낮기 때문에, 상술한 반도체층을 포함하는 트랜지스터를 통하여 용량에 축적된 전하는 오랫동안 유지될 수 있다. 이러한 트랜지스터를 화소에 사용함으로써, 각 표시 영역에 표시된 화상의 계조를 유지하면서, 구동 회로의 동작을 정지할 수 있다. 결과적으로, 소비전력이 매우 낮은 전자 기기를 얻을 수 있다.

[0120] 트랜지스터의 안정적인 특성을 위하여, 하지막을 제공하는 것이 바람직하다. 하지막은 산화 실리콘막, 질화 실리콘막, 산화 질화 실리콘막, 또는 질화 산화 실리콘막 등의 무기 절연막을 사용하여 단층 구조 또는 적층 구조로 형성할 수 있다. 하지막을 스퍼터링법, CVD(chemical vapor deposition)법(예를 들어, 플라스마 CVD법, 열 CVD법, 또는 MOCVD(metal organic CVD)법), ALD(atomic layer deposition)법, 도포법, 또는 인쇄법 등에 의하여 형성할 수 있다. 또한, 하지막은 반드시 제공할 필요는 없다.

[0121] 또한, 구동 회로부(601)에 형성되는 트랜지스터로서 FET(623)를 도시하였다. 또한, CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등 다양한 회로 중 임의의 것을 사용하여 구동 회로를 형성하여도 좋다. 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성되는 드라이버 일체형을 도시하였지만, 구동 회로를 기판 위에 제공하지 않아도 되고, 구동 회로를 기판 위가 아닌 외부에 형성할 수도 있다.

[0122] 화소부(602)는 스위칭 FET(611), 전류 제어 FET(612), 및 전류 제어 FET(612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제 1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 본 발명의 일 형태는 이 구조에 한정되지 않는다. 화소부(602)는 3개 이상의 FET와 용량 소자를 조합하여 포함하여도 좋다.

[0123] 또한, 제 1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연물(614)이 형성되며, 여기서는 포지티브 감광성 아크릴 수지막을 사용한다.

[0124] 나중에 형성되는 EL층 등과의 피복성을 향상시키기 위하여, 절연물(614)은 그 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 예를 들어, 절연물(614)의 재료로서 포지티브 감광성 아크릴을 사용하는 경우, 절연물(614)의 상단부만이 곡률 반경(0.2㎛ 내지 3㎛)을 갖는 곡면을 갖는 것이 바람직하다. 절연물(614)로서, 네거티브 감광성 수지 또는 포지티브 감광성 수지를 사용할 수 있다.

[0125] 제 1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제 2 전극(617)이 형성되어 있다. 여기서, 양극으로서 기능하는 제 1 전극(613)에 사용되는 재료로서는, 일함수가 높은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, ITO막, 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물막, 산화 아연을 2wt% 내지 20wt% 포함하는 산화 인듐막, 질화 타이타늄막, 크로뮴막, 텅스텐막, Zn막, 또는 Pt막 등의 단층막, 질화 타이타늄막과 알루미늄을 주성분으로 포함하는 막의 적층, 또는 질화 타이타늄막, 알루미늄을 주성분으로 포함하는 막, 및 질화 타이타늄막의 3개의 층의 적층 등을 사용할 수 있다. 상기 적층 구조는 낮은 배선 저항, 양호한 옴 콘택트(ohmic contact), 및 양극으로서의 기능을 가능하게 한다.

[0126] EL층(616)은 증착 마스크를 사용하는 증착법, 잉크젯법, 및 스핀 코팅법 등 각종 방법 중 어느 것에 의하여 형성된다. EL층(616)은 실시형태 1에서 설명한 구조를 갖는다. EL층(616)에 포함되는 또 다른 재료로서, 저분자 화합물 또는 고분자 화합물(올리고머 및 덴드리머를 포함함)을 사용하여도 좋다.

[0127] EL층(616) 위에 형성되고 음극으로서 기능하는 제 2 전극(617)에 사용되는 재료로서는, 일함수가 낮은 재료(예를 들어, Al, Mg, Li, 및 Ca, 또는 이들의 합금 또는 화합물(MgAg, MgIn, 및 AlLi 등))가 사용되는 것이 바람직하다. EL층(616)에서 발생된 광이 제 2 전극(617)을 통과하는 경우에는, 금속 박막과 투명 도전막(예를 들어 ITO, 2wt% 내지 20wt% 산화 아연을 포함하는 산화 인듐, 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물, 또는 산화 아연(ZnO))의 적층이 제 2 전극(617)에 사용되는 것이 바람직하다.

[0128] 또한, 상기 발광 소자는 제 1 전극(613), EL층(616), 및 제 2 전극(617)을 사용하여 형성되어 있다. 상기 발광 소자는 실시형태 1에서 설명한 발광 소자이다. 본 실시형태의 발광 장치에서, 복수의 발광 소자를 포함하는 화소부는 실시형태 1에서 설명한 발광 소자와, 다른 구조를 갖는 발광 소자의 양쪽을 포함하여도 좋다.

[0129] 밀봉 재료(605)로 밀봉 기판(604)을 소자 기판(610)에 접착시켜, 소자 기판(610), 밀봉 기판(604), 및 밀봉 재료(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)를 제공한다. 공간(607)은 충전제로 충전되거나, 불활성 가스(질소 또는 아르곤 등) 또는 밀봉 재료로 충전될 수 있다. 밀봉 기판에 오목부가 제공되고 상기 오목부에 건조제가 제공되면, 수분의 영향으로 인한 열화를 억제할 수 있어 바람직하다.

[0130] 밀봉 재료(605)에는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿(glass frit)을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 밀봉 기판(604)으로서는 유리 기판, 석영 기판, 또는 FRP(fiber reinforced plastic), PVF(poly(vinyl fluoride)), 폴리에스터, 또는 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.

[0131] 도 2의 (A) 및 (B)에는 도시되지 않았지만, 제 2 전극 위에 보호막을 제공하여도 좋다. 보호막으로서는, 유기 수지막 또는 무기 수지막을 형성할 수 있다. 보호막은, 밀봉 재료(605)의 노출된 부분을 덮도록 형성되어도 좋다. 보호막은, 한 쌍의 기판의 표면과 측면, 및 밀봉층 및 절연층 등의 노출된 측면을 덮도록 제공할 수 있다.

[0132] 보호막은, 물 등의 불순물을 쉽게 투과시키지 않는 재료를 사용하여 형성할 수 있다. 따라서, 물 등의 불순물이 외부로부터 내부로 확산되는 것을 효과적으로 억제할 수 있다.

[0133] 보호막의 재료로서는, 산화물, 질화물, 플루오린화물, 황화물, 3원 화합물, 금속, 또는 폴리머 등을 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 재료는 산화 알루미늄, 산화 하프늄, 하프늄 실리케이트, 산화 란타넘, 산화 실리콘, 타이타늄산 스트론튬, 산화 탄탈럼, 산화 타이타늄, 산화 아연, 산화 네오디뮴, 산화 지르코늄, 산화 주석, 산화 이트륨, 산화 세륨, 산화 스칸듐, 산화 어븀, 산화 바나듐, 산화 인듐, 질화 알루미늄, 질화 하프늄, 질화 실리콘, 질화 탄탈럼, 질화 타이타늄, 질화 네오디뮴, 질화 몰리브데넘, 질화 지르코늄, 질화 갈륨, 타이타늄 및 알루미늄을 포함하는 질화물, 타이타늄 및 알루미늄을 포함하는 산화물, 알루미늄 및 아연을 포함하는 산화

물, 망가니즈 및 아연을 포함하는 황화물, 세륨 및 스트론튬을 포함하는 황화물, 어븀 및 알루미늄을 포함하는 산화물, 또는 이트륨 및 지르코늄을 포함하는 산화물 등을 포함하여도 좋다.

[0134] 보호막은 단차 피복성(step coverage)이 양호한 퇴적 방법을 사용하여 형성하는 것이 바람직하다. 이러한 방법의 하나는 ALD(atomic layer deposition)법이다. ALD법에 의하여 퇴적할 수 있는 재료를 보호막에 사용하는 것이 바람직하다. ALD법에 의하여, 크랙 또는 핀홀 등의 결함이 저감되며 두께가 균일하며 치밀한 보호막을 형성할 수 있다. 또한, 보호막의 형성 시에 가공 부재에 생기는 손상을 저감시킬 수 있다.

[0135] ALD법에 의하여, 예를 들어 복잡한 요철 형상을 갖는 표면, 또는 터치 패널의 상면, 측면, 및 하면에도 결함이 적고 균일한 보호막을 형성할 수 있다.

[0136] 상술한 바와 같이 하여, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용하여 제작된 발광 장치를 얻을 수 있다.

[0137] 본 실시형태에서의 발광 장치는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용하여 제작되기 때문에, 양호한 특성을 가질 수 있다. 구체적으로는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 수명이 길기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 장치로 할 수 있다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용한 발광 장치는 발광 효율이 높기 때문에, 소비전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.

[0138] 도 3의 (A) 및 (B) 각각은 백색 발광을 나타내는 발광 소자의 형성 및 착색층(컬러 필터) 등의 사용에 의하여 풀 컬러 표시를 실현한 발광 장치의 예를 도시한 것이다. 도 3의 (A)에는 기판(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007, 및 1008), 제 1 층간 절연막(1020), 제 2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 및 1024B), 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자의 제 2 전극(1029), 밀봉 기판(1031), 및 밀봉 재료(1032) 등을 도시하였다.

[0139] 도 3의 (A)에서는, 투명 기재(1033) 상에 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공되어 있다. 블랙 매트릭스(1035)가 추가적으로 제공되어도 좋다. 착색층 및 블랙 매트릭스가 제공된 투명 기재(1033)는 기판(1001)에 배치 및 고정된다. 또한, 착색층 및 블랙 매트릭스(1035)는 오버코트층(1036)으로 덮여 있다. 도 3의 (A)에서는, 발광층의 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과하지 않고, 발광층의 다른 일부로부터 방출된 광은 착색층을 통과한다. 착색층을 통과하지 않는 광은 백색이고 착색층들 중 어느 하나를 통과하는 광은 적색, 녹색, 또는 청색이기 때문에, 그 4가지 색의 화소를 사용하여 화상을 표시할 수 있다.

[0140] 도 3의 (B)는 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 게이트 절연막(1003)과 제 1 층간 절연막(1020) 사이에 제공된 예를 도시한 것이다. 이 구조와 같이, 착색층은 기판(1001)과 밀봉 기판(1031) 사이에 제공되어도 좋다.

[0141] 상술한 발광 장치는, FET가 형성되는 기판(1001) 측으로부터 광이 추출되는 구조(보텀 이미션 구조(bottom emission structure))를 갖는 발광 장치이지만, 밀봉 기판(1031) 측으로부터 광이 추출되는 구조(톱 이미션 구조(top emission structure))를 갖는 발광 장치이어도 좋다. 도 4는 톱 이미션 구조를 갖는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 기판(1001)으로서 광을 투과시키지 않는 기판을 사용할 수 있다. FET와 발광 소자의 양극을 접속시키는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은, 보텀 이미션 구조를 갖는 발광 장치와 비슷한 식으로 수행된다. 그리고, 제 3 층간 절연막(1037)이 전극(1022)을 덮도록 형성된다. 이 절연막은 평탄화 기능을 가져도 좋다. 제 3 층간 절연막(1037)은 제 2 층간 절연막과 비슷한 재료를 사용하여 형성할 수 있고, 다른 공지의 재료 중 임의의 것을 사용하여 형성할 수도 있다.

[0142] 여기서, 발광 소자의 제 1 전극(1024W, 1024R, 1024G, 및 1024B)은 각각 양극으로서 기능하지만, 음극으로서 기능하여도 좋다. 또한, 도 4에 도시된 바와 같은 톱 이미션 구조를 갖는 발광 장치의 경우, 제 1 전극은 반사 전극인 것이 바람직하다. EL층(1028)은, 실시형태 1에서 설명한 EL층(103)의 구조와 비슷한 구조를 갖도록 형성되고, 이로써 백색 발광을 얻을 수 있다.

[0143] 도 4에 도시된 바와 같은 톱 이미션 구조의 경우, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))이 제공되는 밀봉 기판(1031)으로 밀봉을 수행할 수 있다. 밀봉 기판(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 블랙 매트릭스(1035)가 제공되어도 좋다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G), 및 청색 착색층(1034B))과 블랙 매트릭스는 오버코트층(1036)으로 덮여도 좋다. 또한, 밀봉 기판(1031)으로서 투광성 기판이 사용된다. 여기서는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4가지 색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예를 나타내었지만, 특별한 제한은 없으며, 적색, 황색, 녹색, 및 청색의 4가지 색, 또는 적색, 녹색, 및 청색의 3가지

색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하여도 좋다.

[0144] 톱 이미션 구조를 갖는 발광 장치에서는, 마이크로캐비티 구조를 바람직하게 채용할 수 있다. 마이크로캐비티 구조를 갖는 발광 소자는 제 1 전극으로서 반사 전극을, 제 2 전극으로서 반투과·반반사 전극을 사용하여 형성된다. 마이크로캐비티 구조를 갖는 발광 소자는 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에, 발광 영역으로서 기능하는 발광층을 적어도 포함하는 EL층을 적어도 포함한다.

[0145] 또한, 반사 전극은 가시광의 반사율이 40% 내지 100%, 바람직하게는 70% 내지 100%이고, 저항률이 1×10^{-2} Ω㎝ 이하이다. 또한, 반투과·반반사 전극은 가시광의 투과율이 20% 내지 80%, 바람직하게는 40% 내지 70%이고, 저항률이 1×10^{-2} Ω㎝ 이하이다.

[0146] EL층에 포함되는 발광층으로부터 방출되는 광은, 반사 전극 및 반투과·반반사 전극에 의하여 반사되어 공진한다.

[0147] 상기 발광 소자에 있어서, 투명 도전막, 복합 재료, 및 캐리어 수송 재료 등의 두께를 바꿈으로써 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이의 광로의 길이를 변경할 수 있다. 그러므로, 반사 전극과 반투과·반반사 전극 사이에서 공진하는 파장의 광을 강하게 할 수 있고, 이들 사이에서 공진하지 않는 파장의 광을 약하게 할 수 있다.

[0148] 또한, 반사 전극에 의하여 반사되어 되돌아온 광(제 1 반사광)은, 발광층에서 반투과·반반사 전극으로 직접 들어가는 광(제 1 입사광)과 상당히 간섭한다. 이러한 이유로, 반사 전극과 발광층 사이의 광로의 길이를 $(2n-1)\lambda/4$(n은 1 이상의 자연수이고 λ는 증폭될 색의 파장임)로 조절하는 것이 바람직하다. 광로의 길이를 조절함으로써, 제 1 반사광과 제 1 입사광의 위상을 서로 일치시키고 발광층으로부터 방출되는 광을 더 증폭시킬 수 있다.

[0149] 또한, 상술한 구조에서, EL층은 복수의 발광층을 포함하여도 좋고, 단층의 발광층을 포함하여도 좋다. 상술한 탠덤 발광 소자는 복수의 EL층과 조합되어도 좋고, 예를 들어 발광 소자는, 복수의 EL층이 제공되고, EL층들 사이에 전하 발생층이 제공되고, 각 EL층이 복수의 발광층 또는 단층의 발광층을 포함하는 구조를 가져도 좋다.

[0150] 마이크로캐비티 구조에 의하여, 정면 방향에서의 특정 파장의 발광 강도를 높일 수 있고, 이에 의하여 소비전력을 저감시킬 수 있다. 또한, 적색, 황색, 녹색, 및 청색의 4가지 색의 부화소로 화상을 표시하는 발광 장치의 경우에는, 황색 발광에 의하여 휘도를 증가시킬 수 있고, 각 부화소가 상당하는 색의 파장에 적합한 마이크로캐비티 구조를 채용할 수 있기 때문에, 발광 장치는 양호한 특성을 가질 수 있다.

[0151] 본 실시형태에서의 발광 장치는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용하여 제작되기 때문에, 양호한 특성을 가질 수 있다. 구체적으로는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 수명이 길기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 장치로 할 수 있다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용한 발광 장치는 발광 효율이 높기 때문에, 소비전력이 낮은 발광 장치를 실현할 수 있다.

[0152] 위에서는 액티브 매트릭스 발광 장치에 대하여 설명하였지만, 아래에서는 패시브 매트릭스 발광 장치에 대하여 설명한다. 도 5의 (A) 및 (B)는 본 발명을 사용하여 제작된 패시브 매트릭스 발광 장치를 도시한 것이다. 또한, 도 5의 (A)는 발광 장치의 사시도이고, 도 5의 (B)는 도 5의 (A)의 선 X-Y를 따라 취한 단면도이다. 도 5의 (A) 및 (B)에서, 기판(951) 위에는, 전극(952)과 전극(956) 사이에 EL 층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽은, 양쪽 측벽 사이의 거리가 기판 표면을 향하여 서서히 좁아지도록 경사져 있다. 바꿔 말하면, 격벽층(954)의 짧은 변 방향을 따라 취한 단면은 사다리꼴이고, 저변(절연층(953)의 표면에 평행하며 절연층(953)과 접촉하는 사다리꼴의 변)은 윗변(절연층(953)의 표면에 평행하며 절연층(953)과 접촉하지 않는 사다리꼴의 변)보다 짧다. 따라서, 제공된 격벽층(954)에 의하여 정전기 등으로 인한 발광 소자의 결함을 방지할 수 있다. 패시브 매트릭스 발광 장치도 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함하기 때문에, 신뢰성이 높고 소비전력이 낮은 발광 장치로 할 수 있다.

[0153] 상술한 발광 장치에서는 매트릭스로 배열된 다수의 미세한 발광 소자를 각각 제어할 수 있기 때문에, 상기 발광 장치는 화상을 표시하기 위한 표시 장치로서 적합하게 사용할 수 있다.

[0154] 본 실시형태는 다른 실시형태 중 임의의 것과 자유로이 조합할 수 있다.

[0155] (실시형태 3)

[0156] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자가 조명 장치에 사용된 예에 대하여 도 6의 (A) 및 (B)를

참조하여 설명한다. 도 6의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 6의 (A)는 도 6의 (B)의 선 e-f를 따라 취한 단면도이다.

[0157] 본 실시형태의 조명 장치에서는, 지지체이며 투광성을 갖는 기판(400) 위에 제 1 전극(401)이 형성된다. 제 1 전극(401)은 실시형태 1의 제 1 전극(101)에 상당한다. 제 1 전극(401) 측을 통하여 광이 추출될 때, 제 1 전극(401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다.

[0158] 기판(400) 위에는, 제 2 전극(404)에 전압을 인가하기 위한 패드(412)가 제공된다.

[0159] 제 1 전극(401) 위에 EL층(403)이 형성된다. EL층(403)의 구조는, 예를 들어, 실시형태 1에서의 EL층(103)의 구조, 또는 발광 유닛(511 및 512)과 전하 발생층(513)이 조합된 구조에 상당한다. 이 구조에는 상기 설명을 참조한다.

[0160] EL층(403)을 덮도록 제 2 전극(404)을 형성한다. 제 2 전극(404)은 실시형태 1에서의 제 2 전극(102)에 상당한다. 제 2 전극(404)은, 제 1 전극(401) 측을 통하여 광이 추출될 때, 반사성이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 제 2 전극(404)은 패드(412)에 접속됨으로써, 전압이 인가된다.

[0161] 상술한 바와 같이, 본 실시형태에서 설명한 조명 장치는 제 1 전극(401), EL층(403), 및 제 2 전극(404)을 포함하는 발광 소자를 포함한다. 상기 발광 소자는 발광 효율이 높은 발광 소자이기 때문에, 본 실시형태에서의 조명 장치를 소비전력이 낮은 조명 장치로 할 수 있다.

[0162] 상술한 구조를 갖는 발광 소자가 제공된 기판(400)을 밀봉 재료(405 및 406)에 의하여 밀봉 기판(407)에 고정하고 밀봉함으로써, 조명 장치가 완성된다. 밀봉 재료(405) 또는 밀봉 재료(406) 중 한쪽만을 사용할 수도 있다. 내부 밀봉 재료(406)(도 6의 (B)에는 미도시)는 건조제와 혼합될 수 있어, 수분을 흡착할 수 있기 때문에, 신뢰성이 향상된다.

[0163] 패드(412) 및 제 1 전극(401)의 일부가 밀봉 재료(405 및 406)의 외부로 연장되어 있으면, 그 연장된 부분은 외부 입력 단자로서 기능할 수 있다. 외부 입력 단자 위에는 컨버터 등이 탑재된 IC칩(420)을 제공하여도 좋다.

[0164] 본 실시형태에서 설명한 조명 장치는 본 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 EL 소자로서 포함하기 때문에, 신뢰성이 높은 발광 장치로 할 수 있다. 또한, 소비전력이 적은 발광 장치로 할 수 있다.

[0165] (실시형태 4)

[0166] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 각각 포함하는 전자 기기의 예에 대하여 설명한다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 수명이 길고 신뢰성이 높다. 결과적으로, 본 실시형태에서 설명한 전자 기기는 신뢰성이 높은 발광부를 각각 포함할 수 있다.

[0167] 상술한 발광 소자를 적용하는 전자 기기의 예에는 텔레비전 장치(TV 또는 텔레비전 수신기라고도 함), 컴퓨터용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화(이동 전화 또는 이동 전화기라고도 함), 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말, 음향 재생 장치, 및 파친코 기기 등의 대형 게임기 등이 포함된다. 이들 전자 기기의 구체적인 예를 아래에서 제시한다.

[0168] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 예를 도시한 것이다. 상기 텔레비전 장치에서는, 하우징(7101)에 표시부(7103)가 내장되어 있다. 여기서는, 하우징(7101)이 스탠드(7105)로 지지되어 있다. 표시부(7103)에 화상을 표시할 수 있고, 표시부(7103)에서는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자들이 매트릭스로 배열된다.

[0169] 텔레비전 장치의 조작은 하우징(7101)의 조작 스위치 또는 별체의 리모트 컨트롤러(7110)에 의하여 수행할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)의 조작 키(7109)에 의하여 채널 및 음량을 제어할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 화상을 제어할 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)에는 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 데이터를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공되어도 좋다.

[0170] 또한, 텔레비전 장치에는 수신기 및 모뎀 등이 제공된다. 수신기를 사용하여, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 모뎀을 통하여 유선 또는 무선의 통신 네트워크에 텔레비전 장치를 접속하면, 단방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자 사이 또는 수신자들 사이)의 정보 통신을 수행할 수 있다.

[0171] 도 7의 (B1)은, 본체(7201), 하우징(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 및 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 도시한 것이다. 또한, 이 컴퓨터는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 표시부(7203)에서 매트릭스로 배열함으로써 제작된다. 도 7의 (B1)에 도시된 컴퓨터는 도 7의 (B2)에 도시된

구조를 가져도 좋다. 도 7의 (B2)에 도시된 컴퓨터에는 키보드(7204)와 포인팅 디바이스(7206) 대신에 제 2 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제 2 표시부(7210)는 터치스크린을 가지며, 제 2 표시부(7210)에 표시되는 화상을 손가락 또는 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 수행할 수 있다. 제 2 표시부(7210)는 입력용 표시 외의 화상을 표시할 수도 있다. 표시부(7203)가 터치스크린을 가져도 좋다. 상기 2개의 스크린을 힌지로 접속시킴으로써, 예를 들어, 컴퓨터를 보관 또는 운반하는 동안에 스크린이 긁히거나 파손되는 문제를 방지할 수 있다.

[0172] 도 7의 (C)는, 휴대용 게임기를 접을 수 있도록 연결부(7303)에 의하여 접속된 하우징(7301) 및 하우징(7302)의 2개의 하우징을 갖는 휴대용 게임기를 도시한 것이다. 하우징(7301)은, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자들이 매트릭스로 배열된 표시부(7304)를 내장하고, 하우징(7302)은 표시부(7305)를 내장한다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는 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, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰(7312)) 등을 포함한다. 물론, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자들이 매트릭스로 배열된 표시부를 표시부(7304) 또는 표시부(7305), 또는 양쪽 모두에 사용하기만 하면, 휴대용 게임기의 구조는 상기에 한정되지 않는 것은 말할 나위 없고, 상기 구조는 기타 부속물을 적절히 포함할 수 있다. 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기는, 기록 매체에 저장되는 프로그램 또는 데이터를 판독하여 이를 표시부에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의하여 또 다른 휴대용 게임기와 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 또한, 도 7의 (C)에 도시된 휴대용 게임기의 기능은 이들에 한정되지 않고, 휴대용 게임기는 다양한 기능을 가질 수 있다.

[0173] 도 7의 (D)는 휴대 단말의 예를 도시한 것이다. 휴대 전화에는 하우징(7401)에 내장된 표시부(7402), 조작 버튼(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 및 마이크로폰(7406) 등이 제공되어 있다. 또한, 휴대 전화(7400)는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자들이 매트릭스로 배열된 표시부(7402)를 갖는다.

[0174] 도 7의 (D)에 도시된 휴대 단말의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하면, 휴대 단말에 데이터를 입력할 수 있다. 이 경우, 전화를 걸거나 이메일을 작성하는 등의 조작은, 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치함으로써 수행할 수 있다.

[0175] 표시부(7402)에는 주로 3가지 화면 모드가 있다. 제 1 모드는 주로 화상을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제 2 모드는 주로 문자 등의 정보를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제 3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2가지 모드가 조합된 표시 및 입력 모드이다.

[0176] 예를 들어, 전화를 걸거나 또는 이메일을 작성하는 경우에는, 표시부(7402)에 대하여 문자 입력 모드를 선택하여, 화면에 표시된 문자를 입력할 수 있다. 이 경우, 표시부(7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 번호 버튼을 표시하는 것이 바람직하다.

[0177] 기울기를 검출하기 위한 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 센서를 포함하는 검지 장치가 휴대 단말 내에 제공되어 있으면, 휴대 단말의 방향(휴대 단말이 가로로 배치되는지 세로로 배치되는지)을 판정함으로써 표시부(7402)의 화면의 표시의 방향을 자동적으로 변경할 수 있다.

[0178] 화면 모드는 표시부(7402)를 터치하거나 하우징(7401)의 조작 버튼(7403)으로 조작함으로써 전환된다. 표시부(7402)에 표시되는 화상의 종류에 따라 화면 모드를 전환할 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시되는 화상의 신호가 동영상 데이터의 신호이면 화면 모드는 표시 모드로 전환된다. 상기 신호가 텍스트 데이터의 신호이면 화면 모드는 입력 모드로 전환된다.

[0179] 또한, 입력 모드에 있어서, 표시부(7402)의 광 센서로 검출되는 신호가 검출되고, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 수행되지 않는 경우에는, 화면 모드가 입력 모드에서 표시 모드로 변화되도록 제어하여도 좋다.

[0180] 표시부(7402)는 이미지 센서로서 기능하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치하는 동안 장문 또는 지문 등의 화상을 찍음으로써, 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 근적외광을 방출하는 백라이트 또는 센싱 광원을 표시부에 제공함으로써, 손가락 정맥 또는 손바닥 정맥의 화상을 찍을 수 있다.

[0181] 또한, 본 실시형태에서 설명한 구조는 실시형태 1 내지 4에서 설명한 구조 중 임의의 것과 적절히 조합할 수 있다.

[0182] 상술한 바와 같이, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치의 적용 범위는 넓기 때문에, 이 발

광 장치를 다양한 분야의 전자 기기에 적용할 수 있다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용함으로써, 신뢰성이 높은 전자 기기를 얻을 수 있다.

[0183] 도 8은 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 백라이트에 사용한 액정 표시 장치의 예를 도시한 것이다. 도 8에 도시된 액정 표시 장치는 하우징(901), 액정층(902), 백라이트 유닛(903), 및 하우징(904)을 포함한다. 액정층(902)은 드라이버 IC(905)에 접속되어 있다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 백라이트 유닛(903)에 사용되고, 단자(906)를 통하여 전류가 공급된다.

[0184] 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 액정 표시 장치의 백라이트에 사용함으로써, 저소비전력의 백라이트로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 사용함으로써, 면 발광의 조명 장치, 그리고 대면적 면 발광의 조명 장치의 제작이 가능해지므로, 백라이트를 대면적 백라이트로 할 수 있고, 액정 표시 장치도 대면적 장치로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치는 종래의 장치보다 얇아질 수 있어, 표시 장치도 얇아질 수 있다.

[0185] 도 9는, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 조명 장치인 테이블 램프에 사용한 예를 도시한 것이다. 도 9에 도시된 테이블 램프는 하우징(2001) 및 광원(2002)을 포함하고, 실시형태 3에서 설명한 조명 장치를 광원(2002)에 사용하여도 좋다.

[0186] 도 10은, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 옥내 조명 장치(3001)에 사용한 예를 도시한 것이다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 신뢰성이 높기 때문에, 신뢰성이 높은 조명 장치로 할 수 있다. 또한, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 대면적을 가질 수 있으므로, 발광 소자를 대면적 조명 장치에 사용할 수 있다. 또한, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 얇기 때문에, 두께가 저감된 조명 장치에 발광 소자를 사용할 수 있다.

[0187] 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는 자동차의 앞유리 또는 자동차의 대시보드에 사용될 수도 있다. 도 11은 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 자동차의 앞유리 또는 자동차의 대시보드에 사용한 일 형태를 도시한 것이다. 표시 영역(5000 내지 5005) 각각은 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함한다.

[0188] 표시 영역(5000) 및 표시 영역(5001)은 자동차의 앞유리에 제공되며, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자가 내장된 표시 장치이다. 실시형태 1에서 설명한 발광 소자는, 투광성을 갖는 전극으로 형성된 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함함으로써, 반대쪽을 볼 수 있는 이른바 시스루 표시 장치로 할 수 있다. 이러한 시스루 표시 장치는 시계를 방해하는 일 없이 자동차의 앞유리에도 제공할 수 있다. 또한, 구동 트랜지스터 등이 제공되는 경우, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등 투과성을 갖는 트랜지스터를 사용하는 것이 바람직하다.

[0189] 표시 영역(5002)은 필러(pillar) 부분에 제공되며, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자가 내장된 표시 장치이다. 표시 영역(5002)은 차체에 제공된 촬상 유닛으로 얻은 화상을 표시함으로써, 필러 부분으로 가려진 시야를 보완할 수 있다. 마찬가지로, 대시보드에 제공된 표시 영역(5003)은 차체의 외부에 제공된 촬상 유닛으로 얻은 화상을 표시함으로써, 차체로 가려진 시야를 보완할 수 있어, 시각 지대가 없어지고 안전성이 높아진다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보완하도록 화상을 표시함으로써, 운전자가 쉽게, 그리고 편하게 안전을 확인할 수 있다.

[0190] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 내비게이션 데이터, 속도계, 태코미터, 주행 거리, 급유량, 변속 기어 상태, 및 에어컨디셔너의 설정 등, 다양한 종류의 정보를 제공할 수 있다. 표시의 내용 또는 레이아웃은 사용자에 의하여 자유롭게 적절히 변경될 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000 내지 5003)에 의해서도 표시할 수 있다. 표시 영역(5000 내지 5005)은 조명 장치로서 사용될 수도 있다.

[0191] 도 12의 (A) 및 (B)는 폴더블 태블릿 단말의 일례를 도시한 것이다. 도 12의 (A)에는 펼쳐진 태블릿 단말을 도시하였다. 태블릿 단말은 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 전력 절약 모드 스위치(9036), 클래스프(clasp)(9033), 및 조작 스위치(9038)를 포함한다. 또한, 태블릿 단말에서는, 표시부(9631a) 및 표시부(9631b) 중 한쪽 또는 양쪽이, 실시형태 1에서 설명한 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 사용하여 형성된다.

[0192] 표시부(9631a)의 일부를 터치스크린 영역(9632a)으로 할 수 있고, 표시된 조작 키(9637)를 터치하여 데이터를 입력할 수 있다. 표시부(9631a)의 절반이 표시 기능만을 갖고 나머지 절반이 터치스크린 기능을 갖지만, 본 발명의 일 형태는 이 구조에 한정되지 않는다. 표시부(9631a) 전체가 터치스크린 기능을 가져도 좋다. 예를 들어, 표시부(9631a)가 터치스크린으로서 사용되도록 표시부(9631a)의 전체 영역에 키보드를 표시시킬 수 있고, 표시부(9631b)를 표시 화면으로서 사용할 수 있다.

[0193] 표시부(9631a)와 같이, 표시부(9631b)의 일부를 터치스크린 영역(9632b)으로 할 수 있다. 터치스크린 상의 키보드를 보여주거나 숨기기 위한 전환 버튼(9639)을 손가락 또는 스타일러스 등으로 터치하면, 표시부(9631b)에 키보드를 표시할 수 있다.

[0194] 터치 입력을 터치스크린 영역(9632a) 및 터치스크린 영역(9632b)에서 동시에 수행할 수 있다.

[0195] 표시 모드 스위치(9034)는 예를 들어, 세로 모드와 가로 모드 등 사이, 및 흑백 표시와 컬러 표시 사이에서 표시를 전환할 수 있다. 전력 절약 모드 스위치(9036)는, 태블릿 단말에 내장된 광학 센서에 의하여 검지되는, 태블릿 단말 사용 시의 외광의 양에 따라 표시 휘도를 제어할 수 있다. 광학 센서에 더하여, 기울기를 검지하기 위한 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 센서를 포함하는 다른 검지 장치가 태블릿 단말에 내장되어도 좋다.

[0196] 도 12의 (A)는 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)가 같은 표시 면적을 갖는 예를 도시하였지만, 본 발명의 일 형태는 이 예에 한정되지 않는다. 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)의 표시 면적 및 표시 품질은 상이하여도 좋다. 예를 들어, 표시부(9631a 및 9631b) 중 한쪽에 해상도가 더 높은 화상을 표시시켜도 좋다.

[0197] 도 12의 (B)는 접힌 태블릿 단말을 도시한 것이다. 본 실시형태의 태블릿 단말은 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), 및 DCDC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 12의 (B)에는, 충방전 제어 회로(9634)의 일례로서 배터리(9635) 및 DCDC 컨버터(9636)를 포함하는 구조를 도시하였다.

[0198] 태블릿 단말은 폴더블이기 때문에, 태블릿 단말이 사용되지 않을 때 하우징(9630)을 닫을 수 있다. 그 결과, 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)를 보호할 수 있으므로, 내구성이 높고 장기 사용에 대한 신뢰성이 높은 태블릿 단말을 제공할 수 있다.

[0199] 도 12의 (A) 및 (B)에 도시된 태블릿 단말은 다양한 데이터(예를 들어, 정지 화상, 동영상, 및 텍스트 화상)를 표시하는 기능, 달력, 날짜, 또는 시간 등을 표시부에 표시하는 기능, 터치 입력에 의하여 표시부에 표시된 데이터를 조작하거나 편집하는 터치 입력 기능, 및 다양한 소프트웨어(프로그램)에 의하여 처리를 제어하는 기능 등의 다른 기능을 가질 수 있다.

[0200] 태블릿 단말의 표면에 제공된 태양 전지(9633)는 전력을 터치스크린, 표시부, 또는 비디오 신호 처리부 등에 공급할 수 있다. 또한, 태양 전지(9633)가 하우징(9630)의 한쪽 또는 양쪽 면에 제공된 구조는 배터리(9635)를 효율적으로 충전할 수 있으므로 바람직하다.

[0201] 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)의 구조 및 동작에 대하여 도 12의 (C)의 블록도를 참조하여 설명한다. 도 12의 (C)는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1 내지 SW3), 및 표시부(9631)를 도시한 것이다. 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 및 스위치(SW1 내지 SW3)는 도 12의 (B)에 도시된 충방전 제어 회로(9634)에 상당한다.

[0202] 우선, 외광을 사용하여 태양 전지(9633)에 의하여 전력이 발생되는 경우의 동작의 예에 대하여 설명한다. 태양 전지에 의하여 발생된 전력의 전압은 배터리(9635)를 충전하기 위한 전압이 되도록 DCDC 컨버터(9636)에 의하여 상승 또는 강하된다. 그리고, 태양 전지(9633)로부터의 전력이 표시부(9631)의 동작에 사용될 때는 스위치(SW1)를 온으로 하고, 전력의 전압을 표시부(9631)를 위하여 필요한 전압이 되도록 컨버터(9638)에 의하여 상승 또는 강하시킨다. 표시부(9631)에 화상이 표시되지 않을 때는, 스위치(SW1)를 오프로 하고 스위치(SW2)를 온으로 하여 배터리(9635)를 충전한다.

[0203] 태양 전지(9633)를 전력 발생 수단의 일례로서 설명하였지만, 전력 발생 수단은 특별히 한정되지 않고, 압전 소자 또는 열전 변환 소자(펠티에 소자) 등의 다른 전력 발생 수단에 의하여 배터리(9635)를 충전하여도 좋다. 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전할 수 있는 비접촉 전력 전송 모듈, 또는 다른 충전 수단 중 어느 것을 조합하는 것에 의하여 배터리(9635)를 충전하여도 좋고, 전력 발생 수단을 제공하지 않아도 된다.

[0204] 표시부(9631)가 포함되기만 하면, 본 발명의 일 형태는 도 12의 (A) 내지 (C)에 도시된 형상을 갖는 태블릿 단말에 한정되지 않는다.

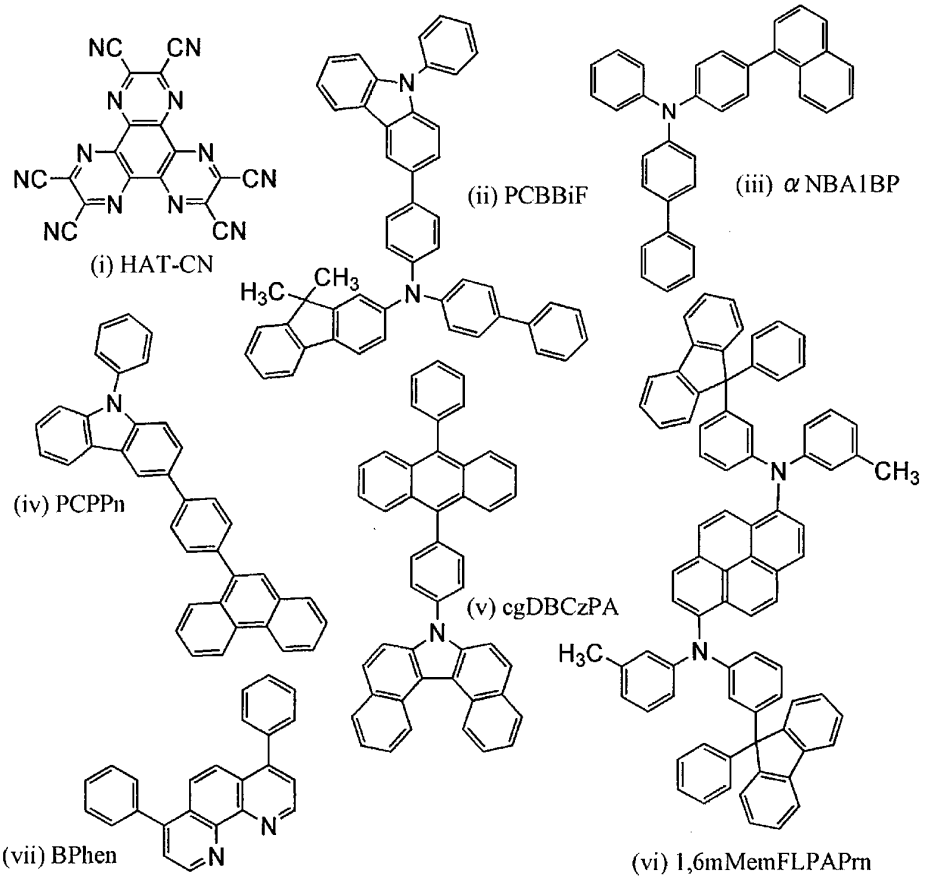
[0205] 도 13의 (A) 내지 (C)는 폴더블 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 13의 (A)는 펼친 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 13의 (B)는 펼치거나 접히고 있는 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 도 13의 (C)는 접은 휴대 정보 단말(9310)을 도시한 것이다. 휴대 정보 단말(9310)은 접으면 가반성(可搬性)이 높다. 휴대 정보 단말(9310)을 펼쳤을 때는 이음매가 없고 큰 표시 영역에 의하여 일람성(一覽性)이 높다.

[0206] 표시 패널(9311)은 힌지(9313)로 서로 연결된 3개의 하우징(9315)에 의하여 지지되어 있다. 표시 패널(9311)은 터치 센서(입력 장치)를 포함하는 터치 패널(입출력 장치)이어도 좋다. 힌지(9313)를 사용하여 표시 패널(9311)을, 2개의 하우징(9315) 사이의 연결부에서 구부림으로써, 휴대 정보 단말(9310)을 펼친 상태로부터 접은 상태로 가역적으로 변형할 수 있다. 표시 패널(9311)에는 본 발명의 일 형태에 따른 발광 장치를 사용할 수 있다. 표시 패널(9311)의 표시 영역(9312)은, 접은 휴대 정보 단말(9310)의 측면에 위치하는 표시 영역을 포함한다. 표시 영역(9312)에는 정보 아이콘, 사용 빈도가 높은 애플리케이션, 및 프로그램의 바로가기 등을 표시할 수 있고, 정보의 확인 및 애플리케이션의 기동 등을 원활하게 수행할 수 있다.

[0207] (실시예 1)

[0208] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태인 발광 소자 1, 및 비교 발광 소자 1에 대하여 설명한다. 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1에서 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0209] [화학식 3]



[0210]

[0211] (발광 소자 1의 제작 방법)

[0212] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0213] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0214] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0215] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0216] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 4-(1-나프틸)-4'-페닐트라이페닐아민(약칭: αNBA1BP)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(iv)으로 나타내어지는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPPn)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0217] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0218] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0219] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 1을 제작하였다.

[0220] (비교 발광 소자 1의 제작 방법)

[0221] 비교 발광 소자 1은, 발광 소자에서의 제 1 정공 수송층(112-1) 및 제 2 정공 수송층(112-2) 대신에 두께 25nm의 PCBBiF를 퇴적한 것을 제외하면, 발광 소자 1과 비슷한 식으로 제작되었다. 즉, 비교 발광 소자 1은 제 2 정공 수송층(112-2)을 포함하지 않았다.

[0222] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0223] [표 1]

[0224]

	정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
		1	2	3				
	5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
발광 소자 1	HAT-CN	PCBBiF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
비교 발광 소자 1		PCBBiF						

[0225] 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1은 각각, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이들 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0226] 도 14는 발광 소자 1 및 비교 발광 소자 1의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 15는 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 16은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 17은 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 18은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 19는 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 2는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0227] [표 2]

[0228]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 1	3.0	0.20	5	0.14	0.17	13.1	11.2
비교 발광 소자 1	3.2	0.52	13	0.14	0.17	7.0	6.3

[0229] 도 14, 도 15, 도 16, 도 17, 도 18, 도 19, 및 표 2에 의하여, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 1은, 제 2 정공 수송층(112-2)이 없는 비교 발광 소자 1과 비교하여 구동 전압 및 효율이 양호한 청색 발광 소자이었다는 것이 확인된다.

[0230] 도 20은 초기 휘도를 5000cd/m^2로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 20에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 1의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 비교 발광 소자 1보다 매우 작기 때문에, 발광 소자 1은 수명이 길다.

[0231] 표 3에는, 본 실시예의 발광 소자의 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법을 아래에 나타낸다.

[0232] 측정 장치로서는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. CV 측정에 사용되는 용액으로서는, 용매로서 탈수 다이메틸폼아마이드(DMF)(Aldrich 제조, 99.8%, 카탈로그 번호: 22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-*n*-뷰틸암모늄(*n*-Bu_4NClO_4, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 의 제품, 카탈로그 번호 T0836)을 농도가 100mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 또한, 측정 대상도 농도가 2mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 작용 전극으로서는 백금 전극(PTE 백금 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하고, 보조 전극으로서는 다른 백금 전극(VC-3용 Pt 대향 전극(5cm), BAS Inc. 제조)을 사용하고, 참조 전극으로서는 Ag/Ag^+ 전극(RE7 비수용매용 참조 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20℃ 내지 25℃)에서 수행하였다. 또한, CV 측정 시의 스캔 속도는 0.1V/sec로 하고, 참조 전극에 대한 산화 전위 Ea[V] 및 환원 전위 Ec[V]를 측정하였다. 또한, Ea는 산화-환원파의 중간 전위를 나타내고, Ec는 환원-산화파의 중간 전위를 나타낸다. 여기서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 퍼텐셜 에너지는 -4.94[eV]인 것이 알려져 있기 때문에, HOMO 준위 및 LUMO 준위를 다음의 식으로부터 얻을 수 있다: HOMO 준위[eV]=-4.94-Ea 및 LUMO 준위[eV]=-4.94-Ec.

[0233] [표 3]

[0234]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트재료	발광 재료
재료	PCBBiF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0235] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 1에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0236] 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위는 -5.36eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0237] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.33eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.04eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0238] 발광 소자 1에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층

(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 αNBA1BP의 HOMO 준위는 -5.52eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.16eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0239] 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입된다면, 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 약 0.17eV의 장벽이 존재한다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

[0240] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 1에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 더 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 PCPPn의 HOMO 준위는 -5.80eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.28eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제 없이 주입된다.

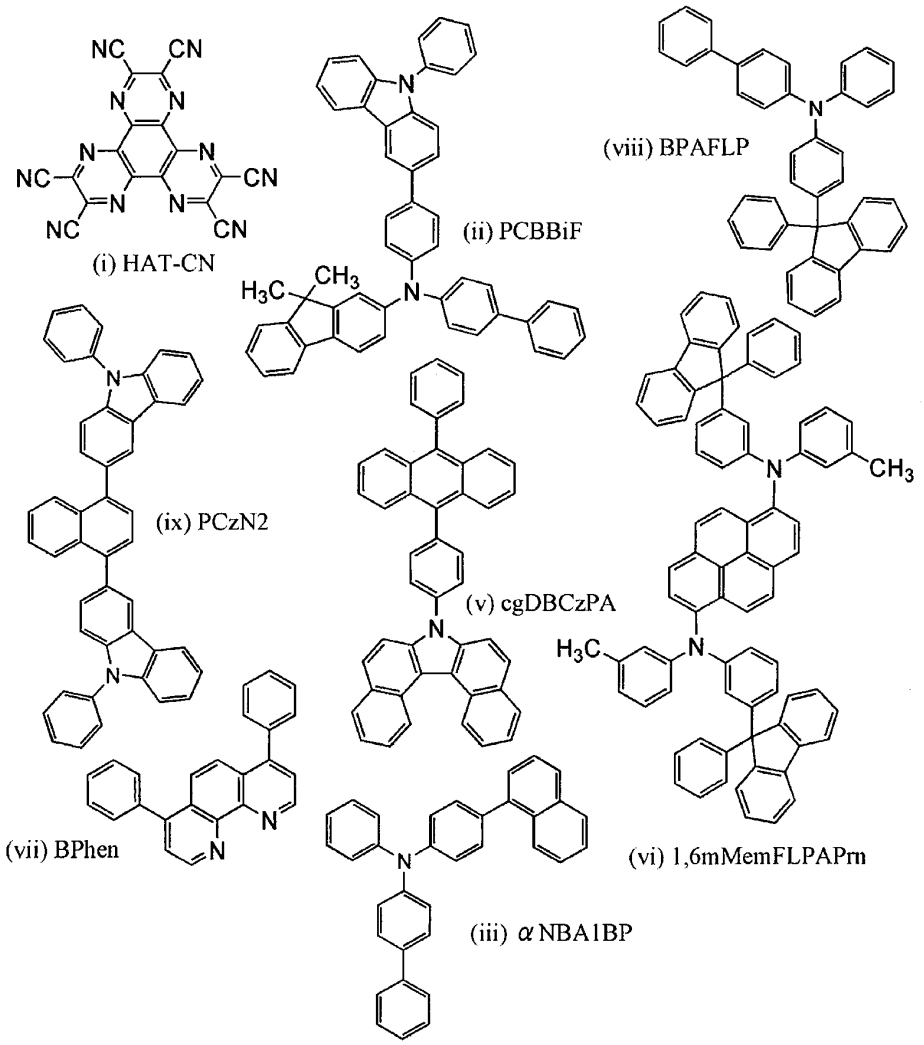
[0241] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자는 발광 효율이 양호하였다.

[0242] 한편, 비교 발광 소자 1에는 제 2 정공 수송층(112-2)이 존재하지 않기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)과 제 3 정공 수송층(112-3)의 HOMO 준위에 큰 차이가 있다. 따라서, 발광층(113)에 정공이 주입되기 어려워져 구동 전압이 상승되고, 발광층(113)과 정공 수송층의 계면에 전자가 축적되거나 정공 수송층에 전자가 누설되는 등의 단점이 초래된다. 전자가 축적되면, 발광 영역이 국재화되기 때문에, 발광 소자의 수명에 악영향을 미칠 수 있다. 또한, 정공 수송층에 전자가 누설되기 때문에, 캐리어 재결합이 정공 수송층에서도 일어나, 도펀트의 발광 가능성이 상대적으로 저하되는 것으로 인하여 발광 효율이 저하되고, 그리고 정공 수송 재료의 열화로 인하여 수명이 짧아지는 경우가 있다. 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 1에서는 상술한 단점이 효과적으로 저감되었기 때문에, 우수한 특성이 달성되었다.

[0243] (실시예 2)

[0244] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자들인 발광 소자 2 내지 3에 대하여 설명한다. 발광 소자 2 및 3에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0245] [화학식 4]



[0246]

[0247] (발광 소자 2의 제작 방법)

[0248] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0249] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0250] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0251] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0252] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(viii)으로 나타내어지는 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: BPAFLP)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(ix)으로 나타내어지는 3,3'-(나프탈렌-1,4-다이일)비스(9-페닐-9*H*-카바졸)(약칭: PCzN2)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 제 3 정공

수송층(112-3)을 형성하였다.

[0253] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0254] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0255] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 2를 제작하였다.

[0256] (발광 소자 3의 제작 방법)

[0257] 발광 소자 3은, 발광 소자 2의 제 2 정공 수송층(112-2)의 BPAFLP 대신 αNBA1BP를 사용한 것을 제외하면, 발광 소자 2와 비슷한 식으로 제작되었다.

[0258] 발광 소자 2 및 3의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0259] [표 4]

[0260]

	정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
		1	2	3				
	5nm	10nm	5nm	15nm	25nm	10nm	15nm	1nm
발광 소자 2	HAT-CN	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
발광 소자 3	HAT-CN	PCBBiF	αNBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0261] 발광 소자 2 및 3은 각각, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이들 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0262] 도 21은 발광 소자 2 및 3의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 22는 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 23은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 24는 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 25는 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 26은 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 5는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0263] [표 5]

[0264]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 2	3.2	0.22	6	0.14	0.17	14.0	12.1
발광 소자 3	3.1	0.29	7	0.14	0.17	14.1	12.2

[0265] 도 21, 도 22, 도 23, 도 24, 도 25, 도 26, 및 표 5에 의하여, 어느 발광 소자도 특성이 양호한 청색 발광 소자이었다는 것이 확인된다.

[0266] 도 27은 초기 휘도를 5000cd/m^2로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 27에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 1 및 2의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 2 및 3은 수명이 길다.

[0267] 아래의 표에는, 본 실시예의 발광 소자의 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0268] [표 6]

[0269] 발광 소자 2

[0270]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	BPAFLP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.51	-5.71	-5.69	-5.40

[0271] [표 7]

[0272] 발광 소자 3

[0273]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	αNBA1BP	PCzN2	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.52	-5.71	-5.69	-5.40

[0274] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 2 및 3에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0275] 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위는 -5.36eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0276] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.33eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.04eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0277] 발광 소자 2 및 3에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 발광 소자 2의 제 2 정공 수송 재료인 BPAFLP의 HOMO 준위는 -5.51eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.15eV 정도로 작다. 발광 소자 3의 제 2 정공 수송 재료인 αNBA1BP의 HOMO 준위는 -5.52eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.16eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층

(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0278] 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입된다면, 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 약 0.17eV 내지 0.18eV의 장벽이 존재한다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료와 발광 재료 사이에 장벽이 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

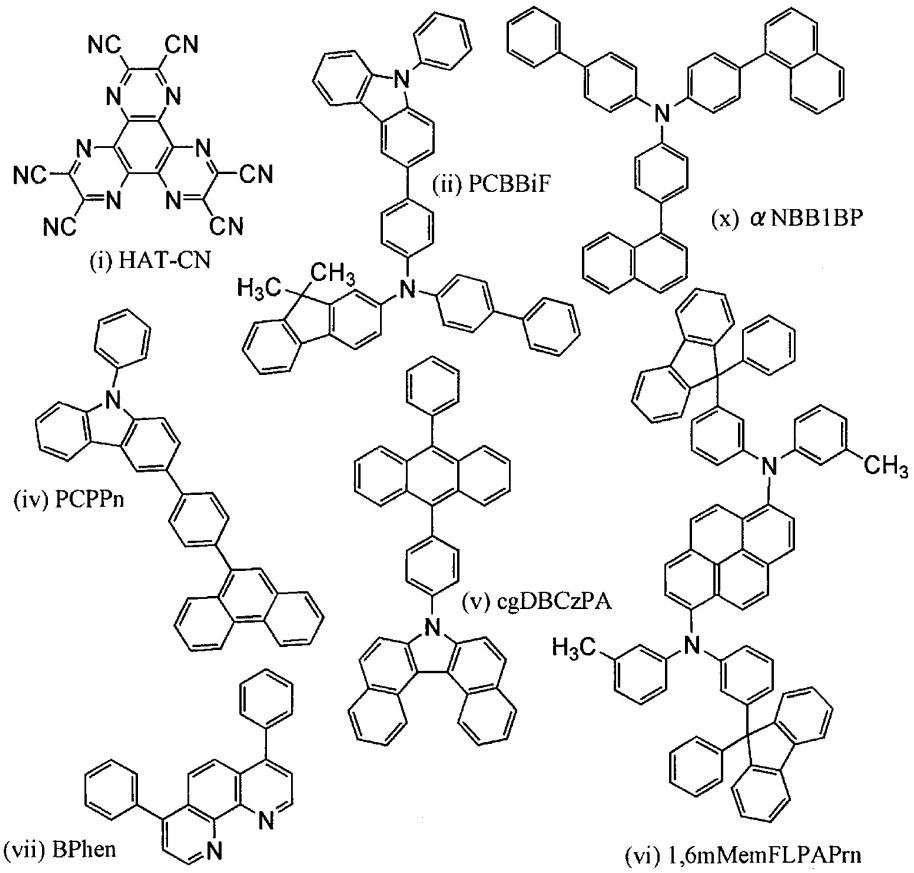
[0279] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 2 및 3에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 더 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 PCzN2의 HOMO 준위는 -5.71eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위와 실질적으로 같다(호스트 재료의 HOMO 준위보다 약간 깊다). 따라서, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.20eV 또는 0.19eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제 없이 주입된다.

[0280] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자는 발광 효율이 양호하였다.

[0281] (실시예 3)

[0282] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자들인 발광 소자 4에 대하여 설명한다. 발광 소자 4에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0283] [화학식 5]



[0284]

[0285] (발광 소자 4의 제작 방법)

[0286] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0287] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0288] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0289] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0290] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(x)으로 나타내어지는 4,4'-다이-(1-나프틸)-4''-페닐트라이페닐아민(약칭: αNBB1BP)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 구조식(iv)으로 나타내어지는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPPn)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0291] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0292] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0293] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 4를 제작하였다.

[0294] 발광 소자 4의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0295] [표 8]

[0296]

정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
	1	2	3				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBBiF	αNBB1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0297] 발광 소자 4는, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0298] 도 28은 발광 소자 4의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 29는 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 30은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 31은 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 32는 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 33은 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 9는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0299] [표 9]

전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
3.0	0.18	5	0.14	0.17	12.4	11.0

[0300] 도 28, 도 29, 도 30, 도 31, 도 32, 도 33, 및 표 9에 의하여, 발광 소자 4는 특성이 양호한 청색 발광 소자이었다는 것이 확인된다.

[0301] 도 34는 초기 휘도를 5000cd/m^2로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 34에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 4의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 4는 수명이 길다.

[0302] 아래의 표에는, 본 실시예의 발광 소자의 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0303] [표 10]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	αNBB1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0304]

[0305] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 4에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0306] 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위는 -5.36eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0307] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.33eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.04eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0308] 발광 소자 4에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 αNBB1BP의 HOMO 준위는 -5.50eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.14eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0309] 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입된다면, 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 약 0.19eV의 장벽이 존재한다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이

초래되기 쉽다.

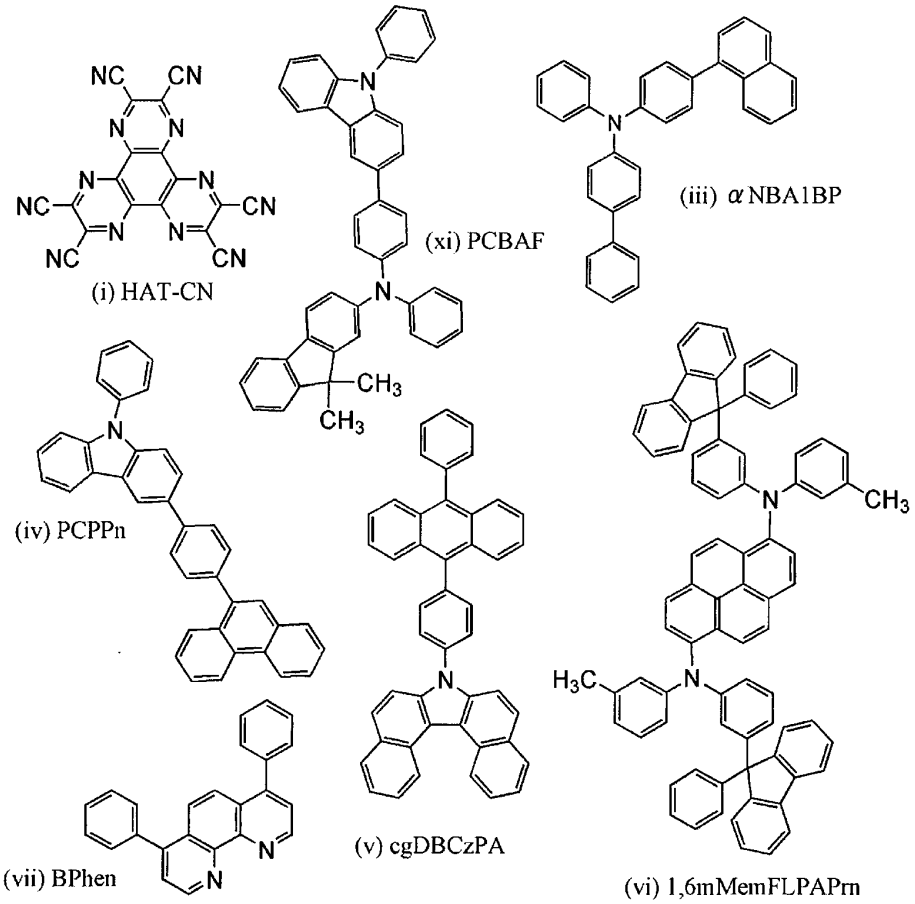
[0310] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 4에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 PCPPn의 HOMO 준위는 -5.80eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.30eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제 없이 주입된다.

[0311] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자는 발광 효율이 양호하였다.

[0312] (실시예 4)

[0313] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태인 발광 소자 5에 대하여 설명한다. 발광 소자 5에서 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0314] [화학식 6]



[0315]

[0316] (발광 소자 5의 제작 방법)

[0317] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0318] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0319] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서

진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0320] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0321] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(xi)으로 나타내어지는 9,9-다이메틸-*N*-페닐-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-플루오렌-2-아민(약칭: PCBAF)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(iii)으로 나타내어지는 4-(1-나프틸)-4'-페닐트라이페닐아민(약칭: αNBA1BP)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(iv)으로 나타내어지는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPPn)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0322] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0323] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0324] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 5를 제작하였다.

[0325] 발광 소자 5의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0326] [표 11]

[0327]

정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
	1	2	3				
5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	PCBAF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0328] 발광 소자 5는, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0329] 도 35는 발광 소자 5의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 36은 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 37은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 38은 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 39는 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 40은 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 12는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0330] [표 12]

[0331]

전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
3.0	0.26	6	0.14	0.16	12.8	11.6

[0332] 도 35, 도 36, 도 37, 도 38, 도 39, 도 40, 및 표 12에 의하여, 발광 소자 5가 특성이 양호한 청색 발광 소자이었다는 것이 확인된다.

[0333] 도 41은 초기 휘도를 5000cd/m^2로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 41에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 5의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 5는 수명이 길다.

[0334] 아래의 표에는, 본 실시예의 발광 소자의 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0335] [표 13]

[0336]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBAF	αNBA1BP	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.38	-5.52	-5.80	-5.69	-5.40

[0337] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 5에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0338] 제 1 정공 수송 재료인 PCBAF의 HOMO 준위는 -5.38eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0339] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, PCBAF의 HOMO 준위와의 차이는 0.31eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, PCBAF의 HOMO 준위와의 차이는 0.02eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0340] 발광 소자 5에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 αNBA1BP의 HOMO 준위는 -5.52eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBAF의 HOMO 준위와의 차이는 0.14eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0341] 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입된다면, 제 2 정공 수송 재료인 αNBA1BP와 호스트 재료 사이에 약 0.17eV의 장벽이 존재한다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

[0342] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 5에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 PCPPn의 HOMO 준위는 -5.80eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적

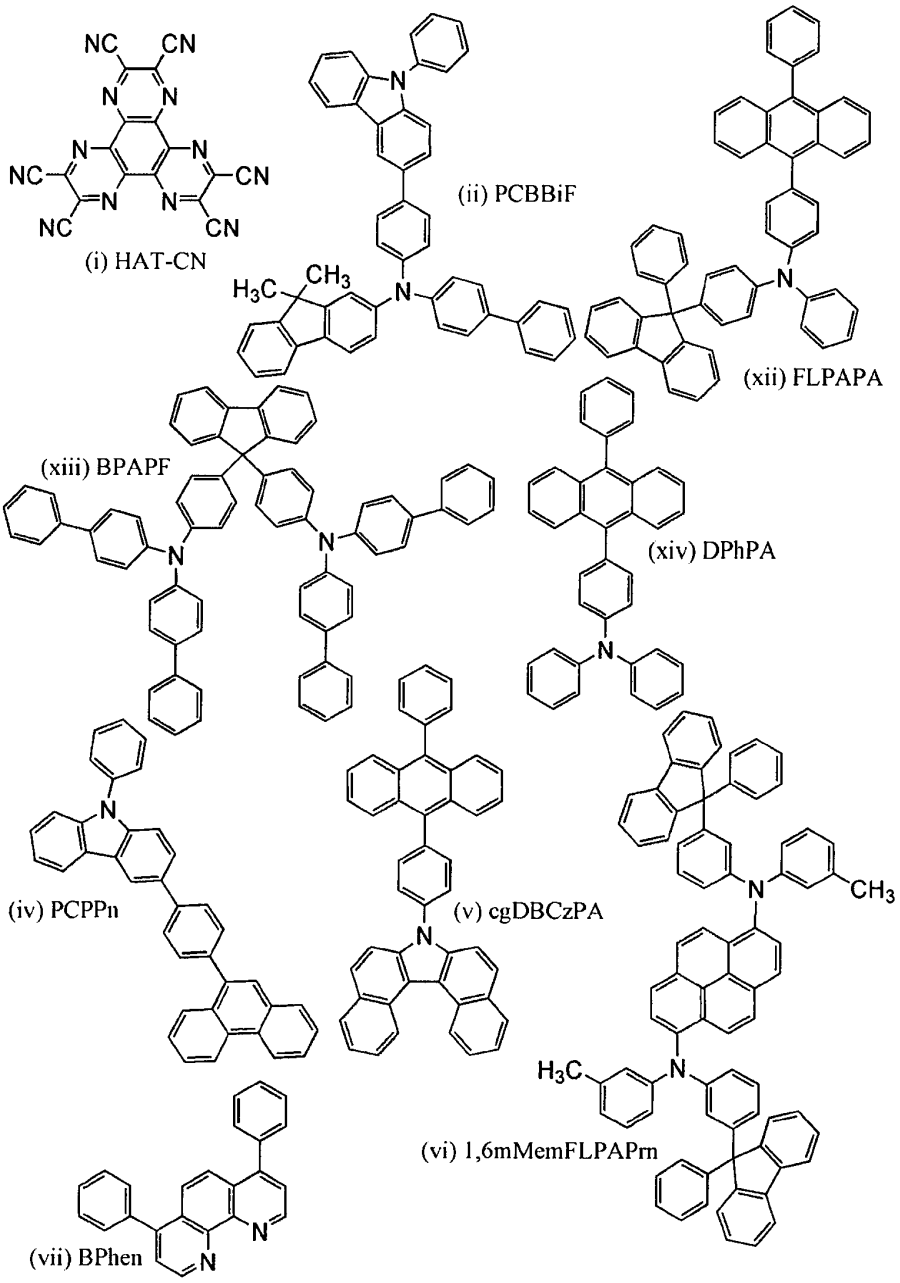
으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.27eV(유효 숫자 1 자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제없이 주입된다.

[0343] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자는 발광 효율이 양호하였다.

[0344] (실시예 5)

[0345] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자들인 발광 소자 6, 7, 및 8에 대하여 설명한다. 발광 소자 6 내지 8에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0346] [화학식 7]



[0347]

[0348] (발광 소자 6의 제작 방법)

[0349] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1

전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0350] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0351] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0352] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0353] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(ii)으로 나타내어지는 *N*-(1,1'-바이페닐-4-일)-9,9-다이메틸-*N*-[4-(9-페닐-9*H*-카바졸-3-일)페닐]-9*H*-플루오렌-2-아민(약칭: PCBBiF)을 증착에 의하여 두께 20nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(xii)으로 나타내어지는 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)트라이페닐아민(약칭: FLPAPA)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(iv)으로 나타내어지는 3-[4-(9-페난트릴)-페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: PCPPn)을 증착에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0354] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0355] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0356] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 4를 제작하였다.

[0357] (발광 소자 7의 제작 방법)

[0358] 발광 소자 7은, 제 2 정공 수송층(112-2)의 재료로서 상기 구조식(xiii)으로 나타내어지는 9,9-비스[4-(*N*,*N*-비스-바이페닐-4-일-아미노)페닐]-9*H*-플루오렌(약칭: BPAPF)을 사용한 것을 제외하면, 발광 소자 6과 비슷한 식으로 제작되었다.

[0359] (발광 소자 8의 제작 방법)

[0360] 발광 소자 8은, 제 2 정공 수송층(112-2)의 재료로서 상기 구조식(xiv)으로 나타내어지는 4-(10-페닐-9-안트릴)트라이페닐아민(약칭: DPhPA)을 사용한 것을 제외하면, 발광 소자 6과 비슷한 식으로 제작되었다.

[0361] 발광 소자 6, 7, 및 8의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0362] [표 14]

[0363]

	정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
		1	2	3				
	5nm	20nm	5nm	5nm	25nm	10nm	15nm	1nm
발광 소자 6	HAT-CN	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
발광 소자 7			BPAPF					
발광 소자 8			DPhPA					

[0364] 발광 소자 6 내지 8은 각각, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이들 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측

정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0365] 도 42는 발광 소자 6 내지 8의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 43은 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 44는 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 45는 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 46은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 47은 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 15는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0366] [표 15]

[0367]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 6	3.2	0.32	8	0.14	0.18	13.0	10.8
발광 소자 7	3.1	0.30	8	0.14	0.18	12.7	10.6
발광 소자 8	3.1	0.25	6	0.14	0.17	12.7	11.0

[0368] 도 42, 도 43, 도 44, 도 45, 도 46, 및 도 47 및 표 15로부터, 발광 소자 6 내지 8이 특성이 양호한 청색 발광 소자인 것을 알았다.

[0369] 도 48은 초기 휘도를 5000cd/m^2로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 48에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 6 내지 8의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 6 내지 8은 수명이 길다.

[0370] 본 실시예의 발광 소자에서는, 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 아래의 표에 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0371] [표 16]

[0372] 발광 소자 6

[0373]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	FLPAPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.54	-5.80	-5.69	-5.40

[0374] [표 17]

[0375] 발광 소자 7

[0376]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	BPAPF	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.50	-5.80	-5.69	-5.40

[0377] [표 18]

[0378] 발광 소자 8

[0379]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	PCBBiF	DPhPA	PCPPn	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.36	-5.53	-5.80	-5.69	-5.40

[0380] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 6 내지 8에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0381] 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위는 -5.36eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0382] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.33eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 0.04eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0383] 발광 소자 6 내지 8에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 FLPAPA(발광 소자 6), BPAPF(발광 소자 7), 및 DphPA(발광 소자 8)의 HOMO 준위는 각각 -5.54eV, -5.50eV, 및 -5.53eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 PCBBiF의 HOMO 준위와의 차이는 각각 0.18eV, 0.14eV, 및 0.17eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0384] 여기서, 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입될 때, 발광 소자 6, 7, 및 8에서 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 존재하는 장벽은 각각 약 0.15eV, 0.19eV, 및 0.16eV이다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

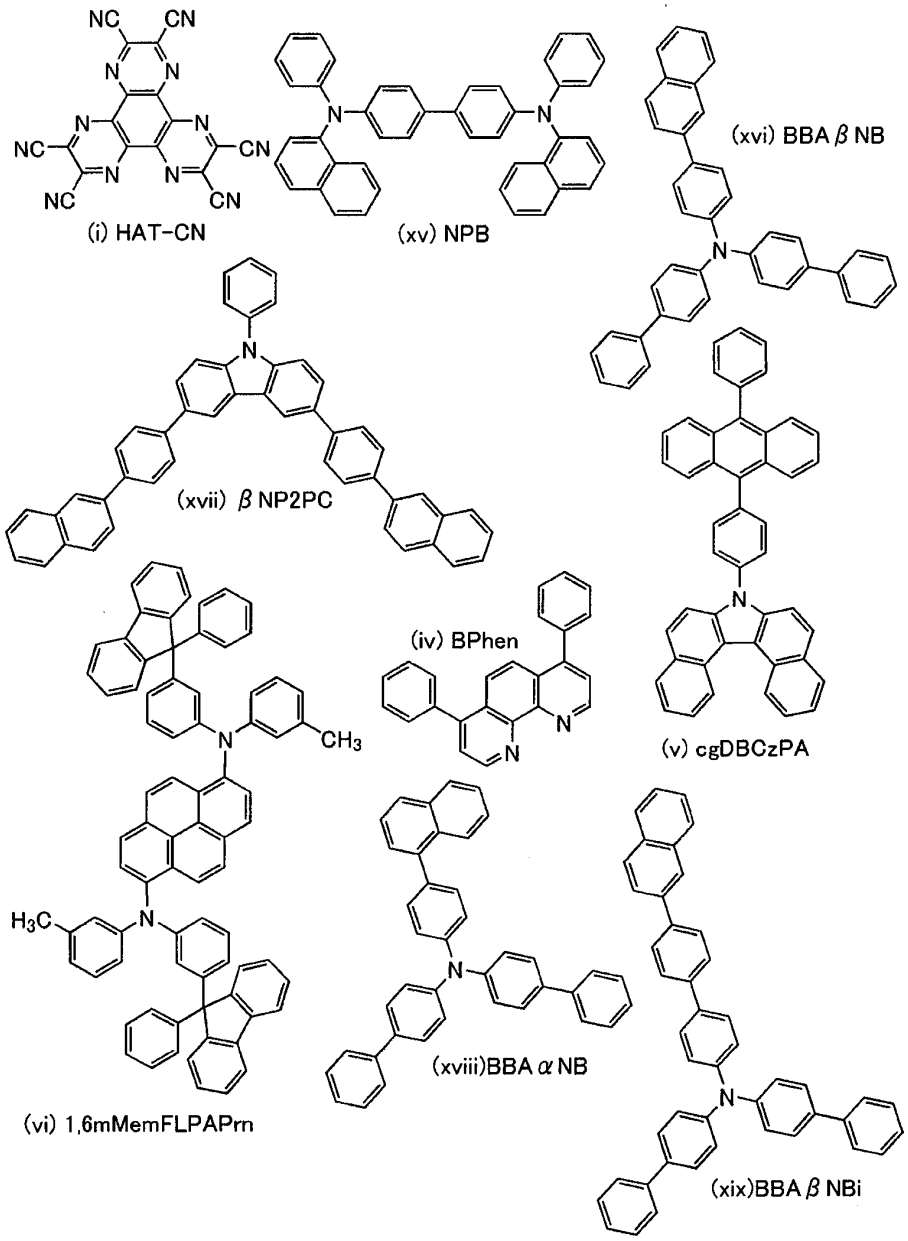
[0385] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 6 내지 8에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 더 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 PCPPn의 HOMO 준위는 -5.80eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.26eV 내지 0.30eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제 없이 주입된다.

[0386] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자 6 내지 8은 발광 효율이 양호하였다.

[0387] (실시예 6)

[0388] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자들인 발광 소자 9, 10, 및 11에 대하여 설명한다. 발광 소자 9 내지 11에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0389] [화학식 8]



[0390]

[0391] (발광 소자 9의 제작 방법)

[0392] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0393] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0394] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0395] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방

법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0396] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(xv)으로 나타내어지는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(xvi)으로 나타내어지는 4-(2-나프틸)-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAβNB)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(xvii)으로 나타내어지는 3,6-비스[4-(2-나프틸)페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: βNP2PC)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0397] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께 25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0398] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0399] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 9를 제작하였다.

[0400] (발광 소자 10의 제작 방법)

[0401] 발광 소자 10은, 발광 소자 9의 제 2 정공 수송층(112-2)의 재료로서 BBAβNB 대신에 상기 구조식(xviii)으로 나타내어지는 4-(1-나프틸)-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAαNB)을 사용한 것을 제외하면, 발광 소자 9와 비슷한 식으로 제작되었다.

[0402] (발광 소자 11의 제작 방법)

[0403] 발광 소자 11은, 발광 소자 9의 제 2 정공 수송층(112-2)의 재료로서 BBAβNB 대신에 상기 구조식(xix)으로 나타내어지는 4-[4-(2-나프틸)페닐]-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAβNBi)을 사용한 것을 제외하면, 발광 소자 9와 비슷한 식으로 제작되었다.

[0404] 발광 소자 9 내지 11의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0405] [표 19]

[0406]

	정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
		1	2	3				
	5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
발광 소자 9	HAT-CN	NPB	BBAβNB	βNP2PC	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
발광 소자 10			BBAαNB					
발광 소자 11			BBAβNBi					

[0407] 발광 소자 9 내지 11은 각각, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이들 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0408] 도 49는 발광 소자 9 내지 11의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 50은 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 51은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 52는 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 53은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 54는 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 20은 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0409] [표 20]

[0410]

	전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
발광 소자 9	3.1	0.34	8.5	0.14	0.19	14.2	11.2
발광 소자 10	3.1	0.34	8.6	0.14	0.17	13.8	11.5
발광 소자 11	3.1	0.26	6.5	0.14	0.17	13.7	11.2

[0411] 도 49, 도 50, 도 51, 도 52, 도 53, 및 도 54 및 표 20으로부터, 발광 소자 9 내지 11이 특성이 양호한 청색 발광 소자인 것을 알았다.

[0412] 도 55는 전류값을 2mA로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 55에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 9 내지 11의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 9 내지 11은 수명이 길다.

[0413] 본 실시예의 발광 소자에서는, 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 아래의 표에 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0414] [표 21]

[0415] 발광 소자 9

[0416]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	NPB	BBAβNB	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0417] [표 22]

[0418] 발광 소자 10

[0419]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	NPB	BBAαNB	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.38	-5.49	-5.79	-5.69	-5.40

[0420] [표 23]

[0421] 발광 소자 11

[0422]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	NPB	BBAβNBi	βNP2PC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.38	-5.47	-5.79	-5.69	-5.40

[0423] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 9 내지 11에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의

HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0424] 제 1 정공 수송 재료인 NPB의 HOMO 준위는 -5.38eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0425] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, NPB의 HOMO 준위와의 차이는 0.31eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, NPB의 HOMO 준위와의 차이는 0.02eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0426] 발광 소자 9 내지 11에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 BBAβNB(발광 소자 9), BBAαNB(발광 소자 10), 및 BBAβNBi(발광 소자 11)의 HOMO 준위는 각각 -5.47eV, -5.49eV, 및 -5.47eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 NPB의 HOMO 준위와의 차이는 각각 0.09eV, 0.11eV, 및 0.09eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0427] 여기서, 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입될 때, 발광 소자 9, 10, 및 11에서 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 존재하는 장벽은 각각 약 0.22eV, 0.20eV, 및 0.22eV이다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

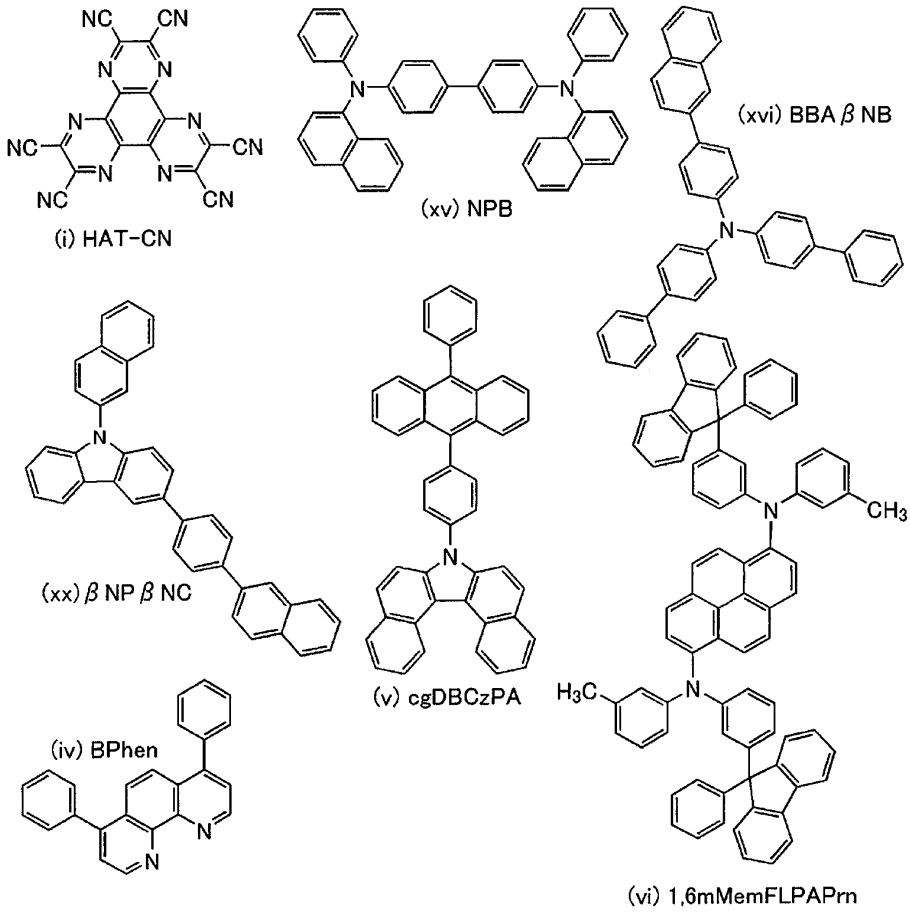
[0428] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 9 내지 11에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 더 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 βNP2PC의 HOMO 준위는 -5.79eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 제 3 정공 수송 재료로부터 발광층(113)에 정공이 문제 없이 주입된다. 또한, 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 없는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송층의 HOMO 준위의 차이는 0.30eV 내지 0.32eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)의 범위에 있기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 정공이 문제 없이 주입된다.

[0429] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자 9 내지 11은 발광 효율이 양호하였다.

[0430] (실시예 7)

[0431] 본 실시예에서는, 실시형태 1에서 설명한 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 12에 대하여 설명한다. 발광 소자 12에 사용한 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0432] [화학식 9]



[0433]

[0434] (발광 소자 12의 제작 방법)

[0435] 우선, 유리 기판 위에, 산화 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물(ITSO)을 스퍼터링법에 의하여 퇴적하여 제 1 전극(101)을 형성하였다. 또한, 제 1 전극(101)의 막 두께를 110nm로, 전극의 면적을 2mm×2mm로 하였다.

[0436] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리에서, 기판의 표면을 물로 세정하고 200℃에서 1시간 동안 소성한 다음, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0437] 그 후, 10^{-4}Pa 정도까지 압력이 저감된 진공 증착 장치에 기판을 이동하고, 진공 증착 장치의 가열 체임버에서 진공 소성을 170℃에서 30분 동안 수행한 다음, 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0438] 다음으로, 제 1 전극(101)이 형성된 면이 아래쪽을 향하도록, 진공 증착 장치 내에 제공된 기판 홀더에 제 1 전극(101)이 제공된 기판을 고정시켰다. 그리고, 제 1 전극(101) 위에, 상기 구조식(i)으로 나타내어지는 2,3,6,7,10,11-헥사사이아노-1,4,5,8,9,12-헥사아자트라이페닐렌(약칭: HAT-CN)을 저항 가열을 사용한 증착 방법에 의하여 두께 5nm로 퇴적함으로써 정공 주입층(111)을 형성하였다.

[0439] 다음으로, 정공 주입층(111) 위에, 상기 구조식(xv)으로 나타내어지는 4,4'-비스[*N*-(1-나프틸)-*N*-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 1 정공 수송층(112-1)을 형성하고; 제 1 정공 수송층(112-1) 위에, 상기 구조식(xvi)으로 나타내어지는 4-(2-나프틸)-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAβNB)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 2 정공 수송층(112-2)을 형성하고; 제 2 정공 수송층(112-2) 위에, 상기 구조식(xx)으로 나타내어지는 3-[4-(2-나프틸)페닐]-9-(2-나프틸)-9*H*-카바졸(약칭: βNPβNC)을 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적함으로써 제 3 정공 수송층(112-3)을 형성하였다.

[0440] 다음으로, 상기 구조식(v)으로 나타내어지는 7-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-7*H*-다이벤조[*c*,*g*]카바졸(약칭: cgDBCzPA) 및 상기 구조식(vi)으로 나타내어지는 *N*,*N*'-비스(3-메틸페닐)-*N*,*N*'-비스[3-(9-페닐-9*H*-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-다이아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 중량비 1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)에서 두께

25nm로 공증착함으로써 발광층(113)을 형성하였다.

[0441] 그리고, 발광층(113) 위에, cgDBCzPA를 증착에 의하여 두께 10nm로 퇴적하고, 상기 구조식(vii)으로 나타내어지는 바소페난트롤린(약칭: BPhen)을 증착에 의하여 두께 15nm로 퇴적함으로써 전자 수송층(114)을 형성하였다.

[0442] 전자 수송층(114)을 형성한 후, 플루오린화 리튬(LiF)을 증착에 의하여 두께 1nm로 퇴적함으로써 전자 주입층(115)을 형성하였다. 그리고, 알루미늄을 증착에 의하여 두께 200nm로 퇴적함으로써 제 2 전극(102)을 형성하였다. 상술한 단계를 거쳐, 본 실시예의 발광 소자 12를 제작하였다.

[0443] 발광 소자 12의 소자 구조를 아래의 표에 나타내었다.

[0444] [표 24]

[0445]

정공 주입층	정공 수송층			발광층	전자 수송층		전자 주입층
	1	2	3				
5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
HAT-CN	NPB	BBAβNB	βNPβNC	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF

[0446] 발광 소자 12는, 대기에 노출되지 않도록, 질소 분위기를 포함하는 글로브 박스에서 유리 기판을 사용하여 밀봉하였다(구체적으로는, 소자를 둘러싸도록 밀봉 재료를 도포하고, 밀봉 시에 UV 처리 및 80℃에서의 가열 처리 1시간을 수행하였음). 그리고, 이 발광 소자의 초기 특성 및 신뢰성을 측정하였다. 또한, 이 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행하였다.

[0447] 도 56은 발광 소자 12의 휘도-전류 밀도 특성을 나타낸 것이다. 도 57은 전류 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 58은 휘도-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 59는 전류-전압 특성을 나타낸 것이다. 도 60은 외부 양자 효율-휘도 특성을 나타낸 것이다. 도 61은 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다. 표 25는 약 1000cd/m^2에서의 발광 소자의 주요한 특성을 나타낸 것이다.

[0448] [표 25]

[0449]

전압 (V)	전류 (mA)	전류 밀도 (mA/cm^2)	색도 x	색도 y	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)
3.0	0.33	8.2	0.14	0.18	14.6	11.7

[0450] 도 56, 도 57, 도 58, 도 59, 도 60, 및 도 61 및 표 25로부터, 발광 소자 12가 특성이 양호한 청색 발광 소자인 것을 알았다.

[0451] 도 62는 전류값을 2mA로 하고 전류 밀도를 일정하게 한 조건하에서의 구동 시간에 따른 발광 소자의 휘도 변화를 나타낸 것이다. 도 62에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자 12의 구동 시간의 축적에 따른 휘도 저하는 작기 때문에, 발광 소자 12는 수명이 길다.

[0452] 본 실시예의 발광 소자 12에서는, 제 1 내지 제 3 정공 수송 재료, 호스트 재료, 및 발광 재료의 HOMO 준위를 아래의 표에 나타내었다. 또한, HOMO 준위 및 LUMO 준위는 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 실시예 1에서 설명한 것과 같다.

[0453] [표 26]

	제 1 정공 수송층	제 2 정공 수송층	제 3 정공 수송층	발광층	
				호스트 재료	발광 재료
재료	NPB	BBAβNB	βNPβNC	cgDBCzPA	1,6mMemFLPAPrn
HOMO 준위 (eV)	-5.38	-5.47	-5.77	-5.69	-5.40

[0454]

[0455] 상술한 표에 나타낸 바와 같이, 발광 소자 12에 사용한 재료에 대하여 말하자면, 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 호스트 재료의 HOMO 준위는 제 2 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다 깊고, 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 또한, 발광 재료의 HOMO 준위는 호스트 재료의 HOMO 준위보다 얕다.

[0456] 제 1 정공 수송 재료인 NPB의 HOMO 준위는 -5.38eV 정도로 얕고, HAT-CN의 LUMO 준위(-4.41eV)와 상호 작용함으로써 전하 분리를 쉽게 일으킬 수 있다.

[0457] 여기서, 호스트 재료인 cgDBCzPA의 HOMO 준위는 -5.69eV이고, NPB의 HOMO 준위와의 차이는 0.31eV이다. 한편, 발광 재료인 1,6mMemFLPAPrn의 HOMO 준위는 -5.40eV이고, NPB의 HOMO 준위와의 차이는 0.02eV이다. 발광 재료와 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 작기 때문에, 제 1 정공 수송층(112-1)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있으면, 발광 재료에 정공이 주입되기 쉽다고 상정된다. 발광 재료에 정공이 직접 주입되는 경우, 제 1 정공 수송층(112-1)과 발광층의 계면에서 발광 재료에 의하여 정공이 트랩되기 때문에, 발광 영역이 국재화되어 열화가 촉진될 수 있다. 또한, 제 1 정공 수송층(112-1)의 정공 수송 재료의 정공은 발광층의 호스트 재료에 들어가기 어렵다. 그러므로, 정공 및 전자가 각각 정공 수송 재료 및 호스트 재료에 축적된다. 따라서, 상기 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에서 발광 재료보다 에너지가 낮은 엑시플렉스가 형성될 수 있어, 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되는 경향이 있다.

[0458] 발광 소자 12에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)으로서, HOMO 준위가 호스트 재료의 HOMO 준위보다는 얕지만 제 1 정공 수송 재료의 HOMO 준위보다는 깊은 제 2 정공 수송 재료를 사용함으로써, 먼저 정공이 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 주입된다. 제 2 정공 수송 재료인 BBAβNB의 HOMO 준위는 -5.47eV이고, 제 1 정공 수송 재료인 NPB의 HOMO 준위와의 차이는 0.09eV 정도로 작다. 따라서, 정공은 제 1 정공 수송층(112-1)으로부터 제 2 정공 수송층(112-2)에 원활하게 주입된다.

[0459] 여기서, 제 2 정공 수송층(112-2)이 발광층(113)과 접촉하는 구조를 발광 소자가 갖고 있다고 상정하면, 제 2 정공 수송층(112-2)으로부터 발광층(113)에 정공이 주입될 때, 제 2 정공 수송 재료와 호스트 재료 사이에 약 0.22eV의 장벽이 존재한다. 이러한 차이를 가질 때, 정공은 보통 문제 없이 주입된다. 한편, 발광층(113)에 포함되는 발광 재료의 HOMO 준위는 -5.40eV이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 발광 재료로의 정공 주입에 대한 장벽은 존재하지 않는다. 따라서, 정공은 결국 호스트 재료보다 발광 재료에 우선적으로 주입된다. 상술한 바와 같이, 발광 재료에 정공이 직접 주입되면, 열화의 가속 및 발광 효율의 저하 등의 단점이 초래되기 쉽다.

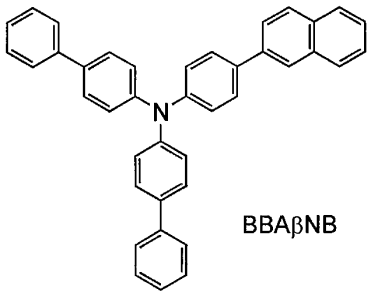
[0460] 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 발광 소자인 발광 소자 12에서는, 제 2 정공 수송층(112-2)과 발광층(113) 사이에 제 3 정공 수송층(112-3)을 더 제공하였다. 제 3 정공 수송층(112-3)에 포함되는 제 3 정공 수송 재료인 βNPβNC의 HOMO 준위는 -5.77eV로, 호스트 재료의 HOMO 준위보다 깊다. 따라서, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 정공이 문제 없이 주입된다. 또한, 제 3 정공 수송 재료로부터 호스트 재료로의 정공 주입에 대한 장벽이 존재하지 않는 것에 의하여, 또한 호스트 재료와 발광 재료의 혼합비에 의해서도 호스트 재료에 정공이 우선적으로 주입된다. 따라서, 정공은 발광 재료에 직접 주입되기 어렵다. 또한, 제 2 정공 수송 재료와 제 3 정공 수송 재료의 HOMO 준위의 차이는 0.30eV(유효 숫자 1자리로 0.3eV 이하)이기 때문에, 제 2 정공 수송 재료로부터 제 3 정공 수송 재료에 대해서도 정공은 문제 없이 주입된다.

[0461] 호스트 재료에 주입된 정공은 부분적으로 발광 재료에 트랩되지만, 이들은 적절히 트랩되면서 제 2 전극을 향하여 이동될 수 있고, 호스트 재료가 전자 수송성도 갖는 안트라센 화합물이기 때문에, 구동 전압이 상승되지 않는다. 또한, 발광층(113) 위에 발광 영역이 국재화될 일 없이 연장되므로, 열화가 촉진되지 않는다. 따라서, 발광 소자 12는 발광 효율이 양호하였다.

[0462] (참고예 1)

[0463] 본 참고예에서는, 상기 발광 소자 9 및 12에 사용한 4-나프틸-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAβNB)의 합성 방법에 대하여 설명한다. BBAβNB의 구조식을 아래에 나타낸다.

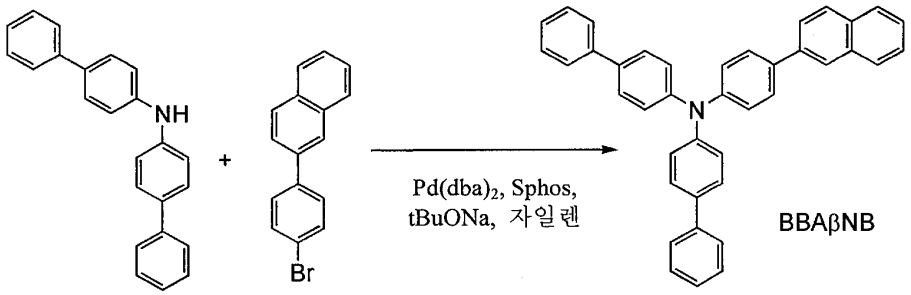
[0464] [화학식 10]



[0465]

[0466] 200mL의 3구 플라스크에, 2.3g(7.1mmol)의 비스(4-바이페닐릴)아민, 2.0g(7.1mmol)의 2-(4-브로모페닐)나프탈렌, 1.5g(15mmol)의 소듐 *tert*-뷰톡사이드(약칭: *tert*-BuONa), 및 0.16g(0.40mmol)의 2-다이사이클로헥실포스피노-2',6'-다이메톡시-1,1'-바이페닐(약칭: SPhos)을 넣었다. 플라스크 내의 공기를 질소로 치환한 다음, 35mL의 자일렌을 첨가하였다. 이 혼합물을 감압하에서 탈기한 후, 질소 기류하에 있어서 60℃에서 교반하고, 0.12g(0.20mmol)의 비스(다이벤질리덴아세톤)팔라듐(0)을 첨가하고, 이 혼합물을 120℃에서 7시간 동안 교반하였다. 교반 후, 얻어진 혼합물을 물 및 탄산수소소듐의 포화 수용액으로 세정하고, 유기층을 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 고성능 액체 크로마토그래피(이동상: 클로로폼)에 의하여 갈색 고체를 정제하여, 목적의 담황색 고체를 3.5g, 수율 93%로 얻었다. 이 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0467] [화학식 11]



[0468]

[0469] 얻어진 백색 고체의 ^{1}H NMR 데이터를 아래에 나타낸다. ^{1}H NMR(다이클로로메테인-d2, 500MHz): δ=7.24(d, *J*=9.0Hz, 4H), 7.26(d, *J*=8.5Hz, 2H), 7.31(d, *J*=7.5Hz, 2H), 7.42(d, *J*=7.5Hz, 4H), 7.45-7.50(m, 2H), 7.55(d, *J*=8.5Hz, 4H), 7.60(d, *J*=7.5Hz, 4H), 7.68(d, *J*=8.5Hz, 2H), 7.76(dd, J1=2.0Hz, J2=8.5Hz, 1H), 7.85(d, *J*=8.0Hz, 1H), 7.90(t, *J*=8.05Hz, 2H), 8.05(s, 1H).

[0470] 도 63의 (A) 및 (B)에 ^{1}H NMR 차트를 나타내었다. 또한, 도 63의 (B)는 도 63의 (A)의 7.00ppm 내지 8.20ppm의 범위의 일부를 확대한 차트이다. 이 결과는 이 합성 반응에 의하여 BBAβNB가 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0471] 트레인 서블리메이션(train sublimation)에 의하여, 얻어진 3.5g의 백색 고체(BBAβNB)를 정제하였다. 승화에 의한 정제는 3.4Pa의 압력하에 있어서, 15mL/min의 아르곤 가스의 유량으로, 265℃의 가열 온도에서, 16시간 동안 수행하였다. 승화에 의한 정제 후, 목적 물질인 담황색의 유리상 고체를 2.8g, 회수율 81%로 얻었다.

[0472] 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 BBAβNB의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 얻었다. 산출 방법을 아래에 나타낸다.

[0473] 측정 장치로서는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. CV 측정에 사용되는 용액으로서는, 용매로서 탈수 다이메틸폼아마이드(DMF, Sigma-Aldrich Inc.의 제품, 99.8%, 카탈로그 번호 22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-*n*-뷰틸암모늄(*n*-Bu_4NClO_4, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.의 제품, 카탈로그 번호 T0836)을 과염소산 테트라-*n*-뷰틸암모늄의 농도가 100mmol/L가 되도록 용매에

용해시켰다. 또한, 측정 대상도 농도가 2mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 작용 전극으로서는 백금 전극(PTE 백금 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하고, 보조 전극으로서는 다른 백금 전극(VC-3용 Pt 대향 전극(5cm), BAS Inc. 제조)을 사용하고, 참조 전극으로서는 Ag/Ag^{+} 전극(RE7 비수용매용 참조 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20℃ 내지 25℃)에서 수행하였다. 또한, CV 측정 시의 스캔 속도는 0.1V/sec로 하고, 참조 전극에 대한 산화 전위 Ea[V] 및 환원 전위 Ec[V]를 측정하였다. 또한, Ea는 산화-환원파의 중간 전위를 나타내고, Ec는 환원-산화파의 중간 전위를 나타낸다. 여기서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 퍼텐셜 에너지는 -4.94[eV]인 것이 알려져 있기 때문에, HOMO 준위 및 LUMO 준위를 다음의 식으로부터 얻을 수 있다: HOMO 준위[eV]=-4.94-Ea 및 LUMO 준위[eV]=-4.94-Ec. 또한, CV 측정은 100번 반복하고, 100사이클째의 산화-환원파와 1사이클째의 산화-환원파를 서로 비교하여 화합물의 전기 안정성을 조사하였다.

[0474] 결과적으로, BBAβNB의 HOMO 준위가 -5.47eV인 것을 알았다. 한편, LUMO 준위는 -2.28eV인 것을 알았다. 산화-환원파를 반복적으로 측정하였을 때, Ea 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 83%를 유지하고, Ec 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 92%를 유지하였기 때문에, BBAβNB의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

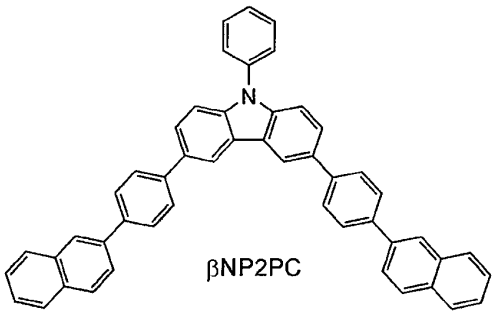
[0475] 또한, PerkinElmer, Inc.가 제작한 Pyris1DSC에 의하여 BBAβNB의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 시차 주사 열량 측정에서는, 승온 속도 40℃/min로 -10℃에서 300℃까지 온도를 올린 후, 이 온도를 1분 동안 유지하고 나서, 강온(降溫) 속도 40℃/min로 -10℃까지 냉각시켰다. 이 조작을 2번 연속적으로 반복하였다. 2사이클째의 DSC 측정 결과에 의하여 BBAβNB의 유리 전이점이 81℃이었다는 것이 나타났다. 또한, 1사이클째의 결과에 의하여 BBAβNB의 융점이 241℃이었다는 것이 나타났다.

[0476] BBAβNB의 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 이 측정은 고진공 차동형 시차 열 천칭(TG/DTA 2410SA, Bruker AXS K.K. 제조)을 사용하여 수행하였다. 이 측정은 질소 기류하(200mL/min의 유량)에 있어서, 대기압에서, 승온 속도 10℃/min로 수행하였다. 열 중량-시차 열 분석에서는, 열 중량 분석에 의하여 얻어진 중량이 측정 개시 시의 중량에서 5% 저감된 온도(분해 온도)가 412℃인 것을 알았고, 이는 BBAβNB가 내열성이 높은 물질인 것을 나타낸다.

[0477] (참고예 2)

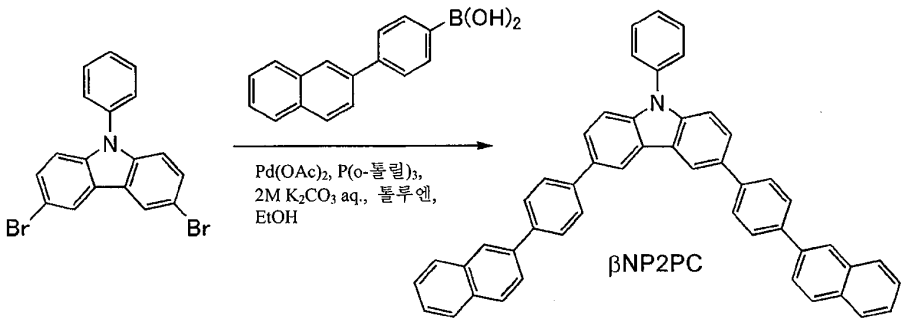
[0478] 본 참고예에서는, 상기 발광 소자 9 내지 11에 사용한 3,6-비스[4-(2-나프틸)페닐]-9-페닐-9*H*-카바졸(약칭: βNP2PC)의 합성 방법에 대하여 설명한다. βNP2PC의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0479] [화학식 12]

[0480] 

[0481] 200mL의 3구 플라스크에, 1.9g(4.8mmol)의 3,6-다이브로모-9-페닐-9*H*-카바졸, 2.4g(9.7mol)의 4-(2-나프틸)페닐보론산, 0.12g(0.40mmol)의 트라이(*o*-톨릴)포스핀, 및 2.7g(19mmol)의 탄산 포타슘을 넣었다. 플라스크 내의 공기를 질소로 치환한 다음, 이 혼합물에 40mL의 톨루엔, 10mL의 에탄올, 및 10mL의 물을 첨가하였다. 압력을 저감시키면서 이 혼합물을 교반함으로써 탈기하였다. 탈기 후, 이 혼합물에 22mg(0.10mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 80℃에서 4시간 동안 교반함으로써, 고체가 석출되었다. 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하였다. 회수한 고체를 약 750mL의 뜨거운 톨루엔에 용해시키고, 이 용액을 셀라이트, 알루미나, 및 플로리실을 통하여 흡인 여과하여 여과액을 얻었다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체를 톨루엔으로 세정하여 목적의 백색 분말을 2.6g, 수율 99%로 얻었다. 이 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0482] [화학식 13]



[0483]

[0484] 트레인 서블리메이션법에 의하여, 얻어진 2.6g의 백색 분말을 정제하였다. 승화에 의한 정제에서는, 백색 분말을 350℃에서, 3.0Pa의 압력하에 있어서, 5.0mL/min의 아르곤 가스의 유량으로 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, 백색 고체를 2.0g, 회수율 77%로 얻었다.

[0485] 얻어진 물질을 ^{1}H NMR에 의하여 분석하였다. ^{1}H NMR($CDCl_3$, 300MHz): δ=7.47-7.55(m, 7H), 7.65(s, 2H), 7.67(d, J=2.4Hz, 2H), 7.76(dd, J_1=8.4Hz, J_2=1.8Hz, 2H), 7.75-7.97(m, 16H), 8.14(d, J=1.8Hz, 2H), 8.51(d, J=1.5Hz,2H).

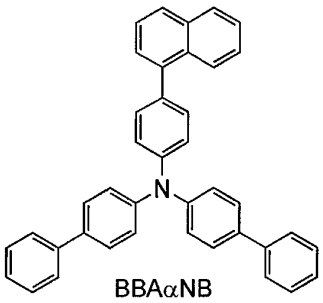
[0486] 도 64의 (A) 및 (B)에 ^{1}H-NMR 차트를 나타내었다. 또한, 도 64의 (B)는 도 64의 (A)의 7.20ppm 내지 8.60ppm의 범위의 일부를 확대한 차트이다. 이 결과는 이 합성 반응에 의하여 βNP2PC가 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0487] βNP2PC의 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 이 측정은 고진공 차동형 시차 열 천칭(TG/DTA 2410SA, Bruker AXS K.K. 제조)을 사용하여 수행하였다. 이 측정은 질소 기류하(200mL/min의 유량)에 있어서, 상압에서, 승온 속도 10℃/min로 수행하였다. 중량과 온도의 관계(열 중량 분석)에 의하여 βNP2PC의 5% 중량 감소 온도가 500℃ 이상인 것이 나타난다. 이 결과는 βNP2PC의 내열성이 양호하다는 것을 나타내었다.

[0488] (참고예 3)

[0489] 본 참고예에서는, 상기 발광 소자 10에 사용한 4-(1-나프틸)-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAαNB)의 합성 방법에 대하여 설명한다. BBAαNB의 구조식을 아래에 나타낸다.

[0490] [화학식 14]

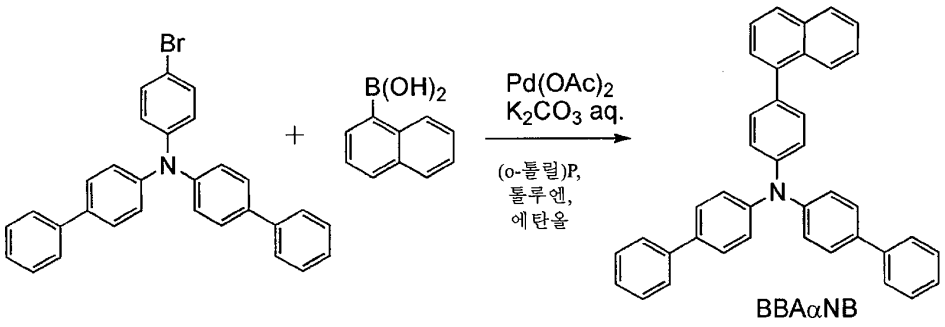


[0491]

[0492] 200mL의 3구 플라스크에, 4.8g(10mmol)의 4-브로모-4',4''-다이페닐트라이페닐아민, 1.8g(10mmol)의 2-나프틸보론산, 0.31g(1.0mmol)의 트리스(2-메틸페닐)포스핀, 40mL의 톨루엔, 10mL의 에탄올, 및 10mL의 탄산 포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 플라스크 내의 압력을 저감시키면서 이 혼합물을 교반함으로써 탈기하였다. 탈기 후, 플라스크 내의 분위기를 질소로 치환하고, 이 혼합물을 60℃까지 가열하였다. 가열 후, 이 혼합물에 0.12g(0.5mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 80℃에서 1.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 이 혼합물의 유기층을 물로 세정하고, 얻어진 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하였다. 추출 용액과 유기층을 조합하고 이 혼합물을 포화 식염수로 세정하였다. 그리고, 건조를 위하여 황산 마그네슘을 첨가하였다. 이 혼합물을 자연 여과하고, 얻어진 여과액을 농축하여 목적의 갈색의 고체를 얻었다. 얻어진 고체를 클로로폼에 용해시키고, 얻어진 용액을 고성능 액체 크로마토그래피(Japan

Analytical Industry Co., LTD. 제조의 LC-SakuraNEXT를 사용한 리사이클 분취 HPLC, 이동상: 클로로폼)에 의하여 정제하여 목적의 백색 고체를 3.9g, 수율 75%로 얻었다. 이 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0493] [화학식 15]

[0494] 

[0495] 얻어진 백색 고체의 ^{1}H NMR 데이터를 측정하였다. 얻어진 데이터를 아래에 나타낸다.

[0496] ^{1}H NMR(다이클로로메테인-d_2, 500MHz): δ=7.26-7.29(m, 6H), 7.31(t, *J*=7.0Hz, 2H), 7.41-7.54(m, 10H), 7.56(d, *J*=8.5Hz, 4H), 7.60(d, *J*=7.0Hz, 4H), 7.84(d, *J*=8.0Hz, 1H), 7.90(d, *J*=7.0Hz, 1H), 8.03(d, *J*=9.0Hz, 1H).

[0497] 도 65의 (A) 및 (B)에 ^{1}H NMR 차트를 나타내었다. 또한, 도 65의 (B)는 도 65의 (A)의 7.0ppm 내지 8.5ppm의 범위의 일부를 확대한 차트이다. 이 결과는 이 합성에 의하여 BBAαNB가 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0498] 그리고, 얻어진 3.9g의 고체(BBAαNB)를 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 정제에서는, 상기 고체를 250℃에서, 3.4Pa의 압력하에 있어서, 15mL/min의 아르곤의 유량으로 16시간 동안 가열하여 목적의 고체를 2.4g, 회수율 62%로 얻었다.

[0499] BBAαNB의 HOMO 준위와 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법을 아래에 나타낸다.

[0500] 측정 장치로서는 전기 화학 애널라이저(ALS 모델 600A 또는 600C, BAS Inc. 제조)를 사용하였다. CV 측정에 사용되는 용액으로서는, 용매로서 탈수 다이메틸폼아마이드(DMF)(Aldrich 제조, 99.8%, 카탈로그 번호: 22705-6)를 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-*n*-뷰틸암모늄(*n*-Bu_4NClO_4, Tokyo Chemical Industry Co., Ltd. 의 제품, 카탈로그 번호 T0836)을 농도가 100mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 또한, 측정 대상도 농도가 2mmol/L가 되도록 용매에 용해시켰다. 작용 전극으로서는 백금 전극(PTE 백금 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하고, 보조 전극으로서는 다른 백금 전극(VC-3용 Pt 대향 전극(5cm), BAS Inc. 제조)을 사용하고, 참조 전극으로서는 Ag/Ag^{+} 전극(RE7 비수용매용 참조 전극, BAS Inc. 제조)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20℃ 내지 25℃)에서 수행하였다. 또한, CV 측정 시의 스캔 속도는 0.1V/sec로 하고, 참조 전극에 대한 산화 전위 Ea[V] 및 환원 전위 Ec[V]를 측정하였다. 또한, Ea는 산화-환원파의 중간 전위를 나타내고, Ec는 환원-산화파의 중간 전위를 나타낸다. 여기서, 본 실시예에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 퍼텐셜 에너지는 -4.94[eV]인 것이 알려져 있기 때문에, HOMO 준위 및 LUMO 준위를 다음의 식으로부터 얻을 수 있다: HOMO 준위[eV]=-4.94-Ea 및 LUMO 준위[eV]=-4.94-Ec. 또한, CV 측정은 100번 반복하고, 100사이클째의 산화-환원파와 1사이클째의 산화-환원파를 서로 비교하여 화합물의 전기 안정성을 조사하였다.

[0501] 결과적으로, BBAαNB의 산화 전위 Ea[V]의 측정에서, HOMO 준위는 -5.49eV이었다. 한편, LUMO 준위는 -2.24eV이었다. 산화-환원파를 반복적으로 측정하였을 때, Ea 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 93%를 유지하고, Ec 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 92%를 유지하였기 때문에, BBAαNB의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

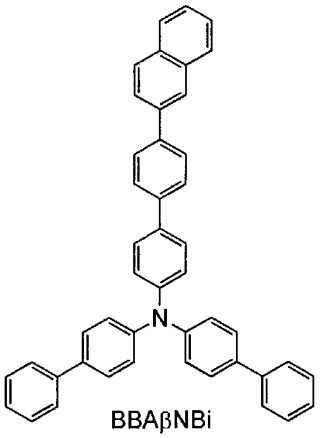
[0502] PerkinElmer, Inc.가 제작한 Pyris1DSC에 의하여 BBAαNB의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 시차 주사 열량 측정에서는, 승온 속도 40℃/min로 -10℃에서 270℃까지 온도를 올린 후, 이 온도를 1분 동안 유지하고 나서, 강온 속도 40℃/min로 -10℃까지 냉각시켰다. 이 조작은 2번 연속적으로 반복하였으며 2번째의

측정 결과를 채용하였다. DSC 측정에 의하여 BBAαNB의 유리 전이점이 84℃이었다는 것이 나타났다.

[0503] (참고예 4)

[0504] 본 참고예에서는, 상기 발광 소자 11에서 사용한 4-[4-(2-나프틸)페닐]-4',4''-다이페닐트라이페닐아민(약칭: BBAβNBi)의 합성 방법에 대하여 설명한다. BBAβNBi의 구조식을 아래에 나타낸다.

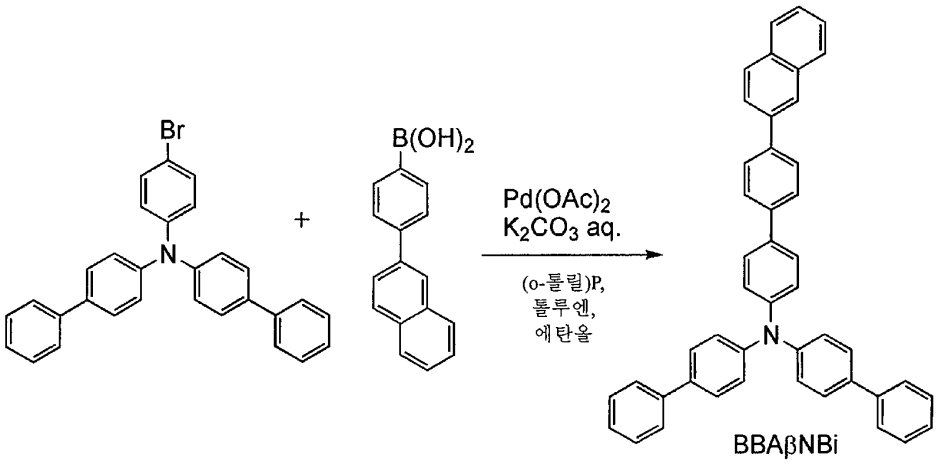
[0505] [화학식 16]



[0506]

[0507] 200mL의 3구 플라스크에, 4.8g(10mmol)의 4-브로모-4',4''-다이페닐트라이페닐아민, 2.5g(10mmol)의 4-(2-나프틸)페닐보론산, 0.31g(1.0mmol)의 트리스(2-메틸페닐)포스핀, 40mL의 톨루엔, 10mL의 에탄올, 및 10mL의 탄산 포타슘 수용액(2.0mol/L)을 넣었다. 플라스크 내의 압력을 저감시키면서 이 혼합물을 교반함으로써 탈기하였다. 탈기 후, 플라스크 내의 분위기를 질소로 치환하고, 이 혼합물을 60℃까지 가열하였다. 가열 후, 0.11g(0.5mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하고, 얻어진 혼합물을 80℃에서 1.5시간 동안 교반하였다. 교반 후, 이 혼합물을 실온까지 냉각시키고, 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하고, 톨루엔, 에탄올, 및 물로 세정하였다. 얻어진 고체를 클로로폼으로 세정하고 흡인 여과에 의하여 회수함으로써, 목적의 갈색 고체를 2.9g, 수율 49%로 얻었다. 이 합성 반응의 반응 스킴을 아래에 나타낸다.

[0508] [화학식 17]



[0509]

[0510] 얻어진 갈색 고체의 ^{1}H NMR 데이터를 측정하였다. 얻어진 데이터를 아래에 나타낸다.

[0511] ^{1}H NMR(다이클로로메테인-d_2, 500MHz, 500MHz): δ=7.22-7.25(m, 6H), 7.31(t, *J*=7.3Hz, 2H), 7.42(t, *J*=7.8Hz, 4H), 7.46-7.52(m, 2H), 7.55(d, *J*=7.5Hz, 4H), 7.59-7.63(m, 6H), 7.74(d, *J*=8.0Hz, 2H), 7.18-7.83(m, 3H), 7.87(d, *J*=7.5Hz, 1H), 7.93(t, *J*=8.7, 2H), 8.11(s, 1H).

[0512] 도 66의 (A) 및 (B)에 ^{1}H NMR 차트를 나타내었다. 또한, 도 66의 (B)는 도 66의 (A)의 7.0ppm 내지 8.3ppm의 범위의 일부를 확대한 차트이다. 이 결과는 이 합성에 의하여 BBAβNBi가 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0513] 그리고, 얻어진 2.9g의 고체(BBAβNBi)를 트레인 서블리메이션법에 의하여 정제하였다. 정제에서는, 상기 고체를 300℃에서, 4.0Pa의 압력하에 있어서, 15mL/min의 아르곤의 유량으로 16시간 동안 가열하여 목적의 백색 고체를 1.9g, 회수율 65%로 얻었다.

[0514] BBAβNBi의 HOMO 준위와 LUMO 준위를 사이클릭 볼타메트리(CV) 측정을 통하여 얻었다. 산출 방법은 참고예 3에서 설명한 것과 같다.

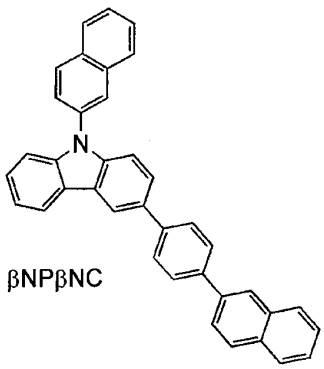
[0515] 결과적으로, BBAβNBi의 산화 전위 Ea[V]의 측정에서, HOMO 준위는 -5.47eV이었다. 한편, LUMO 준위는 -2.38eV이었다. 산화-환원파를 반복적으로 측정하였을 때, Ea 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 82%를 유지하고, Ec 측정에서는, 100사이클 후의 산화-환원파의 피크 강도는 1사이클째의 산화-환원파의 피크 강도의 67%를 유지하였기 때문에, BBAβNBi의 산화 및 환원에 대한 내성이 매우 높다는 것을 알았다.

[0516] PerkinElmer, Inc.가 제작한 Pyris1DSC에 의하여 BBAβNBi의 시차 주사 열량 측정(DSC 측정)을 수행하였다. 시차 주사 열량 측정에서는, 승온 속도 40℃/min로 -10℃에서 270℃까지 온도를 올린 후, 이 온도를 1분 동안 유지하고 나서, 강온 속도 40℃/min로 -10℃까지 냉각시켰다. 이 조작은 2번 연속적으로 반복하였으며 2번째의 측정 결과를 채용하였다. DSC 측정에 의하여 BBAβNBi의 유리 전이점이 97℃이었다는 것이 나타났고, 이는 BBAβNBi가 내열성이 양호한 화합물인 것을 나타내었다.

[0517] (참고예 5)

[0518] 본 참고예에서는, 상기 발광 소자 12에 사용한 3-[4-(2-나프틸)페닐]-9-(2-나프틸)-9*H*-카바졸(약칭: βNPβNC)의 합성 방법에 대하여 설명한다. βNPβNC의 구조식을 아래에 나타낸다.

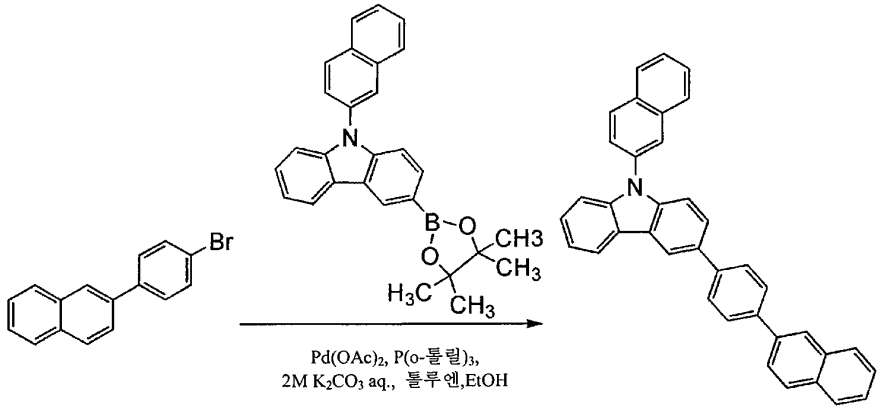
[0519] [화학식 18]



[0520]

[0521] 200mL의 3구 플라스크에, 2.3g(8.1mmol)의 2-(4-브로모페닐)나프탈렌, 3.4g(8.1mol)의 4,4,5,5-테트라메틸-2-[9-(2-나프틸)-9*H*-카바졸-3-일]-1,3,2-다이옥사보롤레인, 50mg(0.16mmol)의 트라이(*o*-톨릴)포스핀, 및 2.2g(16mmol)의 탄산 포타슘을 넣었다. 플라스크 내의 공기를 질소로 치환한 다음, 이 혼합물에 30mL의 톨루엔, 10mL의 에탄올, 및 8.0mL의 물을 첨가하였다. 압력을 저감시키면서 이 혼합물을 교반함으로써 탈기하였다. 탈기 후, 이 혼합물에 18mg(0.081mmol)의 아세트산 팔라듐(II)을 첨가하였다. 이 혼합물을 질소 기류하에 있어서 80℃에서 4시간 동안 교반함으로써, 고체가 석출되었다. 석출한 고체를 흡인 여과에 의하여 회수하였다. 얻어진 여과액의 수성층에 대하여 톨루엔으로 추출을 수행하고, 추출 용액과 유기층을 조합하고 포화 식염수로 세정하였다. 유기층을 황산 마그네슘으로 건조시키고, 이 혼합물을 자연 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축함으로써 얻은 고체와, 회수한 고체를 약 200mL의 가열된 톨루엔에 용해시켰다. 이 용액을 셀라이트(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 제조, 카탈로그 번호 537-02305), 알루미나, 및 플로리실(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., 제조, 카탈로그 번호 066-05265)을 통하여 흡인 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하여 고체를 얻었다. 이 고체를 톨루엔을 사용하여 재결정하여 목적의 백색 분말을 2.9g, 수율 72%로 얻었다. 이 합성 반응의 합성 스킴을 아래에 나타낸다.

[0522] [화학식 19]



[0523]

[0524] 트레인 서블리메이션법을 사용한 승화에 의하여, 얻어진 2.9g의 백색 분말을 정제하였다. 정제에서는, 백색 분말을 280℃에서, 3.9Pa의 압력하에 있어서, 5.0mL/min의 아르곤 가스의 유량으로 가열하였다. 승화에 의한 정제 후, βNPβNC의 백색 고체를 2.1g, 회수율 72%로 얻었다.

[0525] 얻어진 물질을 ^{1}H NMR에 의하여 분석하였다. 이 측정의 결과를 아래에 나타낸다.

[0526] ^{1}H NMR($CDCl_3$, 300MHz): δ=7.35(ddd, J_1=6.6Hz, J_2=1.2Hz, 1H), 7.42-7.63(m, 5H), 7.60(dd, J_1=9.6Hz, J_2=6.3Hz, 2H), 7.69-7.76(m, 2H), 7.82-8.01(m, 10H), 8.08-8.13(m, 3H), 8.25(d, J=7.8Hz, 1H), 8.46(d, J=1.5Hz, 1H).

[0527] 도 67의 (A) 및 (B)에 ^{1}H NMR 차트를 나타내었다. 또한, 도 67의 (B)는 도 67의 (A)의 7.20ppm 내지 8.60ppm의 범위의 일부를 확대한 차트이다. 이 결과는 이 합성 반응에 의하여 βNPβNC가 얻어졌다는 것을 나타낸다.

[0528] βNPβNC의 열 중량-시차 열 분석(TG-DTA)을 수행하였다. 이 측정은 고진공 차동형 시차 열 천칭(TG/DTA 2410SA, Bruker AXS K.K. 제조)을 사용하여 수행하였다. 이 측정은 질소 기류하(유량: 200mL/min)에 있어서, 상압에서, 승온 속도 10℃/min로 수행하였다. 중량과 온도의 관계(열 중량 분석)로부터 βNPβNC의 5% 중량 감소 온도가 431℃이었다는 것을 알았다. 이 결과는 βNPβNC의 내열성이 양호하다는 것을 나타내었다.

부호의 설명

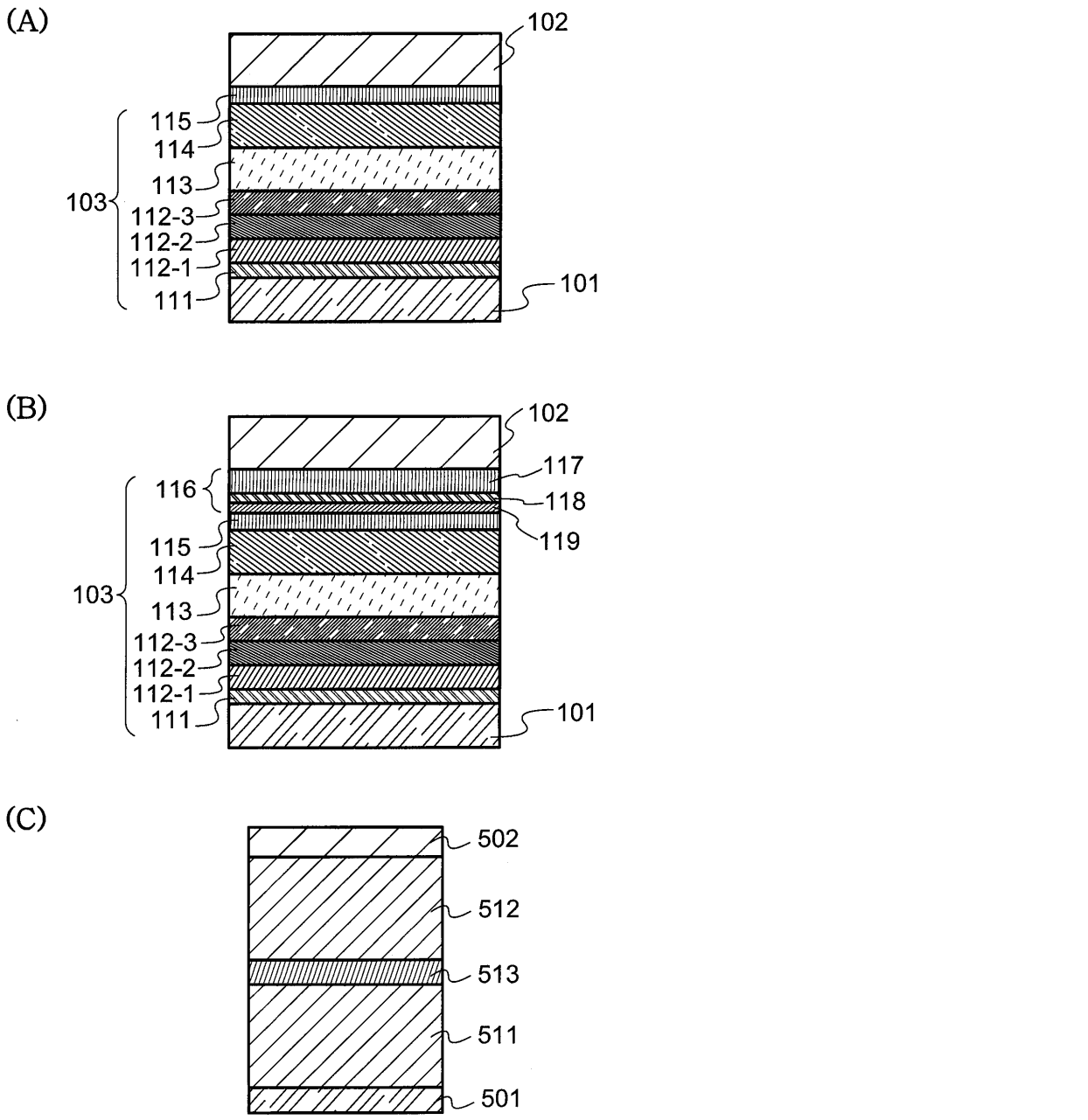
[0529] 101: 제 1 전극; 102: 제 2 전극; 103: EL층; 111: 정공 주입층; 112-1: 제 1 정공 수송층; 112-2: 제 2 정공 수송층; 112-3: 제 3 정공 수송층; 113: 발광층; 114: 전자 수송층; 115: 전자 주입층; 116: 전하 발생층; 117: p형층; 118: 전자 릴레이층; 119: 전자 주입 버퍼층; 400: 기판; 401: 제 1 전극; 403: EL층; 404: 제 2 전극; 405: 밀봉 재료; 406: 밀봉 재료; 407: 밀봉 기판; 412: 패드; 420: IC칩; 501: 제 1 전극; 502: 제 2 전극; 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 기판; 605: 밀봉 기판; 607: 공간; 608: 배선; 609: FPC(flexible printed circuit); 610: 소자 기판; 611: 스위칭 FET; 612: 전류 제어 FET; 613: 제 1 전극; 614: 절연물; 616: EL층; 617: 제 2 전극; 618: 발광 소자; 901: 하우징; 902: 액정층; 903: 백라이트 유닛; 904: 하우징; 905: 드라이버 IC; 906: 단자; 951: 기판; 952: 전극; 953: 절연층; 954: 격벽층; 955: EL층; 956: 전극; 1001: 기판; 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: 제 1 전극; 1024R: 제 1 전극; 1024G: 제 1 전극; 1024B: 제 1 전극; 1025: 격벽; 1028: EL층; 1029: 제 2 전극; 1031: 밀봉 기판; 1032: 밀봉 재료; 1033: 투명 기재; 1034R: 적색 착색층; 1034G: 녹색 착색층; 1034B: 청색 착색층; 1035: 블랙 매트릭스; 1036: 오버코트층; 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; 7400: 휴대 전화; 7401: 하우징; 7402: 표시부; 7403: 조작 버튼; 7404: 외부 접속 포트; 7405: 스피커; 7406: 마이크로폰; 9033: 클래스프(clasp); 9034: 스위치; 9035: 전원 스위치; 9036: 스위치; 9038: 조작 스위치; 9310: 휴대 정보 단말; 9311: 표시 패널; 9312: 표시 영역; 9313: 힌지; 9315: 하우징; 9630: 하우징; 9631: 표시부; 9631a: 표시부; 9631b: 표시부; 9632a: 터치스크린 영역; 9632b: 터치스크린 영역; 9633: 태양 전지; 9634: 충방전 제어 회로; 9635: 배터리; 9636: DCDC 컨버터; 9637: 조작 키; 9638: 컨버터; 9639: 버튼.

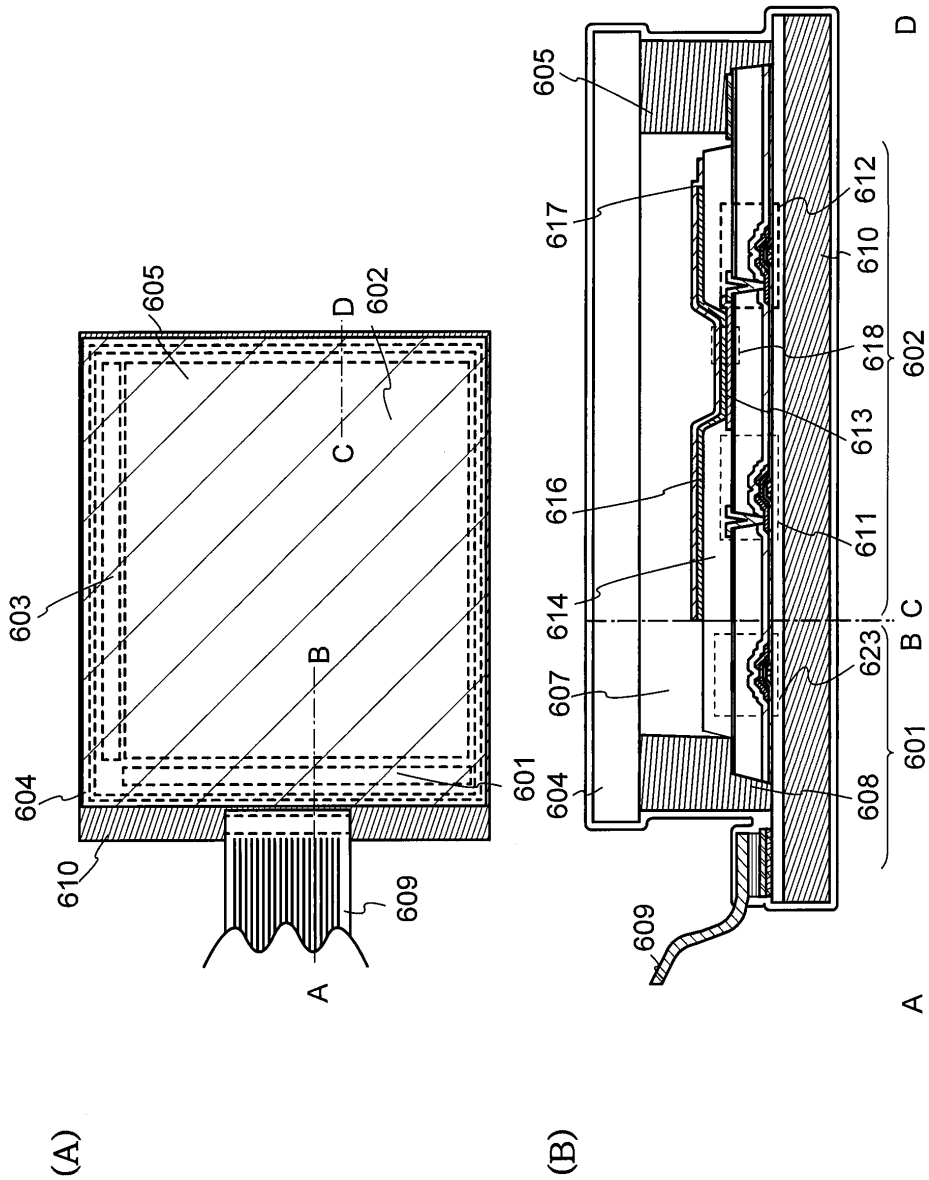
본 출원은 2015년 8월 28일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-168476의 일본 특허 출원 및 2015년 10월 15일에 일본 특허청에 출원된 일련 번호 2015-203894의 일본 특허 출원에 기초하고, 본 명세서에 그 전문이 참조로 통합된다.

도면

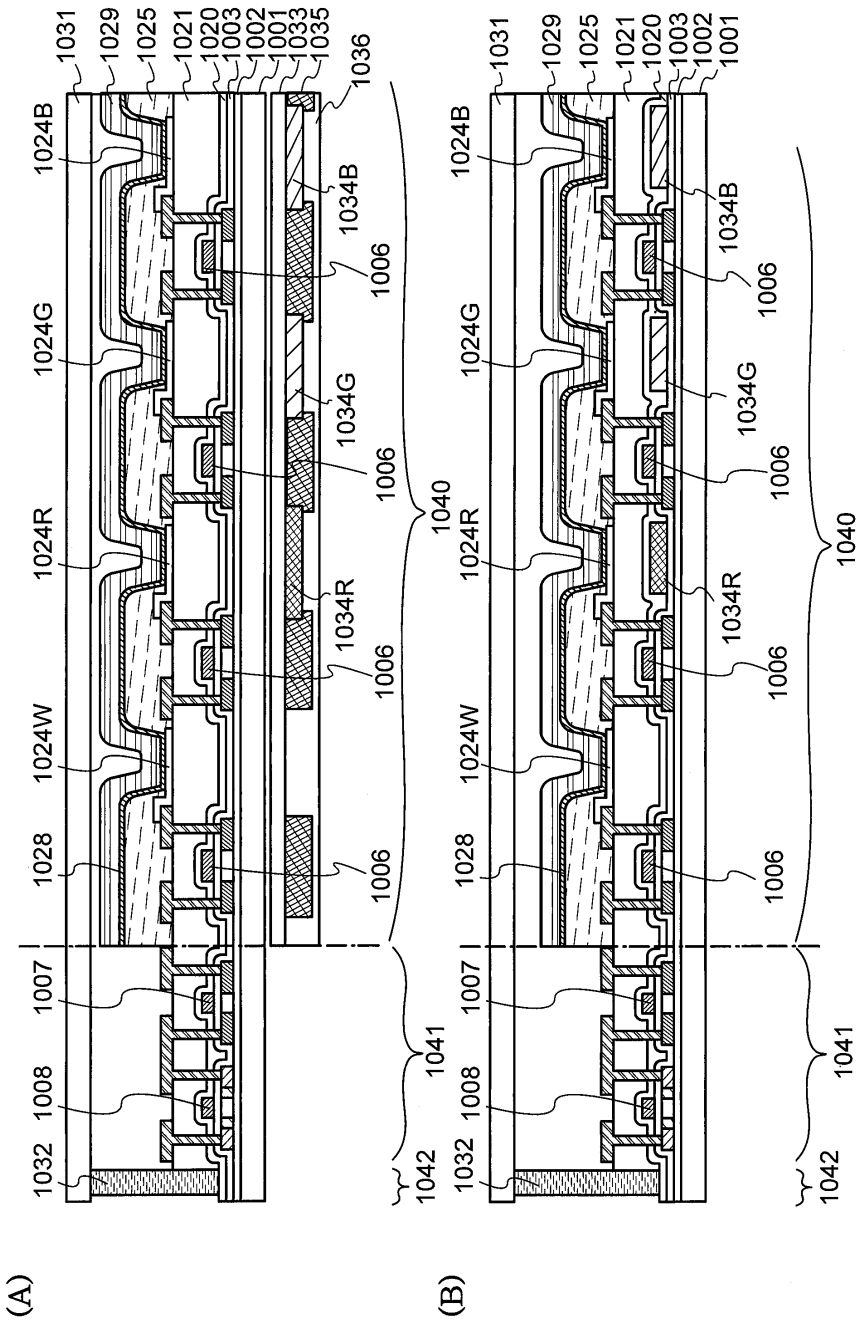
도면1



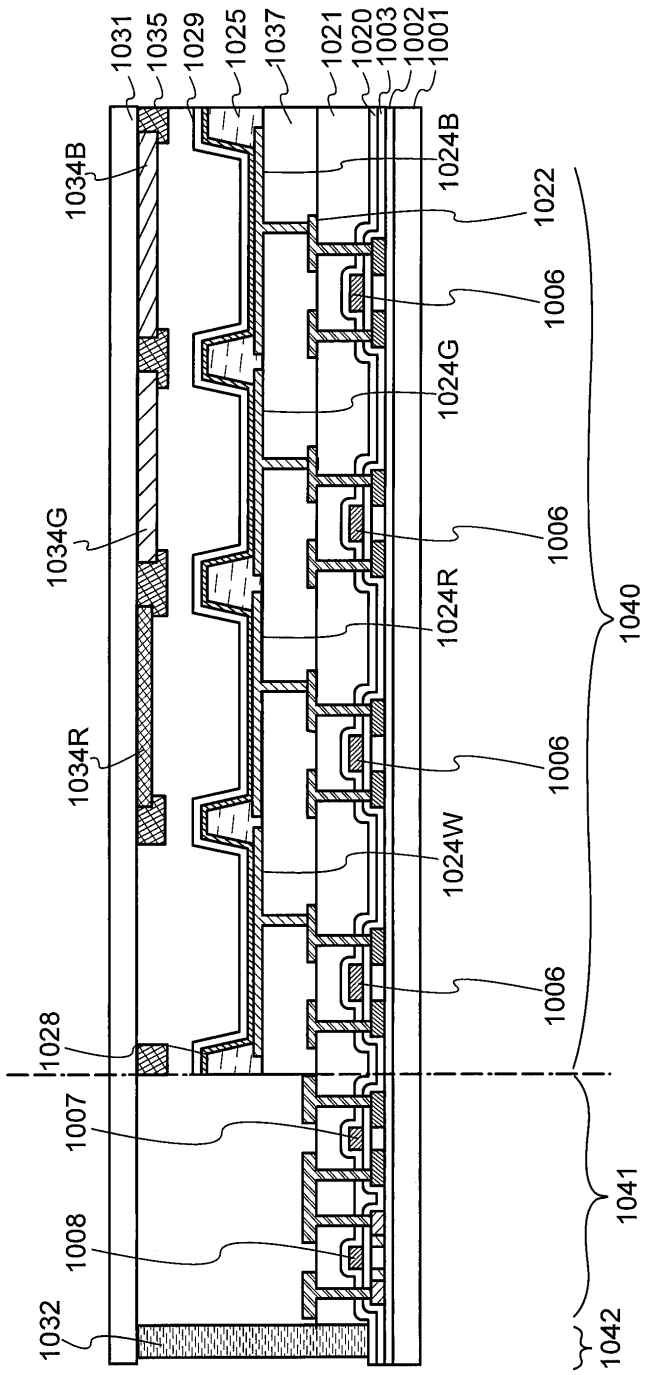
도면2


(A)
605
D
602
C
603
B
604
601
610
609
A
(B)
605
D
617
612
610
618
602
613
616
611
614
B C
623
607
601
604
608
609
A

도면3

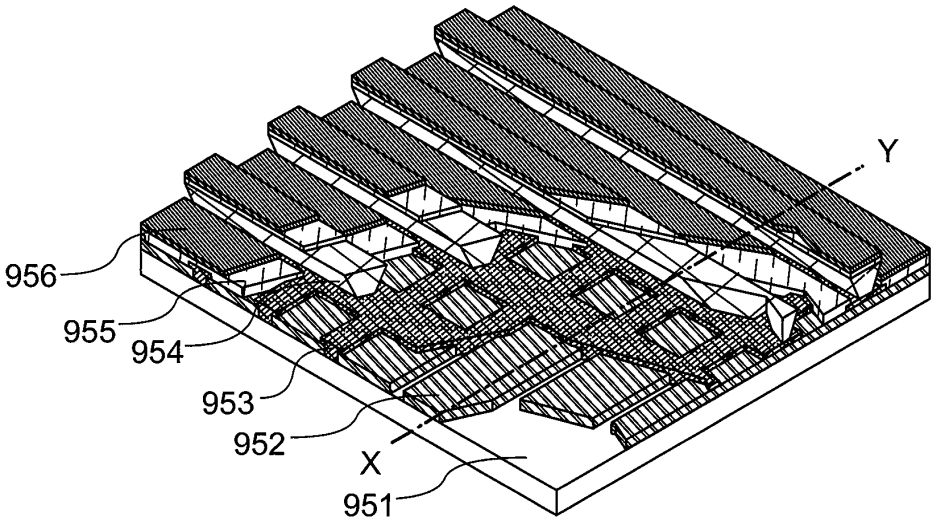

(A)
(B)
1031
1029
1025
1021
1020
1003
1002
1001
1033
1035
1036
1024B
1024G
1024R
1024W
1028
1007
1008
1032
1034B
1034G
1034R
1006
1040
1041
1042

도면4

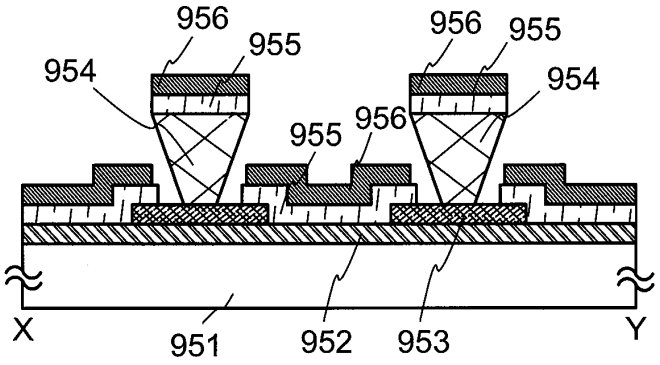

1031
1035
1029
1025
1037
1021
1020
1003
1002
1001
1034B
1024B
1022
1006
1024G
1034G
1006
1024R
1040
1034R
1006
1024W
1006
1028
1007
1041
1008
1032
1042

도면5

(A)

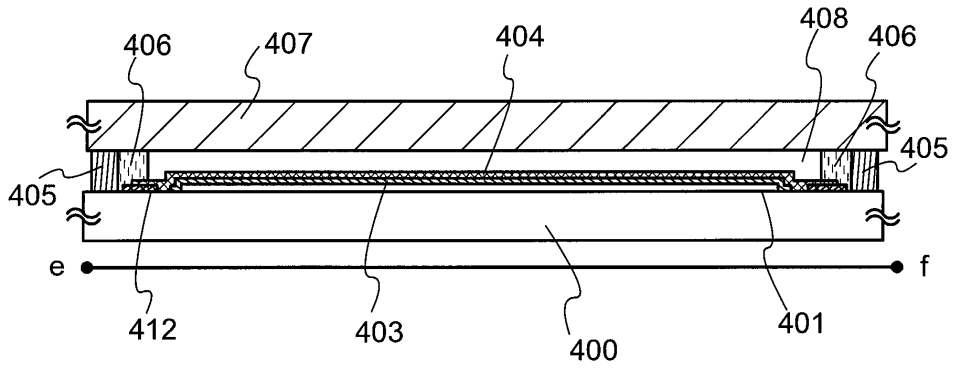

Y
956
955
954
953
952
X
951

(B)

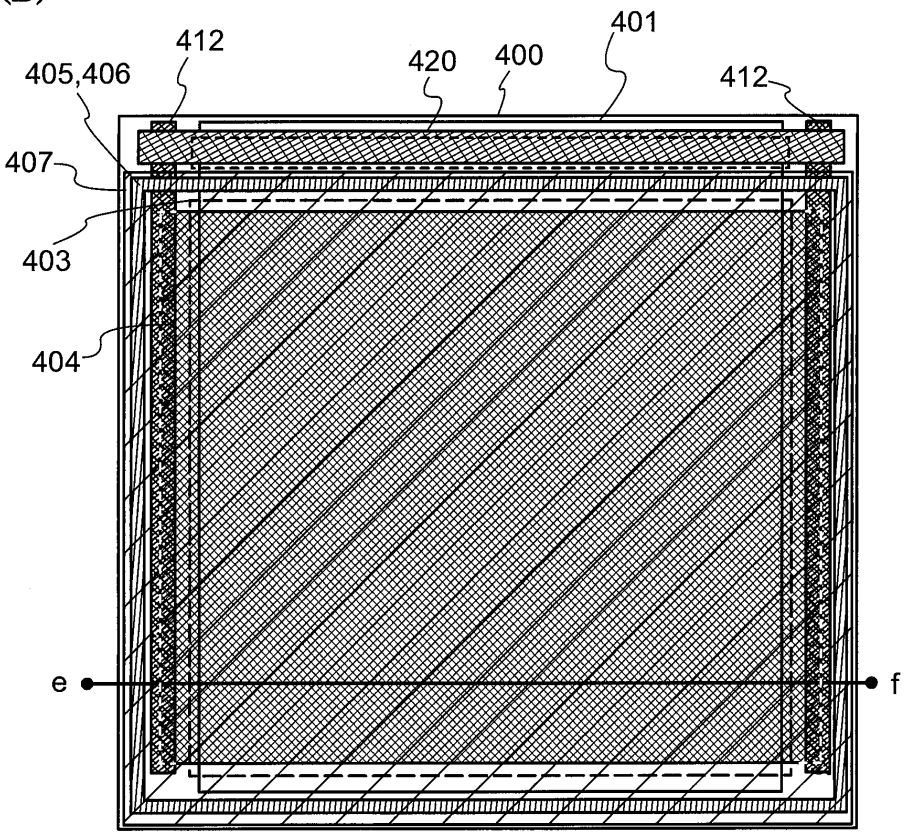

956
955
954
955
956
956
955
954
X
951
952
953
Y

도면6

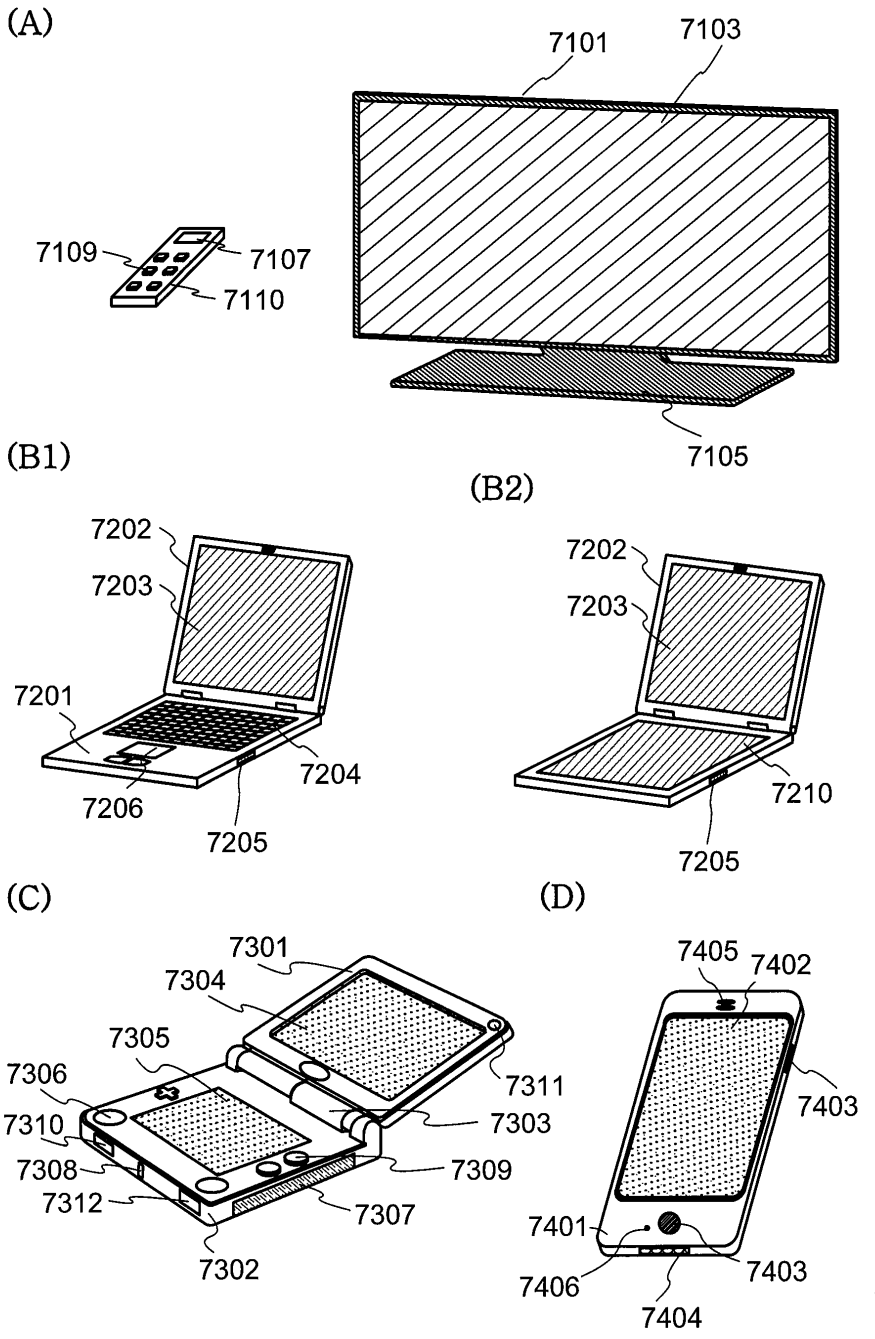
(A)


406
407
404
408
406
405
405
e
f
412
403
400
401

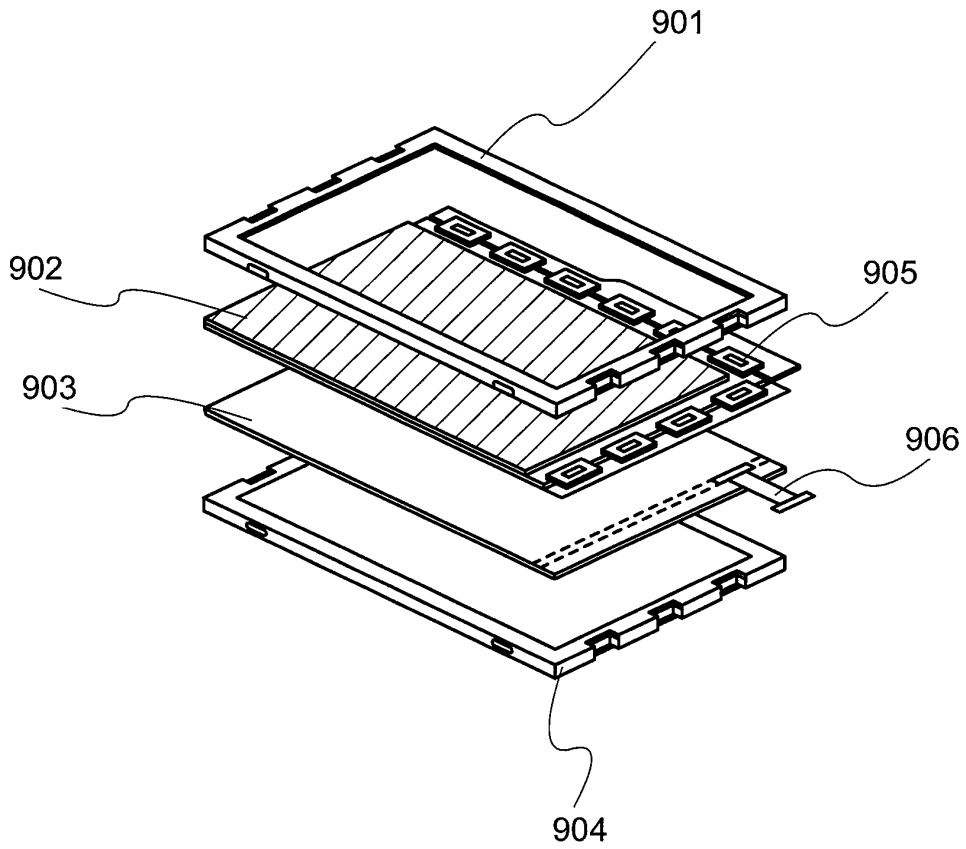
(B)


412
405,406
420
400
401
412
407
403
404
e
f

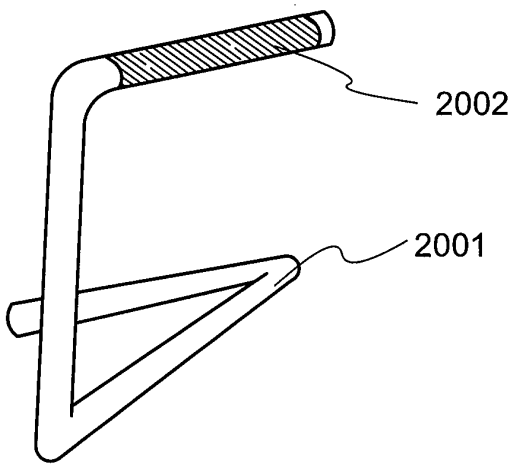
도면7


(A)
7101
7103
7109
7107
7110
7105
(B1)
(B2)
7202
7203
7201
7204
7206
7205
7202
7203
7210
7205
(C)
(D)
7301
7304
7305
7306
7310
7308
7312
7311
7303
7309
7307
7302
7405
7402
7403
7401
7406
7403
7404

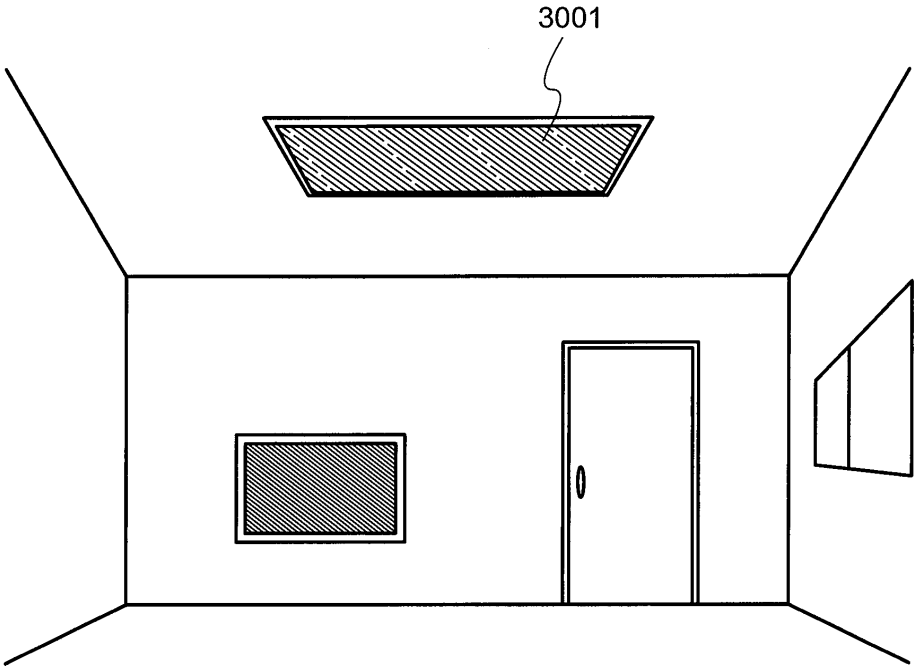
도면8



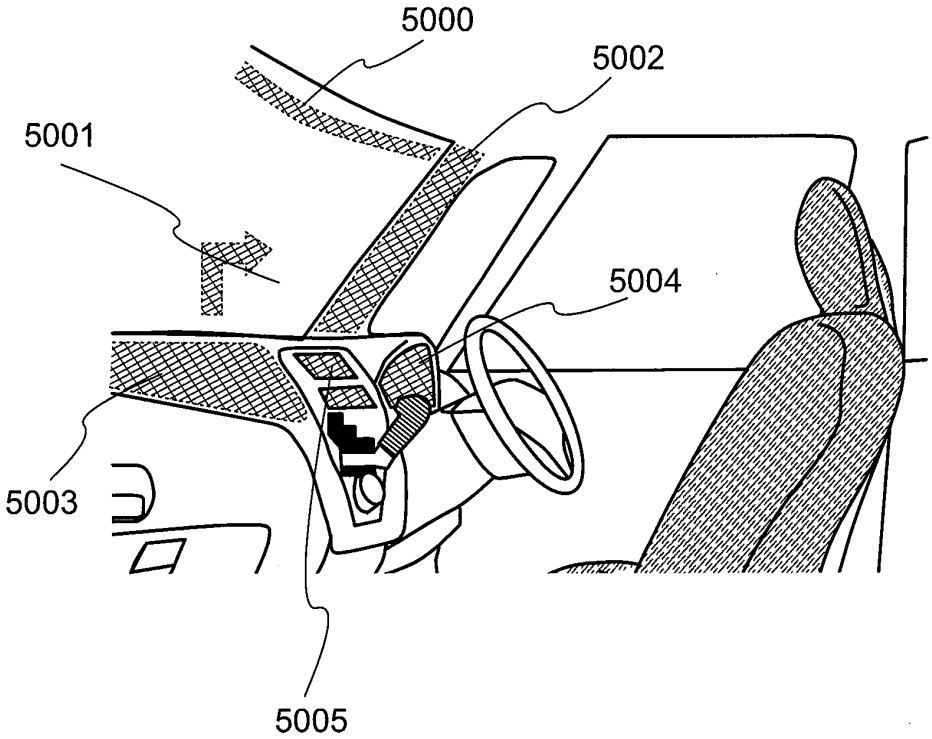
도면9



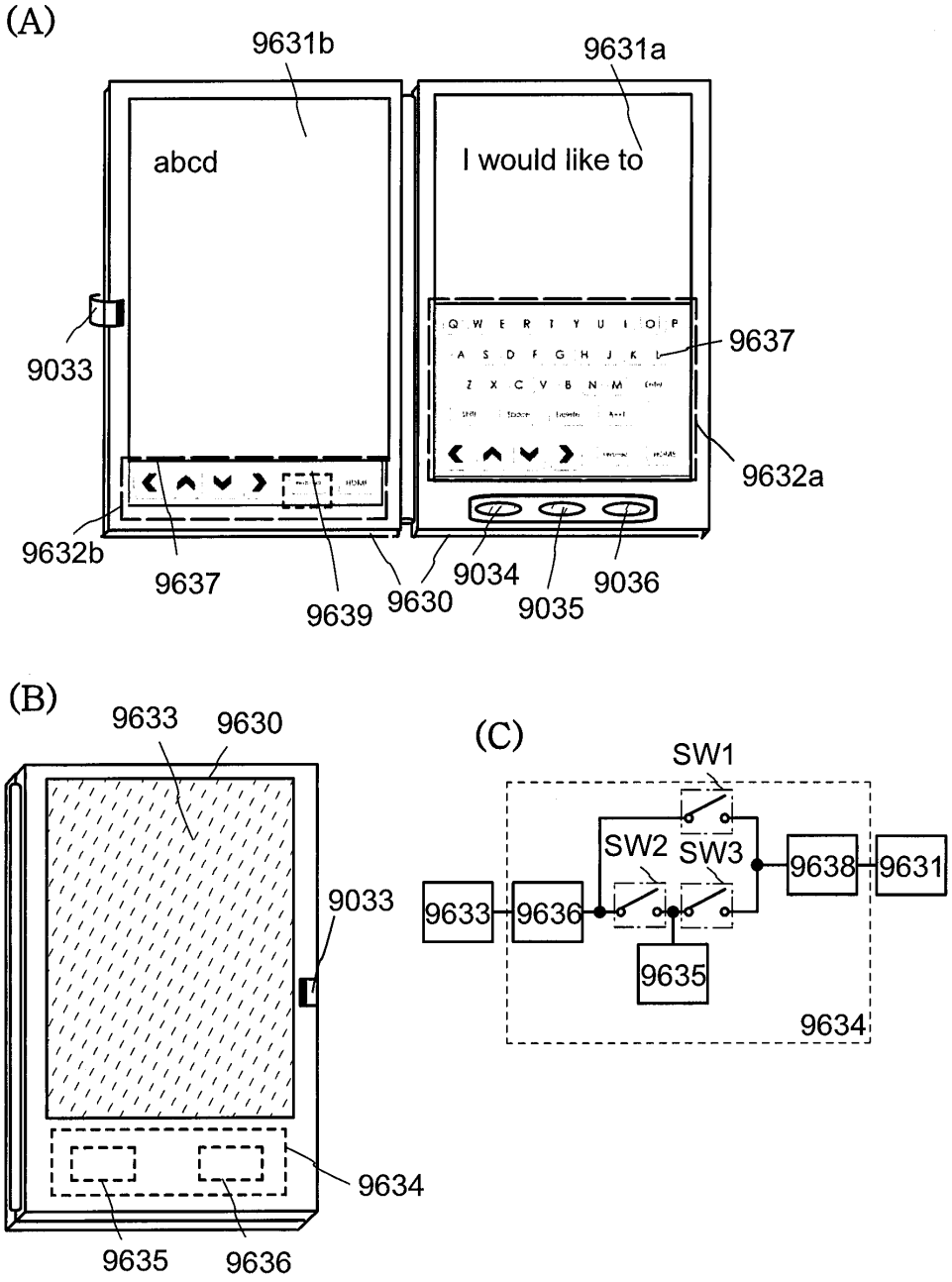
도면10



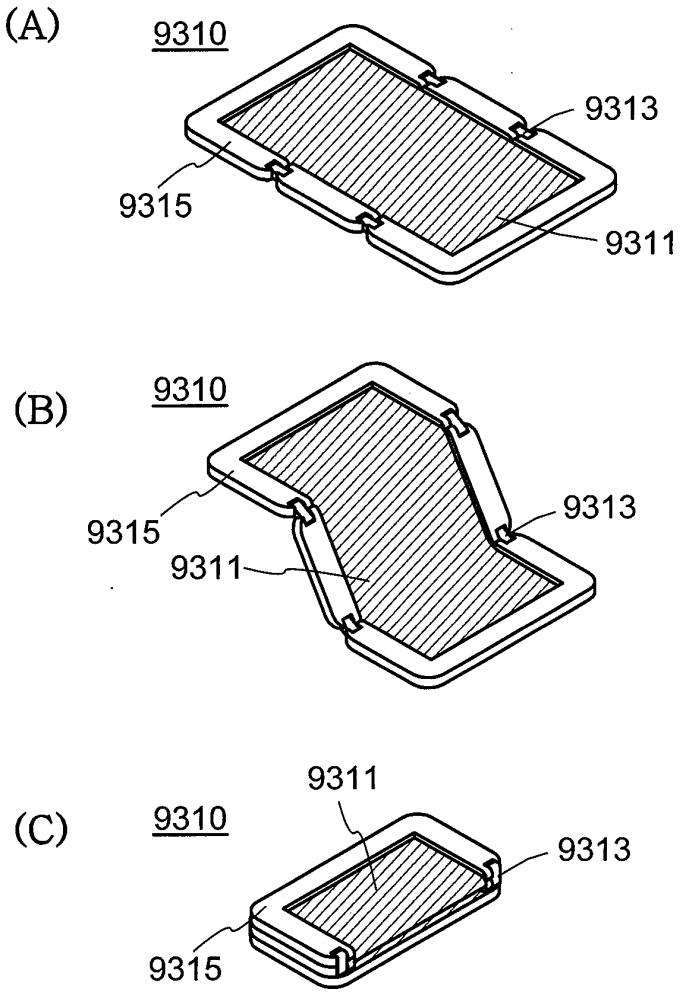
도면11



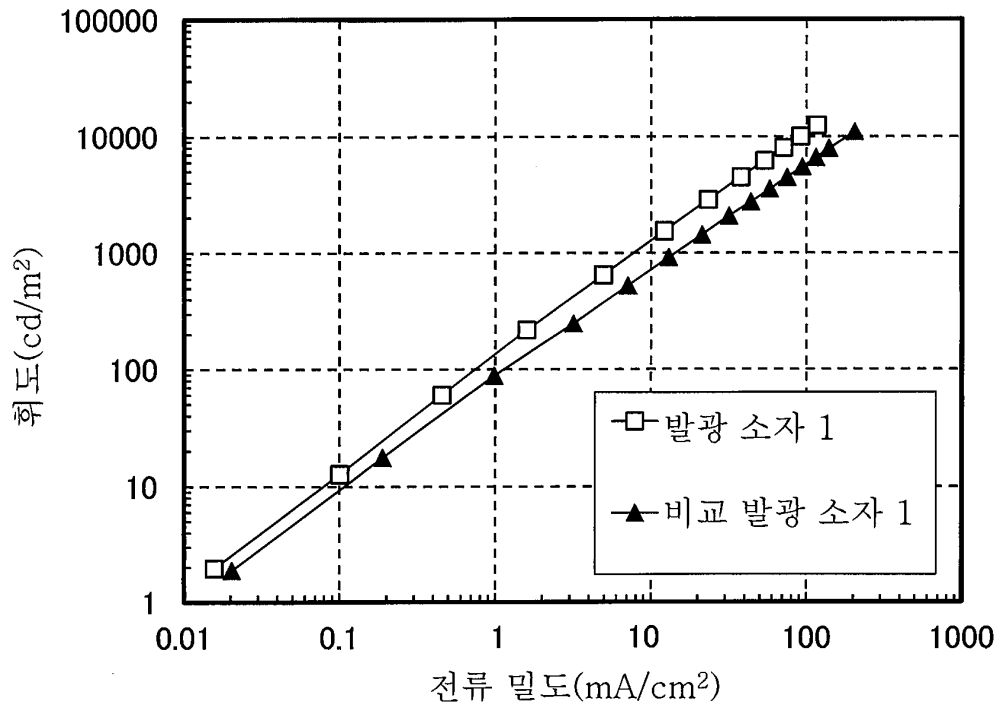
도면12


(A)
9631b
9631a
abcd
I would like to
9033
9637
9632a
9632b
9637
9639
9630
9034
9035
9036
(B)
9633
9630
9033
9634
9635
9636
(C)
SW1
SW2
SW3
9638
9631
9633
9636
9635
9634

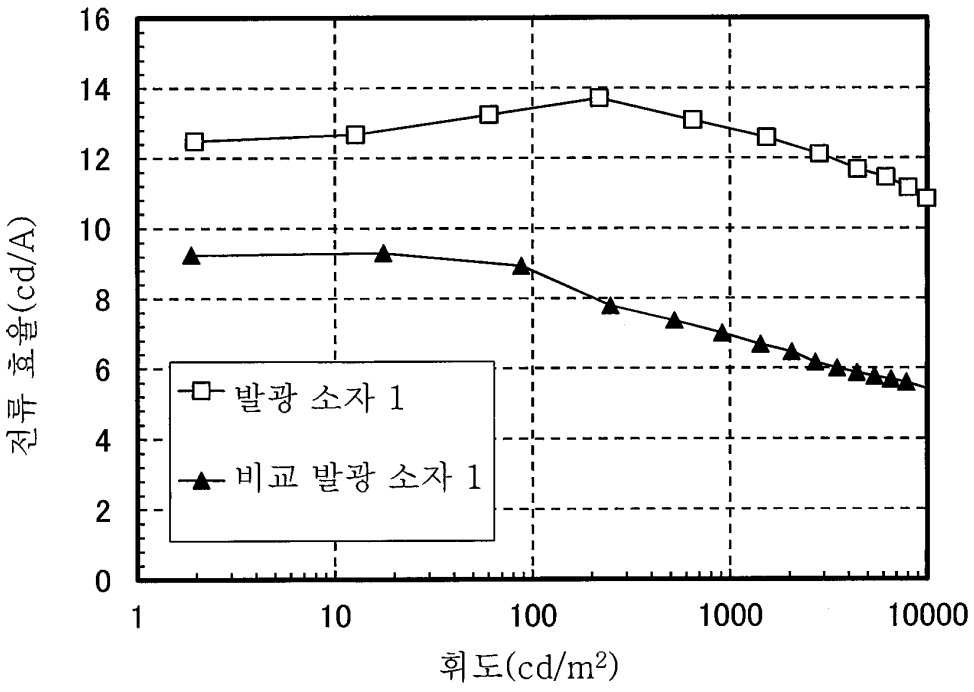
도면13


(A)
9310
9313
9315
9311
(B)
9310
9315
9313
9311
(C)
9311
9310
9313
9315

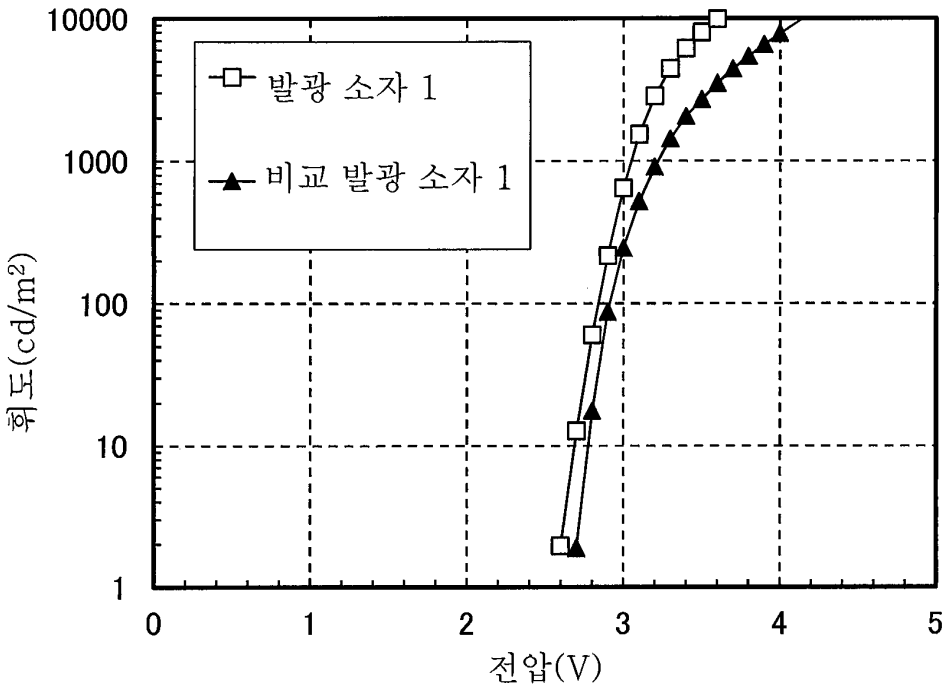
도면14


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
전류 밀도(mA/cm²)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1

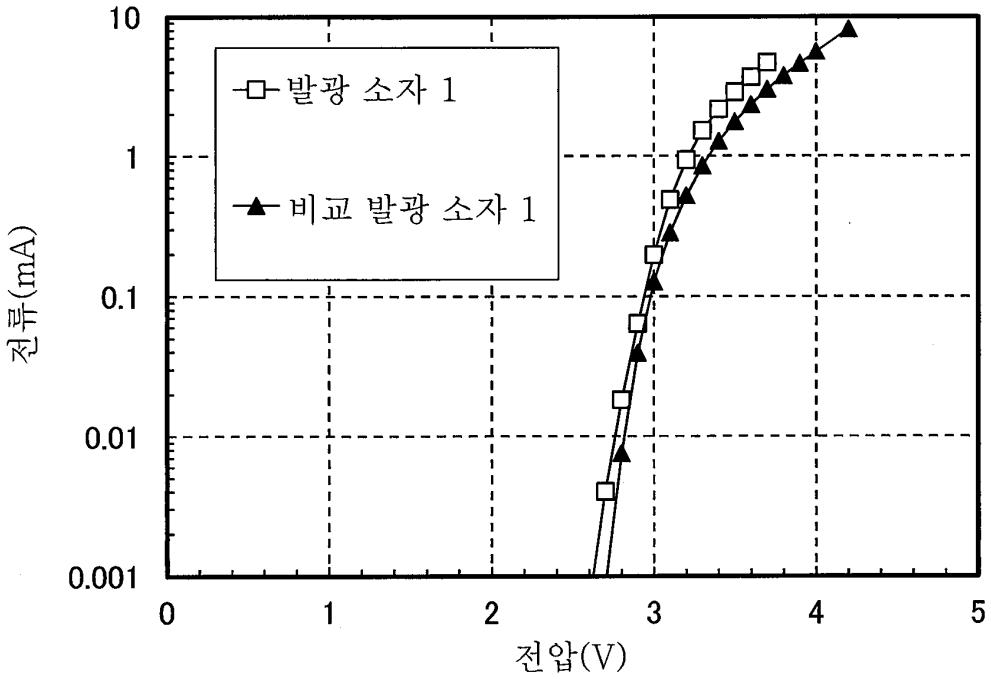
도면15


16
14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1

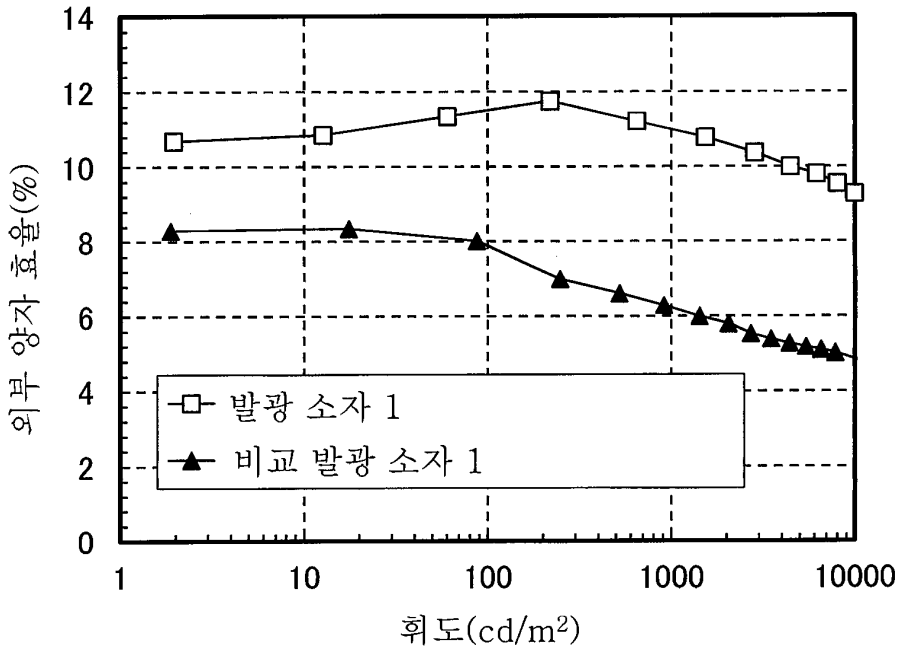
도면16


10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1

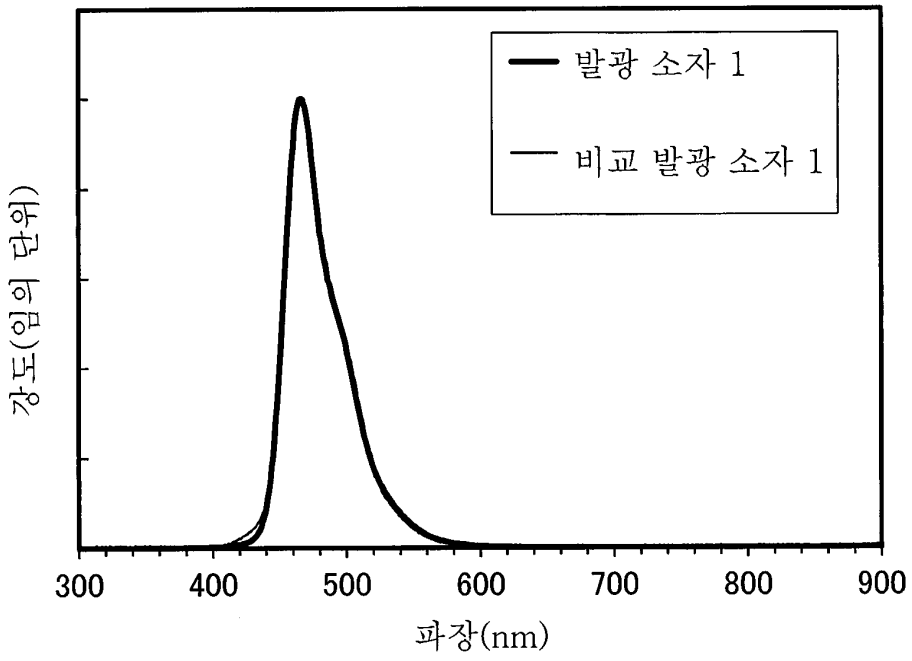
도면17


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1

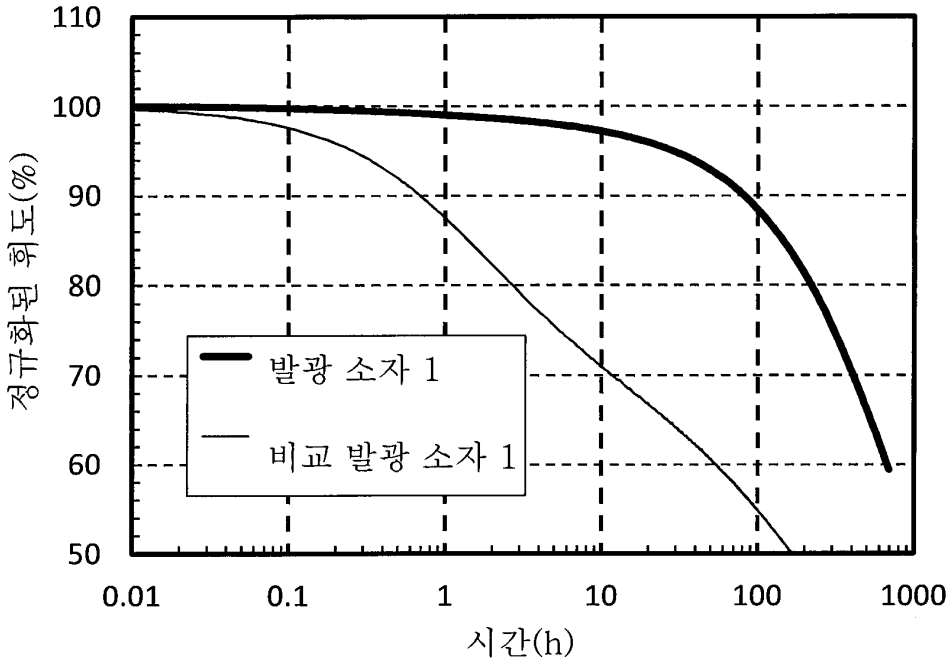
도면18


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m2)

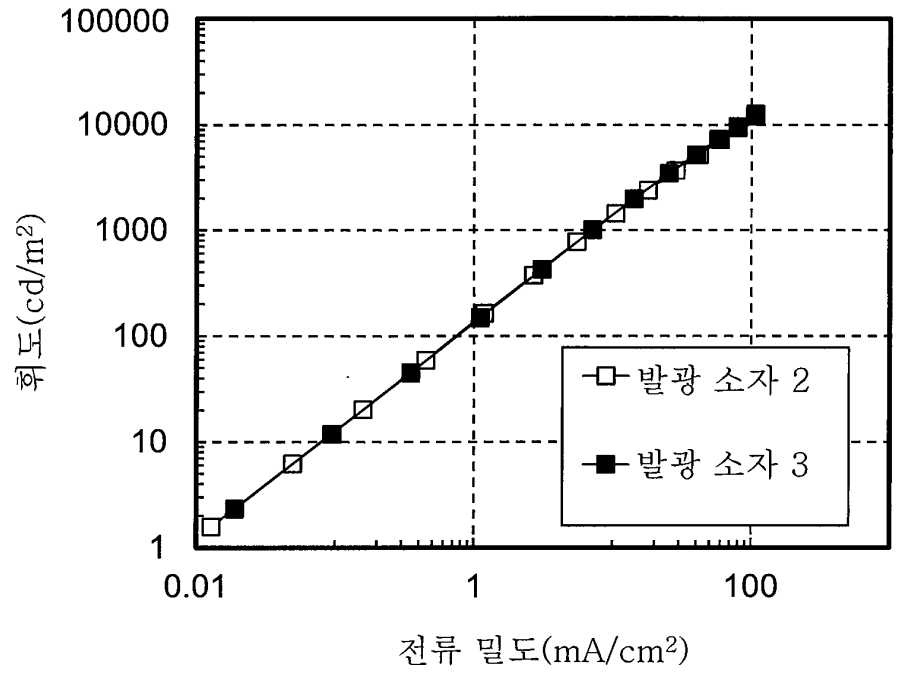
도면19


발광 소자 1
비교 발광 소자 1
강도(임의 단위)
300
400
500
600
700
800
900
파장(nm)

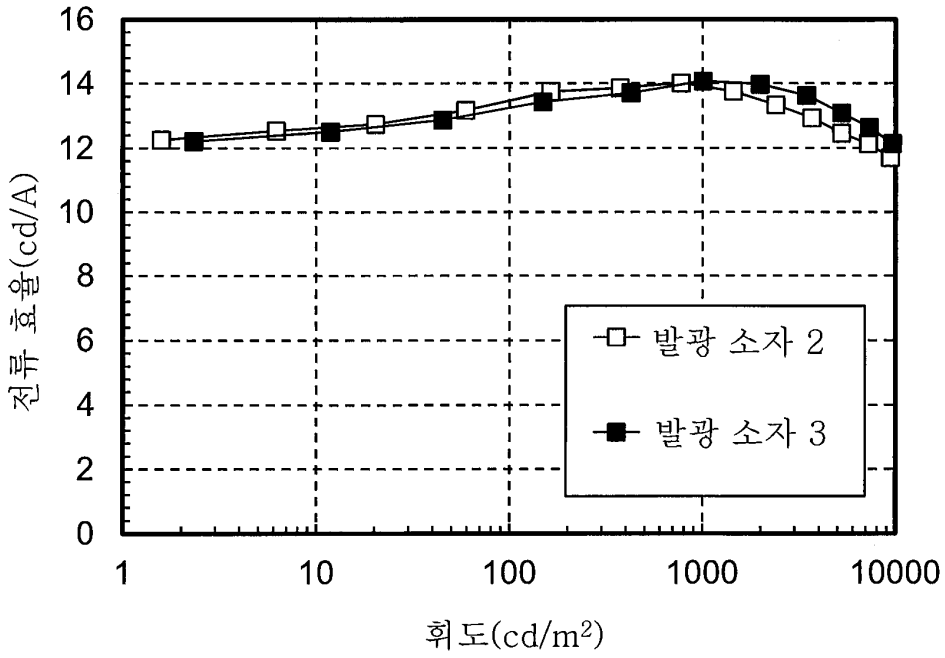
도면20


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)
발광 소자 1
비교 발광 소자 1

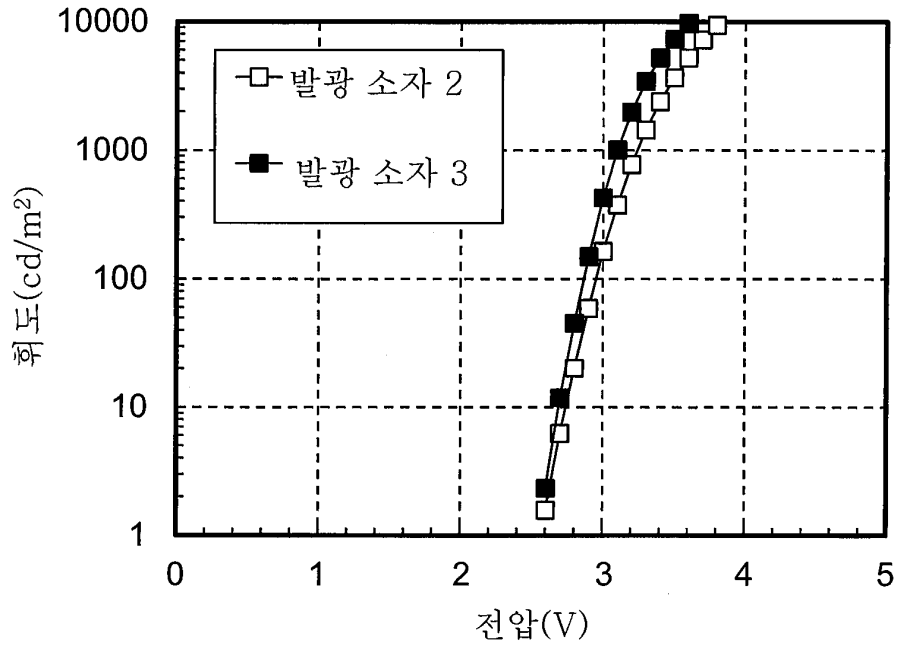
도면21


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
1
100
전류 밀도(mA/cm²)
발광 소자 2
발광 소자 3

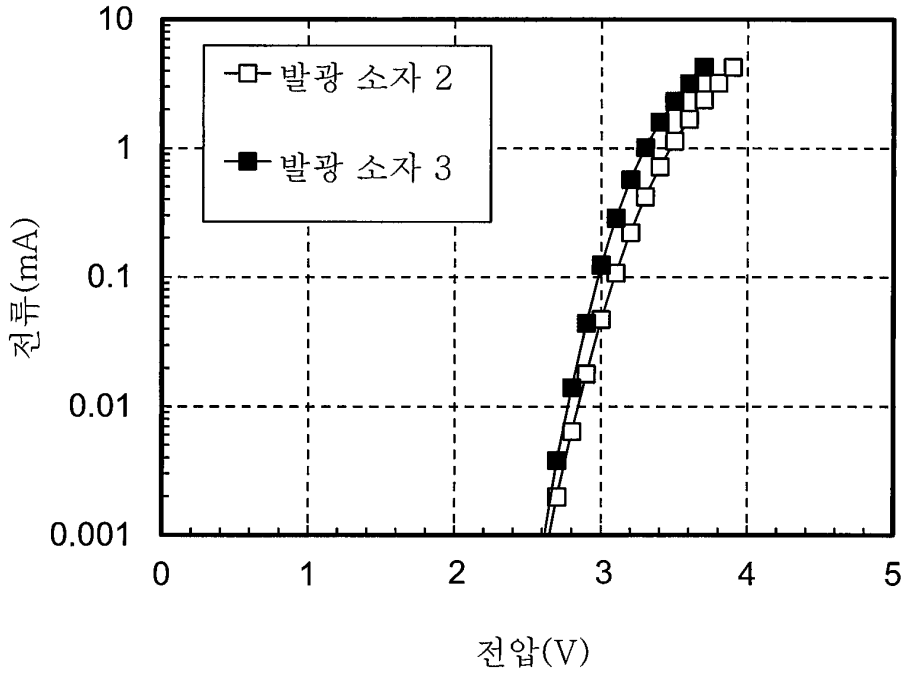
도면22


16
14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)
발광 소자 2
발광 소자 3

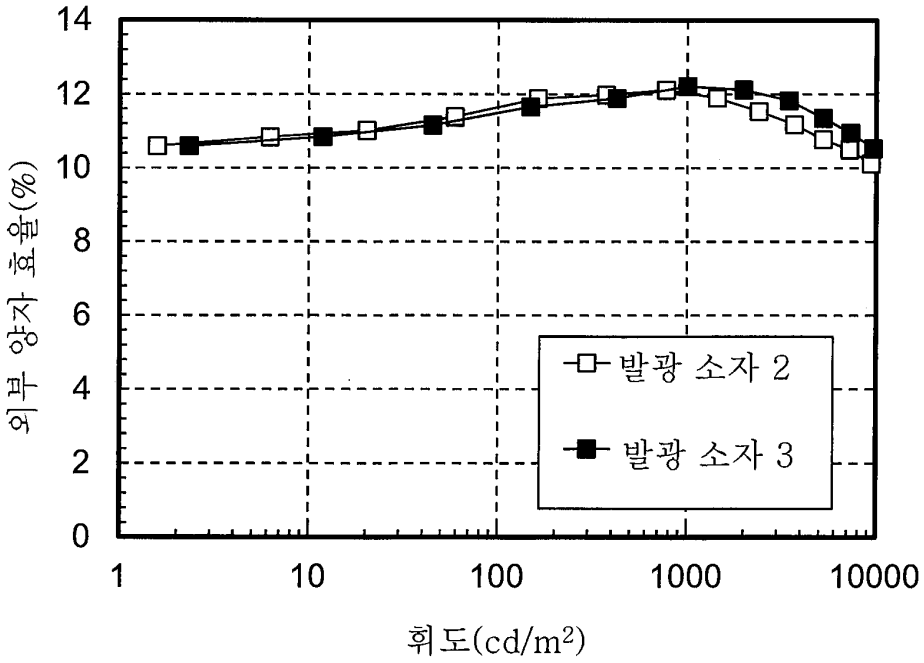
도면23


10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 2
발광 소자 3

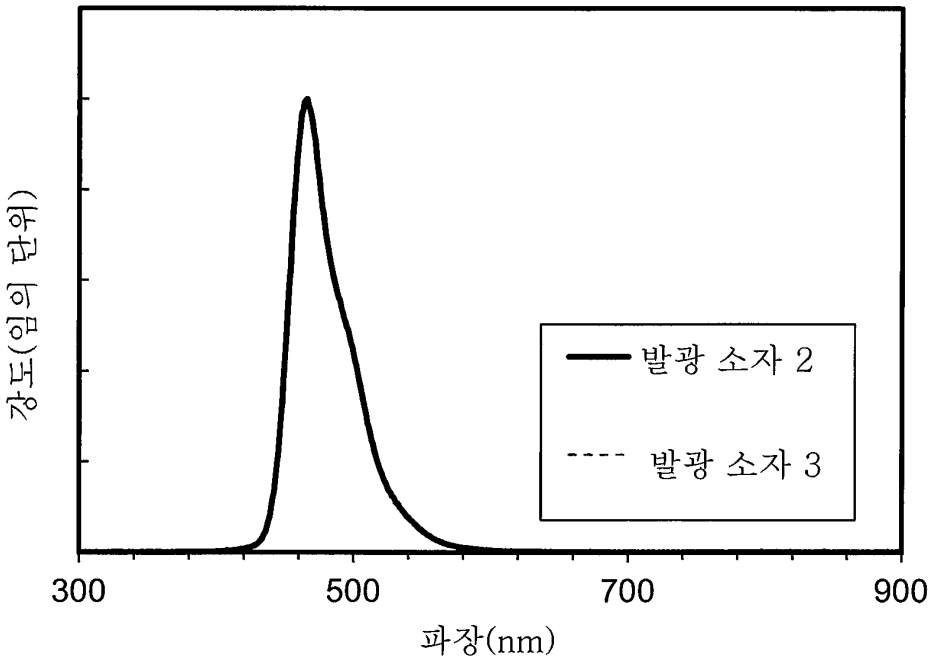
도면24


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 2
발광 소자 3

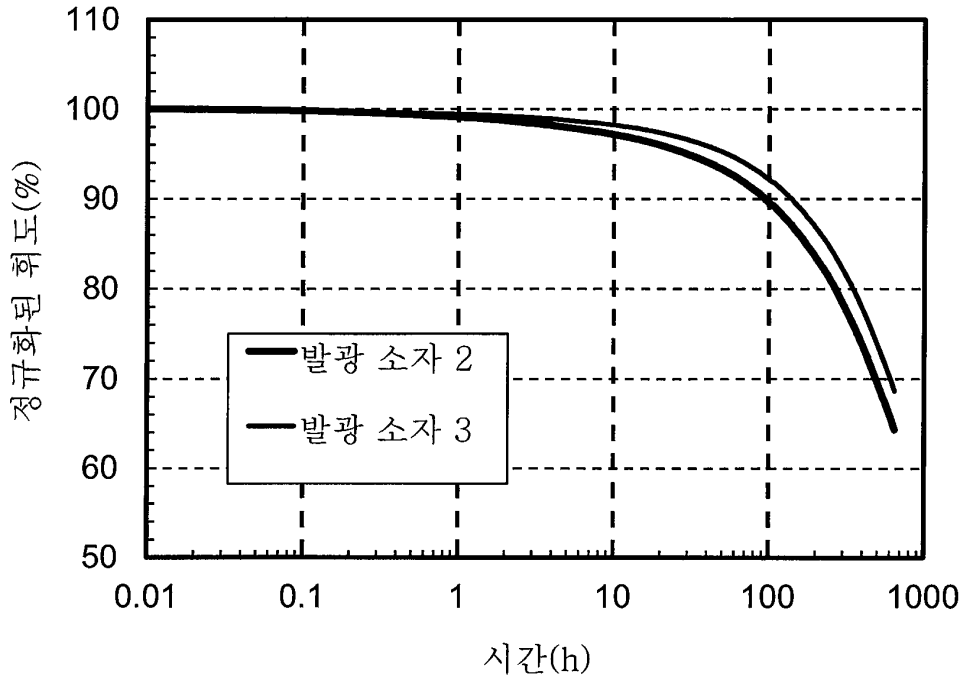
도면25


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)
발광 소자 2
발광 소자 3

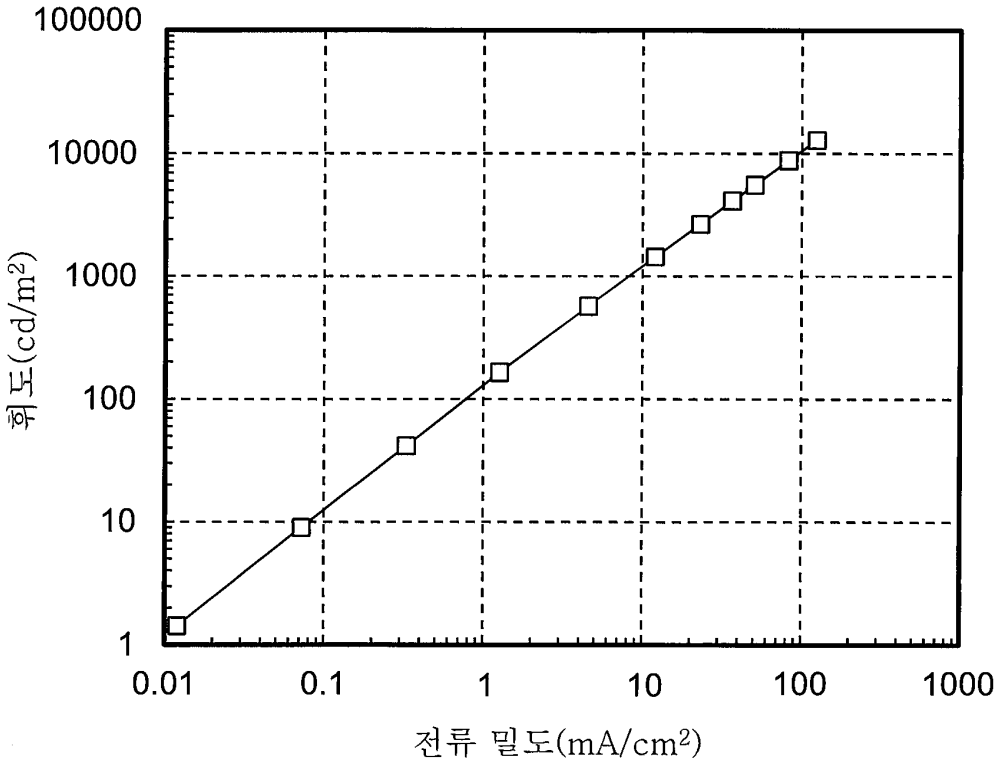
도면26


강도(임의 단위)
300
500
700
900
파장(nm)
발광 소자 2
발광 소자 3

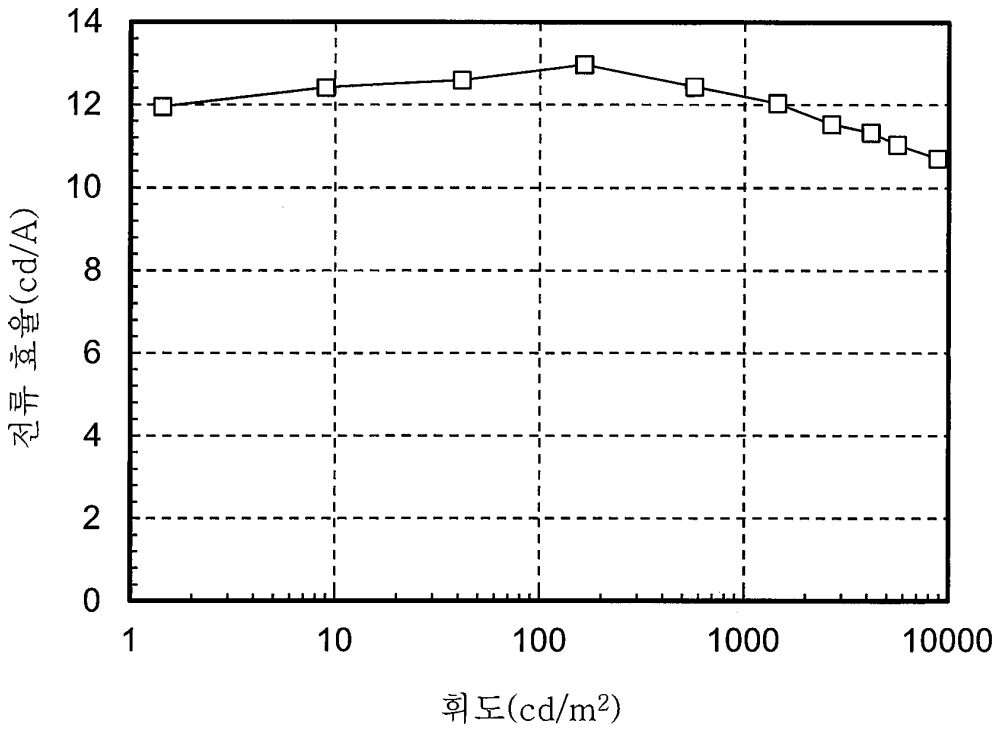
도면27


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)
발광 소자 2
발광 소자 3

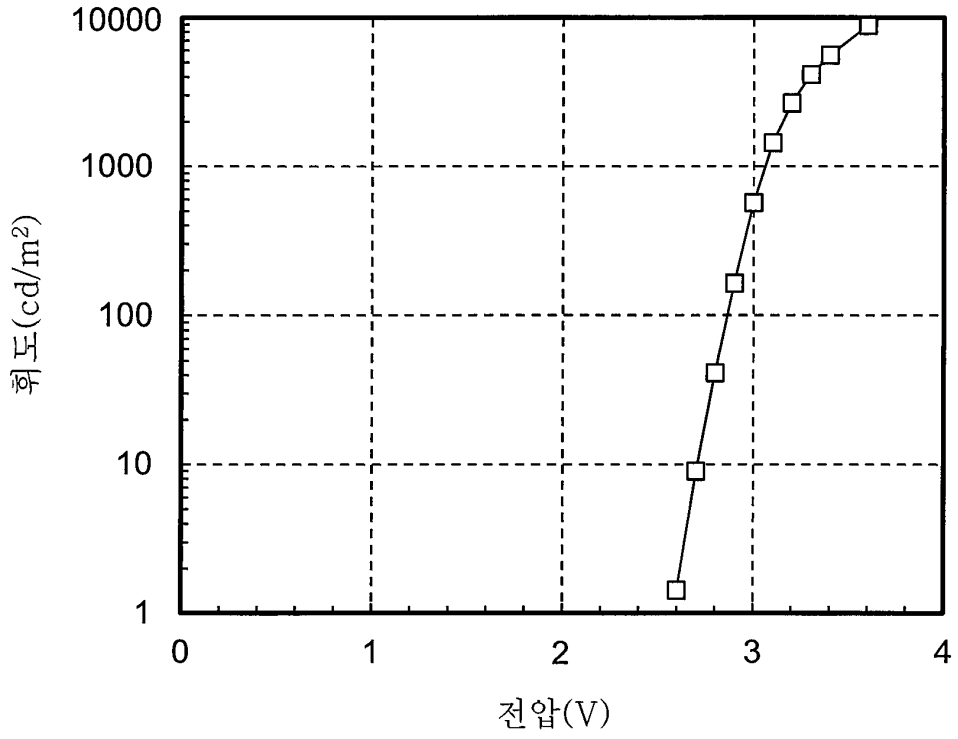
도면28


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
전류 밀도(mA/cm²)

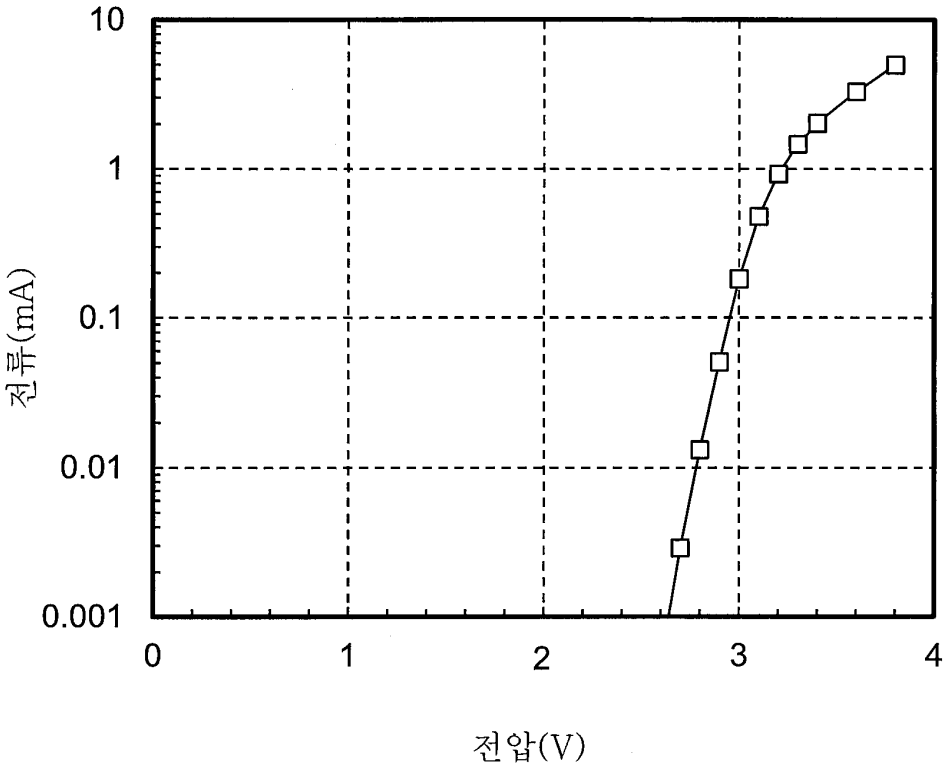
도면29


14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)

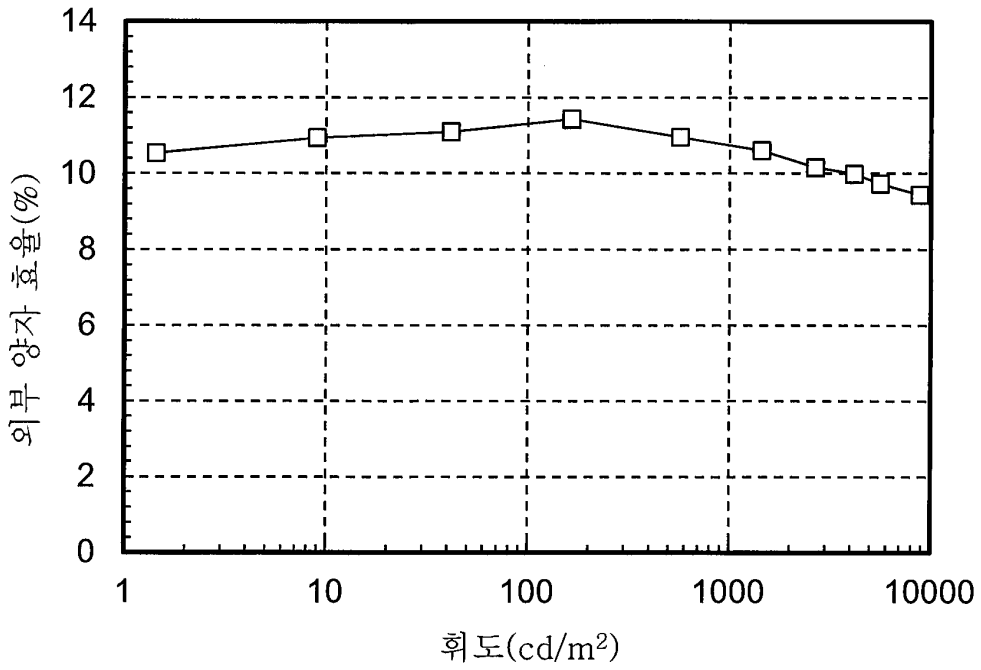
도면30


10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0
1
2
3
4
전압(V)

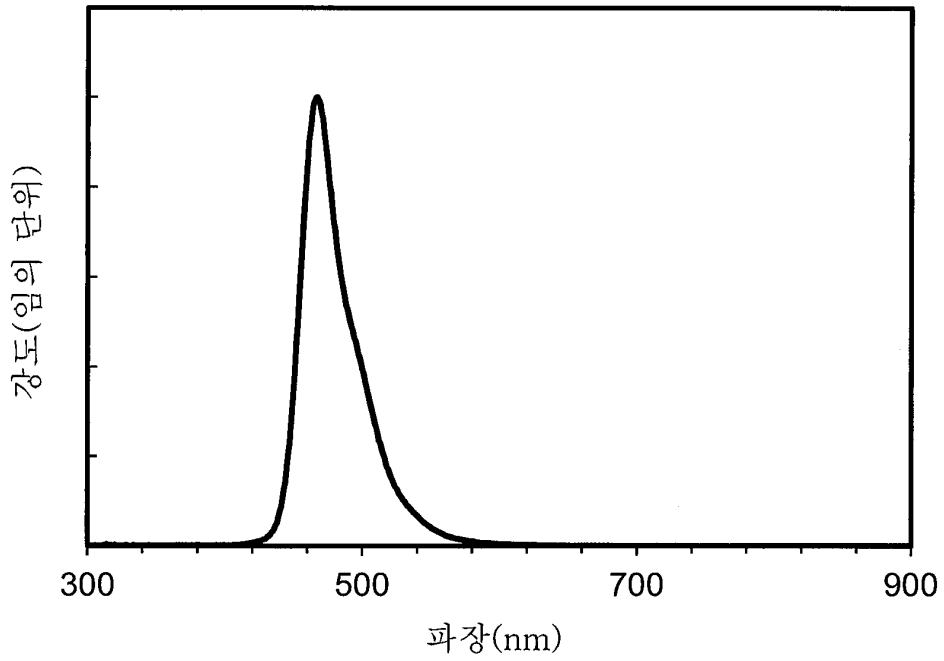
도면31


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
전압(V)

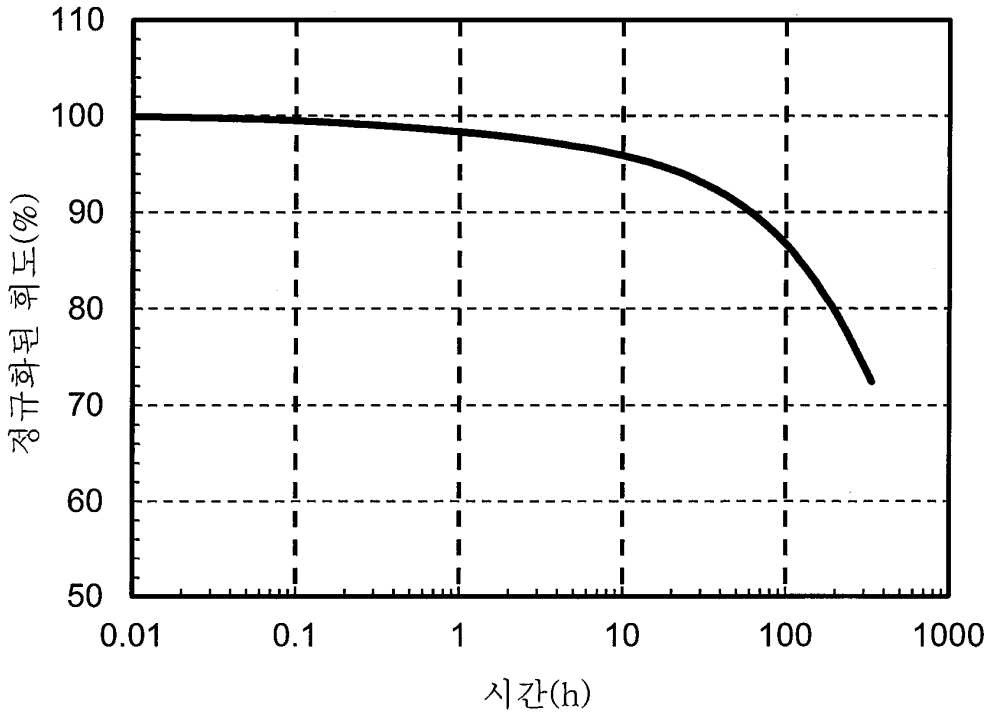
도면32


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m2)

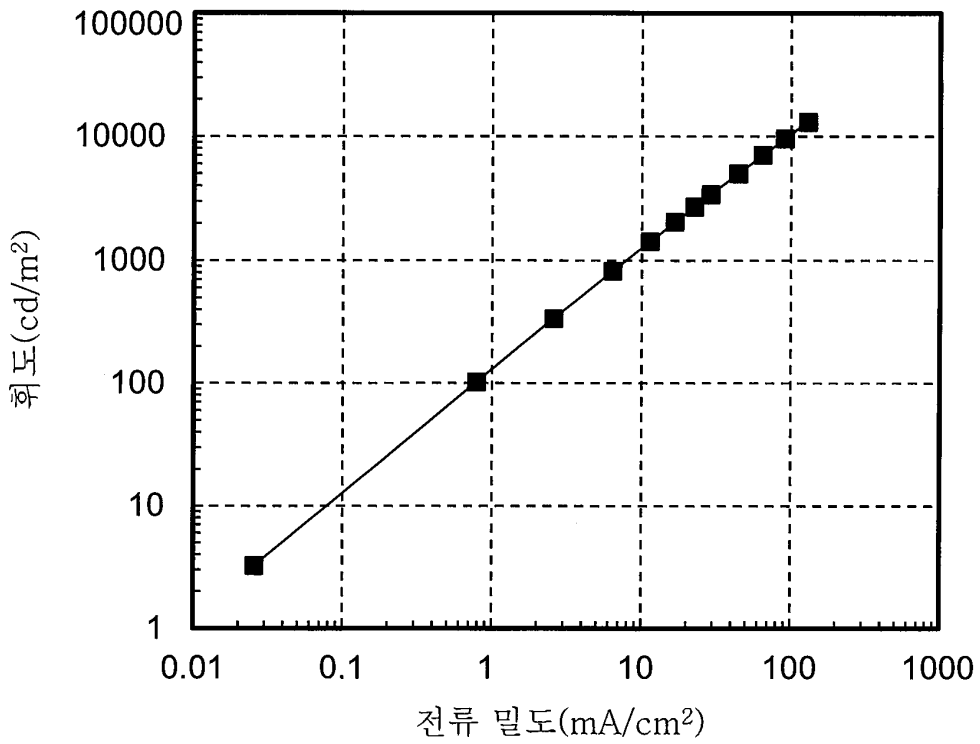
도면33


강도(임의 단위)
300
500
700
900
파장(nm)

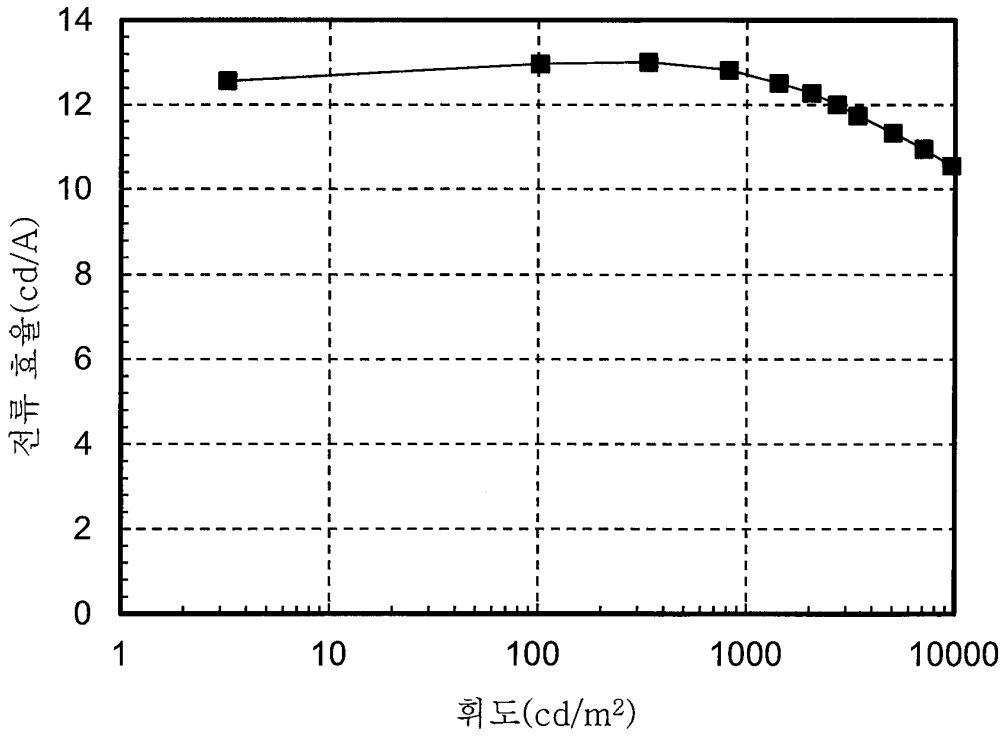
도면34


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)

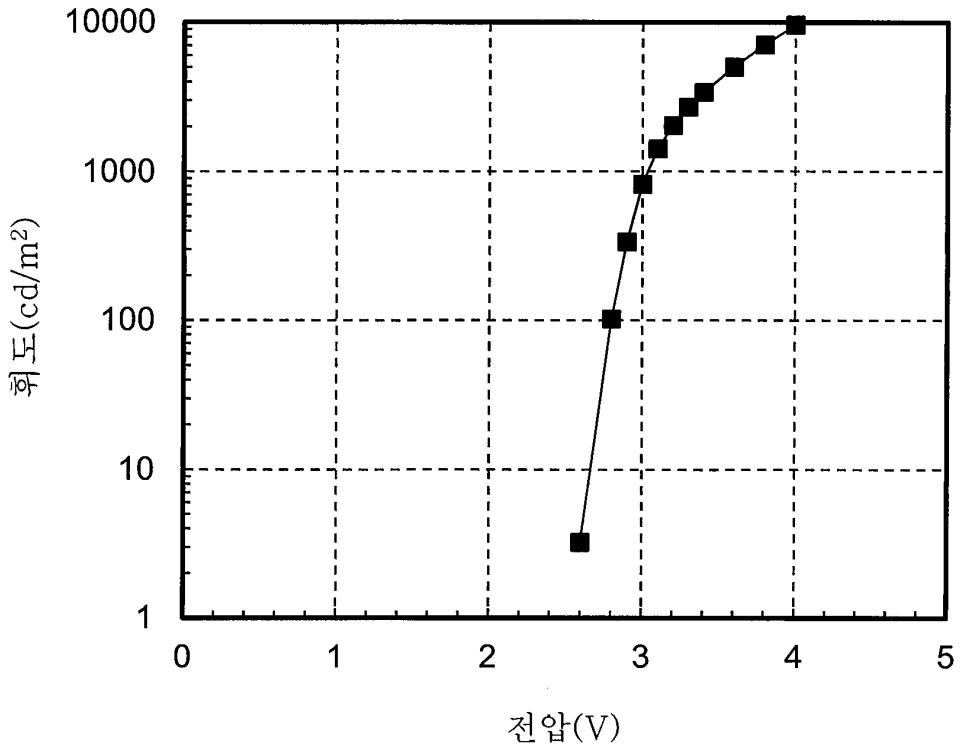
도면35


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
전류 밀도(mA/cm²)

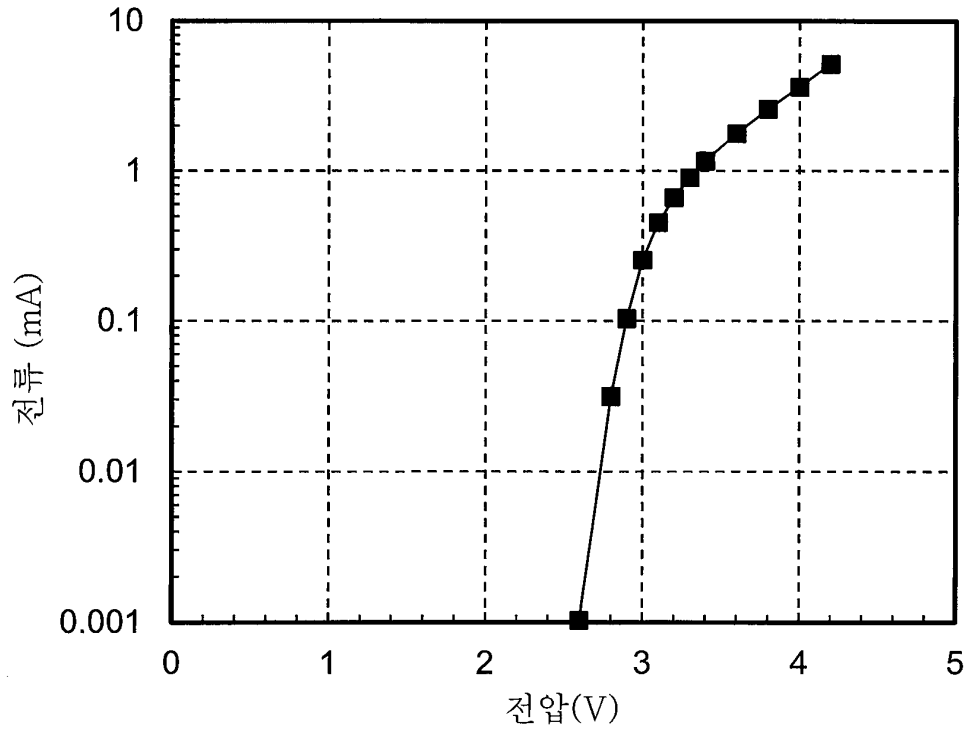
도면36


14
12
10
8
6
4
2
0
1
10
100
1000
10000
전류 효율(cd/A)
휘도(cd/m²)

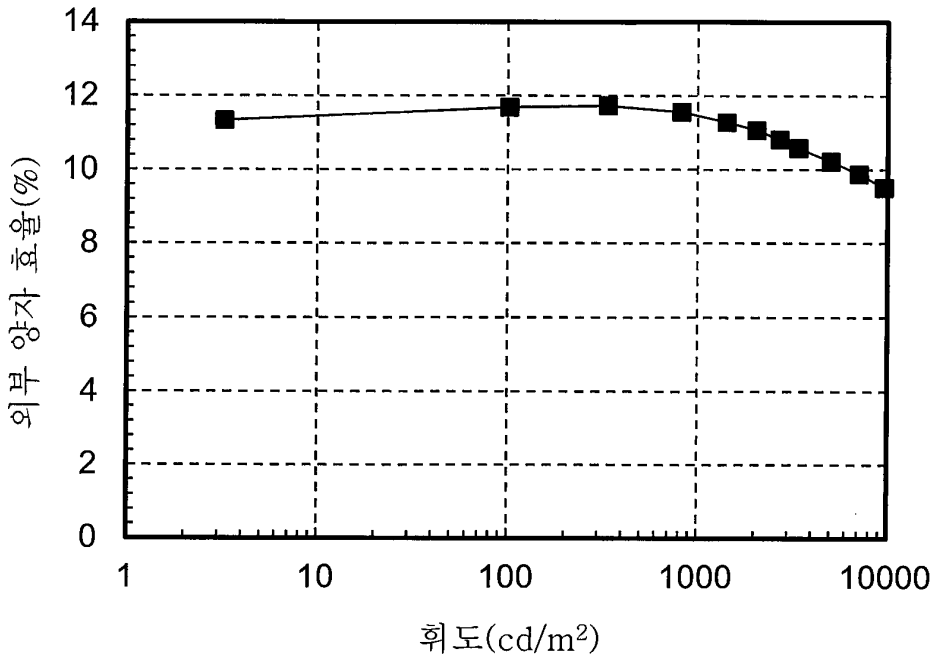
도면37


10000
1000
100
10
1
0
1
2
3
4
5
휘도(cd/m²)
전압(V)

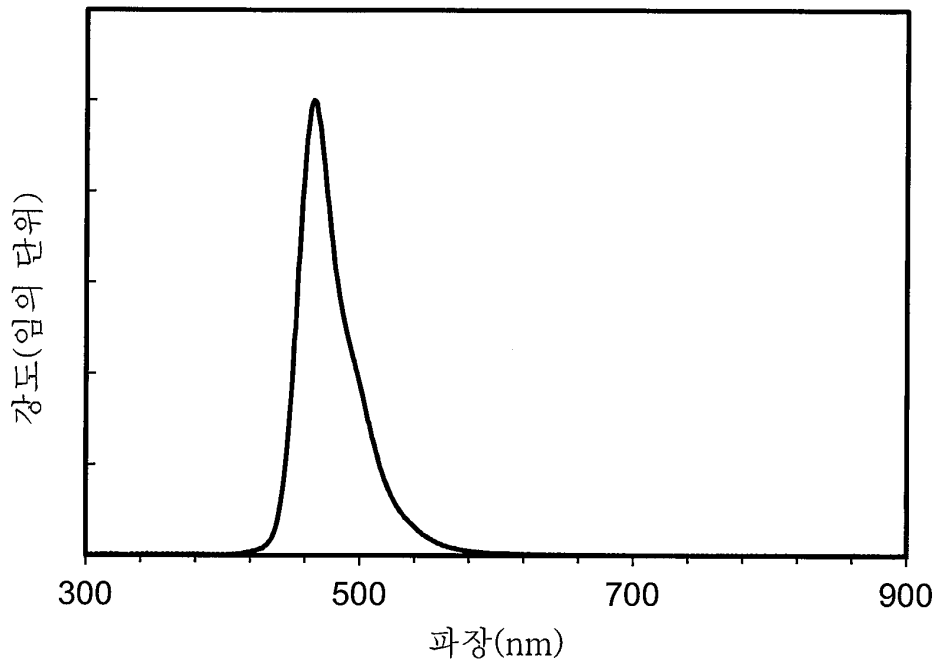
도면38


10
1
0.1
0.01
0.001
전류 (mA)
0
1
2
3
4
5
전압(V)

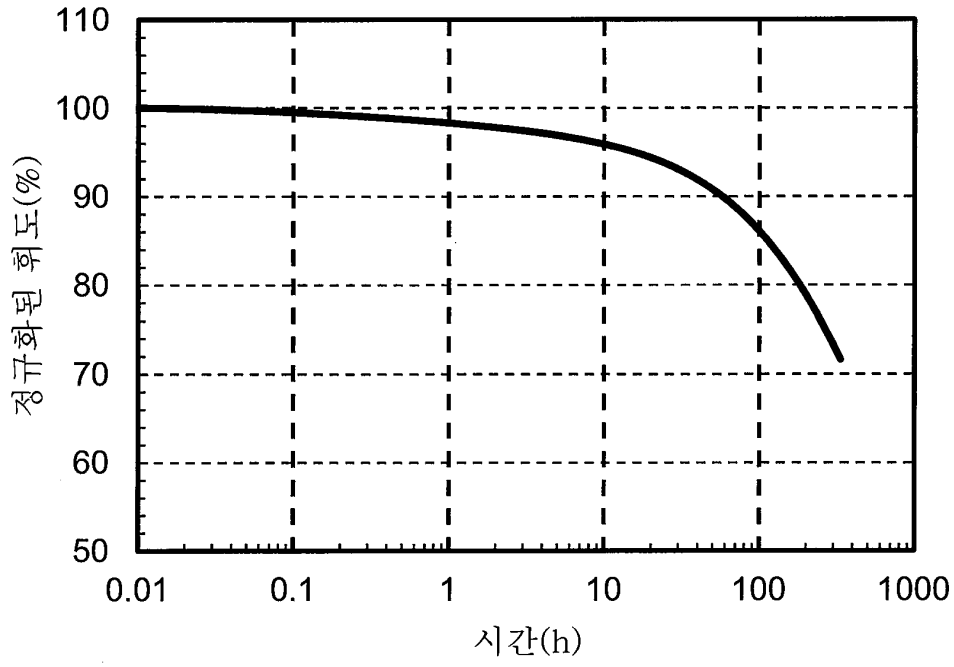
도면39


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)

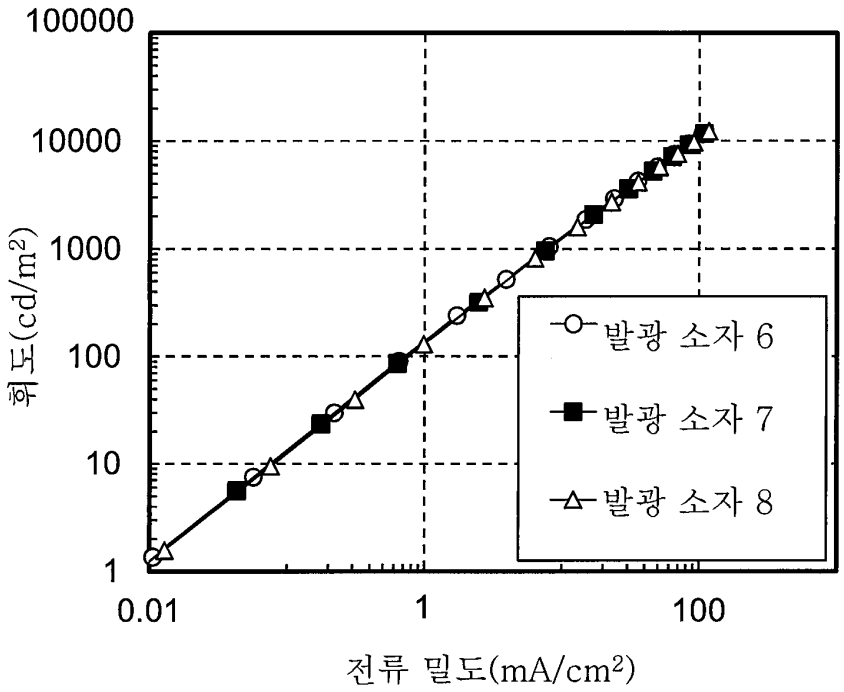
도면40


강도(임의 단위)
300
500
700
900
파장(nm)

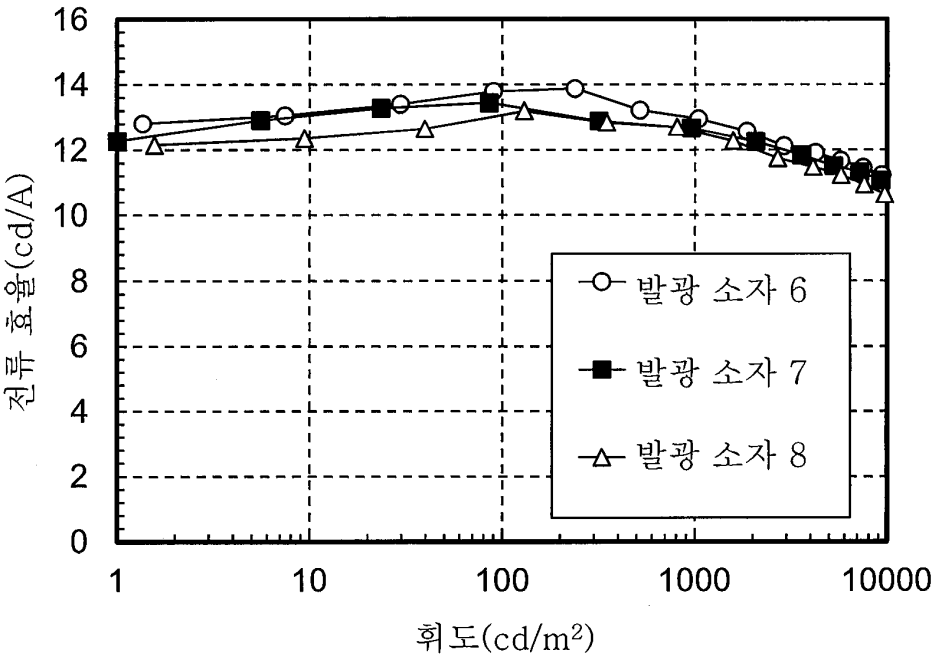
도면41


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)

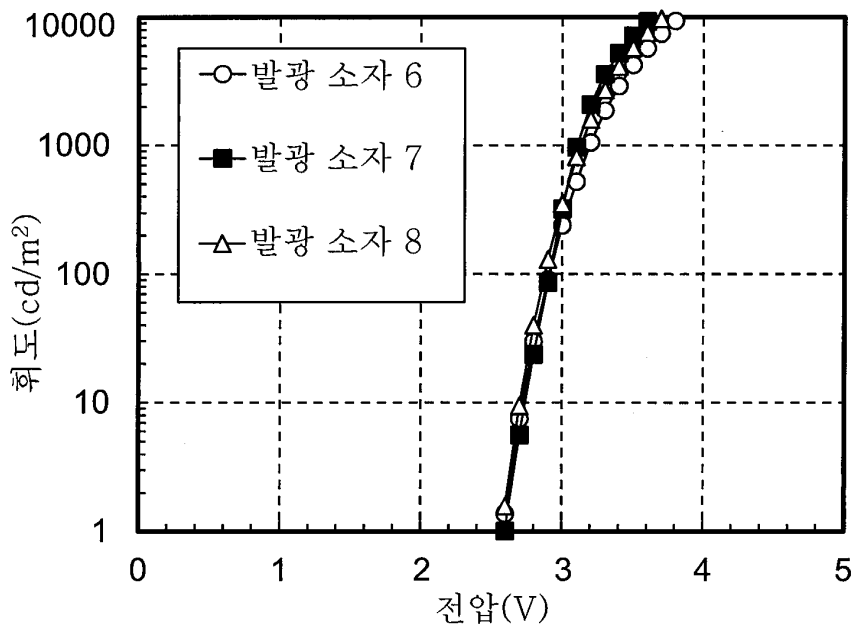
도면42


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
1
100
전류 밀도(mA/cm²)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

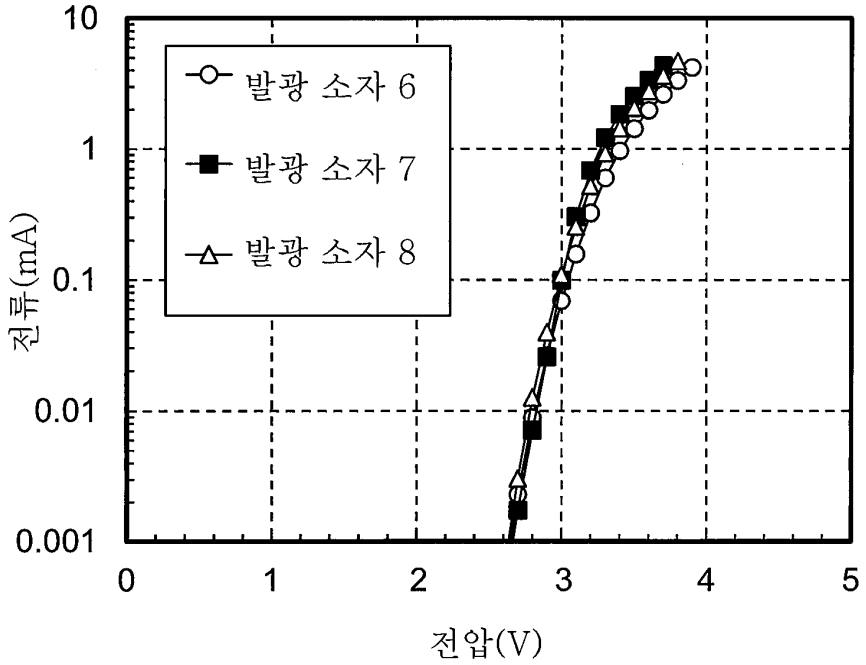
도면43


16
14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

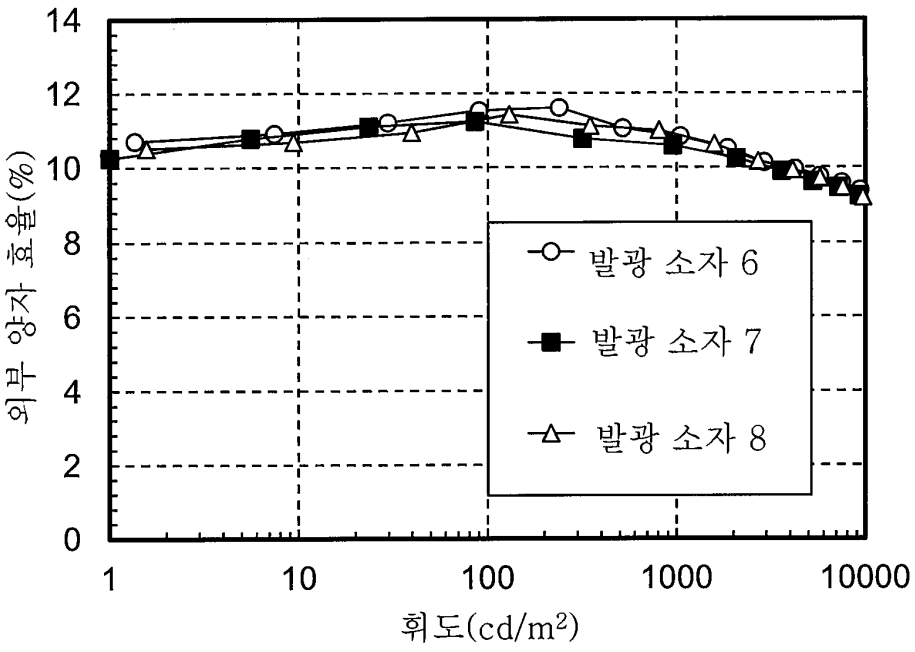
도면44


10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

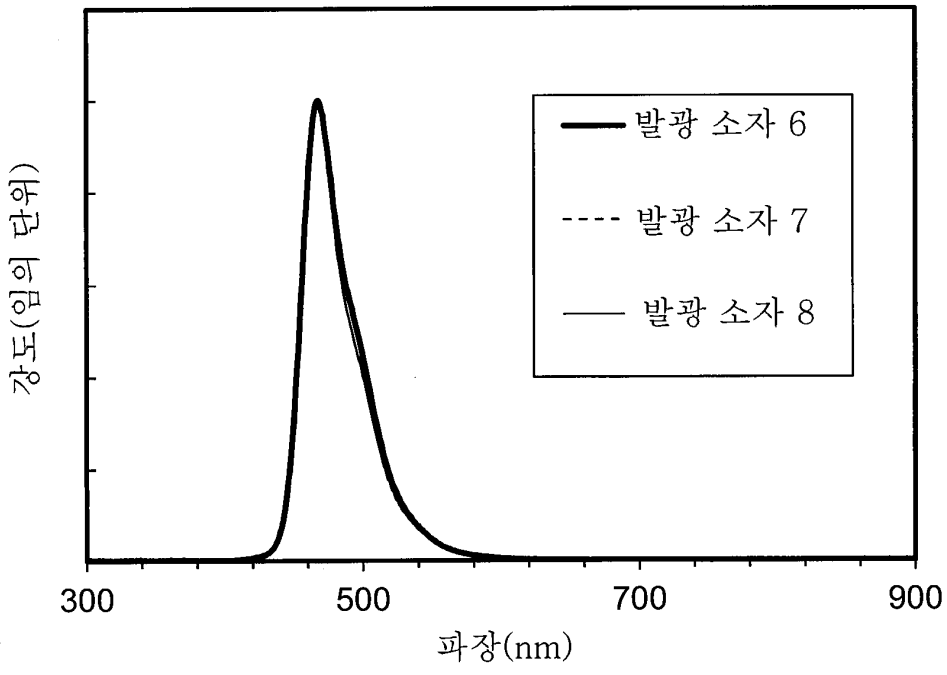
도면45


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
5
전압(V)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

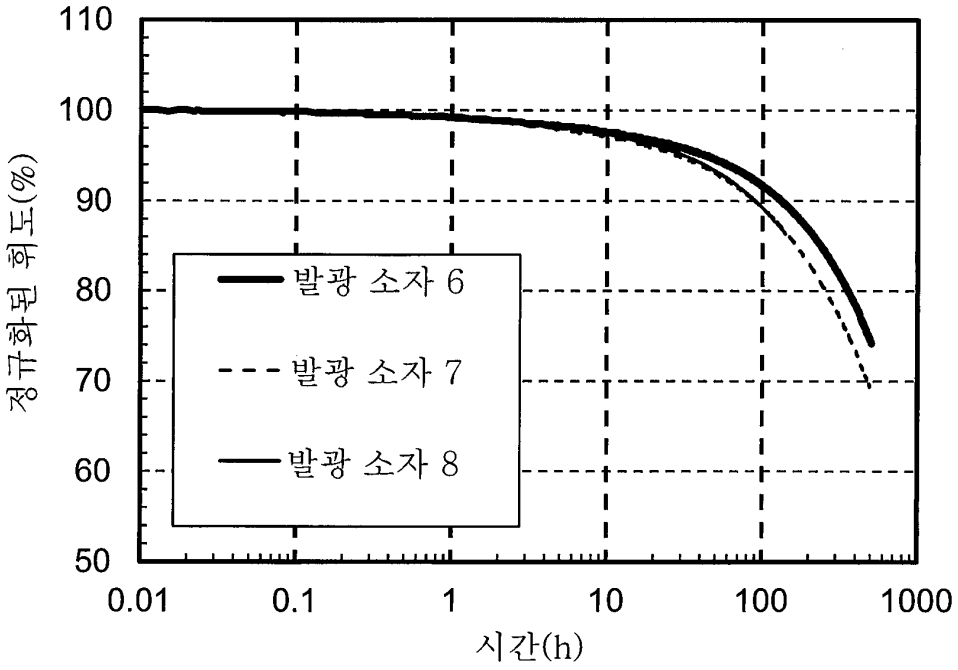
도면46


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m²)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

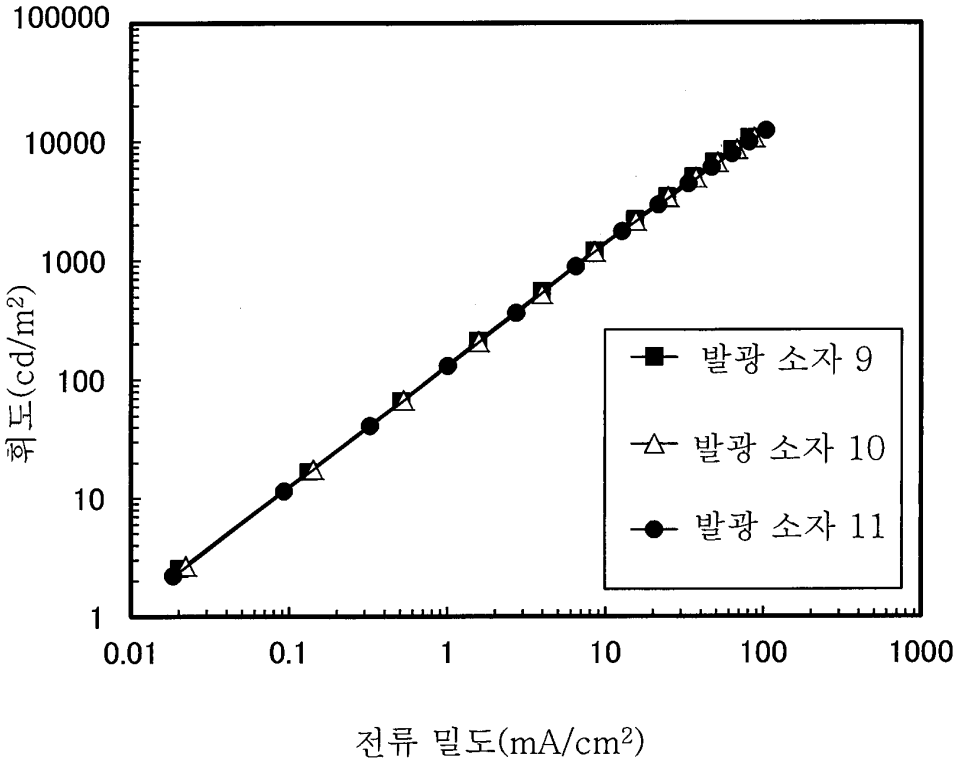
도면47


강도(임의 단위)
300
500
700
900
파장(nm)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

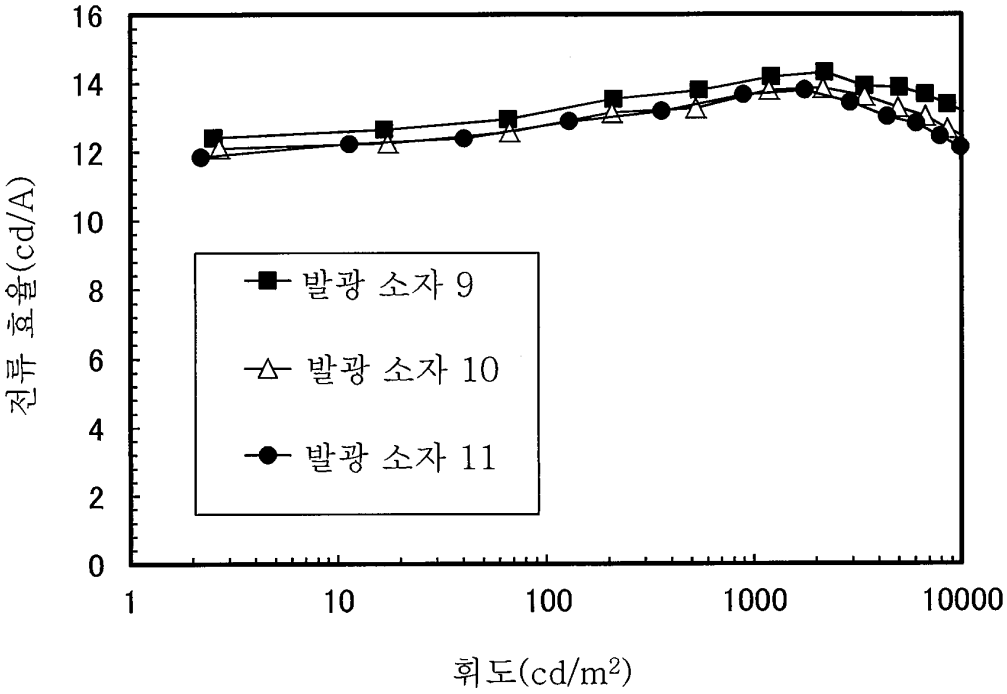
도면48


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)
발광 소자 6
발광 소자 7
발광 소자 8

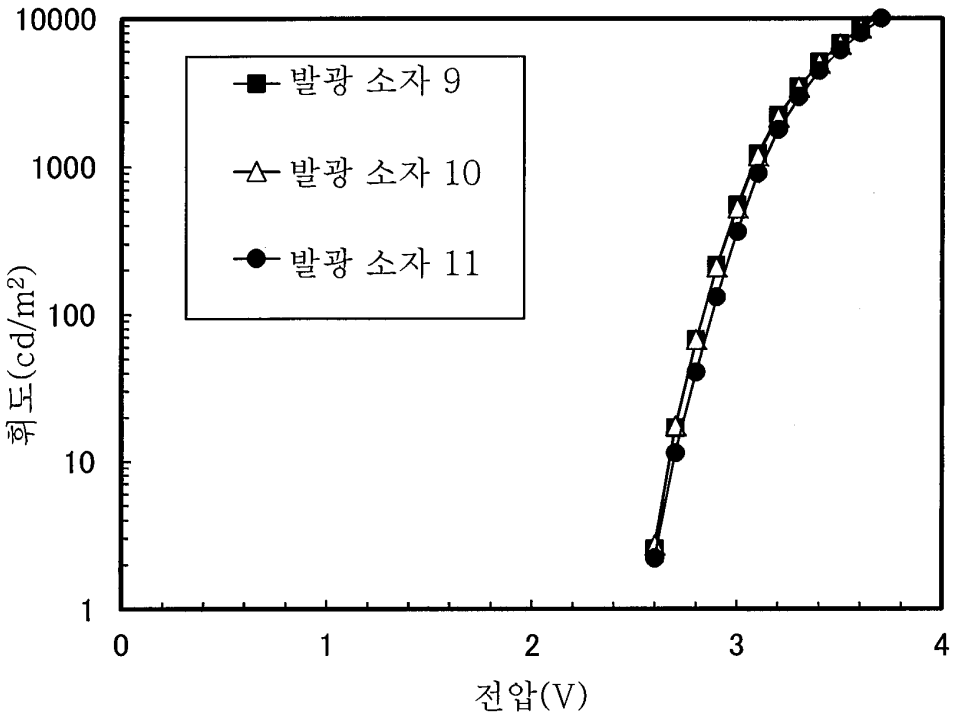
도면49


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
1000
전류 밀도(mA/cm²)
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11

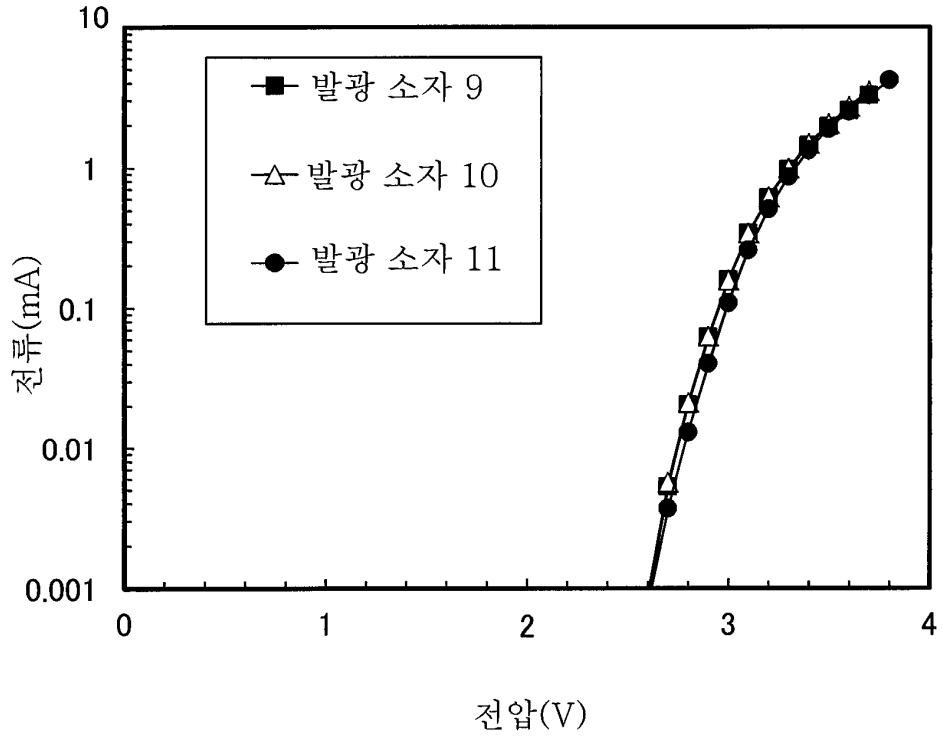
도면50


16
14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
1
10
100
1000
10000
휘도(cd/m2)

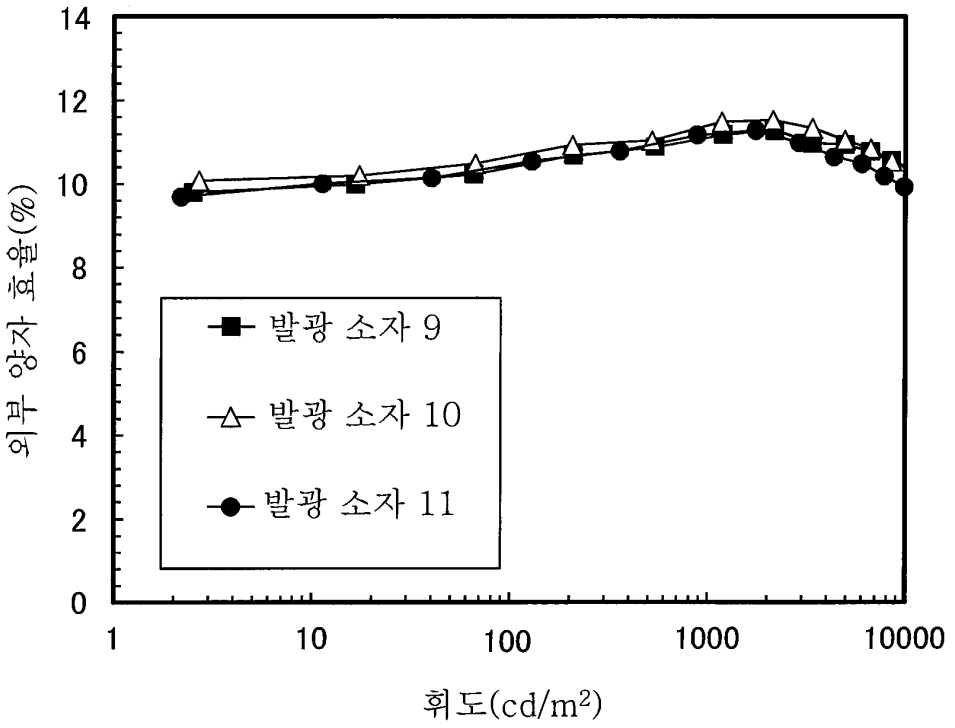
도면51


10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m2)
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
0
1
2
3
4
전압(V)

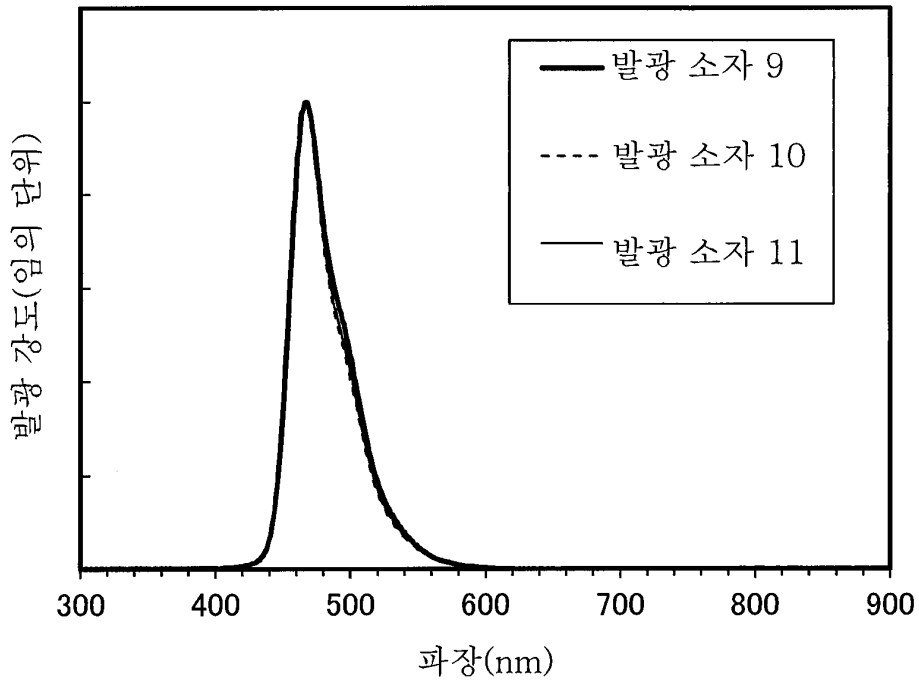
도면52


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
전압(V)

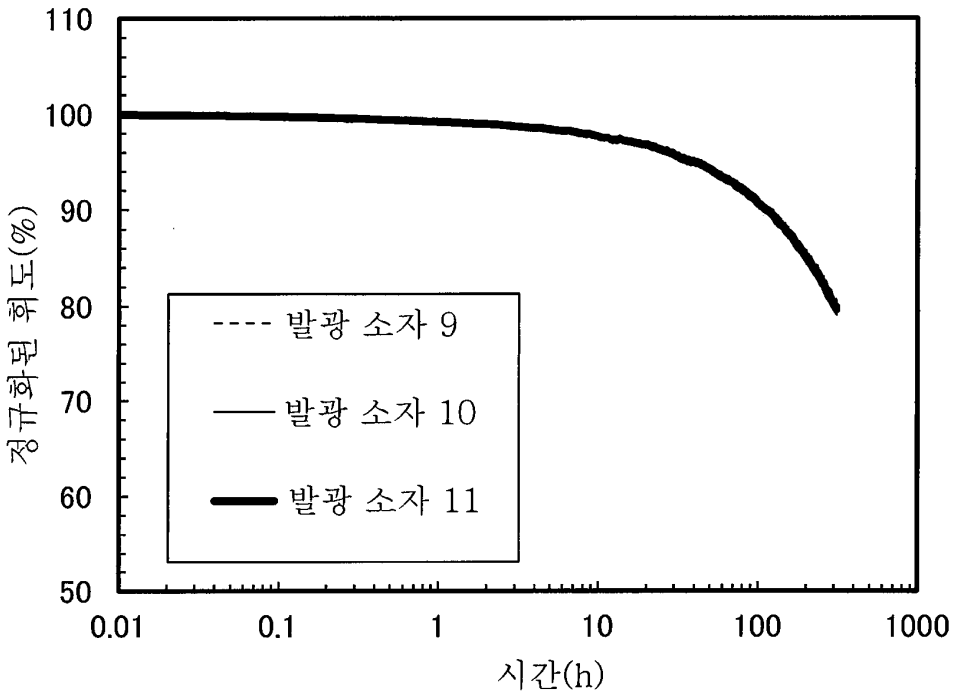
도면53


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
휘도(cd/m²)

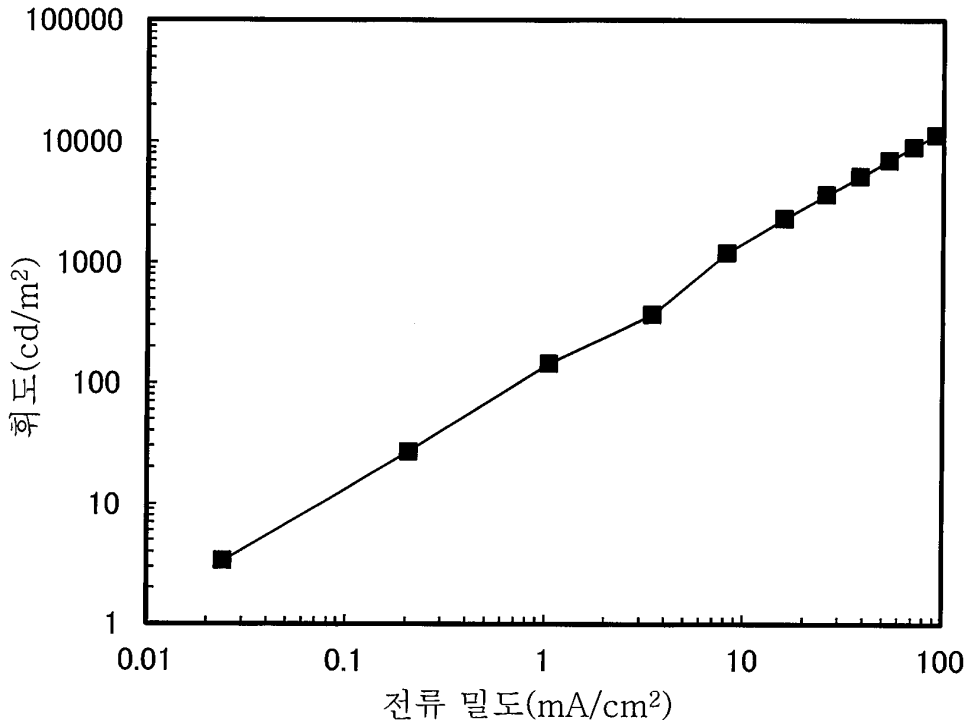
도면54


발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
발광 강도(임의 단위)
300
400
500
600
700
800
900
파장(nm)

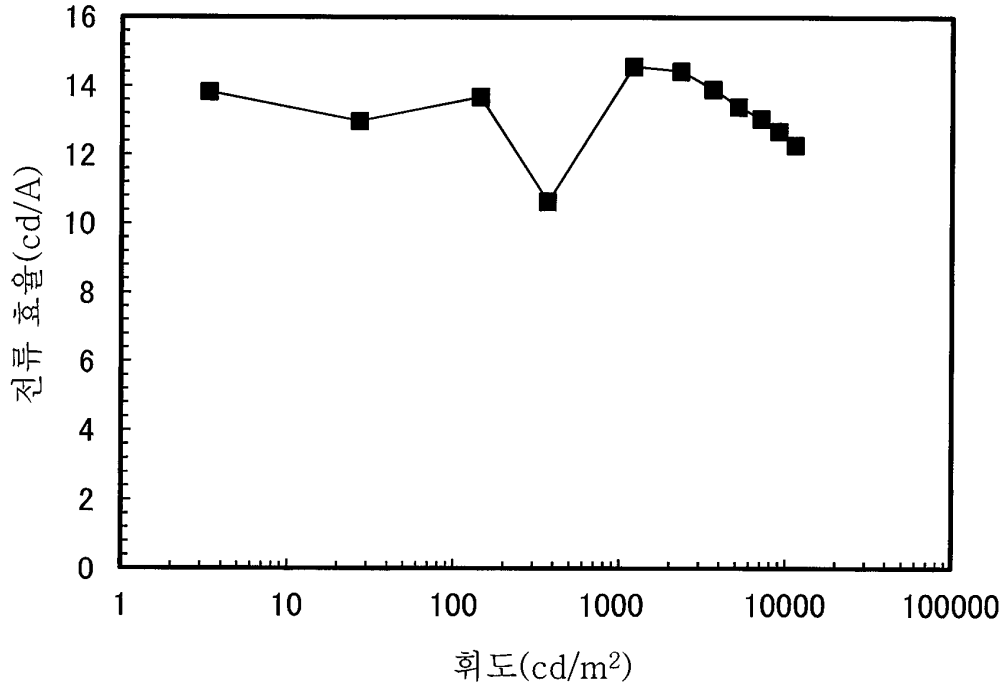
도면55


110
100
90
80
70
60
50
정규화된 휘도(%)
발광 소자 9
발광 소자 10
발광 소자 11
0.01
0.1
1
10
100
1000
시간(h)

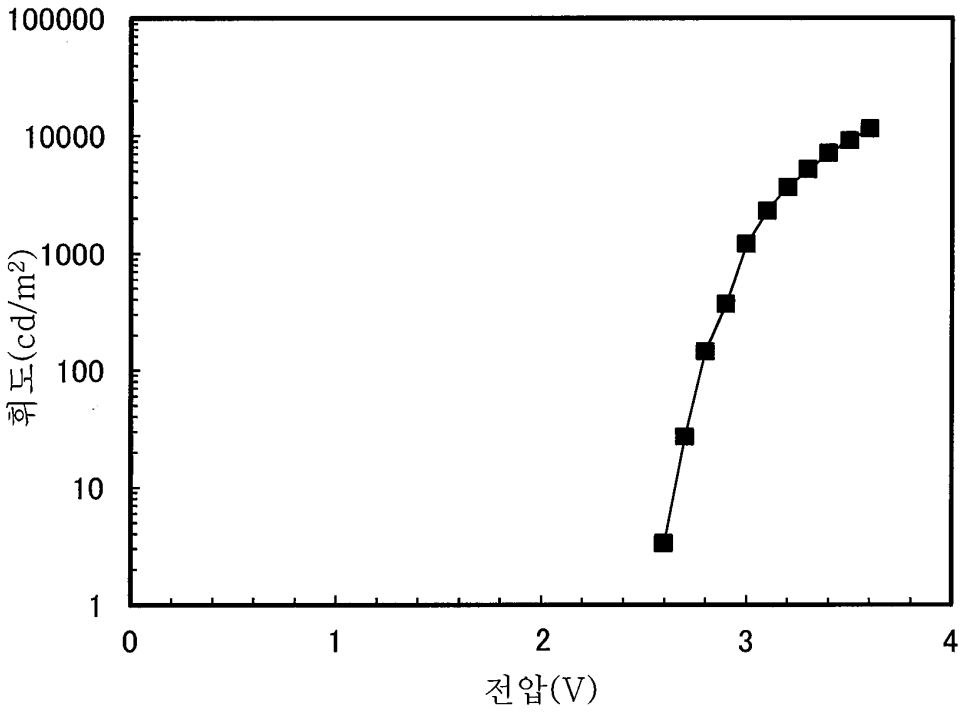
도면56


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0.01
0.1
1
10
100
전류 밀도(mA/cm²)

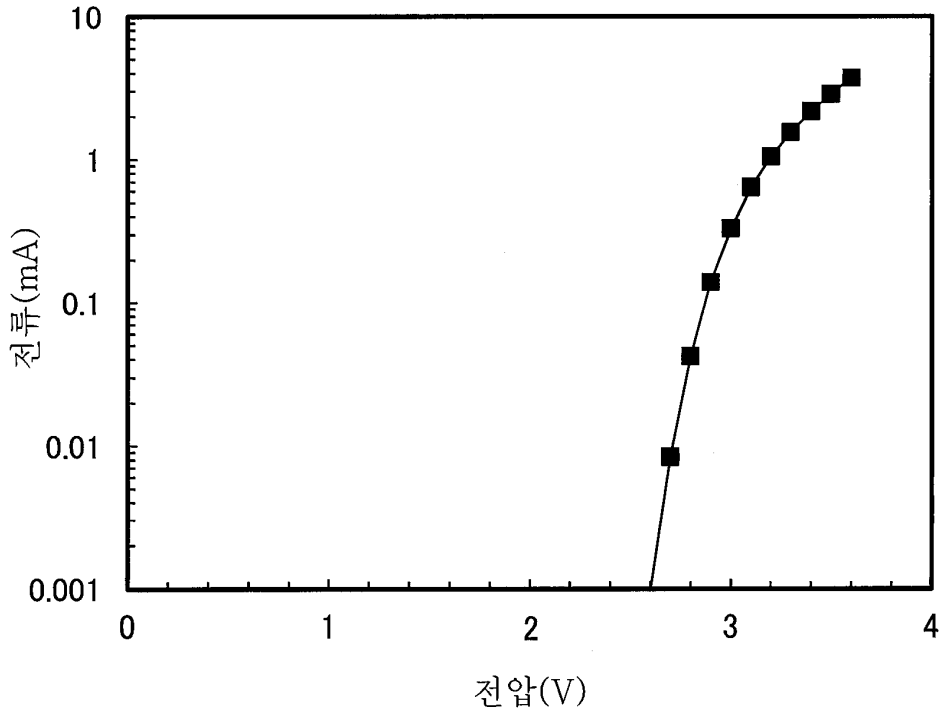
도면57


16
14
12
10
8
6
4
2
0
전류 효율(cd/A)
1
10
100
1000
10000
100000
휘도(cd/m²)

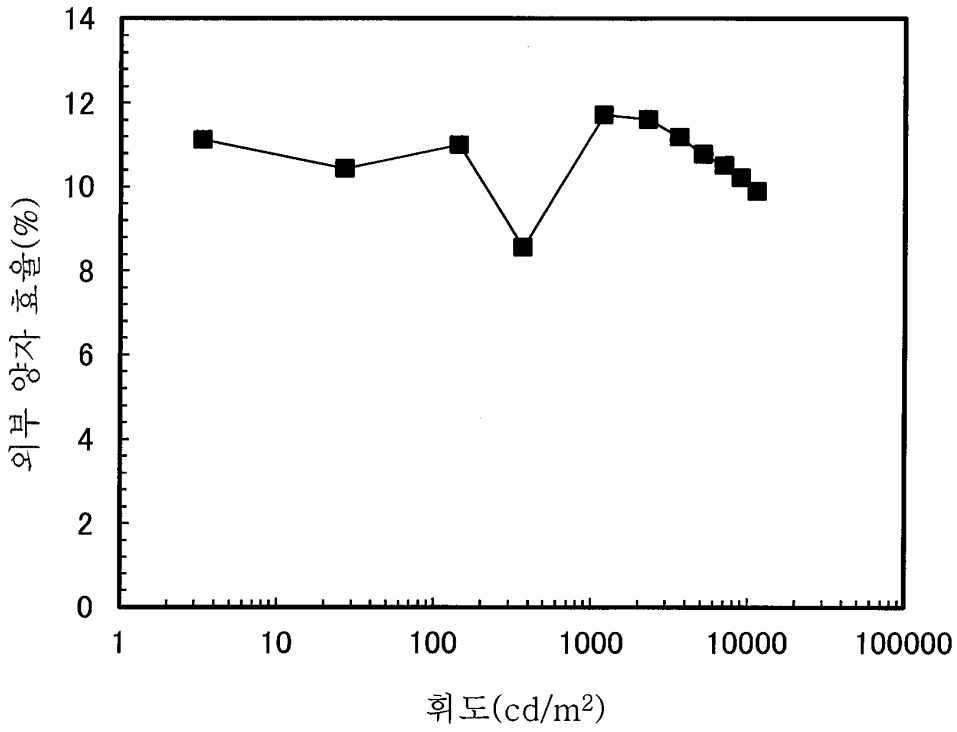
도면58


100000
10000
1000
100
10
1
휘도(cd/m²)
0
1
2
3
4
전압(V)

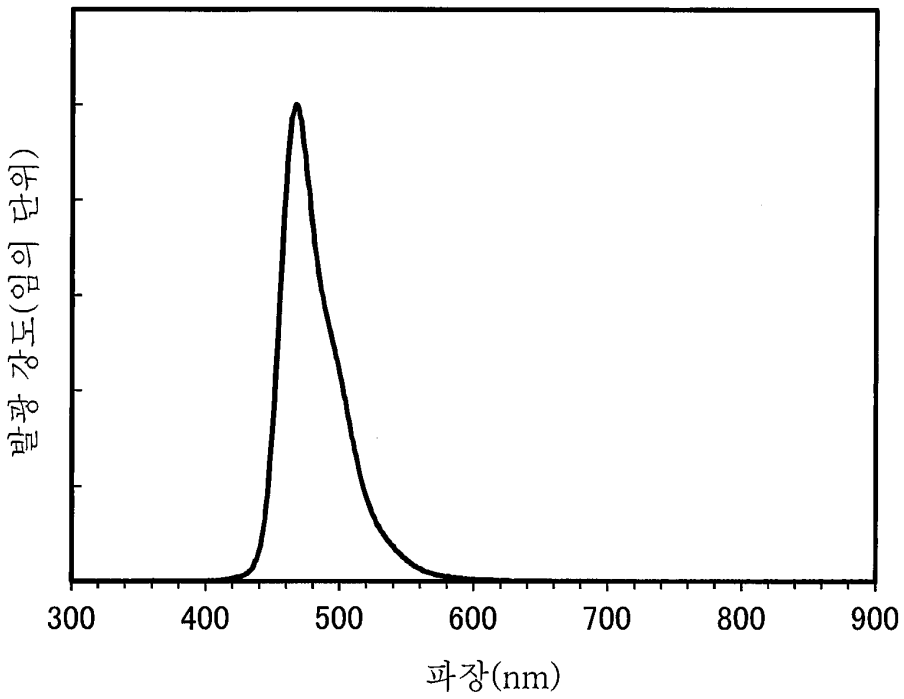
도면59


10
1
0.1
0.01
0.001
전류(mA)
0
1
2
3
4
전압(V)

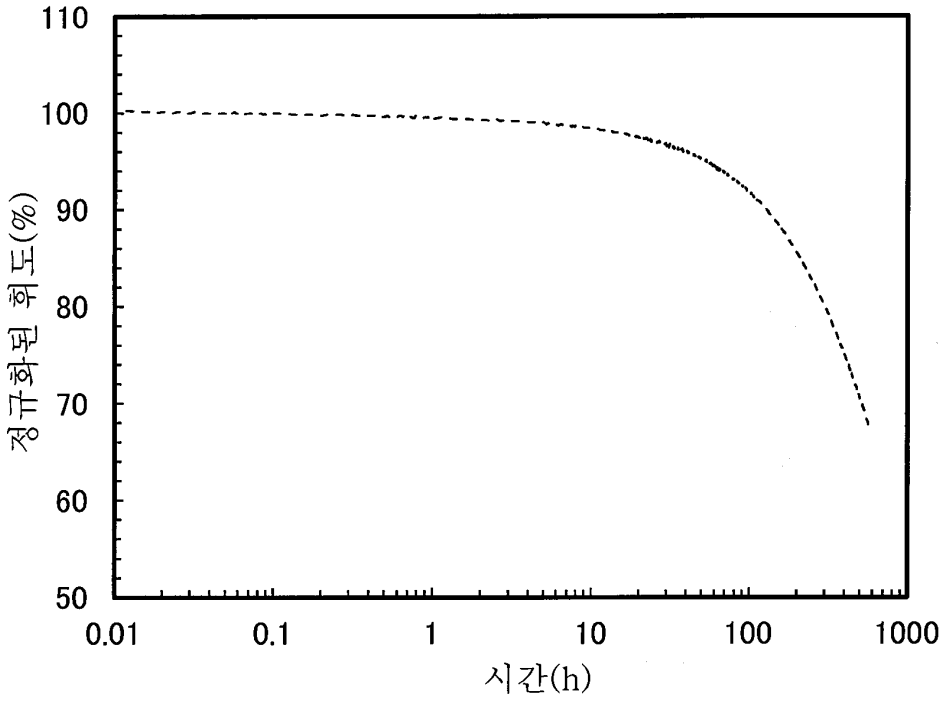
도면60


14
12
10
8
6
4
2
0
외부 양자 효율(%)
1
10
100
1000
10000
100000
휘도(cd/m2)

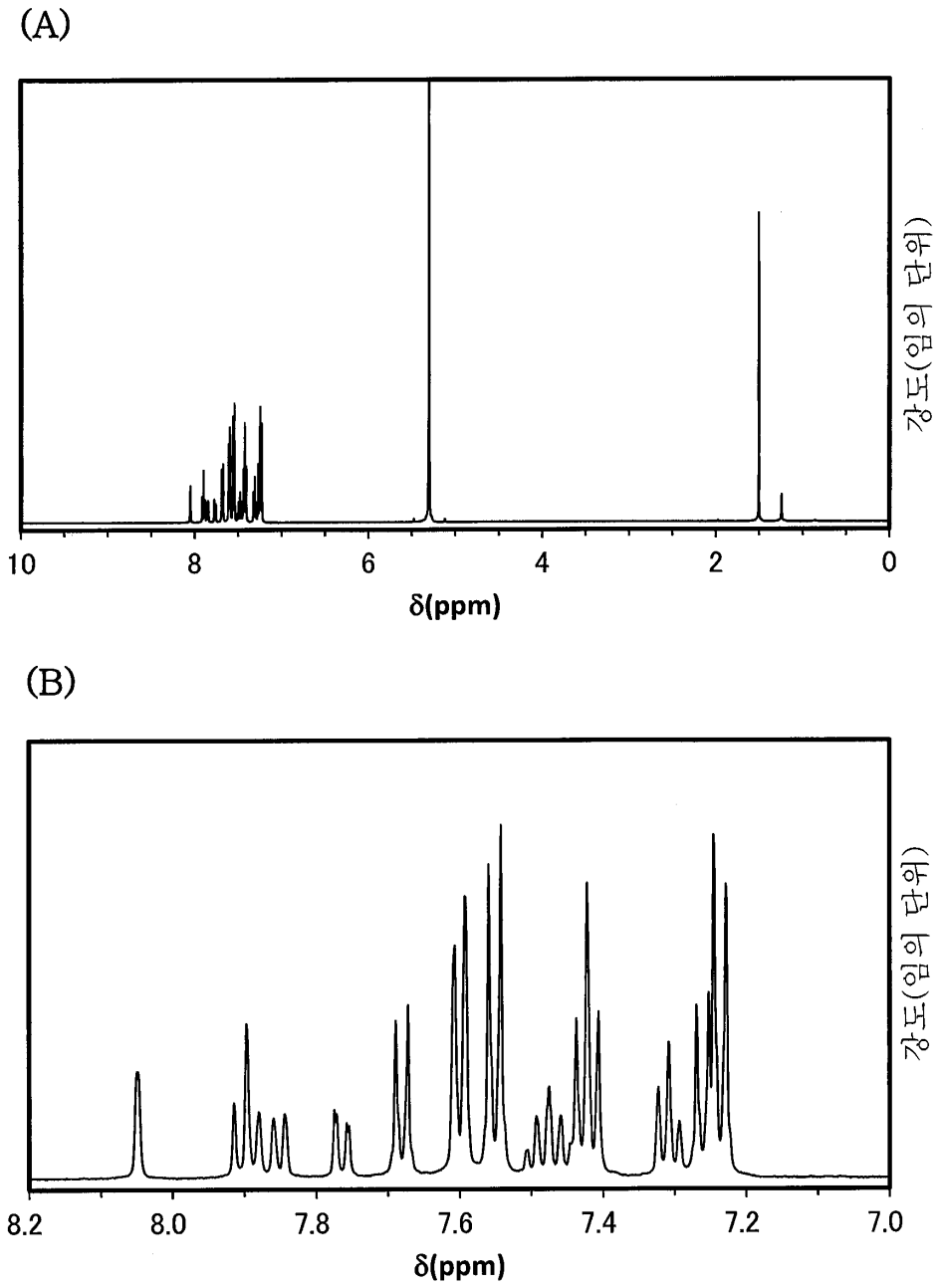
도면61


발광 강도(임의 단위)
300
400
500
600
700
800
900
파장(nm)

도면62

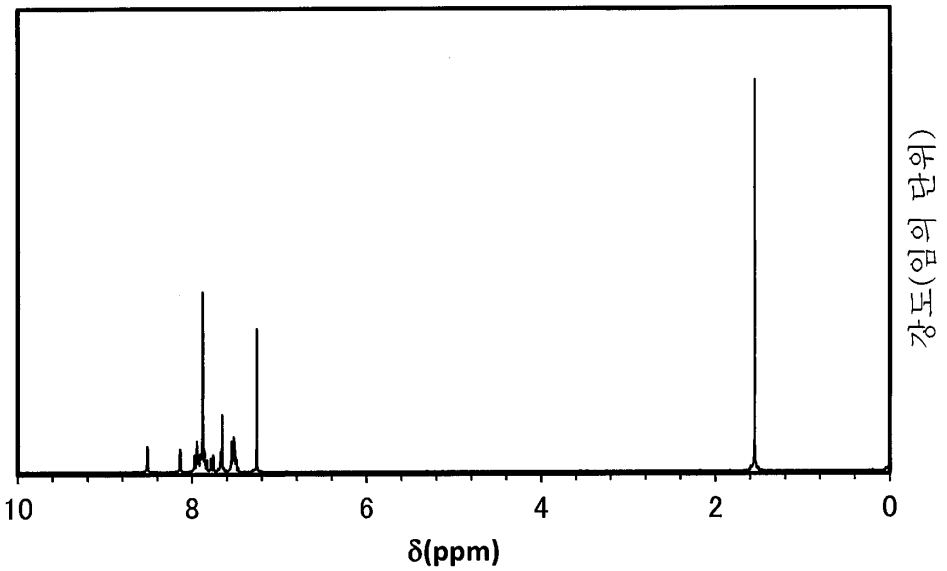


도면63

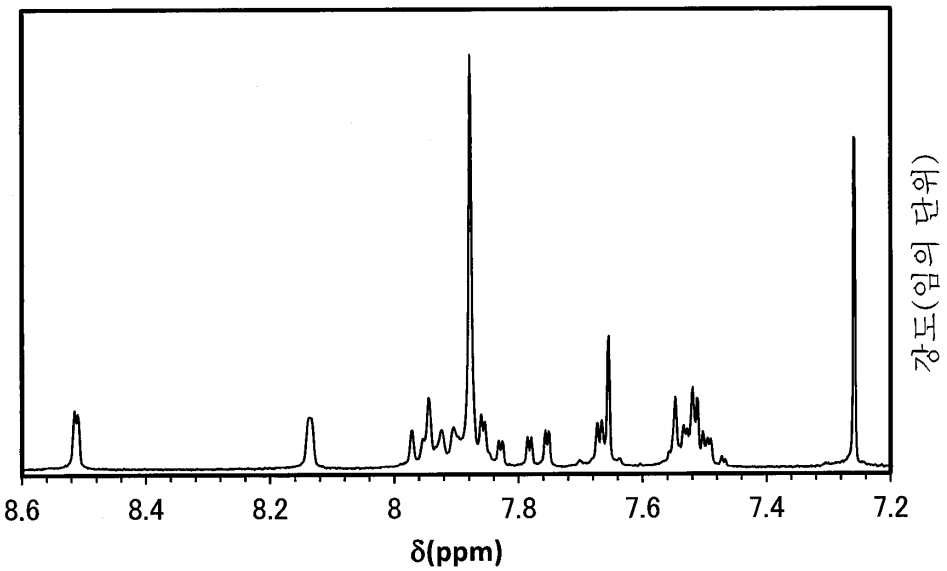


도면64

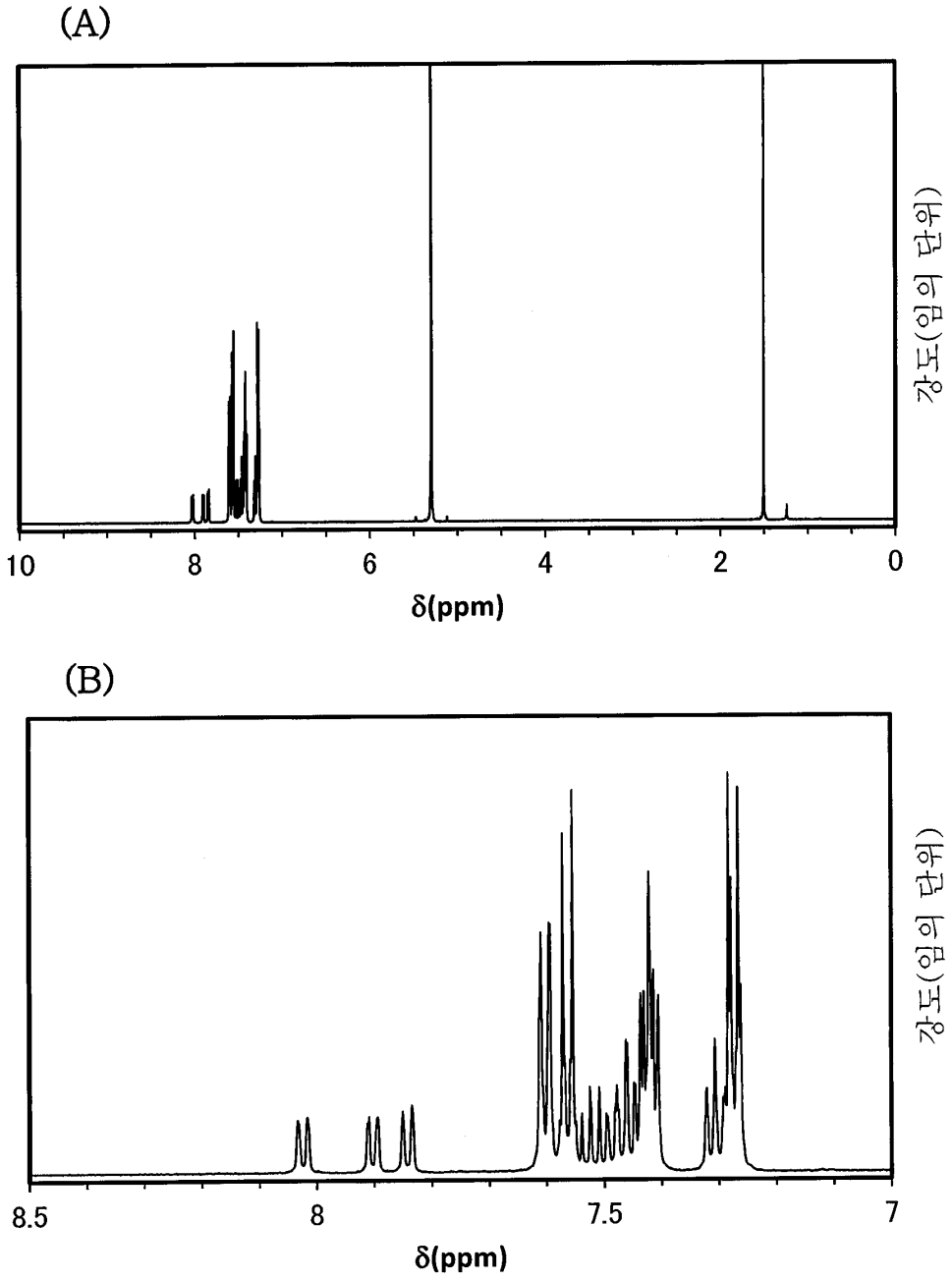
(A)



(B)

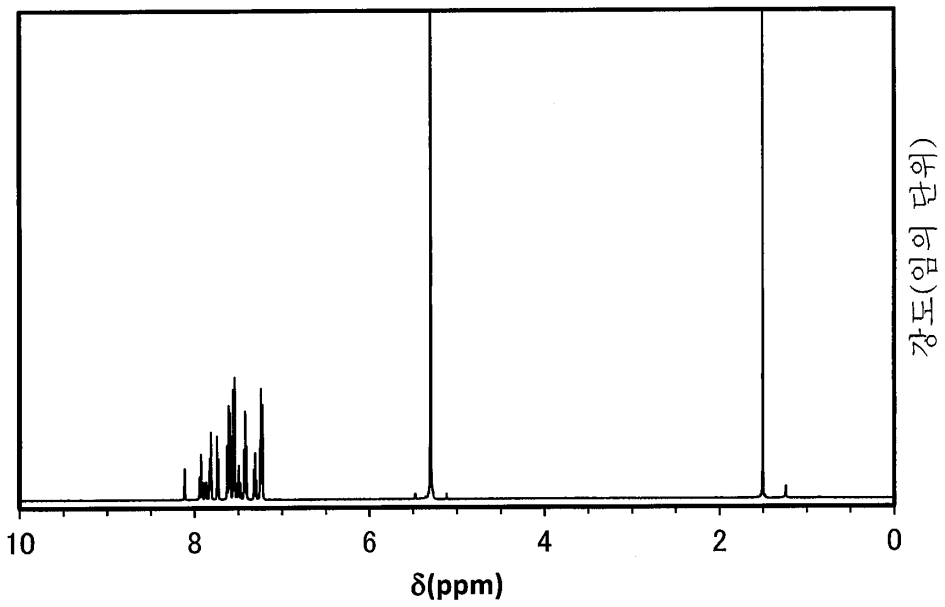


도면65

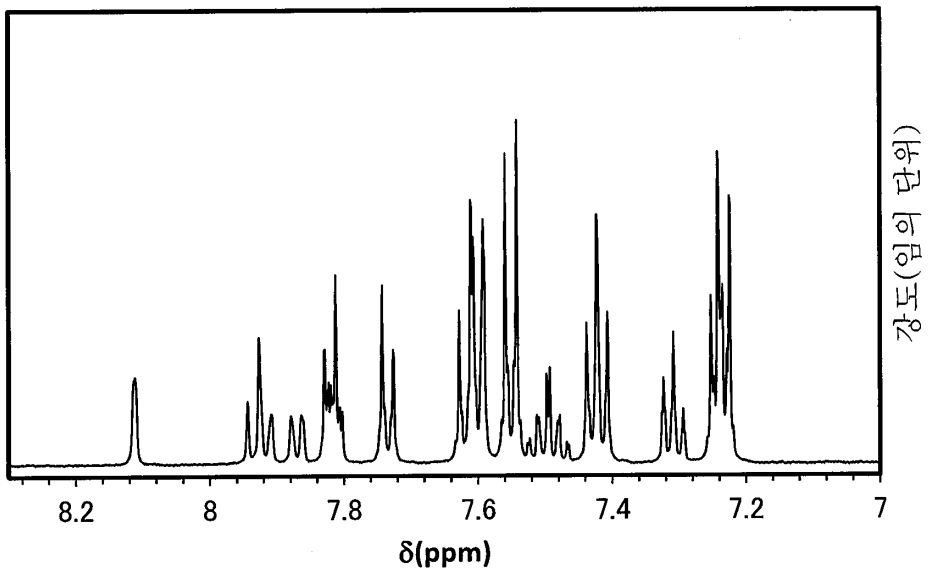


도면66

(A)



(B)



도면67

