



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0130878
(43) 공개일자 2016년11월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/06 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C09K 11/06 (2013.01)
H01L 51/5016 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0062451
(22) 출원일자 2015년05월04일
심사청구일자 2016년04월08일

(71) 출원인
단국대학교 산학협력단
경기 용인시 수지구 죽전로 152, 내 (죽전동, 단국대학교)
(72) 발명자
이준엽
경기도 용인시 기흥구 구성로 90, 203동 1903호(연남동, 삼성래미안2차아파트)
전상규
경상북도 포항시 남구 연일읍 유강길9번길 62 102동 802호 (유강리, 대림한솔타운1차아파트)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 지연형광을 나타내는 호스트를 함유하는 유기발광다이오드

(57) 요약

유기발광다이오드를 제공한다. 상기 유기발광다이오드는 애노드와 캐소드를 구비한다. 상기 애노드와 캐소드 사이에 호스트와 도펀트를 함유하는 발광층이 배치된다. 상기 호스트는 지연형광을 나타내는 물질이고, 상기 호스트의 T_1 준위(T_1^H), 상기 호스트의 S_1 준위(S_1^H), 및 상기 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)는 하기 수학식 1 및 2를 만족한다.

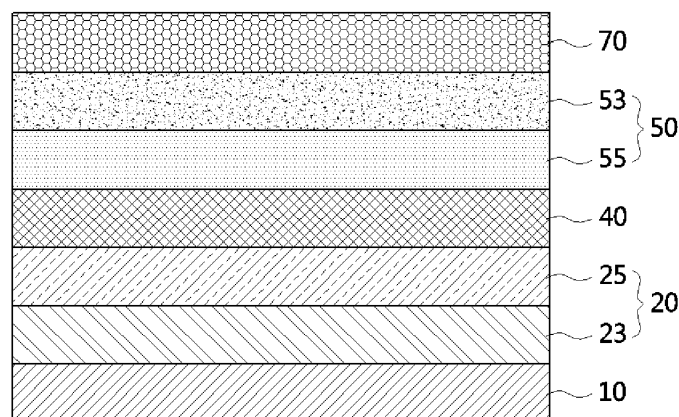
<수학식 1>

$$T_1^H \leq T_1^D$$

<수학식 2>

$$S_1^H > T_1^D$$

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 51/5024 (2013.01)

H01L 2924/12044 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GRRC 단국 2011-B01

부처명 경기도

연구관리전문기관 경기도

연구사업명 GRRC

연구과제명 고효율 유기 광전자 소재 및 소자개발(6/9)

기 여 율 1/1

주관기관 단국대학교

연구기간 2013.07.01 ~ 2014.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

애노드와 캐소드

상기 애노드와 캐소드 사이에 배치되고, 호스트와 도펀트를 함유하는 발광층을 포함하되,

상기 호스트는 지연형광을 나타내는 물질이고,

상기 호스트의 T_1 준위(T_1^H), 상기 호스트의 S_1 준위(S_1^H), 및 상기 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)는 하기 수학적 식 1 및 2를 만족하는 유기발광다이오드:

<수학적 식 1>

$$T_1^H \leq T_1^D$$

<수학적 식 2>

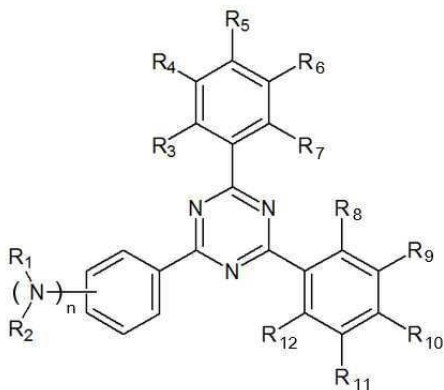
$$S_1^H > T_1^D.$$

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 호스트는 하기 화학식 1로 표시되는 물질인 유기발광다이오드:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아틸기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아틸기이고, R_1 과 R_2 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고,

n 은 2 또는 3의 정수이고,

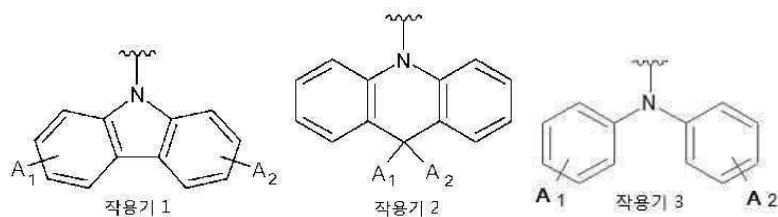
R_3 내지 R_{12} 은 각각 독립적으로 수소, 중수소, C1 내지 C30의 알킬기, 또는 $NR_{13}R_{14}$ 이고,

R_{13} 및 R_{14} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아틸기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아틸기이고, R_{13} 과 R_{14} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성한다.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 NR_1R_2 와 상기 $NR_{13}R_{14}$ 는 서로에 관계없이 하기의 작용기들인 유기발광다이오드:



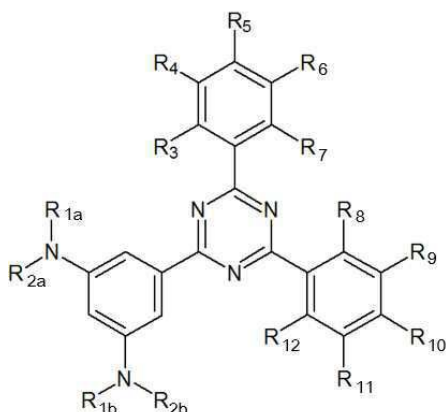
상기 작용기 1, 작용기 2, 또는 작용기 3에서, A_1 과 A_2 는 서로에 관계없이, 수소, 중수소, 또는 C1 내지 C4의 알킬기이다.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 화학식 1로 나타낸 물질은 하기 화학식 2로 나타낸 물질인 유기발광다이오드:

[화학식 2]



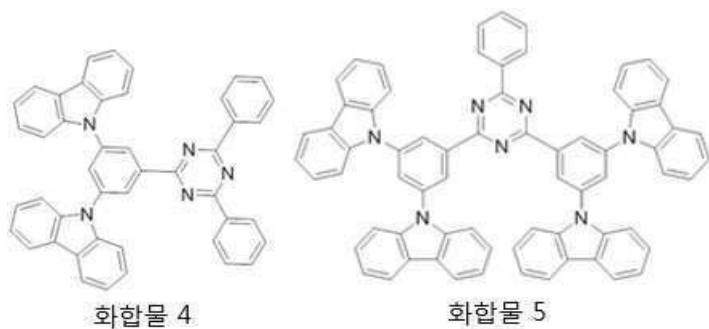
상기 화학식 2에서, R_{1a} , R_{2a} , R_{1b} , 및 R_{2b} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고; R_{1a} 과 R_{2a} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고; R_{1b} 과 R_{2b} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고,

R_3 내지 R_{12} 은 화학식 1에 정의된 바와 동일하다.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 화학식 2로 나타낸 물질은 하기 화합물 4 또는 하기 화합물 5인 유기발광다이오드:

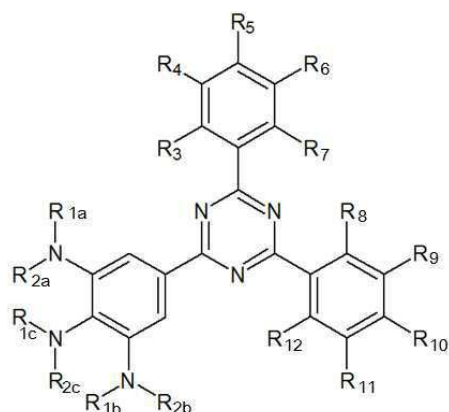


청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 화학식 1로 나타낸 물질은 하기 화학식 3로 나타낸 물질인 유기발광다이오드:

[화학식 3]



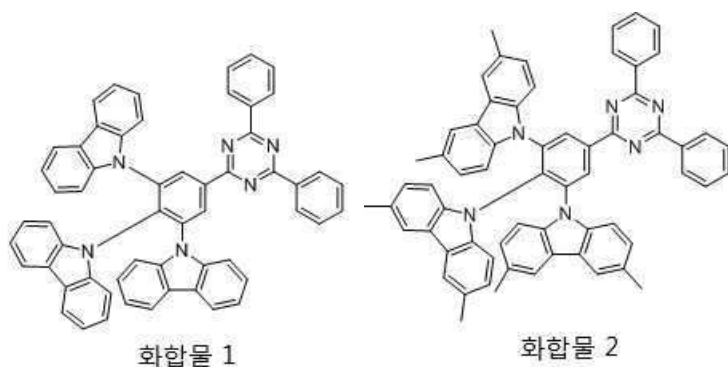
상기 화학식 3에서, R_{1a} , R_{2a} , R_{1b} , R_{2b} , R_{1c} , 및 R_{2c} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고; R_{1a} 과 R_{2a} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고; R_{1b} 과 R_{2b} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고; R_{1c} 과 R_{2c} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고,

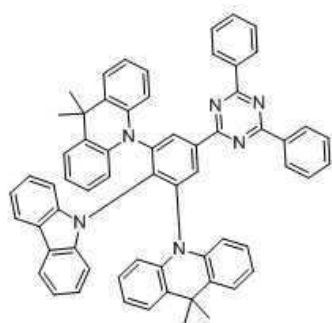
R_3 내지 R_{12} 은 화학식 1에 정의된 바와 동일하다.

청구항 7

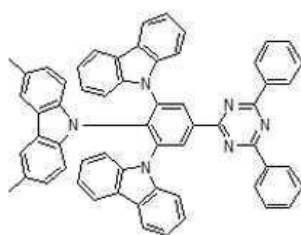
청구항 6에 있어서,

상기 화학식 3으로 나타낸 물질은 하기 화합물 1, 2, 3, 6, 또는 7인 유기발광다이오드:

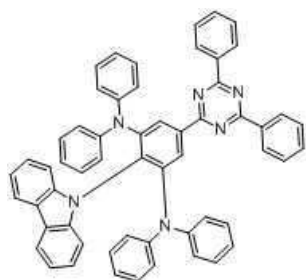




화합물 3



화합물 6



화합물 7

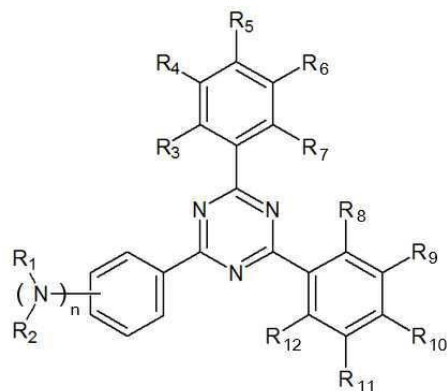
청구항 8

애노드와 캐소드

상기 애노드와 캐소드 사이에 배치되고, 호스트와 도펀트를 함유하는 발광층을 포함하되,

상기 호스트는 하기 화학식 1로 표시된 물질인 유기발광다이오드:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고, R_1 과 R_2 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고,

n 은 2 또는 3의 정수이고,

R_3 내지 R_{12} 는 각각 독립적으로 수소, 중수소, C1 내지 C30의 알킬기, 또는 $NR_{13}R_{14}$ 이고,

R_{13} 및 R_{14} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고, R_{13} 과 R_{14} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성한다.

청구항 9

청구항 8에서,

상기 도펀트는 인광도펀트인 유기발광다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기광전소자에 관한 것으로 더욱 상세하게는 유기발광다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기발광다이오드(organic light emitting device)는 자발광형 소자로서 시야각이 넓고 콘트라스트가 우수할 뿐만 아니라, 응답시간이 빠르며, 휘도, 구동전압 및 응답속도 특성이 우수하고 다색화가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

[0003] 일반적인 유기발광다이오드는 애노드 및 캐소드와 상기 애노드 및 캐소드 사이에 개재된 유기층을 포함할 수 있다. 상기 유기층은, 전자주입층, 정공수송층, 발광층, 전자수송층 및 전자주입층 등을 포함할 수 있다. 상기 애노드 및 캐소드 간에 전압을 인가하면, 애노드로부터 주입된 정공은 정공수송층을 경유하여 발광층으로 이동하고, 캐소드로부터 주입된 전자는 전자수송층을 경유하여 발광층으로 이동한다. 상기 정공 및 전자와 같은 캐리어들은 발광층 영역에서 재결합하여 엑시톤(exiton)을 생성하는데, 이 엑시톤이 기저상태로 변하면서 광이 생성된다.

[0004] 유기발광다이오드의 종류 중 인광발광층을 이용하는 유기발광다이오드는 이론적으로 100%의 양자효율을 구현할 수 있다고 알려져 있다. 인광발광층은 호스트 및 도펀트를 함유하는데, 호스트는 도펀트에 비해 삼중항 에너지가 높아야 호스트에서 도펀트로 엑시톤이 전이될 수 있어 고효율을 구현할 수 있다고 알려져 있다. 그러나, 삼중항 에너지가 높은 호스트의 경우 일중항 에너지 또한 높아 구동전압이 상승하는 문제점이 있을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 구동전압이 낮으면서도 효율이 향상된 유기발광다이오드를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 유기발광다이오드의 일 예를 제공한다. 상기 유기발광다이오드는 애노드와 캐소드를 구비한다. 상기 애노드와 캐소드 사이에 호스트와 도펀트를 함유하는 발광층이 배치된다. 상기 호스트는 지연형광을 나타내는 물질이고, 상기 호스트의 T_1 준위(T_1^H), 상기 호스트의 S_1 준위(S_1^H), 및 상기 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)는 하기 수학식 1 및 2를 만족한다.

[0007] <수학식 1>

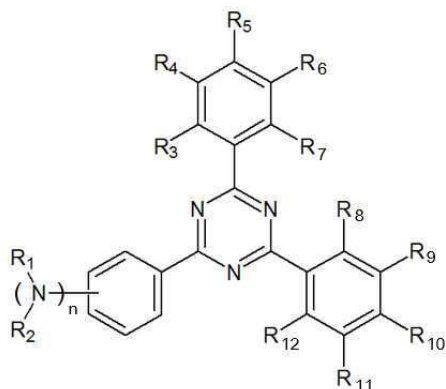
$$T_1^H \leq T_1^D$$

[0009] <수학식 2>

$$S_1^H > T_1^D$$

[0011] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 유기발광다이오드의 다른 예를 제공한다. 상기 유기발광다이오드는 애노드와 캐소드를 구비한다. 상기 애노드와 캐소드 사이에 호스트와 도펀트를 함유하는 발광층이 배치된다. 상기 호스트는 하기 화학식 1로 표시된 물질이다.

[0012] [화학식 1]



[0013]

[0014] 상기 화학식 1에서,

[0015] R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고, R_1 과 R_2 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성하고,

[0016] n 은 2 또는 3의 정수이고,

[0017] R_3 내지 R_{12} 은 각각 독립적으로 수소, 중수소, C1 내지 C30의 알킬기, 또는 $NR_{13}R_{14}$ 이고,

[0018] R_{13} 및 R_{14} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아릴기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아릴기이고, R_{13} 과 R_{14} 는 서로 융합하지 않거나, 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성한다.

[0019] 상기 도펀트는 인광도펀트일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시예들에 따르면, 발광 도펀트의 삼중항 엑시톤의 일부가 발광 호스트의 일중항으로 전달된 후, 다시 발광 도펀트의 삼중항으로 전달됨에 따라 발광효율이 유지 또는 향상될 수 있다. 이에 더하여, 호스트의 삼중항 에너지와 일중항 에너지가 비교적 낮아 구동 전압 또한 낮아질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광다이오드를 나타낸 단면도이다.

도 2는 발광층 내 발광 호스트와 발광 도펀트의 에너지 준위를 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0023] 본 명세서에서 "알킬기"란 별도의 정의가 없는 한, 지방족 탄화수소기를 의미한다. 알킬기는 어떠한 이중결합이나 삼중결합을 포함하고 있지 않은 "포화 알킬(saturated alkyl)기"일 수 있다. 알킬기는 적어도 하나의 이중결합 또는 삼중결합을 포함하고 있는 "불포화 알킬(unsaturated alkyl)기"일 수도 있다. 포화이든 불포화이든 간에 알킬기는 분지형, 직쇄형 또는 환형일 수 있다. 예를 들어, C1 내지 C4 알킬기는 메틸, 에틸, 프로필, 이소-프로필, n-부틸, 이소-부틸, sec-부틸 및 t-부틸로 이루어진 군에서 선택될 수 있다.

[0024] 본 명세서에서 "아릴기"란 별도의 정의가 없는 한, 모노사이클릭 방향족 화합물 또는 융합된 방향족 고리들로 이루어진 폴리사이클릭 방향족 화합물을 의미하며, 헤테로아릴기를 포함하는 개념이다.

[0025] 본 명세서에서 "헤테로아릴기"란 별도의 정의가 없는 한, 적어도 하나의 고리 내에 N, O, S, Se, 및 P로 이루어진 군에서 선택되는 헤테로 원자를 1개 이상 함유하고, 나머지 멤버는 탄소인, 모노사이클릭 방향족 화합물 또는 융합된 방향족 고리들로 이루어진 폴리사이클릭 방향족 화합물을 의미한다.

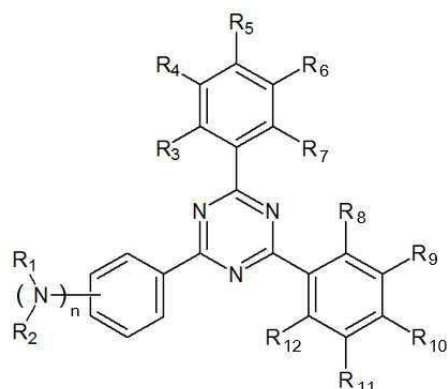
- [0026] 또한, 본 명세서에서 "Cx 내지 Cy"라고 기재한 경우에는, 탄소수 x와 탄소수 y 사이의 모든 정수에 해당하는 수의 탄소수를 갖는 경우도 함께 기재된 것으로 해석되어야 한다.
- [0027] 유기발광다이오드
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광다이오드를 나타낸 단면도이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 유기발광다이오드는 애노드(10)와 캐소드(70), 이들 두 전극 사이에 배치된 발광층(40)을 구비한다.
- [0030] 이러한 유기발광다이오드에 순방향 바이어스를 인가하면 애노드(10)에서 정공이 발광층(40)으로 유입되고, 캐소드(70)에서 전자가 발광층(40)으로 유입된다. 발광층(40)으로 유입된 전자와 정공은 결합하여 엑시톤을 형성하고, 엑시톤이 기저상태로 전이하면서 광이 방출된다.
- [0031] 발광층(40)은 발광 호스트 및 발광 도펀트를 포함할 수도 있다. 상기 발광 도펀트는 형광 또는 인광 도펀트일 수 있다. 일 예로서, 상기 발광 도펀트는 인광 도펀트일 수 있다. 상기 발광 호스트 물질은 지연형광 구체적으로, 열활성화지연형광(TADF, Thermally Activated Delayed Fluorescence)을 나타낼 수 있는 호스트 물질일 수 있다.
- [0032] 도 2는 발광층 내 발광 호스트와 발광 도펀트의 에너지 준위를 개략적으로 도시한다.
- [0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)와 S_1 준위(S_1^H), 그리고 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)는 하기 수학적식들을 만족할 수 있다.
- [0034] <수학적식 1>
- [0035] $T_1^H \leq T_1^D$
- [0036] <수학적식 2>
- [0037] $S_1^H > T_1^D$
- [0038] <수학적식 3>
- [0039] $S_1^H - T_1^H \leq 0.3\text{eV}$
- [0040] 발광층(40)으로 유입된 전자와 정공은 발광 호스트에서 결합하여 엑시톤을 생성하고, 그 후 엑시톤은 발광 도펀트로 전이되어 기저상태로 전이될 수 있다. 구체적으로, 상기 발광 호스트에서 생성된 엑시톤은 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D) 또는 S_1 준위(S_1^D)로 에너지 이동할 수 있다(경로 ①). 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)에 있는 엑시톤은 인광을 방출하면서 S_0 준위로 에너지 이동할 수 있다.
- [0041] 한편, 상기 수학적식 1에 나타낸 바와 같이, 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)가 인광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)에 비해 같거나 낮다. 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)가 낮아짐에 따라 발광 호스트의 S_1 준위(S_1^H)도 낮아질 수 있고, 그 결과 발광층(40)으로의 전자와 정공의 유입이 용이해져 구동전압이 낮아질 수 있다. 또한, 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)에 있는 엑시톤은 인광을 방출하는 대신, 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)로 에너지 이동할 수 있다(경로 ②). 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)와 S_1 준위(S_1^H)는 상기 화학식 3을 만족하는, 즉, 발광 호스트가 지연형광을 나타낼 수 있는 발광 호스트인 경우, 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)에 있는 엑시톤은 열에 의해 다시 S_1 준위(S_1^H)로 역계간 전이할 수 있다(경로 ③). 이 후, 엑시톤은 호스트의 S_1 준위(S_1^H)에서 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D) 또는 S_1 준위(S_1^D)로 에너지 이동한(경로 ①) 후, T_1 준위(T_1^D)에서 인광을 방출하면서 S_0 준위로 에너지 이동할 수 있다. 다시 말해서, 발광 도펀트의 삼중항 엑시톤의 일부가 발광 호스트의 일중항으로 전달된 후, 다시 발광 도펀트의

삼중항으로 전달되어 인광으로서 방출됨에 따라 발광효율이 유지 또는 향상될 수 있다.

[0042] 이와 같이, 발광 호스트가 지연형광을 나타낼 수 있는 발광호스트이고(상기 수학적식 3), 발광 호스트의 T_1 준위(T_1^H)와 S_1 준위(S_1^H), 그리고 발광 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)가 상기 수학적식들 1 및 2를 만족하는 경우에는 발광효율을 유지 또는 향상시키면서도 구동전압을 감소시킬 수 있다.

[0043] 이를 만족하는 발광 호스트는 하기 화학식 1로 나타낸 유기재료일 수 있다.

화학식 1



[0044]

[0045] 상기 화학식 1에서,

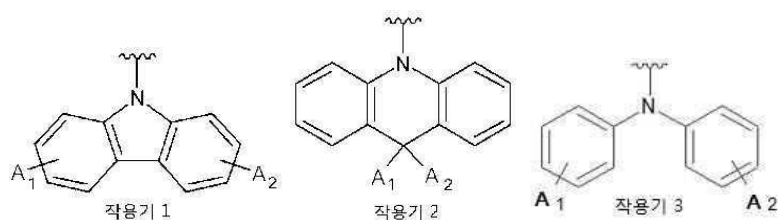
[0046] R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아틸기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아틸기일 수 있고, R_1 과 R_2 는 서로 융합하지 않거나 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화고리를 형성할 수 있고,

[0047] n 은 2 또는 3의 정수일 수 있고,

[0048] R_3 내지 R_{12} 은 각각 독립적으로 수소, 중수소, C1 내지 C30의 알킬기, 또는 $NR_{13}R_{14}$ 일 수 있다. R_{13} 및 R_{14} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아틸기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아틸기일 수 있고, R_{13} 과 R_{14} 는 서로 융합하지 않거나 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화고리를 형성할 수 있다.

[0049] 또한, 상기 유기재료는 벤젠고리에 NR_1R_2 와 같은 도너단위가 2개 이상 연결되고, 또한 상기 벤젠고리에 구조적 안정성이 우수한 액셉터 단위인 트리아진이 연결됨에 따라, 분자 구조 내에 전자 주게-전자 받게 구조가 형성되며, 분자 구조 내에 전하 이동 착물 형태가 형성되어 일중항 에너지(S_1)와 삼중항 에너지(T_1) 차이 즉, 좁은 ΔE_{ST} 를 나타나게 될 수 있다. 따라서, 상기 유기재료는 지연형광의 구현이 가능하고 또한 유기발광다이오드의 양자효율 및 수명을 향상시킬 수 있다.

[0050] 상기 화학식 1에서, NR_1R_2 또는 $NR_{13}R_{14}$ 는 서로에 관계없이 하기의 작용기들일 수 있다.

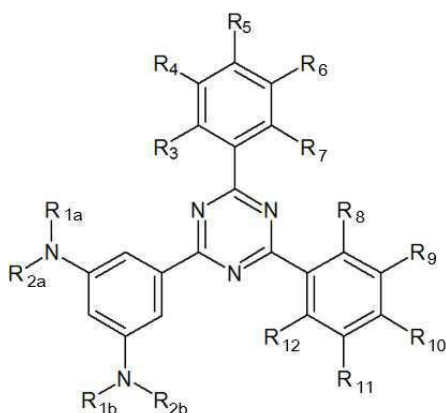


[0051]

[0052] 상기 작용기 1, 작용기 2, 또는 작용기 3에서, A_1 과 A_2 는 서로에 관계없이, 수소, 중수소, 또는 C1 내지 C4의 알킬기 일 수 있다.

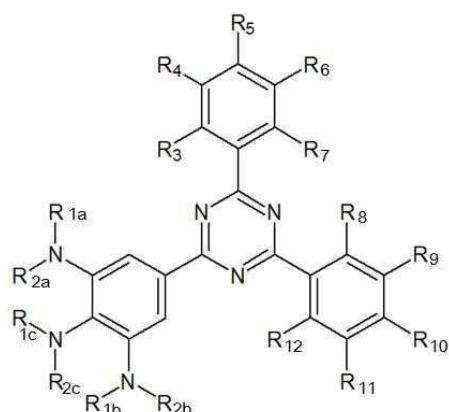
[0053] 상기 화학식 1로 나타낸 유기재료의 구체적 예는 하기 화학식 2 및 화학식 3으로 나타낼 수 있다.

화학식 2



[0054]

화학식 3



[0055]

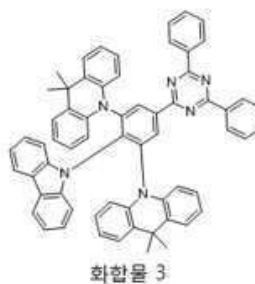
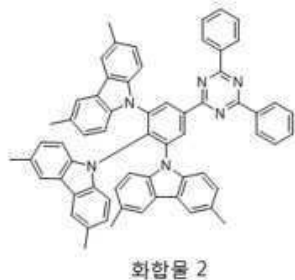
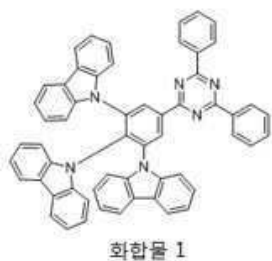
[0056] 상기 화학식 2 또는 화학식 3에서, R_{1a} , R_{2a} , R_{1b} , R_{2b} , R_{1c} , 및 R_{2c} 는 각각 독립적으로 C5 내지 C30의 아틸기, 또는 C5 내지 C30의 알킬아틸기일 수 있고, R_{1a} 과 R_{2a} 는 서로 융합하지 않거나 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성할 수 있고, R_{1b} 과 R_{2b} 는 서로 융합하지 않거나 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성할 수 있고, R_{1c} 과 R_{2c} 는 서로 융합하지 않거나 또는 융합하여 이들이 부착된 질소와 함께 포화 또는 불포화 고리를 형성할 수 있고,

[0057] R_3 내지 R_{12} 은 화학식 1에 정의된 바와 동일할 수 있다.

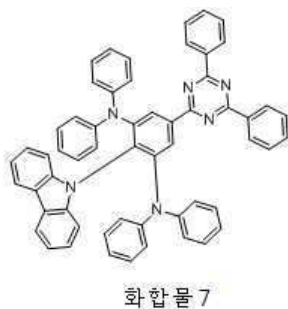
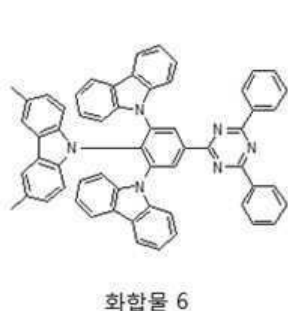
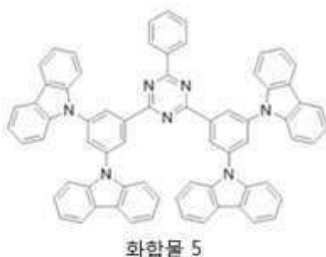
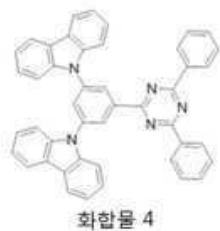
[0058] 상기 화학식 2 또는 화학식 3에서, $NR_{1a}R_{2a}$, $NR_{1b}R_{2b}$, 및 $NR_{1c}R_{2c}$ 는 각각 독립적으로, 상기 작용기1 또는 작용기 2일 수 있다.

[0059] 상기 화학식들 1 내지 3에서, R_9 및 R_{11} 은 각각 독립적으로 상기 작용기 1 또는 작용기 2일 수 있다. 이 경우, R_3 내지 R_8 , R_{10} , 및 R_{12} 는 수소일 수 있다.

[0060] 하기 화합물 1 내지 화합물 7는 본 발명의 일 구체예들에 따른 유기재료들을 나타낸다.



[0061]



[0062]

[0063] 또한, 상기 발광 호스트와 더불어서 상기 수식식들(구체적으로, 수식식들 1 및 2)을 만족할 수 있는 발광 도펀트는 $\text{FIrpic}(\text{iridium(III) bis(4,6-(di-fluorophenyl)-pyridinato-N,C'}) \text{picolate})$, $\text{tris(페닐-메틸-벤즈이미다졸일) 이리듐(III)(tris(phenyl-methyl-benzimidazolyl) iridium(III))}$, $\text{Ir(dbfmi)(mer-tris(Ndibenzofuranyl-N'-methylimidazole)iridium(III))}$, Ir(dfppz)_3 ($\text{tris(4,6-difluorophenylpyrazolyl) iridium (III)}$), Ir(dbi)_3 [$\text{fac-tris[1-(2,4-dii-sopropyl)dibenzo[b,d]furan-3-yl)-2-phenyl-1H-imidazole} \text{ iridium(III)}$], fac-Ir(mpim)_3 [$\text{fac-tris(mesityl-2-phenyl-1H-imidazole)iridium (III)}$], 또는 Ir(dmp)_3 ($\text{iridium (III) tris[3-(2,6-dimethylphenyl)-7-methylimidazo[1,2-f] phenanthridine]}$ 일 수 있다.

[0064]

다시 도 1을 참조하면, 애노드(10)와 발광층(40) 사이에 정공전도층(20)이 배치될 수 있다. 또한, 발광층(40)과 캐소드(70) 사이에 전자전도층(50)이 배치될 수 있다. 정공전도층(20)은 정공의 수송을 위한 정공수송층(25)과 정공의 주입을 용이하게 하기 위한 정공주입층(23)을 구비할 수 있다. 또한, 전자전도층(50)은 전자의 수송을 위한 전자수송층(55)과 전자의 주입을 용이하게 하기 위한 전자주입층(53)을 구비할 수 있다. 이에 더하여, 발광층(40)과 정공수송층(25) 사이에 제1 엑시톤 블로킹층(미도시)이 배치될 수 있다. 또한 발광층(40)과 전자수송층(55) 사이에 제2 엑시톤 블로킹층(미도시)이 배치될 수 있다. 또한, 그러나, 이에 한정되지 않고 전자수송층(55)이 제2 엑시톤 블로킹층의 역할을 수행할 수 있고, 또는 정공수송층(25)이 제1 전자블로킹층의 역할을 수행할 수도 있다.

[0065]

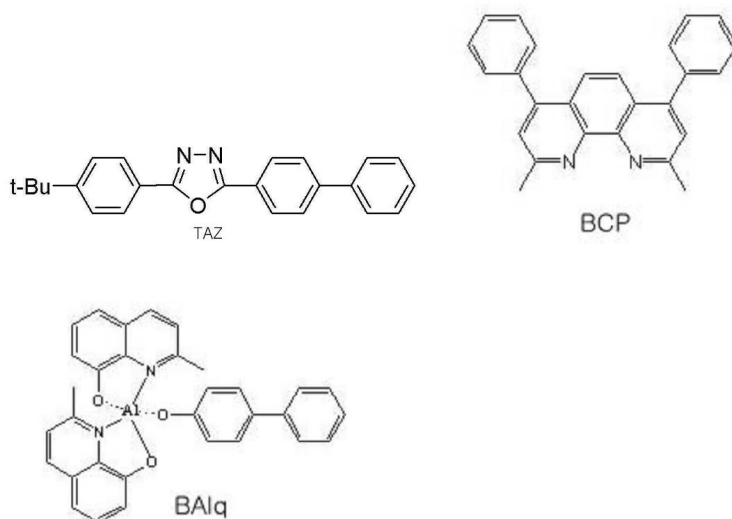
애노드(10)는 전도성 금속 산화물, 금속, 금속 합금, 또는 탄소재료일 수 있다. 전도성 금속 산화물은 인듐 틴 옥사이드(indium tin oxide: ITO), 플루오린 틴 옥사이드(fluorine tin oxide: FTO), 안티몬 틴 옥사이드(antimony tin oxide, ATO), 플루오르 도프 산화주석(FTO), SnO_2 , ZnO , 또는 이들의 조합일 수 있다. 애노드(10)로서 적합한 금속 또는 금속합금은 Au와 CuI일 수 있다. 탄소재료는 흑연, 그래핀, 또는 탄소나노튜브일 수 있다.

[0066] 정공주입층(23) 및/또는 정공수송층(25)은 애노드(10)의 일함수 준위와 발광층(40)의 HOMO 준위 사이의 HOMO 준위를 갖는 층들로, 애노드(10)에서 발광층(40)으로의 정공의 주입 또는 수송 효율을 높이는 기능을 한다. 또한, 전자주입층(53) 및/또는 전자수송층(55)은 캐소드(70)의 일함수 준위와 발광층(40)의 LUMO 준위 사이의 LUMO 준위를 갖는 층들로, 캐소드(70)에서 발광층(40)으로의 전자의 주입 또는 수송 효율을 높이는 기능을 한다.

[0067] 정공주입층(23) 또는 정공수송층(25)은 정공 수송 물질로서 통상적으로 사용되는 재료를 포함할 수 있으며, 하나의 층이 서로 다른 정공 수송 물질층을 구비할 수 있다. 정공 수송물질은 예를 들면, mCP (N,N-dicarbazolyl-3,5-benzene); PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene):polystyrenesulfonate); NPD (N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenylbenzidine); N,N'-디페닐-N,N'-디(3-메틸페닐)-4,4'-디아미노비페닐(TPD); N,N'-디페닐-N,N'-디나프틸-4,4'-디아미노비페닐; N,N,N',N'-테트라-p-톨릴-4,4'-디아미노비페닐; N,N,N',N'-테트라페닐-4,4'-디아미노비페닐; 코퍼(II)1,10,15,20-테트라페닐-21H,23H-포피린 등과 같은 포피린(porphyrin) 화합물 유도체; TAPC(1,1-Bis[4-[N,N'-Di(p-tolyl)Amino]Phenyl]Cyclohexane); N,N,N'-트리(p-톨릴)아민, 4,4',4'-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민과 같은 트리아릴아민 유도체; N-페닐카르바졸 및 폴리비닐카르바졸과 같은 카르바졸 유도체; 무금속 프탈로시아닌, 구리프탈로시아닌과 같은 프탈로시아닌 유도체; 스타버스트 아민 유도체; 엔아민스틸벤계 유도체; 방향족 삼급아민과 스티릴 아민 화합물의 유도체; 및 폴리실란 등일 수 있다. 이러한 정공수송물질은 제1 엑시톤 블로킹층의 역할을 수행할 수도 있다.

[0068] 제2 엑시톤 블로킹층은 삼중항 엑시톤 또는 정공이 캐소드(70) 방향으로 확산되는 것을 방지하는 역할을 하는 것으로서, 공지된 정공 저지 재료 중에서 임의로 선택될 수 있다. 예를 들면, 옥사디아졸 유도체나 트리아졸 유도체, 페난트롤린 유도체 등을 사용할 수 있다.

[0069] 전자수송층(55)은 TSP01(diphenylphosphine oxide-4-(triphenylsilyl)phenyl), TPBi(1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠), 트리스(8-퀴놀리노레이트)알루미늄(Alq3), 2,5-디아릴 실롤 유도체(PyPySPyPy), 퍼플루오리네이트드 화합물(PF-6P), COTs (Octasubstituted cyclooctatetraene), TAZ(하기 화학식 참조), Bphen(4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)), BCP(하기 화학식 참조), 또는 Balq(하기 화학식 참조)일 수 있다.



[0071] 전자주입층(53)은 예를 들면, LiF, NaCl, CsF, Li2O, BaO, BaF2, 또는 Liq(리튬 퀴놀레이트)일 수 있다.

[0073] 캐소드(70)는 애노드(70)에 비해 낮은 일함수를 갖는 도전막으로, 예를 들어, 알루미늄, 마그네슘, 칼슘, 나트륨, 칼륨, 인듐, 이트륨, 리튬, 은, 납, 세슘 등의 금속 또는 이들의 2종 이상의 조합을 사용하여 형성할 수 있다.

[0074] 애노드(10)와 캐소드(70)는 스퍼터링(sputtering)법, 기상증착법 또는 이온빔증착법을 사용하여 형성될 수 있다. 정공주입층(23), 정공수송층(25), 발광층(40), 정공 블로킹층, 전자수송층(55), 및 전자주입층(53)은 서로에 관계없이 증착법 또는 코팅법, 예를 들어 스프레이, 스핀 코팅, 딥핑, 프린팅, 닥터 블레이딩법을 이용하거나, 또는 전기영동법을 이용하여 형성될 수 있다.

[0075] 유기발광다이오드는 기판(미도시) 상에 배치될 수 있는데, 기판은 애노드(10) 하부에 배치될 수도 있고 또는 캐소드(70) 상부에 배치될 수도 있다. 다시 말해서, 기판 상에 애노드(10)가 캐소드(70) 보다 먼저 형성될 수도 있고 또는 캐소드(70)가 애노드(10) 보다 먼저 형성될 수도 있다.

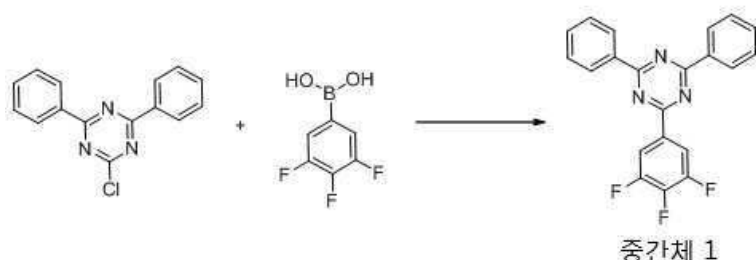
[0076] 기판은 평판상의 부재로서 광투과성 기판일 수 있고, 이 경우, 상기 기판은 유리; 세라믹스재료; 폴리카보네이트(PC), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리이미드(PI), 폴리프로필렌(PP) 등과 같은 고분자 재료로 이루어질 수 있다. 그러나, 이에 한정되지 않고 기판은 광반사가 가능한 금속기판일 수도 있다.

[0077] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0078] [실험예들; Examples]

[0079] **중간체 합성예 1 : 중간체 1**

[0080] [반응식 1]

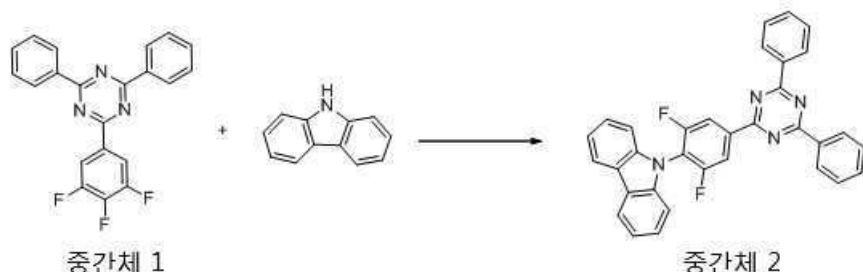


[0081]

[0082] 2-클로로-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진 (10.65 g, 39.80 mmol), (3,4,5-트리플루오로페닐)보로닉 에시드 (7.00 g, 39.80 mmol)을 210 ml의 테트라하이드로퓨란에 녹인 후 질소 기류 하에서 교반하여 녹였다. 증류수 70 ml에 포타슘 카보네이트 (16.50 g, 119.39 mmol)를 녹여 위의 반응 용액에 투입하였다. 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) (2.30 g, 2.00 mmol)을 투입한 후 승온하여 반응물을 환류 교반하였다. 12시간 후 반응물의 온도를 상온으로 낮춘 후 침전물을 여과하였다. 여과된 고체를 EA(ethylacetate)로 워싱하여 순수한 흰색 고상의 중간체 1 12.50 g을 86%의 수율로 얻었다.

[0083] **중간체 합성예 2 : 중간체 2**

[0084] [반응식 2]



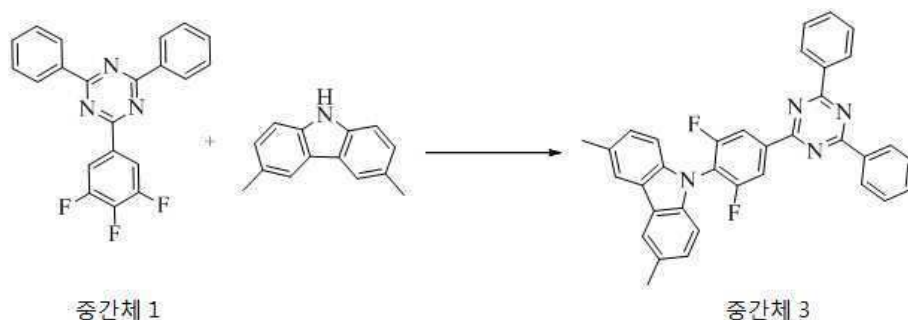
[0085]

[0086] 9H-카바졸 (0.22 g, 1.32 mmol)을 10 ml 테트라하이드로퓨란에 녹여 소듐 하이드라이드 (0.05 g, 2.20 mmol)가 담긴 질소 기류 하의 플라스크에 서서히 투입하였다. 30분간 교반한 후 위의 플라스크에 중간체 1 (0.40 g, 1.10 mmol)을 10 ml의 테트라하이드로퓨란에 녹여 투입하였다. 반응물의 온도를 올려 2시간 동안 환류 교반한 뒤 반응을 종료하고 감압 증류하여 용매를 제거하였다. 얻어진 고상의 물질을 증류수로 워싱한 후 다시 EA로 워싱하였다. 최종적으로 톨루엔 상에서 재결정하여 순수한 흰색 고상의 중간체 2 0.35 g을 62%의 수율로

얻었다.

[0087] 중간체 합성예 3 : 중간체 3

[0088] [반응식 3]

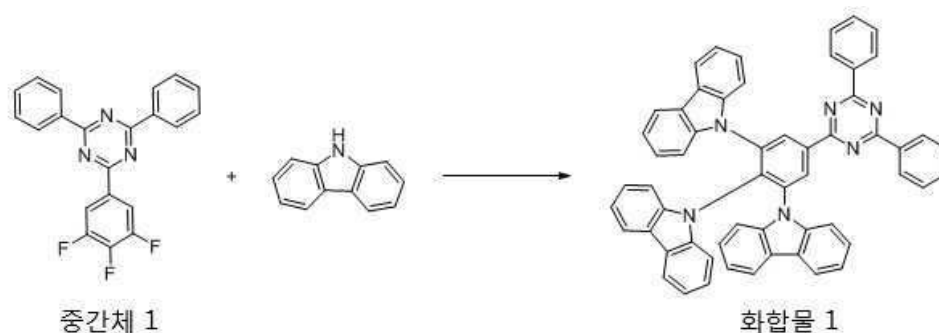


[0089]

[0090] 3,6-다이메틸-9H-카바졸 (1.61 g, 8.26 mmol)을 50 ml 테트라하이드로퓨란에 녹여 소듐 하이드라이드 (0.40 g, 16.51 mmol)가 담긴 질소 기류 하의 플라스크에 서서히 투입하였다. 30분간 교반한 후 위의 플라스크에 중간체 1 (3.00 g, 8.26 mmol)을 30 ml의 테트라하이드로퓨란에 녹여 투입하였다. 반응물의 온도를 올려 2시간 동안 환류 교반한 뒤 반응을 종료하고 감압 증류하여 용매를 제거하였다. 얻어진 고상의 물질을 증류수로 워싱한 후 다시 EA로 워싱하였다. 최종적으로 톨루엔 상에서 재결정하여 순수한 연두색 고상의 중간체 3 3.60 g을 81%의 수율로 얻었다.

[0091] 화합물 합성예 1 : 화합물 1

[0092] [반응식 4]



[0093]

[0094] 9H-카바졸 (0.55 g, 3.30 mmol)을 10 ml 디메틸포름아마이드에 녹여 소듐 하이드라이드 (0.09 g, 3.72 mmol)가 담긴 질소 기류 하의 플라스크에 서서히 투입하였다. 30분간 교반한 후 위의 플라스크에 중간체 1 (0.30 g, 0.83 mmol)을 10 ml의 디메틸포름아마이드에 녹여 투입하였다. 반응물의 온도를 올려 2시간 동안 환류 교반한 뒤 반응을 종료하고 감압 증류하여 용매를 제거하였다. 얻어진 고상의 물질을 증류수로 워싱한 후 다시 EA로 워싱하였다. 최종적으로 승화정제를 실시하여 순수한 연두색 고상의 화합물 1 0.48 g을 72%의 수율로 얻었다.

[0095] 화합물 1: 질량분석 (FAB) m/z 804 $[(M+H)^+]$. 1H NMR (400 MHz, DMSO) : δ 6.68 (t, 2H, J=8.2Hz), 6.78 (t, 2H, J=7.0Hz), 7.05~7.08 (m, 8H), 7.25 (d, 2H, J=8.4Hz), 7.43~7.49 (m, 6H), 7.56 (t, 4H, J=7.8Hz), 7.65 (t, 2H, J=7.8Hz), 7.89~7.93 (m, 4H), 8.66 (d, 4H, J=8.8Hz), 9.18 (s, 2H)

[0096] 화합물 합성예 2 : 화합물 2

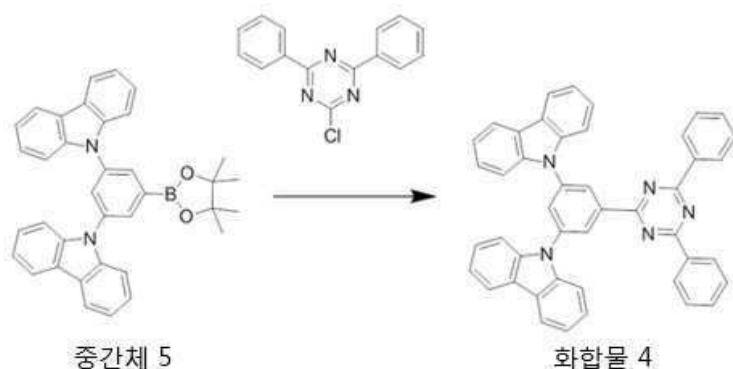
[0107] 1,3,5-트리브로모벤젠 10g, 9H-카바졸 11.95g, 포타슘카보네이트 9.87g, 1,10-페타트올린 1.29g을 진공 건조 후, 다이메틸포름아마이드 120ml에 녹인 후 쿠퍼아이오다이드 1.36g을 넣은후 질소 분위기를 30분간 유지후, 온도를 180℃이상으로 12시간동안 환류하였다. 온도를 상온으로 내린후 증류수를 부어 반응을 종결시키고 메틸렌 클로라이드로 추출하여 용매를 건조후 컬럼크로마토그래피(MC:HEX)를 이용하여 정제하였다. 그 결과, 중간체 4 (9,9'-(5-브로모-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸))을 얻었다(6g 수득).

[0108] 중간체 합성에 5 : 중간체 5 (9,9'-(5-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-일)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸))

[0109] 9,9'-(5-브로모-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸) 2.8g (중간체 3), 비스피나콜라토다이보론 1.89g, 포타슘아세테이트 1.69g, 1,1'-비스[(다이페닐포스포노)페로센]다이클로로팔라듐(II) 0.14g을 진공 건조 후, 1,4-다이옥산 60ml에 녹인 후 질소분위기를 30분간 유지후, 온도를 150℃이상으로 24시간동안 환류하였다. 온도를 상온으로 내린후 증류수를 부어 반응을 종결시키고 메틸렌클로라이드로 추출하여 용매를 건조후 컬럼크로마토그래피(MC:HEX)를 이용하여 정제하였다. 그 결과, 중간체 5 (9,9'-(5-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-yl)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸))을 얻었다 (2.3g 수득).

[0110] 화합물 합성에 4 : 화합물 4 (9,9'-(5-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-yl)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸))

[0111] [반응식 7]



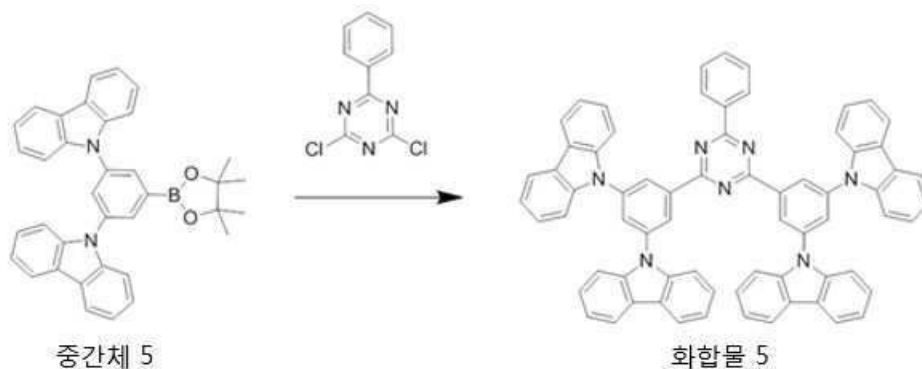
[0112]

[0113] 9,9'-(5-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-yl)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸) 1.55g (중간체 5), 2-클로로-4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진 0.6g, 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) 0.16g, 2몰 포타슘카보네이트 수용액 10ml, 테트라하이드로퓨란 20ml를 온도 100℃이상으로 2시간동안 환류하였다. 온도를 상온으로 내린후 반응을 종결시키고 추출된 파우더를 필터하여 물, 메틸렌 클로라이드, 헥산으로 워싱하여 정제 후 최종적으로 승화정제를 하여 녹색빛을 띄는 화합물 4를 91%의 수율로 1.3g 수득하였다.

[0114] 화합물 4: 질량분석 (FAB) m/z 639 [(M+H)⁺]. ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) : δ 9.11(s,2H), 8.74(d,4H,J=8.4Hz), 8.21(d,4H,J=8.0Hz), 8.05 (s,1H), 7.64-7.47(m,14H), 7.36(t,4H,J=16.0Hz).

[0115] 화합물 합성에 5 : 화합물 5 (9,9'-(5-(4,6-다이페닐-1,3,5-트리아진-2-yl)-1,3-페닐렌)비스(9H-카바졸))

[0116] [반응식 8]



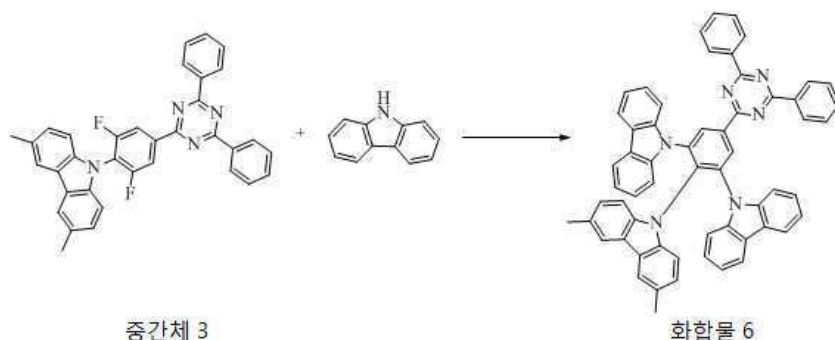
[0117]

[0118] 9,9'-(5-(4,4,5,5-테트라메틸-1,3,2-다이옥사보롤란-2-yl)-1,3-페닐린)비스(9H-카바졸) 1.63g (중간체 5), 2,4-다이클로로-6-페닐-1,3,5-트리아진 0.3g, 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) 0.09g, 2몰 포타슘카보네이트 수용액 10ml, 테트라하이드로퓨란 30ml를 온도 100℃이상으로 2시간동안 환류하였다. 온도를 상온으로 내린 후 반응을 종결시키고 추출된 파우더를 필터하여 물, 메틸렌 클로라이드, 헥산으로 워싱하여 정제 후 최종적으로 승화정제를 하여 흰색 빛을 띄는 화합물 5를 85%의 수율로 1.1g 수득하였다.

[0119] 화합물 5: 질량분석 (FAB) m/z 971 $[(M+H)^+]$. 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) : δ 9.04(s, 4H), 8.69(d, 2H, $J=7.6$ Hz), 8.16(d, 7H, $J=7.2$ Hz), 8.05(m, 2H), 7.59(d, 9H, $J=7.6$ Hz), 7.52~7.48(m, 2H), 7.37~7.28(m, 17H).

[0120] 화합물 합성예 6 : 화합물 6

[0121] [반응식 9]



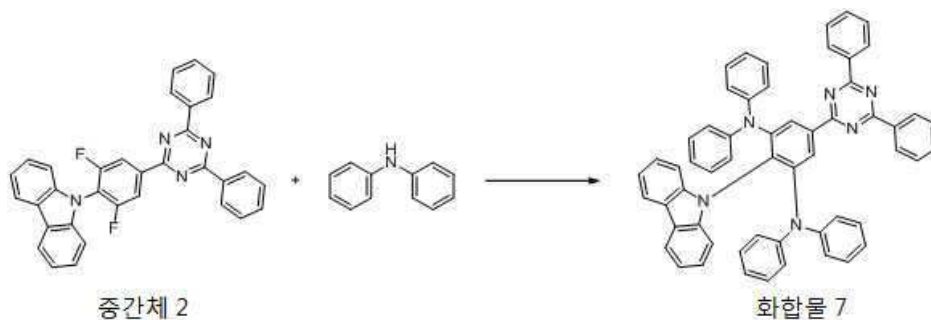
[0122]

[0123] 9H-카바졸 (0.58 g, 3.44 mmol)을 10 ml 디메틸포름아마이드에 녹여 소듐 하이드라이드 (0.10 g, 4.13 mmol)가 담긴 질소 기류 하의 플라스크에 서서히 투입하였다. 30분간 교반한 후 위의 플라스크에 중간체 3 (0.50 g, 1.38 mmol)을 10 ml의 디메틸포름아마이드에 녹여 투입하였다. 반응물의 온도를 올려 2시간 동안 환류 교반한 뒤 반응을 종료하고 감압 증류하여 용매를 제거하였다. 얻어진 고상의 물질을 증류수로 워싱한 후 다시 EA로 워싱하였다. 최종적으로 승화정제를 실시하여 순수한 연두색 고상의 화합물 6 0.67 g을 58%의 수율로 얻었다.

[0124] 화합물 6: 질량분석 (FAB) m/z 832 $[(M+H)^+]$. 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) : δ 2.16 (s, 6H), 6.43 (d, 2H, $J=8.4$ Hz), 6.83 (d, 2H, $J=8.4$ Hz), 7.04~7.11 (m, 10H), 7.27~7.31 (m, 4H), 7.51 (t, 4H, $J=8.0$ Hz), 7.59 (t, 2H, $J=8.0$ Hz), 7.82~7.84 (m, 4H) 8.72 (d, 4H, $J=8.8$ Hz), 9.25 (s, 2H)

[0125] 화합물 합성예 7 : 화합물 7

[0126] [반응식 10]



[0127]

[0128] 다이페닐아민 (0.93 g, 5.50 mmol)을 15 ml 디메틸포름아마이드에 녹여 소듐 하이드라이드 (0.21 g, 8.61 mmol)가 담긴 질소 기류 하의 플라스크에 서서히 투입하였다. 30분간 교반한 후 위의 플라스크에 중간체 2 (0.50 g, 1.38 mmol)을 15 ml의 디메틸포름아마이드에 녹여 투입하였다. 반응물의 온도를 올려 8시간 동안 환류 교반한 뒤 반응을 종료하고 감압 증류하여 용매를 제거하였다. 얻어진 고상의 물질을 증류수로 워싱한 후 다시 EA로 워싱하였다. 최종적으로 승화정제를 실시하여 순수한 노란색 고상의 화합물 7 0.21g을 19%의 수율로 얻었다.

[0129] 화합물 7: 질량분석 (FAB) m/z 808 $[(M+H)^+]$. 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) : δ 6.63~6.66 (m, 12H), 6.85 (t, 8H, $J=8.00$ Hz), 6.95 (t, 2H, $J=7.8$ Hz), 7.00~7.54 (m, 4H), 7.52 (t, 4H, $J=7.4$ Hz), 7.57~7.61 (m, 4H), 8.56 (s, 2H), 8.61 (d, 4H, $J=8.8$ Hz)

[0130] 제조예 1: 지연형광 유기발광다이오드 제조

[0131] (ITO/PEDOT:PSS/TAPC/mCP/화합물 4:FIrpic/TSP01/TPBI/LiF/Al)

[0132] 애노드인 ITO가 증착된 유리기판은 순수하고 이소프로필 알코올을 이용하여 초음파에서 30분간 세정하였다. 세정한 ITO 기판을 단파장의 자외선을 이용하여 표면처리한 후 PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate))를 60nm의 두께로 스핀코팅하여 정공주입층을 형성하였다. 그 후, TAPC(1,1-Bis[4-[N,N'-Di(p-tolyl)Amino]Phenyl]Cyclohexane)를 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 0.1 nm/s의 속도로 증착하여 20nm의 정공수송층을 형성하였다. 이 후, mCP(N,N-dicarbazoyl-3,5-benzene)를 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 0.1 nm/s의 속도로 증착하여 10nm의 제1 엑시톤 저지층을 형성하였다. 이 후, 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 호스트 물질로서 합성에 1을 통해 합성된 화합물 4를 0.1 nm/s의 속도로, 도펀트 물질로서 FIrpic를 0.01 nm/s의 속도로 공증착하여 호스트에 도펀트가 10% 도핑된 발광층을 형성하였다. TSP01(diphenylphosphine oxide-4-(triphenylsilyl)phenyl)와 TPBi(1,3,5-트리스(N-페닐벤즈이미다졸-2-일)벤젠)를 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 0.1 nm/s의 속도로 차례로 증착하여 각각 5nm와 30nm의 제2 엑시톤저지층과 전자수송층을 형성하였다. 이 후, 전자주입재료로서 LiF를 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 0.01 nm/s의 속도로 증착하여 1nm의 전자주입층을 형성하였다. 그 후, Al을 1×10^{-6} torr의 압력 하에서 0.5nm/sec의 속도로 증착하여 100nm의 캐소드를 형성함으로써 유기발광다이오드를 형성하였다. 소자 형성후 CaO 흡습제와 유리 커버 글라스를 이용하여 소자를 밀봉하였다.

[0133] 제조예 1을 통해 제조된 유기발광다이오드는 6.5 V의 구동전압(@ $1,000 \text{cd/m}^2$)에서 16.4%의 양자효율을 나타내 우수한 효율 특성을 보였다.

[0134] 비교예 1: 유기발광다이오드 제조

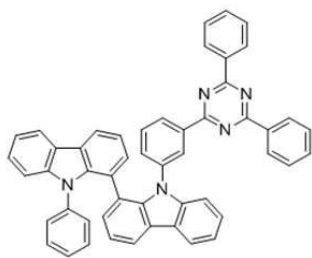
[0135] (ITO/PEDOT:PSS/TAPC/mCP/화합물 A:FIrpic/TSP01/TPBI/LiF/Al)

[0136] 발광층의 호스트 물질로서 화합물 4 대신 지연형광 특성을 나타내지 않는 하기 화합물 A를 사용한 것을 제외하

고는 제조예 1과 동일한 방법으로 유기발광다이오드를 제조한 후 밀봉하였다.

[0137] 비교예를 통해 제조된 유기발광다이오드는 6.7 V의 구동전압(@ 1,000cd/m²)에서 8%의 양자효율을 나타냈다.

[0138] <화합물 A>



[0139]

[0140] 상기 실시예와 비교예에서 발광 호스트로서 사용된 화합물들의 삼중항 에너지(T_1^H), 일중항 에너지(S_1^H)와, 상기 실시예와 비교예에 따른 유기발광다이오드들의 효율 및 구동전압 다음 표에 정리하였다.

표 1

	발광호스트의 S_1^H (eV)	발광호스트의 T_1^H (eV)	발광도펀트(Firpic)의 T_1^D (eV)	구동 전압(V) (1,000 cd/m ²)	양자 효율 (%)
실시예 1	2.89	2.64	2.65	6.5	16.4
비교예	3.00	2.69	2.65	6.7	8

[0142] 상기 표 1을 참조하면, 본원 실험예에 따른 유기발광다이오드는 비교예에 따른 유기발광다이오드에 비해 구동전압이 낮고, 양자효율이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 이는 본원 실험예들에서 사용된 화합물 4 즉, 호스트의 T_1 준위(T_1^H)는 도펀트의 T_1 준위(T_1^D)에 비해 낮아 구동전압을 낮출 수 있고, 또한 호스트의 T_1 준위(T_1^H)와 S_1 준위(S_1^H)의 차이가 0.3eV 이하를 만족하여 도펀트의 엑시톤이 소광되지 않고 호스트를 통해 다시 도펀트에서 인광으로서 방출될 수 있어 양자효율의 향상을 가져온 것으로 이해될 수 있다.

[0143] 상기 화합물 합성예들 1 내지 7 각각에 따른 화합물들 1 내지 7의 삼중항 에너지(T_1^H)와 일중항 에너지(S_1^H)를 하기 표로 정리하였다.

표 2

	화합물 1	화합물 2	화합물 3	화합물 4	화합물 5	화합물 6	화합물 7
S_1^H (eV)	2.72	2.61	2.35	2.89	2.80	2.66	2.58
T_1^H (eV)	2.56	2.49	2.29	2.64	2.53	2.53	2.34
$S_1^H - T_1^H$ (eV)	0.16	0.12	0.06	0.25	0.27	0.13	0.24

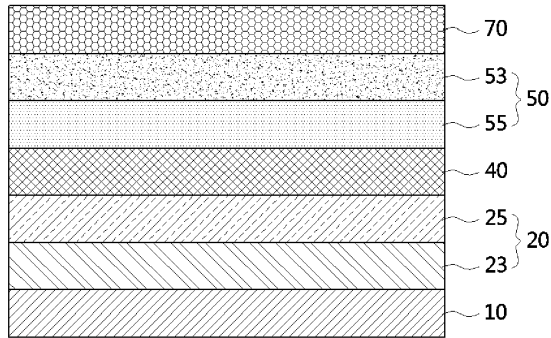
[0145] 상기 표 2를 참조하면, 상기 제조예 1에 따른 유기발광다이오드에서 사용된 화합물 4 뿐 아니라, 화합물 1 내지 3, 그리고 화합물 5 내지 7 또한 T_1 준위(T_1^H)가 도펀트의 일 예시인 Firpic의 T_1 준위(T_1^D)에 비해 낮음을 알 수 있고, 또한 T_1 준위(T_1^H)와 S_1 준위(S_1^H)의 차이가 0.3eV 이하를 만족함을 알 수 있다. 이로부터, 상기 화합물 4 대신 상기 화합물 1 내지 3, 그리고 화합물 5 내지 7을 호스트로 적용하더라도, 화합물 4와 마찬가지로 구동전압의 감소와 발광효율의 향상을 가져올 수 있을 것으로 예측된다.

[0146]

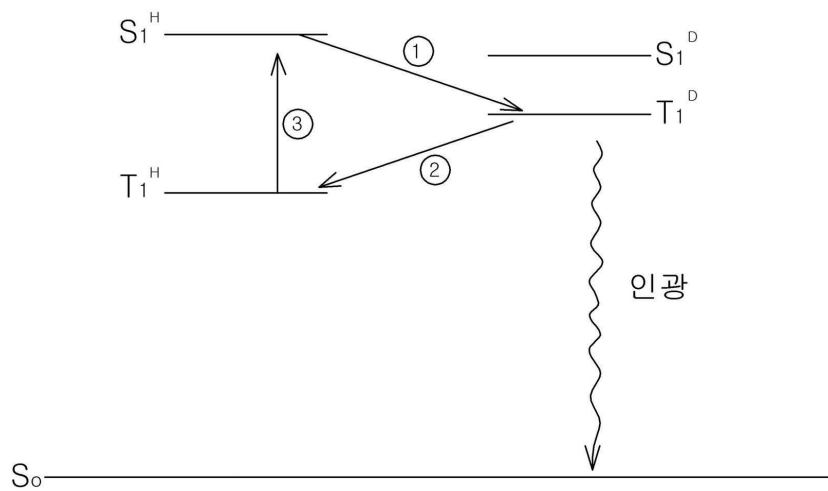
이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면

도면1



도면2



专利名称(译)	一种有机发光二极管，含有显示出延迟荧光的主体		
公开(公告)号	KR1020160130878A	公开(公告)日	2016-11-15
申请号	KR1020150062451	申请日	2015-05-04
[标]申请(专利权)人(译)	檀国大学校产学协力团		
申请(专利权)人(译)	檀国大学学术合作		
当前申请(专利权)人(译)	檀国大学学术合作		
[标]发明人	LEE JUN YEOB 이준엽 JEON SANG KYU 전상규		
发明人	이준엽 전상규		
IPC分类号	C09K11/06 H01L51/50		
CPC分类号	C09K11/06 H01L51/5024 H01L51/5016 H01L2924/12044		
其他公开文献	KR101835934B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种有机发光二极管。有机发光二极管包括阳极和阴极。含有主体和掺杂剂的发光层设置在阳极和阴极之间。主体是表现出延迟荧光的材料，其中主体的 T_1 水平 (T_1^H)，主体的 S_1 水平 (S_1^H) 和掺杂剂的 T_1 水平 (T_1^D) 满足数学公式1， $T_1^H \text{ 003c} \# = T_1^D$ ，以及数学公式2， $S_1^H \text{ 003e} \# T_1^D$ 。

