



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0006796
 (43) 공개일자 2014년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-7013463
 (22) 출원일자(국제) 2011년11월10일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2013년05월27일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2011/060238
 (87) 국제공개번호 WO 2012/064987
 국제공개일자 2012년05월18일
 (30) 우선권주장
 61/412,505 2010년11월11일 미국(US)

(71) 출원인
닛토덴코 가부시키키가이사
 일본국 오오사카후 이바라기시 시모호즈미 1-1-2
 (72) 발명자
마, 리평
 미국 캘리포니아 92130 샌디에고 베르다 레인
 6203
쟁, 시준
 미국 캘리포니아 92129 샌디에고 비아 리베라
 7411
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **하이브리드 복합 방출성 구조체 및 이를 이용한 발광 장치들**

(57) 요약

각각 동일한 형광 호스트를 갖는 3개의 방출층들을 갖는 방출성 구조체들이 기재된다. 적어도 하나의 층은 인광 도판트를 추가로 포함한다. 이러한 방출성 구조체들을 포함하는 발광 장치들이 또한 기재된다.

대표도 - 도4

LiF(1nm)/Al(100nm)
TBPI (40 nm)
HO-3 (15 nm)
HO-3:YE-1(5%):Ir(piq) ₂ (acac)(0.5%) (5nm)
HO-3 (15 nm)
DTASi (30 nm)
PEDOT(30nm)
ITO(55nm)

(72) 발명자

라이, 치엔시

미국 캘리포니아 92081 비스타 #67 웰링톤 레인
1946

모치즈키, 아마네

미국 캘리포니아 92128 샌디에고 아베니다 시브리
타 12005

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 방출층이 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치된 것을 포함하는 방출성 구조체(construct)에 있어서, 상기 제 1 방출층은 호스트 재료를 포함하며, 상기 제 2 방출층은 호스트 재료를 포함하고, 상기 제 3 방출층은 호스트 재료를 포함하며; 여기서 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출하고;

상기 제 1 방출층은 적어도 제 1 인광 도판트를 포함하고, 상기 제 2 방출층 및 제 3 방출층은 도핑되지 않거나; 또는

상기 제 1 방출층은 도핑되지 않으며, 상기 제 2 방출층은 적어도 제 1 인광 도판트를 포함하고, 상기 제 3 방출층은 적어도 제 2 인광 도판트를 포함하고;

상기 호스트 재료의 삼중항 에너지는 상기 제 1 인광 도판트의 삼중항 에너지보다 크고;

하나 이상의 하기 관계가 존재하는 방출성 구조체:

상기 제 1 인광 도판트의 HOMO 에너지 수준은 상기 호스트 재료의 HOMO 에너지 수준보다 높고;

상기 제 1 인광 도판트의 LUMO 에너지 수준은 상기 호스트 재료의 LUMO 에너지 수준보다 낮음.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 호스트 재료의 삼중항 에너지는 상기 제 2 인광 도판트의 삼중항 에너지보다 큰 방출성 구조체.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 호스트 재료는 양극성(ambipolar)인 방출성 구조체.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 방출층은 적어도 제 1 인광 도판트를 포함하며, 상기 제 2 방출층 및 상기 제 3 방출층은 도핑되지 않은 방출성 구조체.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트는 적색, 황색, 또는 오렌지색 광자들을 방출하는 방출성 구조체.

청구항 6

청구항 4에 있어서, 상기 제 1 방출층은 상기 제 2 인광 도판트를 추가로 포함하는 방출성 구조체.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트 및 상기 제 2 인광 도판트는 둘 다 적색, 황색, 또는 오렌지색 광자들을 방출하는 방출성 구조체.

청구항 8

청구항 5에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트는 적색 광자들을 방출하고, 상기 제 2 인광 도판트는 녹색 광자들을 방출하는 방출성 구조체.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 방출층은 도핑되지 않으며, 상기 제 2 방출층은 적어도 제 1 인광 도판트를 포함하고, 상기 제 3 방출층은 적어도 제 2 인광 도판트를 포함하는 방출성 구조체.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트 및 상기 제 2 인광 도판트는 둘 다 적색, 황색, 또는 오렌지색 광자들을 방출하는 방출성 구조체.

청구항 11

청구항 9에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트는 적색, 황색, 또는 오렌지색 광자들을 방출하며 상기 제 2 인광 도판트는 녹색 광자들을 방출하는 방출성 구조체.

청구항 12

제 1 방출층이 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치된 것을 포함하는 방출성 구조체에 있어서,
 상기 제 1 방출층은 호스트 재료를 포함하고, 상기 제 2 방출층은 호스트 재료를 포함하며, 상기 제 3 방출층은 호스트 재료를 포함하고; 상기 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출하고;
 상기 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함하고;
 상기 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 도핑되지 않은 방출성 구조체.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 제 1 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함하며, 상기 제 2 방출층 및 상기 제 3 방출층은 도핑되지 않거나; 또는
 상기 제 1 방출층은 도핑되지 않으며, 상기 제 2 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함하고, 상기 제 3 방출층은 제 2 인광 도판트를 포함하는 방출성 구조체.

청구항 14

청구항 12에 있어서, 상기 호스트 재료의 삼중항 에너지(triplet energy)는 상기 제 1 인광 도판트의 삼중항 에너지보다 큰 방출성 구조체.

청구항 15

청구항 12에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트의 HOMO 에너지 수준은 상기 호스트 재료의 HOMO 에너지 수준보다 높은 방출성 구조체.

청구항 16

청구항 12에 있어서, 상기 제 1 인광 도판트의 LUMO 에너지 수준은 상기 호스트 재료의 LUMO 에너지 수준보다 낮은 방출성 구조체.

청구항 17

청구항 12에 있어서, 상기 호스트 재료의 삼중항 에너지는 상기 제 2 인광 도판트의 삼중항 에너지보다 큰 방출성 구조체.

청구항 18

청구항 12에 있어서, 상기 호스트 재료는 양극성인 방출성 구조체.

청구항 19

청구항 1의 방출성 구조체를 포함하는 발광 장치.

명세서

기술분야

관련 출원들에 대한 교차 참고

본 출원은 그 전문이 본원에 참조로 도입되는, 2010. 11. 11.자로 출원한 U.S. 가출원 번호 61/412,505에 대한

[0001]
 [0002]

우선권 향유를 청구한다.

배경 기술

분야

본원에 기재된 구현예들은 발광 장치들, 예컨대 형광 호스트 및 인광 도판트를 포함하는 방출성 구조체 (construct)를 포함하는 발광 장치들에 관한 것이다.

관련 분야의 설명

백색 유기 발광 장치들(WOLED)은 에너지를 절약하기 위한 형광 관들 및 백열 전구들에 대한 대체제들로서 전망 있는 후보들이다. 그러나 현재의 WOLED 기술에는 개선의 여지가 있다. 예를 들어, WOLED들의 전력 효율은 더 큰 에너지 절약을 제공하기 위해 개선될 수 있다. 배타적으로 인광 방출기들을 갖는 인광 WOLED(PH-WOLED) 장치들은 형광 방출기들만을 갖는 장치들에 비해 크게 개선된 효율을 갖는다. 불행하게도 인광 청색 방출기들은 짧은 유용 수명들을 가질 수 있다. 인광 청색 방출기들의 불안정성은 녹색 내지 적색 인광 방출기를 이용하면서 불안정한 인 청색 방출기를 대체하기 위한 보다 안전한 형광 청색 방출기의 사용에 의해 해결될 수 있다. 청색 형광 방출기들 및 녹색 내지 적색 인광 방출기들을 갖는 OLED 장치는 하이브리드 WOLED(HY-WOLED)로 불릴 수 있다. PH-WOLED보다 덜 효율적이므로, HY-WOLED는 여전히 개선될 수 있다.

발명의 내용

형광 호스트 재료 및 인광 도판트를 포함하는 방출성 구조체가 장치들, 예컨대 발광 장치들에 대해 개선된 효율을 제공할 수 있다.

일부 구현예들은 제 1 방출층이 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치된 것을 포함하는 방출성 구조체를 포함할 수 있으며, 여기서 제 1 방출층은 제 1 호스트 재료를 포함할 수 있고, 제 2 방출층은 제 2 호스트 재료를 포함할 수 있으며, 제 3 방출층은 제 3 호스트 재료를 포함할 수 있고; 각각의 제 1 호스트 재료, 제 2 호스트 재료, 및 제 3 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출할 수 있고; 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 제 1 인광 도판트를 추가로 포함할 수 있고; 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 도핑되지 않을 수 있다.

일부 구현예들은 제 1 방출층이 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치될 수 있는 것을 포함하는 방출성 구조체를 포함할 수 있으며, 여기서 제 1 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있고, 제 2 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있고, 제 3 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있으며; 여기서 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출할 수 있고; 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함할 수 있고; 하나 이상의 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층은 미처리층이거나 도핑되지 않을 수 있다.

일부 구현예들은 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치된 제 1 방출층을 포함할 수 있는 방출성 구조체를 포함할 수 있으며, 여기서 제 1 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있고, 제 2 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있고, 제 3 방출층은 호스트 재료를 포함할 수 있고; 여기서 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출할 수 있고; 여기서 제 1 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함할 수 있고, 제 2 방출층 및 제 3 방출층은 도핑되지 않을 수 있거나; 또는 제 1 방출층은 도핑되지 않을 수 있고, 제 2 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함할 수 있고, 제 3 방출층은 제 2 인광 도판트를 포함할 수 있다.

일부 구현예들은 제 2 방출층 및 제 3 방출층 사이에 배치된 제 1 방출층을 포함하는 방출성 구조체를 포함할 수 있으며; 여기서 제 1 방출층은 호스트 재료를 포함하며, 제 2 방출층은 호스트 재료를 포함하며, 제 3 방출층은 호스트 재료를 포함하며; 여기서 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출하고; 여기서 제 1 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함하고, 제 2 방출층 및 제 3 방출층은 도핑되지 않거나; 또는 제 1 방출층은 도핑되지 않으며, 제 2 방출층은 제 1 인광 도판트를 포함하고, 제 3 방출층은 제 2 인광 도판트를 포함하고; 호스트 재료의 삼중항 에너지(triplet energy)는 제 1 인광 도판트의 삼중항 에너지보다 크고; 하나 이상의 하기 관계가 존재한다: 제 1 인광 도판트의 HOMO 에너지 수준은 호스트 재료의 HOMO 에너지 수준보다 높으며; 제 1 인광 도판트의 LUMO 에너지 수준은 호스트 재료의 LUMO 에너지 수준보다 낮다.

일부 구현예들은 본원에 기재된 방출성 구조체를 포함하는 발광 장치를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1a 및 b는 방출성 구조체의 일부 구현예들의 모식도들이다.
- 도 2a 및 b는 방출성 구조체의 일부 구현예들의 에너지 구조의 모식도들이다.
- 도 3은 방출성 구조체의 한 구현예의 HOMO 및 LUMO 수준들을 묘사하는 에너지 도식이다.
- 도 4는 실시예 2에서 언급되는 발광 장치의 한 예의 모식도이다.
- 도 5는 장치-A의 휘도(B)의 함수인 발광 효율 및 전력 효율의 그래프이다.
- 도 6은 장치-A의 전계발광 스펙트럼의 그래프이다.
- 도 7은 장치-B의 휘도(B)의 함수인 발광 효율 및 전력 효율의 그래프이다.
- 도 8은 장치-B의 전계발광 스펙트럼을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] "T1" 또는 "삼중항 에너지(triplet energy)"라는 용어들은 당업자에게 이해되는 일반적 의미를 가지며, 여기자(excitron)의 최저 에너지 삼중항 상태(triplet state)에서 기저 상태(triplet state)로의 전이 에너지를 포함한다. 인광 스펙트럼의 수득에 의한 것과 같이, 삼중항 에너지를 수득하는데 이용될 수 있는 여러 방법들이 당 분야에 공지되어 있다.
- [0015] "최고 점유 분자 오비탈 에너지 수준" 또는 "HOMO 에너지 수준"이라는 용어들은 당업자에게 이해되는 일반적 의미를 갖는다. 일부 구현예들에서, 재료의 HOMO 에너지 수준은 기저 상태에서 하나 이상의 전자로 점유된 최고 에너지 분자 오비탈의 에너지 수준을 포함할 수 있다.
- [0016] "최저 비점유 분자 오비탈 에너지 수준" 또는 "LUMO 에너지 수준"이라는 용어들은 당업자에게 이해되는 일반적 의미를 갖는다. 일부 구현예들에서, 재료의 LUMO 에너지 수준은 기저 상태에서 전자를 함유하지 않는 최저 에너지 분자 오비탈의 에너지 수준을 포함할 수 있다.
- [0017] 금속 또는 전기적 도체의 "일 함수"는 금속 또는 도체의 표면에서 전자를 방출(extract)하는데 필요한 최소 에너지의 척도일 수 있다.
- [0018] 도 1은 방출성 구조체 100의 두 예들의 모식도이다. 도 1a 및 도 1b 모두에서, 방출성 구조체 100은 제 1 방출층 10을 포함할 수 있고, 이는 제 2 방출층 20 및 제 3 방출층 30 사이에 배치될 수 있다. 제 1 방출층 10 및 제 2 방출층 20 사이에는 제 1 계면 370이 있을 수 있다. 또한 제 1 방출층 10 및 제 3 방출층 30 사이에는 제 2 계면 320이 있을 수 있다. 대안적으로, 제 1 방출층 10 및 제 2 방출층 20 사이, 및/또는 제 1 방출층 10 및 제 3 방출층 30 사이에 선택적 층 또는 층들이 있을 수 있다. 각각의 제 1 방출층 10, 제 2 방출층 20, 및 제 3 방출층 30은 독립적으로 호스트 재료를 포함한다(나타내지 않음). 일부 구현예들에서, 전체 3개의 제 1, 제 2, 및 제 3 방출층들 10, 20, 및 30은 동일한 호스트 재료를 가질 수 있다(나타내지 않음).
- [0019] 도 1a에서, 제 1 방출층 10은 제 1 인광 도판트 40을 포함할 수 있고, 제 2 방출층 20은 도핑되지 않을 수 있으며, 제 3 방출층 30은 도핑되지 않을 수 있다. 일부 구현예들에서, 제 1 방출층 10은 제 2 인광 도판트 50을 추가 포함할 수 있다.
- [0020] 도 1b에서, 제 1 방출층 10은 도핑되지 않을 수 있고, 제 2 방출층 20은 제 1 인광 도판트 40을 포함할 수 있고, 제 3 방출층은 제 2 인광 도판트 50을 포함할 수 있다. 제 1 인광 도판트 40 및 제 2 인광 도판트 50은 실질적으로 동일한 재료를 포함할 수도 있고 또는 상이한 재료들을 포함할 수도 있다.
- [0021] 일부 구현예들에서, 방출성 구조체의 효율은 여기자들이 인광 도판트를 포함하는 방출층 내에, 및/또는 인광 도판트를 포함하는 방출층 및 도핑되지 않은 방출층 간 계면 내에 형성되도록 방출성 구조체를 구성하여 개선될 수 있다. 전자들이 인광 도판트 중에 트랩핑된 경우, 여기자들은 도핑된 층 및 도핑되지 않은 층 사이 계면에서 또는 근처에서 형성될 수 있다. 이어서 도판트의 삼중항 여기자들은 인광 방출에 의해 기저 상태로 완화(relax)될 수 있다.
- [0022] 그러나, 전자들이 인광 도판트 중에 트랩핑되지 않은 경우, 삼중항 여기자들은 계면에서 또는 근처에서 발생 구역에 한정되지 않을 수 있다. 그 결과, 발생 컬러를 조절하기 더 어려울 수 있다. 또 다른 결과는 방출성 구조체의 감소된 효율일 수 있다.
- [0023] 삼중항 여기자가 도핑된 방출층에서 너무 멀리 형성되는 경우, 인광 도판트에 도달하지 못할 수 있고 장치 효율

을 감소시킬 수 있다. 따라서, 인광 도판트를 포함하는 층 내 또는 인광 도판트를 포함하는 층과의 경계에서 또는 근처에서의 여기자들의 형성이 방출성 구조체의 효율을 개선할 수 있다.

- [0024] 일부 구현예들에서, 호스트의 삼중항 에너지는 인광 도판트의 삼중항 에너지의 적어도 약 0.05eV, 약 0.1eV, 또는 약 0.2eV 초과; 및/또는 인광 도판트의 최대 약 0.3eV, 약 0.70eV, 또는 약 1.6eV 초과일 수 있다.
- [0025] 도 2는 모든 3개 방출층들이 동일한 호스트 재료를 포함하는 도 1의 예들의 삼중항 에너지 구조의 모식도이다. 도 2a 및 도 2b 모두에서, 호스트 재료의 최저 비점유 분자 오비탈(LUMO) 에너지 210, 최고 점유 분자 오비탈(HOMO) 에너지 220, 및 삼중항 에너지 230은 모든 3개 재료들이 동일한 형광 호스트를 갖기 때문에 모든 제 1 방출층 10, 제 2 방출층 20, 및 제 3 방출층 30에 대해 거의 동일할 수 있다. 호스트 재료의 삼중항 에너지 230은 호스트 재료의 HOMO-LUMO 에너지 갭보다 낮을 수 있다.
- [0026] 호스트의 삼중항 에너지는 임의 인광 도판트들의 삼중항 에너지보다 클 수 있다. 예를 들어, 도 1 및 2에 대해, 제 1 인광 도판트 40 및/또는 제 2 인광 도판트 50이 존재하는 경우, 호스트 재료의 삼중항 에너지 230은 제 1 인광 도판트의 삼중항 에너지 240 및 제 2 인광 도판트의 삼중항 에너지 250보다 클 수 있다. 또한, 일부 구현예들에서 제 1 인광 도판트 40의 삼중항 에너지 240은 제 2 인광 도판트 50의 삼중항 에너지 250보다 클 수 있다.
- [0027] 따라서 비인광 호스트 대비 인광 도판트의 상대적 삼중항 에너지는 삼중항 여기자들의 방출 효율을 증가시키도록 조정될 수 있다. 방출성 구조체 및 방출성 구조체의 재료들의 여러 파라미터들이 특정 층, 예컨대 도핑된 방출층 내 또는 근처에서 여기자 형성을 증가시키도록 변형될 수 있다. 이러한 파라미터들의 일부는 상대적 HOMO/LUMO 수준들, 전자 이동성, 홀 이동성, 층 두께 등을 포함할 수 있다.
- [0028] 인광 도판트들의 하나 이상의 HOMO 및 LUMO 에너지 수준들은 도핑된 방출층 또는 도핑되지 않은 방출층을 갖는 그 대응 계면이 여기자 발생 구역으로 작용할 수 있도록 홀들 및/또는 전자들을 트랩핑하는 것을 도울 수 있다.
- [0029] 예를 들어, 도 3은 예컨대 제 1 인광 도판트 40을 갖고 호스트 재료가 모든 3개 방출층들에 대해 동일한, 도 1a에 묘사된 바와 같은 장치의 예에 대한 HOMO 및 LUMO 에너지 수준들을 보이는 에너지 도식을 제공한다. 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 에너지 수준 340은 호스트 재료의 HOMO 에너지 수준 220보다 높을 수 있다. 이 특정 예에서, 홀들 305는 나타난 방향 310으로, 또는 제 2 방출층 20을 통해, 제 1 방출층 10을 통해, 이어서 제 3 방출층 30을 갖는 제 2 계면 320으로 이동할 수 있다. 제 2 방출층 20 내의 홀들 305가 제 1 방출층 10을 갖는 제 1 계면 370에 도달하면, 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 340 내 전자들은 호스트의 더 낮은 에너지 HOMO 220 내로 쉽게 드롭 다운되어 홀들 305를 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 340 내로 전달할 수 있다.
- [0030] 홀들 305가 제 1 인광 도판트의 HOMO 340으로 들어가면, 이들은 호스트의 HOMO 220으로 쉽게 복귀하지 못할 수 있다. 이는 도판트 HOMO 340으로부터 호스트 HOMO 220으로의 홀의 이동이 호스트의 HOMO 220의 전자가 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 340 내로 전달될 것을 필요로 할 수 있기 때문일 수 있다. 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 에너지 수준 340이 호스트의 HOMO 에너지 수준 220 보다 실질적으로 더 높은 경우, 이러한 전자 이동은 크게 지연될 수 있다. 제 1 방출층 10에서 제 2 방출층 20 또는 제 3 방출층 30으로의 홀 이동은 제 1 인광 도판트의 HOMO 340에서 호스트의 HOMO 220으로의 홀 이동을 필요로 할 수 있으므로, 홀들은 제 1 방출층 내에 트랩핑될 수 있다.
- [0031] 또한, 도 3에 대해서, 제 1 인광 도판트 40의 LUMO 에너지 수준 350은 호스트 재료의 LUMO 에너지 수준 210보다 낮을 수 있다. 이 특정 예에서, 전자들 315는 나타난 방향 360으로 또는 제 3 방출층 30을 통해, 제 1 방출층 10을 통해, 이어서 제 2 방출층 20을 갖는 제 1 계면 370으로 이동할 수 있다. 제 3 방출층 30 내의 전자들 315가 제 1 방출층 10을 갖는 제 2 계면 320에 도달하면, 호스트의 LUMO 210 내의 전자들 315는 제 1 인광 도판트 40의 더 낮은 에너지 LUMO 350 내로 드롭 다운할 수 있다. 전자들 315가 제 1 인광 도판트의 더 낮은 에너지 LUMO 350에 들어가면, 이들은 호스트의 더 높은 에너지 LUMO 210으로 이동하기에 불충분한 에너지를 가질 수 있다. 따라서 제 2 방출층 20 또는 제 3 방출층 30으로의 이동에 호스트의 더 높은 에너지 LUMO 210으로 촉진되기 충분한 에너지를 수득하기 위한 전자 305가 필요할 수 있으므로 전자들은 제 1 방출층 10에 국한될 수 있다.
- [0032] 따라서, 도 3의 장치에, 또는 인광 도판트가 호스트 HOMO 에너지 수준보다 높은 HOMO 에너지 수준을 가지며 인광 도판트가 호스트 LUMO 에너지 수준보다 낮은 LUMO 에너지 수준을 갖는 임의 장치에서, 전자들 315 및 홀들 305는 제 1 방출층 내에 동시에 트랩핑될 수 있다. 제 1 방출층 내 전자들 315 및 홀들 305의 축적은 제 1 방출층 10, 제 1 방출층 10 및 제 2 방출층 20 간 제 1 계면 370, 및/또는 제 1 방출층 10 및 제 3 방출층 30 간 제 2 계면 320을 포함할 수 있는 여기자 발생 구역 380을 생성할 수 있다.

- [0033] 그러나, 전하 트랩핑은 호스트의 HOMO 에너지 수준 220이 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 에너지 수준 340과 유사한 경우에도 일어날 수 있다. 이러한 상황에서, 재료들의 HOMO 에너지 수준들은 홀들 305를 제 1 방출층 10에 국한하지 않을 수 있지만, 제 1 인광 도판트 40의 LUMO 에너지 수준 350이 호스트의 LUMO 에너지 수준 210보다 크게 낮은 경우 제 1 방출층 10 내 전자들 315의 축적은 여전히 유사한 여기자 발생 구역 380을 생성할 수 있다. 따라서 일부 구현예들에서, 호스트의 LUMO 에너지 수준 20은 인광 도판트의 LUMO 에너지 수준 350보다 적어도 약 0.05eV, 약 0.1eV, 또는 약 0.2eV 더 높거나 덜 하지 않으며 및/또는 인광 도판트의 HOMO 에너지 수준보다 최대 약 0.3eV, 약 0.70eV, 또는 약 1.6eV 더 높을 수 있다.
- [0034] 유사하게, 전하 트랩핑은 호스트의 LUMO 에너지 수준 210이 제 1 인광 도판트 40의 LUMO 에너지 수준 350과 유사한 경우에도 일어날 수 있다. 이러한 상황에서, 재료들의 LUMO 에너지 수준들은 전자들 315를 제 1 방출층 10에 국한하지 않을 수 있지만, 제 1 인광 도판트 40의 HOMO 에너지 수준 340이 호스트의 HOMO 에너지 수준 220보다 크게 높은 경우 제 1 방출층 10 내 홀들 305의 축적은 유사한 여기자 발생 구역 380을 여전히 생성할 수 있다. 따라서 일부 구현예들에서, 인광 도판트의 HOMO 에너지 수준은 호스트의 HOMO 에너지 수준보다 적어도 약 0.05eV, 약 0.1eV, 또는 약 0.2eV 더 높고(덜 하지 않으며) 및/또는 호스트의 HOMO 에너지 수준보다 최대 약 0.3eV, 약 0.70eV, 또는 약 1.6eV 더 높을 수 있다.
- [0035] 추가적인 인광 도판트들이 존재할 수 있고, 동일한 원리들이 도 3에 대해 제 1 인광 도판트에 대해 설명되는 것과 같이 적용될 수 있다. 그러나, 이러한 원리들을 설명하는데 있어서의 단순성을 위해, 이들은 도 3에 묘사하지 않았다.
- [0036] 인광 도판트는 층을 통한 홀 및/또는 전자 이동성을 감소시킬 수 있다. 따라서 인광 도판트로 도핑된 방출층은 동일한 호스트 재료를 포함하는 도핑되지 않은 층 대비 적어도 약 2, 약 4, 약 5, 약 10, 약 100, 또는 약 1000; 및/또는 최대 약 10,000, 100,000, 500,000 또는 약 1,000,000배 감소된 홀 이동성 및/또는 전자 이동성을 가질 수 있다. 예를 들어, 도 1a에서 제 1 방출층 10은 제 2 방출층 20 및 제 3 방출층 30 대비 감소된 홀 이동성 및/또는 전자 이동성을 가질 수 있다. 유사하게 도 1b에서, 제 1 방출층 10은 제 2 방출층 20 및 제 3 방출층 30 대비 더 높은 홀 이동성 및/또는 전자 이동성을 가질 수 있다.
- [0037] 여기자 형성은 전자들 및/또는 홀들의 농도가 증가함에 따라 및/또는 전자들 및/또는 홀들의 이동성이 증가함에 따라 증가할 수 있다. 도핑된 방출층 내에서 크게 감소된 홀 및/또는 전자 이동성은 감소된 이동 속도로 도핑된 방출층 내에 홀 및/또는 전자가 있는 시간이 증가하므로 도핑된 방출층 내 홀들 및/또는 전자들의 축적을 야기할 수 있다. 이러한 홀들 및/또는 전자들의 상대 농도 또는 모집단의 증가는 다른 층들에 비해 도핑된 방출층 내에서 생성된 여기자들의 수를 증가시킬 수 있다. 이는 또한 더 많은 홀 및/또는 전자 이동성 재료로 계면에 형성된 여기자들의 수를 증가시킬 수 있다. 이는 홀들 및/또는 전자들의 높은 농도 및 높은 이동성이 모두 여기자 형성을 선호하며, 계면이 저 이동성 층으로부터 고농도의 홀들 및/또는 전자들을 갖고, 고이동성 층으로부터의 높은 전자 및/또는 홀 이동성을 갖기 때문에 일어날 수 있다.
- [0038] 예컨대 도 3에 묘사된 방출성 구조체에 대해, 홀 이동성과 거의 동일한 전자 이동성을 갖는 호스트 재료는 여기자들이 여기자 발생 구역 380에 형성되는 경향성을 증가시킬 수 있다. 제 3 방출층 30과 거의 동일한 두께를 갖는 제 2 방출층 20도 여기자들이 여기자 발생 구역 380에 형성되는 경향성을 증가시킬 수 있다. 일부 구현예들에서, 제 2 방출층 20은 약 2nm 두께 내지 약 50nm 두께를 가질 수 있고/있거나 제 3 방출층 30은 약 2nm 두께 내지 약 50nm 두께를 가질 수 있다.
- [0039] 여기자가 기저 상태로 완화되기 전에 이동하는 평균 거리를 "확산 길이"로 부를 수 있다. 삼중항 확산 길이들은 약 10nm 미만 범위일 수 있는 단일 확산 길이들에 비해 약 10nm 내지 약 100nm 범위로 훨씬 더 클 수 있다. 따라서 일부 구현예들에서, 도핑되지 않은 층의 두께는 방출성 구조체에서 청색 방출량을 증가시킬 수 있는 형광 방출을 증가시키도록 증가될 수 있다. 삼중항 확산 길이들이 훨씬 더 클 수 있으므로, 이는 삼중항 방출을 감소시키지 않고 수행될 수 있다. 따라서 일부 구현예들에서, 도핑되지 않은 방출층은 적어도 약 1nm, 적어도 약 2nm, 적어도 약 5nm, 또는 적어도 약 10nm; 최대 약 50nm, 약 70nm, 약 100nm, 또는 약 150nm; 및/또는 약 15nm 내지 약 20nm의 두께를 가질 수 있다.
- [0040] 일부 구현예들에서, 인광 도판트를 포함하는 방출층은 적어도 약 1nm, 약 2nm, 또는 약 5nm; 및/또는 최대 약 10nm, 약 15nm, 또는 약 20nm의 두께를 가질 수 있다. 일부 구현예들에서, 도핑되지 않은 방출층(들)은 약 15nm 내지 약 20nm 두께를 가질 수 있고/있거나 도핑된 방출층(들)은 약 2 내지 약 10nm 두께를 가질 수 있다.
- [0041] 일부 구현예들에서, 본원에 기재된 장치들은 백색광을 방출하도록 구성될 수 있다. 백색광은 제 1 컬러의 호스

트 재료로부터의 방출, 제 2 컬러의 제 1 인광 도판트로부터의 방출, 및 제 3 컬러의 제 2 인광 도판트로부터의 방출의 조합으로 제공될 수 있다.

[0042] 형광에 의해 발광하는 임의의 재료가 제 1 호스트 재료, 제 2 호스트 재료, 제 3 호스트 재료 등을 포함하는 호스트 재료로 사용될 수 있다. 일부 구현예들에서, 호스트 재료는 형광에 의해 청색광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 호스트 재료는 적어도 약 400nm, 약 420nm, 약 440nm, 또는 약 450nm; 최대 480nm, 약 490nm, 약 495nm, 또는 약 500nm; 및/또는 약 460nm 내지 약 480nm, 또는 약 470nm의 형광 방출성 피크 파장을 가질 수 있다. 일부 방출성 구조체들에서, 호스트 재료는 모든 방출층들, 예컨대 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및 제 3 방출층에 존재할 수 있다.

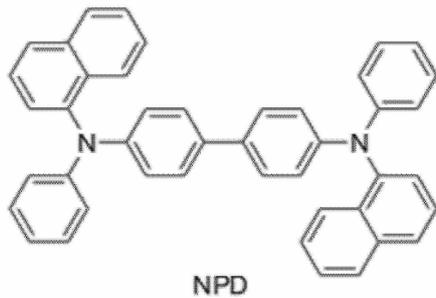
[0043] 전술된 바와 같이, 임의의 호스트 재료가 임의의 인광 도판트들보다 큰 삼중항 에너지를 가질 수 있다. 예를 들어, 호스트 재료는 적어도 약 2.0eV, 약 2.2eV, 약 2.5eV, 또는 약 2.6eV; 및/또는 최대 약 2.8eV, 약 2.9eV, 또는 약 3.2eV의 삼중항 에너지를 가질 수 있다.

[0044] 임의의 호스트 재료는 양극성(ambipolar)일 수 있으며, 이에 따라 홀들 및 전자들을 모두 수송할 수 있다. 일부 구현예들에서, 전자 이동성 대 홀 이동성의 비는 적어도 약 0.001, 약 0.01, 약 0.1, 약 0.5, 또는 약 0.9일 수 있고/있거나 최대 약 1.1, 약 5, 약 10, 약 100, 또는 약 1000일 수 있고/있거나 약 1일 수 있다. 호스트 재료들의 일부 예들을 이들의 추정 HOMO 및 LUMO 에너지들과 함께 하기 표 1에 나타낸다. 일부 구현예들에서, 호스트는 하나 이상의 HO-3, HO-2, NPD, 및 4PNPD를 포함한다. 예를 들어, 제 1 호스트 재료, 제 2 호스트 재료, 및/또는 제 3 호스트 재료는 하나 이상의 HO-3, HO-2, NPD, 및 4PNPD를 포함할 수 있다.

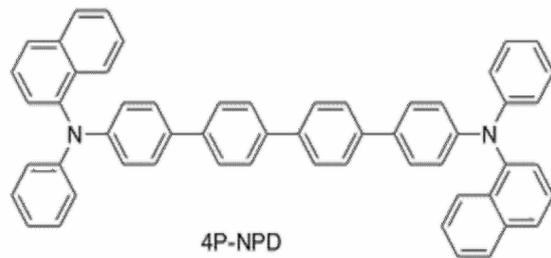
표 1

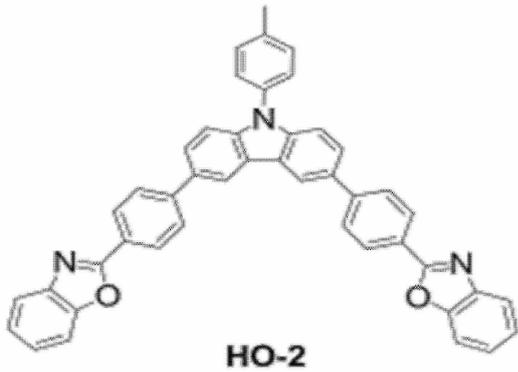
호스트 재료	LUMO 에너지 수준(eV)	HOMO 에너지 수준(eV)
NPD	-2.7	-5.2
4PNPD	-2.7	-5.6
NO-2	-2.88	-5.96
NO-3	-2.33	-5.23

[0046]

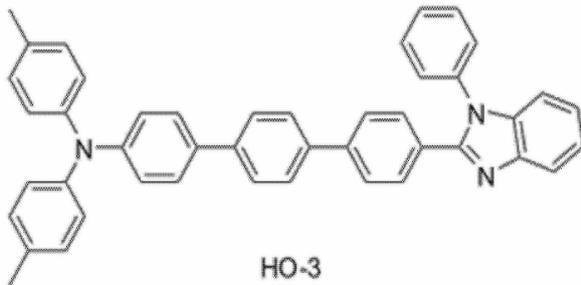


[0047]

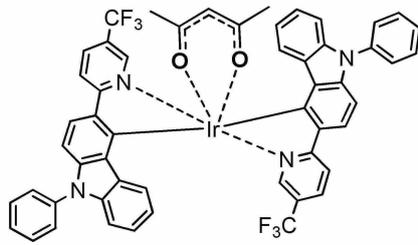




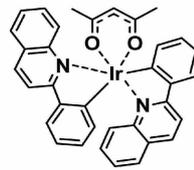
- [0048]
- [0049] 2,2'-(4,4'-(9-*p*-톨일-9*H*-카르바졸-3,6-디일)비스(4,1-페닐렌))디벤조[*d*]옥사졸



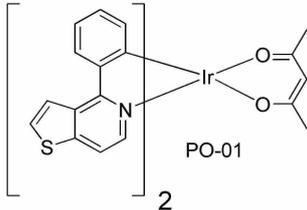
- [0050]
- [0051] 다른 호스트 재료들을 포함하는 다른 재료들에 있어서, HOMO 및 LUMO 에너지 수준들은 당분야에 공지된 몇몇 통상적 방법들, 예로 용액 전기화학, 자외선 광전자 분광측정(UPS), 역상 광방출 분광측정 등에 의해 취득될 수 있다. 일부 구현예들에서, OLED들에서 사용될 유기 재료들에 대한 HOMO 및 LUMO 에너지 수준들은 GPES/FRA 소프트웨어(버전 4.9)와 함께 Metrohm USA(Riverview, FLA, USA)에서 제조한 순환 전압측정(CV) 기기(모델 μ Autolab 유형 II)를 이용하여 취득될 수 있다.
- [0052] 인광 도판트는 인광에 의해 발광하는 임의 재료일 수 있다. 제 1 인광 도판트, 제 2 인광 도판트, 및 존재할 수 있는 임의의 추가적 인광 도판트들에 대해 사용되는 재료들은 상호교환 가능하며, 제 1 인광 도판트 및 제 2 인광 도판트는 동일한 재료일 수 있다.
- [0053] 일부 구현예들에서, 인광 도판트는 녹색 내지 적색 범위, 예컨대 약 480nm 내지 약 800nm인 광자들을 방출할 수 있다. 예를 들어, 일부 녹색 광자들은 적어도 약 480nm 또는 약 490nm 내지 약 560nm 또는 약 570nm 범위의 파장을 가질 수 있으며; 일부 황색 광자들은 적어도 약 560nm 또는 약 570nm 내지 약 580nm 또는 약 590nm 범위의 파장을 가질 수 있고; 일부 오렌지색 광자들은 적어도 약 580nm 또는 약 590nm 내지 약 620nm 또는 약 630nm 범위의 파장을 가질 수 있고; 일부 적색 광자들은 적어도 약 620nm 또는 약 630nm 내지 약 760nm 또는 약 800nm 등의 범위의 파장을 가질 수 있다. 상술된 범위 내 피크 방출성 파장을 갖는 인광 도판트로부터 방출된 빛은 해당 범위에 관련된 컬러를 갖는 것으로 나타날 수 있다.
- [0054] 방출성 구조체에 의해 방출되는 빛의 컬러는 사용되는 임의의 인광 도판트들에 따라 조정될 수 있다. 예를 들어, 방출광의 컬러는 인광 도판트에서 방출되는 빛의 컬러에 의존할 수 있다. 방출광의 컬러는 또한 인광 도판트의 농도에 의존할 수 있다. 예를 들어, 증가된 농도의 녹색 인광 도판트는 방출성 구조체에 의해 방출되는 빛이 더 녹색이 되도록 만들 수 있고, 또는 증가된 농도의 오렌지색 인광 도판트는 방출성 구조체에 의해 방출되는 빛이 더 오렌지색이 되도록 만들 수 있는 등과 같다. 따라서 컬러는 임의의 원하는 컬러를 방출하는 방출성 구조체 또는 백색 발광 방출성 구조체를 취득하도록 조정될 수 있다.
- [0055] 일부 구현예들에서, 인광 도판트는 Ir 복합체를 포함할 수 있다. Ir 복합체를 포함하는 인광 도판트들의 일부 예들은 Ir-(pq)₂acac, Ir(phq)₂acac, Ir(piq)₂acac, Ir(piq)₃, YE-1, PO-01 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 인광 도판트 및/또는 제 2 인광 도판트는 하나 이상의 Ir-(pq)₂acac, Ir(phq)₂acac, Ir(piq)₂acac, Ir(piq)₃, YE-1, 및 PO-01을 포함할 수 있다.



YE-1

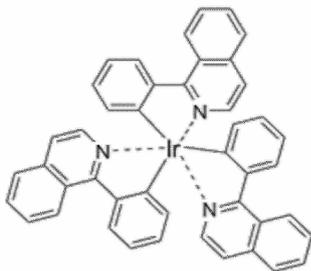


[Ir(pq)₂(acac)]

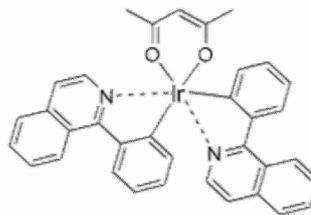


2

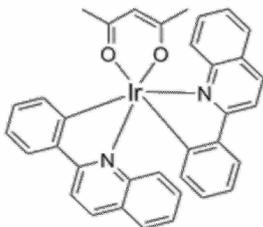
[0056]



Ir(piq)₃



Ir(piq)₂acac



Ir(phq)₂acac

[0057]

[0058] 일부 구현예들에서, 형광 게스트는 임의의 방출층들, 예컨대 제 1 방출층, 제 2 방출층, 제 3 방출층 등에 첨가될 수 있다.

[0059] 일부 구현예들에서, 발광 장치는 본원에 기재된 방출성 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 발광 장치는 애노드, 캐소드, 및 방출성 구조체를 포함할 수 있으며, 여기서 방출성 구조체는 애노드와 캐소드 사이에 배치될 수 있다.

[0060] 애노드는 단층일 수 있고, 통상적 재료, 예컨대 금속, 혼합 금속, 합금, 금속 산화물 또는 혼합-금속 산화물, 또는 전도성 중합체를 포함하는, 캐소드보다 높은 일 함수를 갖는 임의 재료를 포함할 수 있다. 적합한 금속들의 예들은 1족 금속들, 4, 5, 6족의 금속들, 8-10족 전이 금속들을 포함한다. 애노드층이 발광성이어야 하는 경우, 12, 13, 및 14족 금속들의 혼합-금속 산화물들 또는 이들의 조합들의 산화물들, 예컨대 Au, Pt, 및 인듐-주석-산화물(ITO)이 사용될 수 있다. 애노드층은 유기 재료, 예컨대 ["Flexible light-emitting diodes made from soluble conducting polymer," Nature, vol. 357, pp. 477-479(1992. 6. 11.)]에 기재된 바와 같은 폴리 아닐린, 예로 [H.P. Boehm, R. Setton and E. Stump (1994). "Nomenclature and terminology of graphite intercalation Compounds". Pure and Applied Chemistry 66: 1893-1901]에 기재된 바와 같은 그래핀, 및/또는 예로 [Juni 등, US 출원 20080152573 (WO/2008/140505)]에 기재된 바와 같은 탄소 나노튜브들을 포함할 수 있

다. 적합한 높은 일 함수의 전기적 도체들의 예들에는 비제한적으로 Au, Pt, 인듐-주석-산화물(ITO), 또는 이들의 합금들이 포함된다. 애노드층은 그 기능을 수행하기 적합한 임의의 두께, 예컨대 약 1nm 내지 약 1000nm 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0061] 애노드에 유용할 수 있는 일부 재료들의 근사 일 함수들이 하기 표 2에 포함된다.

표 2

[0062]

금속	일 함수(eV)
인듐-주석-산화물(ITO)	4.7
인듐-아연-산화물(IZO)	4.7
Al	4.28
Ag	4.26
Zn	4.33
Zr	4.05
Sn	4.42
V	4.3
Hg	4.49
In	4.12
Ti	4.3

[0063] 캐소드는 단층일 수 있고, 애노드층보다 낮은 일 함수를 갖는 재료를 포함할 수 있다. 캐소드층에 대해 적합한 재료들의 예들은 1족 알칼리 금속들, 2족 금속들, 희토류 원소들, 란타늄 원소들 및 악티늄 원소들을 포함하는 12족 금속들, 재료들, 예컨대 알루미늄, 인듐, 칼슘, 바륨, 사마륨 및 마그네슘, 및 이들의 조합들을 포함할 수 있다. Li-함유 유기금속 화합물들 LiF, 및 Li₂O는 작동 전압을 낮추기 위해 유기층 및 캐소드층 사이에 선택적으로 적층될 수 있다. 적합한 낮은 일 함수의 금속들은 비제한적으로 Al, Ag, Mg, Ca, Cu, Mg/Ag, LiF/Al, CsF, CsF/Al 또는 이들의 합금들을 포함할 수 있다. 캐소드층은 그 기능을 수행하기 적합한 임의의 두께, 예컨대 약 1nm 내지 약 1000nm 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0064] 캐소드에 유용할 수 있는 일부 재료들의 근사 일 함수들이 하기 표 3에 포함된다.

표 3

[0065]

금속	일 함수(eV)
LiF/Al	3.6
Mg	3.72
Mg/Ag	4.12
Al	4.28

[0066] 일부 구현예들에서, 발광 장치는 홀-수송층(HTL)을 추가로 포함할 수 있고, 이는 방출성 구조체 및 애노드 사이에 배치될 수 있다. 홀 수송층은 당분야에 공지된 것들을 포함하는 임의의 홀-수송 재료를 포함할 수 있다. 일부 장치들에 있어서, HTL 내 재료(들)의 HOMO 에너지 수준 및 애노드층의 일 함수 간 차이는 애노드에서 효율적인 홀 수송을 허용하기 충분히 작을 수 있다. HTL은 전자 차단층 및/또는 여기자 차단층으로도 기능하는 재료를 선택적으로 포함할 수 있다.

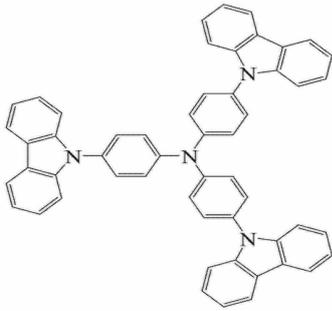
[0067] 홀-수송 재료들의 일부 예들은 하나 이상의 방향족-치환 아민, 카르바졸, 폴리비닐카르바졸(PVK), 예로 폴리(9-비닐카르바졸); N,N'-비스(3-메틸페닐)N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(TPD); 폴리플루오렌; 폴리플루오렌 공중합체; 폴리(9,9-디-n-옥틸플루오렌-알트-벤조티아디아졸); 폴리(파라페닐렌); 폴리[2-(5-시아노-5-메틸헥실옥시)-1,4-페닐렌]; 1,1-비스(4-비스(4-메틸페닐)아미노페닐)시클로hex산; 2,9-디메틸-4,7-디페닐-1,10-펜안트롤린; 3,5-비스(4-tert-부틸-페닐)-4-페닐[1,2,4]트리아졸; 3,4,5-트리페닐-1,2,3-트리아졸; 4,4',4"-트리스(N-(나프틸렌-2-일)-N-페닐아미노)트리페닐아민; 4,4',4"-트리스(3-메틸페닐페닐아미노)트리페닐아민(MTDATA); 4,4'-비스[N-(나프틸)-N-페닐-아미노]비페닐(α -NPD); 4,4'-비스[N,N'-(3-톨일)아미노]-3,3'-디메틸비페닐(HMTPD); 4,4'-N,N'-디카르바졸-비페닐(CBP); 1,3-N,N'-디카르바졸-벤젠(mCP); 폴리(9-비닐카르바졸)(PVK); 벤지딘; 페닐렌디아민; 프탈로시아닌 금속 복합체; 폴리아세틸렌; 폴리티오펜; 트리페닐아민; 옥사디아졸; 구리 프탈로시아닌; N,N',N"-1,3,5-트리카르바졸로일벤젠(tCP); N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘; 이들

의 혼합물 등을 포함할 수 있다.

[0068] 홀-수송 재료로 유용할 수 있는 일부 재료들의 근사 LUMO 에너지 수준들 및 HOMO 에너지 수준들이 하기 표 4에 포함된다.

표 4

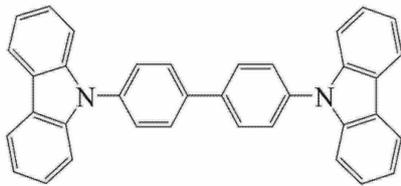
홀 수송 화합물	LUMO 에너지 수준(eV)	HOMO 에너지 수준(eV)
DTASi	-2.20	-5.60
TCTA	-2.43	-5.83
CBP	-2.80	-6.10
α -NPD	-2.40	-5.50
4CzPBP	-2.60	-6.06



TCTA

[0070]

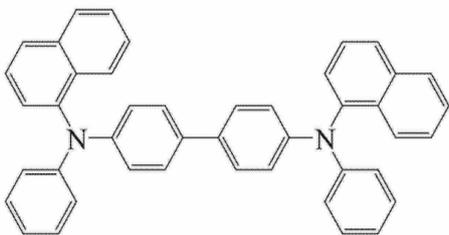
[0071] TCTA(4,4',4''-트리스(카르바졸-9-일)-트리페닐아민)



CBP

[0072]

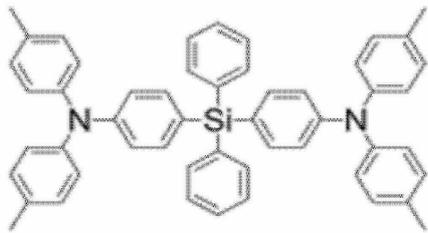
[0073] CBP(4,4'-N,N'-디카르바졸-비페닐)



α -NPD

[0074]

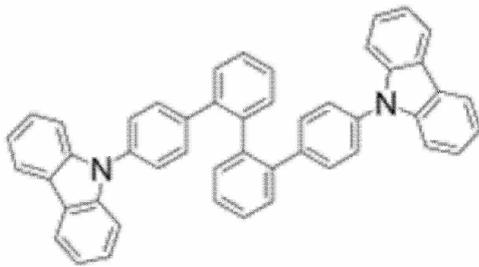
[0075] α-NPD(4,4'-비스[N-(나프틸)-N-페닐아미노]비페닐)



DTASi

[0076]

[0077] DTASi(비스(4-p,p'-디톨일-아미노)페닐)디페닐실란



4CzPBP

[0078]

[0079] 4CzPBP(2,2'-비스(4-카르바졸릴페닐)-1,1'-비페닐)

[0080] 일부 구현예들에서, 발광 장치는 전자-수송층(ETL)을 포함할 수 있고, 이는 캐소드층 및 방출성 구조체 사이에 배치될 수 있다. ETL은 당분야에 공지된 것들을 포함하는 임의의 전자-수송 재료를 포함할 수 있다. 일부 장치들에 있어서, ETL 내 재료(들)의 LUMO 에너지 수준 및 캐소드층의 일 함수 간 차이는 캐소드에서 효율적인 전자 수송을 허용하기 충분히 작을 수 있다. 선택적으로 ETL은 홀 차단층 및/또는 여기자 차단층으로도 기능하는 재료로 형성될 수 있다.

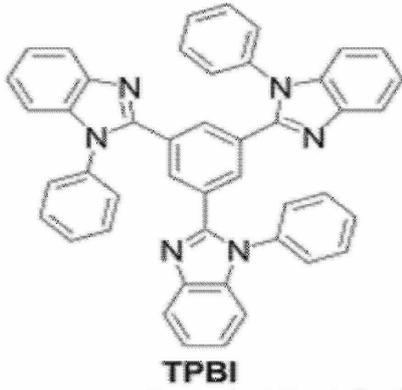
[0081] 전자-수송 재료의 일부 예들은 하나 이상의 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(PBD); 1,3-비스(N,N-t-부틸-페닐)-1,3,4-옥사디아졸(OXD-7), 1,3-비스[2-(2,2'-비피리딘-6-일)-1,3,4-옥사디아조-5-일]벤젠; 3-페닐-4-(1'-나프틸)-5-페닐-1,2,4-트리아졸(TAZ); 2,9-디메틸-4,7-디페닐-펜안트롤린(바토쿠프로인 또는 BCP); 알루미늄 트리스(8-히드록시퀴놀레이트)(Alq₃); 및 1,3,5-트리스(2-N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠(BPY-OXD); 3-페닐-4-(1'-나프틸)-5-페닐-1,2,4-트리아졸(TAZ), 2,9-디메틸-4,7-디페닐-펜안트롤린(바토쿠프로인 또는 BCP); 및 1,3,5-트리스[2-N-페닐벤즈이미다졸-2-일]벤젠(TPBI)을 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 전자 수송층은 알루미늄 퀴놀레이트(Alq₃), 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(PBD), 펜안트롤린, 퀴녹살린, 1,3,5-트리스[N-페닐벤즈이미다졸-2-일]벤젠(TPBI), 또는 이들의 유도체 또는 혼합물일 수 있다.

[0082] 전자-수송 재료로 유용할 수 있는 일부 재료들의 LUMO 에너지 수준 및 HOMO 에너지 수준이 하기 표 5에 포함된다.

표 5

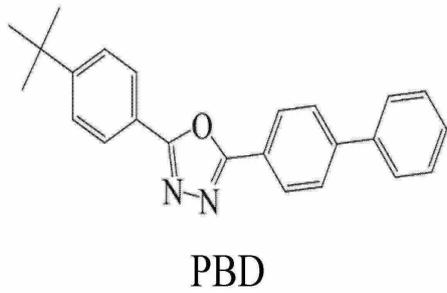
[0083]

전자 수송 재료	LUMO 에너지 수준(eV)	HOMO 에너지 수준(eV)
TPBI	-2.70	-6.20
PBD	-2.60	-6.20
OXD-7	-2.60	-6.40
TAZ	-2.70	-6.30
Alq ₃	-3.00	-5.70
BCP	-2.80	-6.10



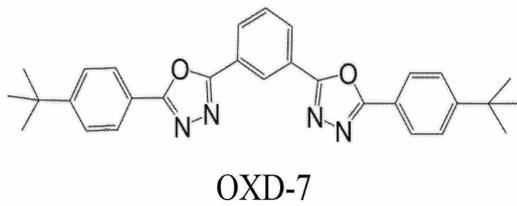
[0084]

[0085] TPBI(1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠)



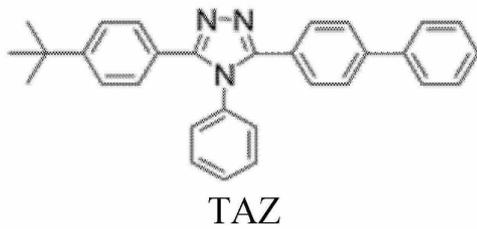
[0086]

[0087] PBD(2-(4-비페닐일)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸)



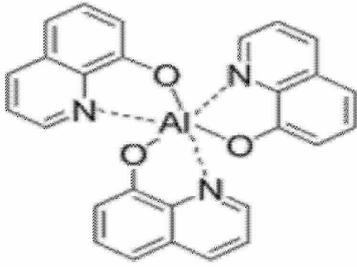
[0088]

[0089] OXD-7(1,3-비스[(p-t-부틸-페닐)-1,3,4-옥사디아졸]벤젠)



[0090]

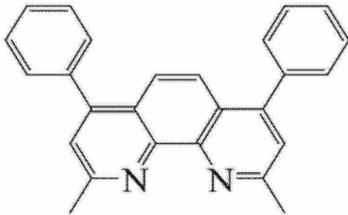
[0091] TAZ(3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-tert-부틸페닐-1,2,4-트리아졸)



AlQ3

[0092]

[0093] AlQ3(알루미늄 트리(8-히드록시퀴놀레이트))



BCP

[0094]

[0095] BCP(2,9-디메틸-4,7-디페닐-펜안트롤린)

[0096] 일부 발광 장치들에서, 후속층들에 대한 HOMO 및 LUMO 에너지 수준들은 계단식 구조로 배열될 수 있다. 이들 장치들에서, 층의 에너지 수준들은 애노드의 일 함수에서부터 애노드에서 나가는 후속층들의 HOMO 에너지 수준들로 점차 감소될 수 있다. 예를 들어, 일 함수의 값 또는 HOMO 에너지 수준은 예컨대 애노드>홀-수송>방출성 호스트>전자 수송의 상대적 순서를 가질 수 있다. 다른 방향에서, 층들의 에너지 수준들은 캐소드의 일 함수에서부터 캐소드에서 나오는 후속층의 LUMO 에너지 수준들로 점차 증가될 수 있다. 예를 들어, 일 함수의 값 또는 LUMO 에너지 수준은 예컨대 캐소드<전자 수송<방출성 호스트<홀 수송의 상대적 순서를 가질 수 있다.

[0097] 일부 구현예들에서, 방출성 구조체는 여기자들이 방출성 구조체에서 더 쉽게 발생할 수 있도록 장치의 나머지에 대해 반계단식일 수 있다. 반계단식 방출성 구조체는 사이에 배치시키는 두 층들, 예컨대 전자-수송층 및 홀-수송층보다 낮은 LUMO 에너지 수준을 갖는 호스트; 및/또는 사이에 배치시키는 두 층들, 예컨대 전자-수송층 및 홀-수송층보다 높은 HOMO 에너지를 갖는 호스트를 가질 수 있다.

[0098] 방출성 구조체가 반계단식인 구현예들에서, 방출성 구조체의 호스트 내 더 낮은 LUMO 에너지 수준은 호스트 재료 및 홀-수송층 간 에너지 갭이 전자들이 호스트 재료로부터 홀 수송층 내로 이동하는 것을 실질적으로 방해하도록 충분히 크게 만들 수 있다. 따라서 전자들이 방출성 구조체에 축적될 수 있고, 이는 여기자들의 발생을 증가시킬 수 있다. 유사하게, 방출성 구조체의 호스트 내 더 높은 HOMO 에너지 수준은 호스트 재료 및 홀-수송층 간 에너지 갭이 홀들이 호스트 재료로부터 전자 수송층 내로 이동하는 것을 실질적으로 방해하도록 충분히 크게 만들 수 있다. 따라서 홀들이 방출성 구조체에 축적될 수 있고, 이는 여기자들의 발생을 증가시킬 수 있다.

[0099] 일부 구현예들에서, 발광 장치는 홀-주입층을 포함할 수 있고, 이는 방출성 구조체 및 애노드 사이에 배치될 수 있다. 홀-주입층에 포함될 수 있는 다양하고 적합한 홀-주입 재료들은 당분야 숙련자에게 공지되어 있으며, 예컨대 하기에서 선택되는 선택적으로 치환된 화합물일 수 있다: 폴리티오펜 유도체, 예컨대 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜(PEDOT)/폴리스티렌 설펜산(PSS), 벤지딘 유도체, 예컨대 N,N,N',N'-테트라페닐벤지딘, 폴리(N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘), 트리페닐아민 또는 페닐렌디아민 유도체, 예컨대 N,N'-비스(4-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-1,4-페닐렌디아민, 4,4',4''-트리(스(N-(나프틸렌-2-일)-N-페닐아미노)트리페닐아민, 옥사디아졸 유도체, 예컨대 1,3-비스(5-(4-디페닐아미노)페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일)벤젠, 폴리아세틸렌 유도체, 예컨대 폴리(1,2-비스-벤질티오-아세틸렌), 및 프탈로시아닌 금속 복합체 유도체, 예컨대 프탈로시아닌 구리(CuPc). 일부 구현예들에서, 여전히 수송 홀들일 수 있는 홀-주입 재료들은 통상적 홀 수송 재료들의 홀 이동성

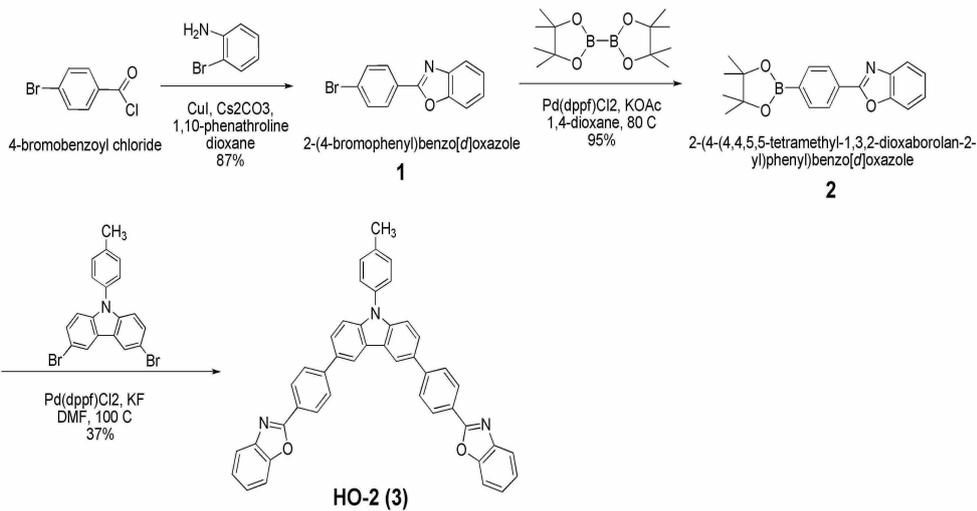
보다 실질적으로 적은 홀 이동성을 가질 수 있다.

[0100] 일부 구현예들에서, 제 1 방출층, 제 2 방출층, 및/또는 제 3 방출층의 호스트 재료는 HO-2, HO-3, NPD, 및/또는 4PNPD를 포함할 수 있으며; 제 1 인광 도판트는 Ir(PIQ)2(acac), Ir-(pq)2acac, Ir(phq)2acac, Ir(piq)3, YE-1, 및/또는 PO-01을 포함할 수 있고; 제 1 방출층은 약 1nm 내지 약 20nm, 또는 약 5nm 또는 약 15nm인 두께를 가질 수 있고; 제 2 방출층은 약 1nm 내지 약 20nm, 또는 약 5nm 또는 약 15nm인 두께를 가질 수 있고; 제 3 방출층은 약 1nm 내지 약 20nm, 또는 약 5nm 또는 약 15nm인 두께를 가질 수 있다. 이러한 방출성 구조체를 포함하는 일부 장치들은 TBPI를 포함할 수 있는 전자-수송층을 추가 포함할 수 있다. 이러한 전자-수송층은 제 2 방출층 및 캐소드 사이에 배치될 수 있고, 약 30nm 내지 약 50nm, 또는 약 40nm의 두께를 가질 수 있다. 이러한 장치들의 일부에서, 캐소드는 LiF/Al일 수 있다. 상기 방출성 구조체를 포함하는 이러한 장치들의 일부는 DTASi를 포함할 수 있는 홀-수송층을 추가로 포함할 수 있다. 홀-수송층은 제 3 방출층 및 홀-주입층 사이에 배치될 수 있다. 홀 주입층은 PEDOT/PSS를 포함할 수 있다. 홀-수송층은 적어도 약 10nm 또는 약 20nm; 및/또는 최대 약 40 nm 또는 약 150nm의 두께를 가질 수 있거나; 또는 약 30nm일 수 있다. 홀 주입층은 적어도 약 2nm, 약 30nm; 및/또는 최대 약 50nm 또는 약 100nm의 두께를 가질 수 있거나; 또는 약 40nm일 수 있다. 홀-주입층은 홀-수송층 및 애노드 사이에 배치될 수 있다. 애노드는 ITO일 수 있다.

[0101] 본원에 기재된 방출성 구조체를 포함하는 발광 장치는 본원에서 제공되는 지침에 의해 공지되는 바와 같이, 당 분야에 공지된 기법들을 이용하여 제작될 수 있다. 예를 들어, 유리 기재는 높은 일 함수의 금속 또는 금속 산화물, 예컨대 애노드로 작용할 수 있는 ITO로 코팅될 수 있다. 애노드층이 패터닝된 후, 방출성 구조체의 발광층들은 애노드 상에 적층될 수 있다. 이어서 낮은 일 함수의 금속, 예컨대 LiF/Al을 포함할 수 있는 캐소드층이 발광층 상에 적층, 예로 증착될 수 있다. 전자 수송층 및/또는 홀 수송층은 또한 본원에서 제공되는 지침에 의해 공지되는 바와 같이 당 분야에 공지된 기법들을 이용하여 장치에 추가될 수 있다.

[0102] **실시예 1**

[0103] 호스트 화합물의 합성의 한 예



[0104]

[0105] (상기 반응식에서 각각의 화합물의 한글명칭은 다음과 같다: 4-브로모벤조일 클로라이드; 1,10-펜안트롤린 디옥산 87%; 2-(4-브로모페닐)벤조[d]옥사졸; 1,4-디옥산, 80 °C, 95%; 2-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-디옥사보롤란-2-일)페닐)벤조[d]옥사졸)

[0106] **2-(4-브로모페닐)벤조[d]옥사졸(1):** 무수 1,4-디옥산(80mL) 중 4-브로모벤조일클로라이드(4.84g, 22mmol), 2-브로모아닐린(3.8g, 22mmol), CuI(0.21g, 1.1mmol), Cs₂CO₃(14.3g, 44mmol) 및 1,10-펜안트롤린(0.398g, 2.2mmol)의 혼합물을 탈기하고 아르곤 하에 하룻밤 동안 약 125 °C에서 가열하였다. 혼합물을 냉각하고 에틸 아세테이트 (~200mL) 내로 부어 여과하였다. 여액을 실리카 겔 상에 흡착하고, 컬럼 크로마토그래피로 정제하고 (헥산/에틸 아세테이트 4:1) 헥산에 의해 침전시켜 백색 고체를 얻었다(5.2g, 87% 수율).

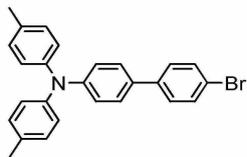
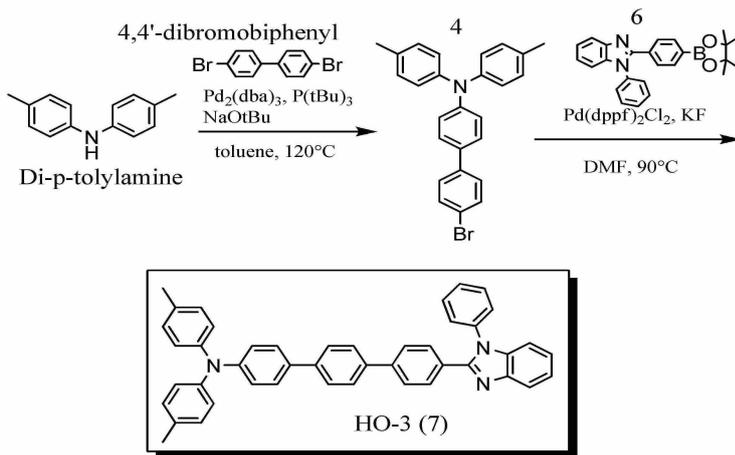
[0107] **2-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-디옥사보롤란-2-일)페닐)벤조[d]옥사졸(2):** 무수 1,4-디옥산(80mL) 중 화합물

1(4.45g, 16mmol), 비스(피나콜레이트)디보란(4.09g, 16.1mmol), 무수 칼륨 아세테이트(3.14g, 32mmol) 및 Pd(dppf)Cl₂ (0.48g, 0.66mmol)의 혼합물을 탈기하고 아르곤 하에 약 48시간 동안 약 85°C에서 가열하였다. 실온으로 냉각 후, 혼합물을 에틸 아세테이트(~200mL) 내로 붓고 여과하였다. 여액을 실리카 겔 상에 흡착하고 컬럼 크로마토그래피로 정제하여(헥산/에틸 아세테이트, 4:1) 백색 고체를 얻었다(4.15g, 81% 수율).

[0108] **HO-2(3):** DMF(100mL) 중 3,6-디브로모-9-*p*-톨일-9H-카르바졸(2.62g, 6.35mmol), 화합물 1(4.08g, 12.7mmol), Pd(dppf)Cl₂ 및 KF(2.21g, 38mmol)의 혼합물을 아르곤 하에 하룻밤 동안 약 120°C에서 가열하였다. 혼합물을 실온으로 냉각 후, 물(~200mL)로 붓고 여과하였다. 고체를 수집하여 클로로포름(~200mL) 중에 재용해하였다. 물을 제거한 후 클로로포름 용액을 Na₂SO₄에 걸쳐 건조하였다. 클로로포름 용액을 실리카 겔 상에 흡착하고, 컬럼 크로마토그래피로 정제하고(디클로로메탄 대 디클로로메탄/에틸 아세테이트의 구배 20:1), 디클로로메탄 중에 재결정화하여 담황색 결정성 고체를 얻었다(1.5g, 37% 수율).

[0109] **실시예 2**

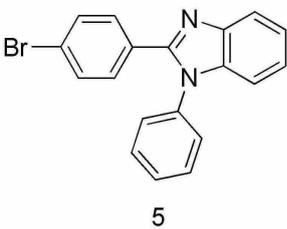
[0110] (하기 반응식에서 화합물들의 한글명칭은 다음과 같다: 디-*p*-톨일아민; 4,4'-디브로모비페닐; 톨루엔, 120°C)



[0111]

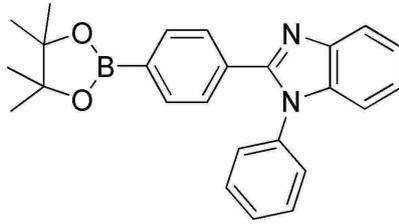
[0112] **화합물 4**

[0113] **4'-브로모-N,N-디-*p*-톨일비페닐-4-아민(화합물 4):** 트리스(디벤질리텐아세톤)디팔라듐(353mg, 0.385mmol), 및 트리-*tert*-부틸 포스핀(헥산 중 10% 용액 3.11g)의 혼합물을 톨루엔(무수, 50mL) 중에서 20분 동안 탈기하였다. 디-*p*-톨일아민(3.00g, 15.2mmol), 및 4,4'-디브로모비페닐(4.80g, 15.4mmol)을 첨가하고 혼합물을 15분 동안 추가 탈기하였다. 나트륨 *tert*-부톡시드(2.4g, 25mmol)를 첨가하고 혼합물을 10분 동안 추가 탈기하였다. 전체를 아르곤 하에 120°C에서 하룻밤 동안 가열하였다. 냉각 후, 혼합물을 디클로로메탄(DCM) 내로 붓고 고체를 여과 제거하였다. 여액을 물 및 염수로 세척하였다. 유기층을 수집하고 나트륨 설페이트에 걸쳐 건조한 뒤 실리카 겔 상에 로딩하였다. 플래시 컬럼(헥산 중 2-20% 에틸 아세테이트 구배)으로 190mg의 물질을 얻고(3% 수율); HNMR로 순도를 확인하였다.



[0114]

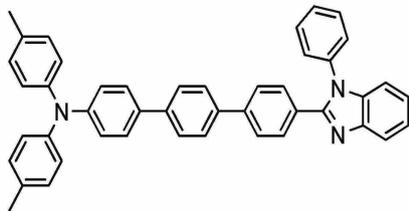
[0115] **2-(4-브로모페닐)-1-페닐-1H-벤조[d]이미다졸(5)**: 무수 1,4-디옥산(100mL) 중 아미드 1(9.6g, 26mmol)의 현탁액에 포스포러스 옥시클로라이드(POCl₃)(9.2mL, 100mmol)를 천천히 첨가하였다. 이어서 전체를 하룻밤 동안 100℃에서 가열하였다. 실온으로 냉각 후, 혼합물을 교반하면서 얼음(200g) 내로 부었다. 여과 후 DCM/헥산 중에서 재결정화하여 담회색 고체(화합물 5)를 얻었다(8.2g, 90% 수율).



6

[0116]

[0117] **1-페닐-2-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-디옥사보롤란-2-일)페닐)-1H-벤조[d]이미다졸(6)**: 1,4-디옥산(20mL) 중 화합물 5(0.70g, 2mmol), 비스(피나콜레이트)디보란 (0.533g, 2.1mmol), 1,1'-비스(디페닐포스포노)페로센]디클로로팔라듐(Pd(dppf)Cl₂)(0.060g, 0.08mmol) 및 무수 칼륨 아세테이트(0.393g, 4mmol)의 혼합물을 아르곤 하에 하룻밤 동안 80℃에서 가열하였다. 실온으로 냉각 후, 전체 혼합물을 에틸 아세테이트(80mL)로 희석한 후 여과하였다. 용액을 실리카 겔 상에 흡착한 뒤, 컬럼 크로마토그래피로 정제하여(헥산/에틸 아세테이트 5:1 내지 3:1) 백색 고체(화합물 6)를 얻었다(0.64g, 81% 수율).



[0118]

[0119] **화합물 HO-3(7)**

[0120] **화합물 4**(170mg, 0.397mmol), 1-페닐-2-(4-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-디옥사보롤란-2-일)페닐)-1H-벤조[d]이미다졸(173mg, 0.436mmol), 1,1'-비스(디페닐포스포노)페로센]디클로로팔라듐(15mg, 0.02mmol), 및 칼륨 플루오라이드(70mg, 1.2mmol)의 혼합물을 30분 동안 디메틸포름아미드(무수, 15mL) 중에 탈기하였다. 혼합물을 아르곤 하에 하룻밤 동안 90℃로 가열하였다. 냉각 후 혼합물을 수증기로 붓고 여과하였다. 고체들을 DCM(50mL) 중에 용해하고 용액을 물 및 염수로 세척하였다. 첫번째 여과로부터의 여액을 DCM(2x100mL)으로 방출하였다. 모든 유기상들을 조합하여 나트륨 설페이트에 걸쳐 건조하고 실리카 겔 상에 로딩하였다. 플래시 컬럼(헥산 중 10-20% 에틸 아세테이트 구배) 및 DCM/메탄올 중 재침전으로 146mg(59% 수율)의 산물(화합물 HO-3)을 얻고; HNMR로 확인하였다.

[0121] **실시예 3**

[0122] **백색 발광 장치(장치-A)의 한 예의 하이브리드의 제작**

[0123] ITO 코팅 유리 기재들을 물, 아세톤 및 연속해서 2-프로판올 중에 초음파로 세척하고 3시간 동안 110℃에서 베이킹한 뒤 5분 동안 산소 플라즈마로 처리하였다. PEDOT:PSS(H.C. Starck에서 구매한 Baytron P)의 층을 사전 세척 및 O₂ 플라즈마 처리(ITO)-기재 상에 3000rpm에서 스핀 코팅하고 30분 동안 180℃에서 어닐링하여 약 55nm의 두께를 얻었다. 10⁻⁷ torr(1torr=133.322Pa) 압력에서 글러브 박스 내에 호스팅된 진공 적층 시스템에서, DTASi를 먼저 PEDOT/PSS층 상부에 0.06nm/s의 적층 속도로 적층하여 30nm 두께의 필름을 얻었다. 이어서 HO-3을 가열하고 DTASi 상부에 적층하여 5nm 두께의 필름을 얻은 뒤, 약 0.06nm/s의 적층 속도로 HO-3 및 YE-1, Ir(PIQ)₂(acac)를 공적층하여 5nm 두께 층을 얻고, 약 5nm 두께를 갖는 또 다른 HO-3 층을 적층하였다. 이어서 약 0.06nm/s의 적층 속도로 1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠(TPBI)을 마지막 HO-3층 상에 적층하여 40nm 두께의 필름을 형성하였다. 이어서 LiF(1.0nm) 및 Al(100nm)을 각각 0.005 및 0.2nm/s의 적층 속도로 얻

속 적층하였다. 각각의 개별 장치는 0.08cm^2 의 면적을 갖는다.

[0124] **실시예 4**

[0125] 장치 B(도 4)를 두 H0-3층들이 각각 15nm 두께인 것을 제외하고는 동일한 방식으로 제작하였다.

[0126] **실시예 5**

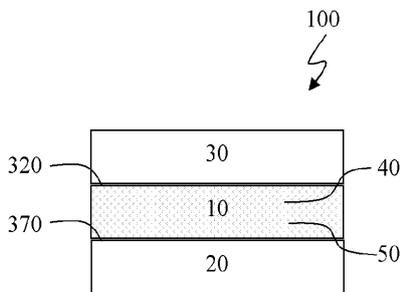
[0127] 모든 스펙트럼들을 Ocean Optics HR 4000 분광측정기로 측정하고, I-V-L 특징들을 Keithley 2400 SourceMeter 및 Newport 2832-C 파워 미터와 818 UV 검출기로 얻었다. 모든 장치 작동은 질소 충전 글러브 박스 내부에서 수행하였다. 장치(장치-B)의 구성예를 도 4에 나타낸다.

[0128] HY-WOLED에 대해 가장 잘 알려진 효율은 Karl Leo(*Adv. Funct. Mater.* 2009, 19, 1-15)에서 보고된 1000cd/m^2 에서의 25lm/W 인 것으로 생각된다. 도 5는 장치-A의 휘도(B)의 함수인 발광 효율 및 전력 효율의 도식이며, 1000cd/m^2 에서 장치-A의 효율이 약 35lm/W 임을 나타낸다. 도 6은 장치-A의 전계발광 스펙트럼의 도식이다. 도 7은 장치-B의 휘도(B)의 함수인 발광 효율 및 전력 효율의 도식이며, 1000cd/m^2 에서 장치-B의 효율이 약 36lm/W 임을 나타낸다. 도 8은 장치-B의 전계발광 스펙트럼을 나타낸다. 장치 B의 컬러 렌더링 지수 CRI는 69였다.

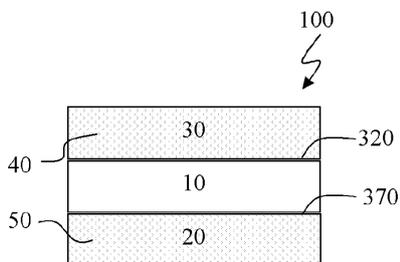
[0129] 특허청구범위를 특정한 바람직한 구현예들 및 실시예들의 맥락에서 기재하였으나, 당분야 숙련자는 특허청구범위의 범위가 구체적으로 개시된 구현예들을 넘어서 다른 대안적 구현예들 및/또는 용도들 및 자명한 변형들 및 이들의 균등예들까지 확장됨을 이해할 것이다.

도면

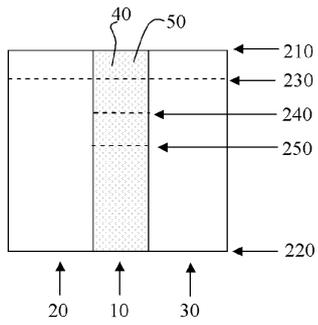
도면1a



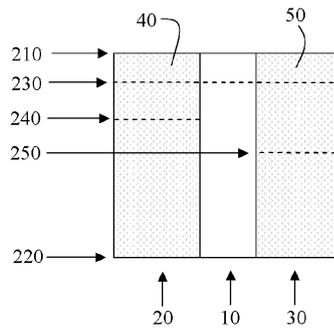
도면1b



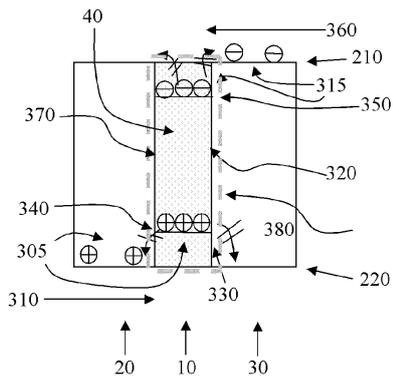
도면2a



도면2b



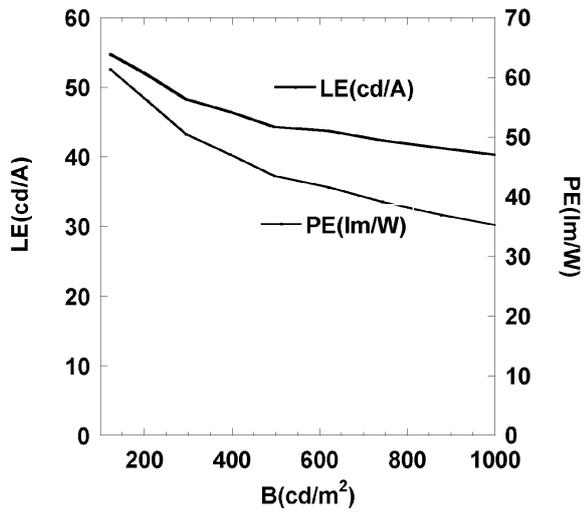
도면3



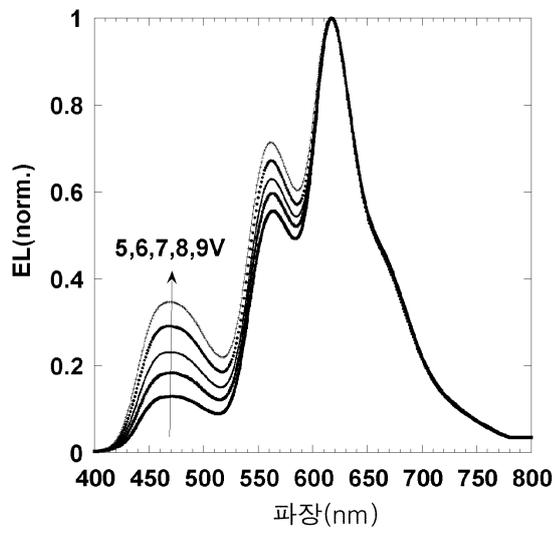
도면4

LiF(1nm)/Al(100nm)
TBPI (40 nm)
HO-3 (15 nm)
HO-3:YE-1(5%):Ir(piq) ₂ (acac)(0.5%) (5nm)
HO-3 (15 nm)
DTASi (30 nm)
PEDOT(30nm)
ITO(55nm)

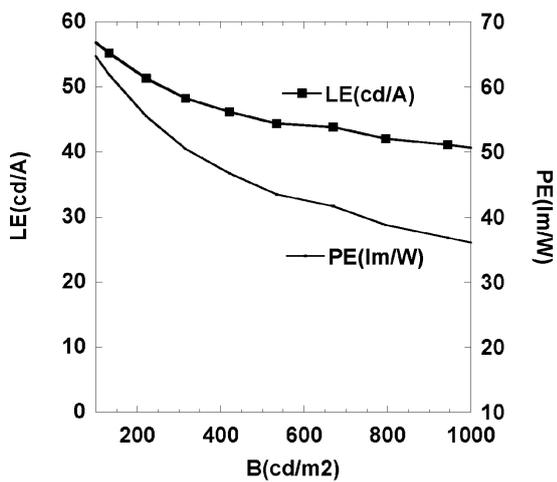
도면5



도면6



도면7



도면8

