



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0132275
(43) 공개일자 2018년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
H01L 51/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5012 (2013.01)
C09K 11/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0068962
(22) 출원일자 2017년06월02일
심사청구일자 2017년06월02일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경
희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
서민철
서울특별시 송파구 올림픽로 135, 203동 2802호(
잠실동, 리센츠)
(74) 대리인
김연권

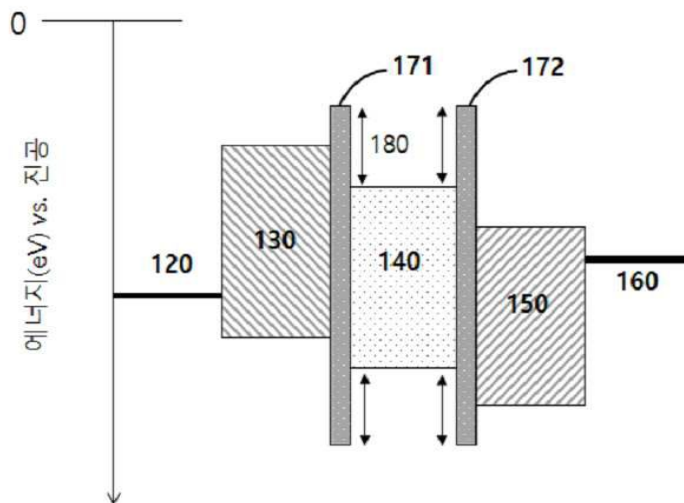
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 계면 보호층(IPL: Interface Protection Layer)을 포함하는 유기 전계 발광소자

(57) 요약

본 발명은 계면 보호층(IPL: Interface Protection Layer)을 포함하는 유기 전계 발광소자를 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 계면 보호층(IPL: Interface Protection Layer)을 포함하는 유기 전계 발광소자는 제1 전극, 상기 제1 전극에 대하여 구비된 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 구비된 적어도 1층 이상의 유기물층을 포함하는 유기 전계 발광소자에 있어서, 상기 유기물층은, 상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상에 형성되는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및 상기 발광층의 일면 또는 양면에 형성되는 계면 보호층(Interface protection layer)을 포함하고, 상기 계면 보호층은 상기 발광층 계면의 이온성 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하는 비활성 물질을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4b



(52) CPC특허분류

H01L 51/0035 (2013.01)

H01L 51/5004 (2013.01)

C09K 2211/1007 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10051655

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스 산업원천기술개발사업(디스플레이)

연구과제명 [RCMS 2/5] 프린팅기반 OLED화소 형성 기술의특성 저하원인 규명 및 성능 향상 기법 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극, 상기 제1 전극에 대향하여 구비된 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 구비된 적어도 1층 이상의 유기물층을 포함하는 유기 전계 발광소자에 있어서,

상기 유기물층은,

상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 수송층;

상기 정공 수송층 상에 형성되는 발광 물질을 포함하는 발광층;

상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및

상기 발광층의 일면 또는 양면에 형성되는 계면 보호층(interface protection layer)을 포함하고,

상기 계면 보호층은 상기 발광층 계면의 이온성 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하는 비활성 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계면 보호층의 LUMO 에너지의 절대값은 상기 정공 수송층, 상기 발광층 및 상기 전자 수송층의 LUMO 에너지의 절대값 미만인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 계면 보호층의 밴드갭 에너지는 상기 정공 수송층, 상기 발광층 및 상기 전자 수송층의 밴드갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 계면 보호층은 0.1Å 내지 30Å의 두께인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

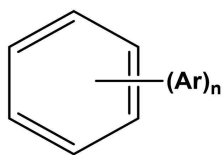
상기 비활성 물질은 벤젠(benzene)계열의 유기 화합물인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광소자.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 비활성 물질은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함하는 유기 전계 발광소자:

[화학식 1]



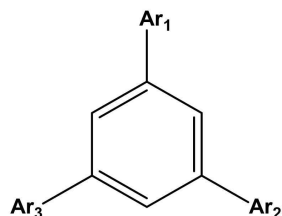
(여기서, n 은 1 내지 6의 정수이고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 Ar의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알킬닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택된다)

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 비활성 물질은 하기 화학식 2로 표시되는 화합물인 유기 전계 발광소자:

[화학식 2]



(여기서, Ar1 내지 Ar3는 서로 동일하거나 상이하고, 각각 독립적으로 치환 또는 비치환의 탄소수 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며, 상기 Ar1 내지 Ar3의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알킬닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택된다)

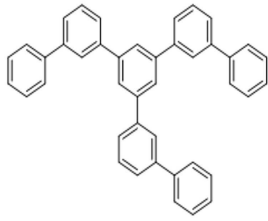
청구항 8

제5항에 있어서,

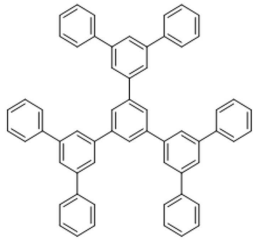
상기 비활성 물질은 하기 화학식 3 내지 화학식 7로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하

나를 포함하는 유기 전계 발광소자:

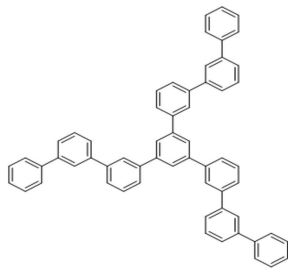
[화학식 3]



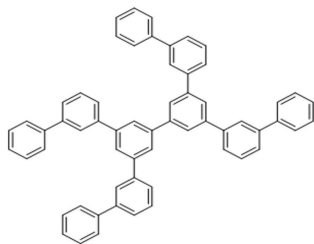
[화학식 4]



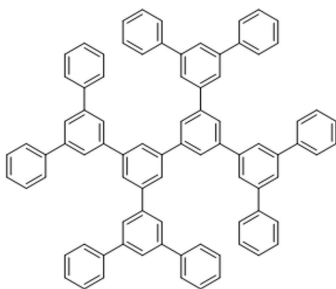
[화학식 5]



[화학식 6]



[화학식 7]



발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 전계 발광소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 계면 보호층(IPL: Interface Protection Layer)을 포함하는 유기 전계 발광소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 유기 발광소자(organic light-emitting diode, OLED)는 기관 상에 유기 발광 물질을 적층한 발광소자로서, 발광 현상은 전류를 소자에 주입함으로써 나타나게 된다. 이러한 유기 발광소자는 전기에너지를 빛 에너지로 곧바로 바꿔주어 자체 발광을 일으키는 반도체 디바이스로서 빠른 응답속도, 낮은 구동전압, 넓은 시야각, 저소비 전력, 높은 발광효율, 경량, 박형 등 다수의 장점을 바탕으로 액정표시장치(LCD)에 이어 차세대 디스플레이로서 큰 주목을 받고 있다.

[0004] 일반적인 유기 발광소자는 도 1a 및 1b의 구조를 갖는다. 즉, 기관(11) 상부에 제1 전극(20), 정공 수송층(30, HTL:Hole Transport Layer), 발광층(40), 전자 수송층(50, ETL:Electron Transport Layer) 및 제2 전극(60)이 순차적으로 적층된 구조를 가진다.

[0005] 유기 발광소자는, 유기물 박막(저분자 혹은 고분자)에서 음극(Cathode)과 양극(Anode)을 통해 주입된 전자(Electron)와 정공(Hole)이 재결합되고, 이때 생성된 엑시톤(Exciton)가 바닥상태(Ground State)로 떨어지면서 발광층 물질의 에너지 갭에 해당하는 가시광선이 방출되는 원리를 가지며, 발광층을 어떻게 형성하느냐에 따라 청색, 녹색, 적색의 발광 디바이스를 각각 구현 할 수가 있다.

[0006] 특히, 정공 수송층(30)에서 주입된 정공은 호스트의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위로 들어가고, 전자는 최소 LUMO(Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 준위 보다 높은 준위로 주입된다. 이때, 인광 청색 소자의 경우 도면 1b에서와 같이 정공과 전자가 발광층(40) 계면에서 축적되는 문제가 발생한다.

[0007] 축적되는 정공과 전자는 계면 열화(degradation)를 유발시켜 소자 수명을 저하시키는 요인이 된다. 이를 해결하기 위해, 정공 수송층(30)의 HOMO를 낮추면 제1 전극(20)과의 계면에서 정공 주입이 어렵고, 전자 수송층(50)의 LUMO를 높이면 전자 주입이 어렵다.

[0008] 또한, 유기 발광소자는 양쪽 전극에서부터 주입된 전자와 정공의 재결합에 의해 형성된 엑시톤(exciton)은 일중항 엑시톤(Singlet exciton)과 삼중항 엑시톤(Triplet exciton)로 존재하며, 통계적으로 1 : 3의 비율로 형성된다.

[0009] 발광은 일중항 상태에서 형광이, 삼중항 상태에서 인광이 관측되는데, 인광은 상온에서 대부분 열적 전이로 소멸되기 때문에 관측이 되지 않는다. 이러한 이유로 OLED 디바이스의 내부 양자효율은 최대 25%라고 알려져 왔으나 스핀-궤도 결합이 큰 이리듐(Ir), 백금(Pt) 등과 같은 무거운 원소를 중심으로 유기물이 배위 결합된 인광 재료가 상온의 삼중항 상태에서 효과적으로 빛을 방출한다는 사실이 알려짐으로써 이론적으로 OLED의 내부 양자효율을 100%까지 올릴 수 있게 되었다.

[0010] 이와 같이 인광 재료는 형광 재료에 비해 매우 높은 양자효율을 가질 수 있으므로 인광 유기 발광소자(PhOLED)가 유기 발광소자의 효율을 높이고 소비전력을 낮추기 위해 많이 연구되고 있으며, 그 결과, 적색 및 녹색 인광 유기 발광소자의 경우에는 20% 이상에 이르는 양자 효율(quantum efficiency)과 더불어 장수명을 달성한 연구들이 보고된바 있다. 따라서 현재 녹색과 적색 부분에서는 인광 재료의 고효율 발광체가 형광 재료와 경쟁적으로 적용되고 있다.

[0011] 그러나, 청색 인광 유기 발광소자의 경우에는 녹색과 적색에 비해 인광재료의 한계로 인하여 아직까지 실현 구현되고 있지 않는 상황이다. 이는 청색 발광 재료의 경우 청색, 녹색, 적색 중 가장 짧은 파장의 빛을 발광해야 한다는 점이다. 다시 말해서, 발광재료는 기본적으로 호스트(host)와 도판트(dopant)로 구성되어 빛을 구현하는 도판트보다 더 넓은 에너지의 호스트 재료를 사용하여야만 한다. 따라서 청색 발광재료의 호스트 재료는 매우 넓은 에너지의 호스트 재료를 사용하여야만 하며, 이로 인해 청색 발광재료의 호스트 재료는 매우 넓은 에너지갭을 가지고 있어야만 단파장의 청색 구현이 가능하게 된다.

[0012] 따라서 현재까지 개발된 청색 인광재료는 효율 및 수명이 매우 제한적이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제10-2016-0066964호, "유기 전계 발광소자"
(특허문헌 0002) 대한민국공개특허공보 제10-2016-0087991호, "유기 발광소자 및 이를 포함하는 표시 장치"

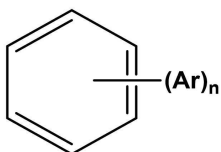
발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 계면 보호층을 포함함으로써, 정공 또는 전자를 발광층 내로 터널링(tunneling)시키는 동시에 발광층으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극 또는 제2 전극으로 이동하는 것을 차단(blocking)시킬 수 있는 유기 전계 발광소자가 제공된다.

과제의 해결 수단

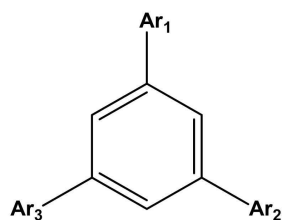
- [0017] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자는 제1 전극, 상기 제1 전극에 대향하여 구비된 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 구비된 적어도 1층 이상의 유기물층을 포함하는 유기 전계 발광소자에 있어서, 상기 유기물층은, 상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상에 형성되고, 발광 물질을 포함하는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및 상기 발광층의 일면 또는 양면에 형성되는 계면 보호층(interface protection layer)을 포함하고, 상기 계면 보호층은 상기 발광층 계면의 이온성 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하는 비활성 물질을 포함한다.
- [0018] 상기 계면 보호층의 LUMO 에너지의 절대값은 상기 정공 수송층, 상기 발광층 및 상기 전자 수송층의 LUMO 에너지의 절대값 미만일 수 있다.
- [0019] 상기 계면 보호층의 밴드갭 에너지는 상기 정공 수송층, 상기 발광층 및 상기 전자 수송층의 밴드갭 에너지 보다 클 수 있다.
- [0020] 상기 계면 보호층은 0.1Å 내지 30Å의 두께일 수 있다.
- [0021] 상기 비활성 물질은 벤젠(benzene)계열의 유기 화합물일 수 있다.
- [0022] 상기 비활성 물질은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물일 수 있다.
- [0023] [화학식 1]



- [0024]
- [0025] (여기서, n 은 1 내지 6의 정수이고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 Ar의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알킬닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택된다.)

[0026] 상기 비활성 물질은 하기 화학식 2로 표시되는 화합물일 수 있다.

[0027] [화학식 2]

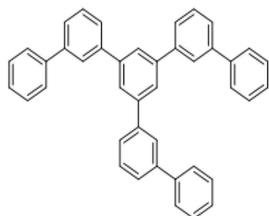


[0028]

[0029] (여기서, Ar1 내지 Ar3는 서로 동일하거나 상이하고, 각각 독립적으로 치환 또는 비치환의 탄소수 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며, 상기 Ar1 내지 Ar3의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알키닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택된다.)

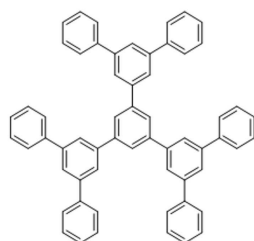
[0030] 상기 비활성 물질은 하기 화학식 3 내지 화학식 7로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0031] [화학식 3]



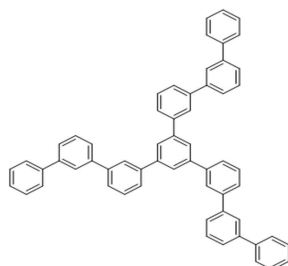
[0032]

[0033] [화학식 4]



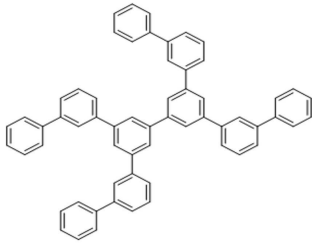
[0034]

[0035] [화학식 5]



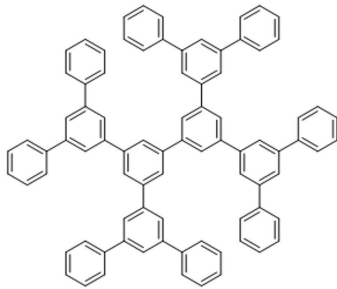
[0036]

[0037] [화학식 6]



[0038]

[0039] [화학식 7]



[0040]

발명의 효과

[0042] 본 발명의 실시예들에 따른 유기 전계 발광소자는 계면 보호층의 두께를 조절하여 정공 또는 전자를 발광층 내로 터널링(tunneling)시킴으로써, 정공 또는 전자가 발광층으로 원활하게 주입될 수 있다.

[0043] 본 발명의 실시예들에 따른 유기 전계 발광소자는 정공 수송층, 발광층 및 전자 수송층보다 밴드 갭 에너지가 큰 계면 보호층을 사용하여 발광층으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극 또는 제2 전극으로 이동하는 것을 차단(blocking)함으로써, 발광층 계면에 정공 또는 전자가 축적되는 것을 방지하여, 계면 열화를 감소시키고, 소자의 안정성을 향상시켜 유기 전계 발광소자의 수명을 극대화시킬 수 있다.

[0044] 또한, 발광층과 정공 수송층 사이 또는 발광층과 전자 수송층 사이에 계면 보호층을 포함함으로써, 정공 수송층 및 전자 수송층의 삼중항 에너지를 낮출 수 있다.

[0045] 또한, 계면 보호층으로 유기 화합물을 사용함으로써, 매우 얇은 박막 두께로도 캐리어 주입 특성 및 소자 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0046] 본 발명의 실시예들에 따른 유기 전계 발광소자는 발광층으로 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광 되는 인광 물질을 사용하여 유기 전계 발광소자의 수명을 극대화 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0048] 도 1a는 일반적인 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다.

도 1b는 일반적인 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.

도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다.

도 2b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.

도 3a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다.

도 3b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.

도 4a 내지 도 7a는 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다.

도 4b 내지 도 7b는 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0050] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0051] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0052] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0053] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0054] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0056] 유기 전계 발광소자에 일반적인 사용되는 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(poly(p-phenylene vinylene); PPV) 기반 고분자의 정공 이동도는 $10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 수준이다. 하지만, 전자 이동도는 이에 비해 1/10000 수준으로 매우 낮다. 따라서, 유기 전계 발광소자 내에서 정공의 밀도가 높아지고 음극(cathode) 계면 근처에서 재결합 존(recombination zone)이 형성된다. 이 경우, 정공의 주입이나 수송 특성을 낮춰주면 재결합 존의 위치가 음극(cathode)으로부터 멀어지기 때문에 유기 전계 발광소자의 효율을 높일 수 있고, 수명도 향상시킬 수 있다.
- [0057] 반면, 폴리플로렌(polyfluorene; PF) 기반의 소자들은, 폴리(p-페닐렌 비닐렌) 기반의 소자와 다른 특성을 보인다. 즉, 전자 전류(electron current)의 레벨(level)이 정공 전류(hole current)보다 약 100배 정도 높다. 이러한 특성은 전자 주입 특성 혹은 전자 수송 특성이 정공보다 우수하다는 것을 의미하는데, 이러한 전하 캐리어(charge carrier) 이동도의 불균형으로 인하여, 전하 균형(charge balance) 특성이 낮아져 효율이 낮아질 뿐만 아니라, 일부 전하 캐리어(charge carrier)들이 발광층(EML) 내에서 엑시톤(exciton)을 형성하지 못하고 PEDOT:PSS 층이나 음극으로 넘어가 효율 및 수명을 저하시키는 원인으로 작용될 수 있다.
- [0058] 특히, 이러한 엑시톤 퀀칭(exciton quenching) 현상을 막기 위해 용액 공정이 가능한 정공 수송층에 대한 연구들이 진행되었고, 특히, 가교 고분자 형태의 정공 수송층(XL-HTL)이 개발됨으로써 스핀코팅 공정 중 정공 수송층과 발광층 고분자 재료가 섞이는 것을 막아주고 정공 수송층 고분자 재료가 좋은 막막 특성을 갖도록 하는 것이 가능해졌다.
- [0059] 이러한 노력을 통해 XL-HTL을 내부층(interlayer)으로 도입한 유기 전계 발광소자는 수 천 시간 구동 후에도 안정한 특성을 보이며, 1500시간 이상의 구동 후에도, 2V 내외의 구동전압 상승을 보였다.
- [0060] 즉, 전하 균형(charge balance)을 막지 못하는 경우, 과잉 전하 캐리어(surplus charge carrier)들이 전극 쪽으로 넘어가지 못하게 하는 재료를 삽입해 주거나, 안정성이 높은 재료를 도입해 주어 수명을 향상시킬 수 있다.
- [0061] 그러나, 양극(anode) 및 음극(cathode)과 유기 계면 사이의 에너지 주입 장벽이 크면, 줄열 가열(Joule heating)이 발생하게 되어, 이를 통해, 유기 재료가 손상되고, 수명의 열화가 가속화 될 수 있다. 따라서 이런 부작용을 막기 위하여 양극(anode) 및 음극(cathode)과 유기 계면 사이에 발생하는 에너지 장벽을 낮추는 연구들이 진행되었다.
- [0062] 이와 같은 사전 연구결과들을 바탕으로 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자는 청색 인광 소자의 효율 및 수명을 향상시키기 위해, 열화에 대한 원인 분석을 진행하였다. 특히, 열화 발생 시 계면 특성과 물질 자체

의 물성 등이 변하기 때문에, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자는 청색 인광 재료의 계면 열화를 개선시키는 기술을 개시한다.

- [0063] 이하에서는, 도 2a 내지 도 7b를 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른 유기 전계 발광소자에 대해 설명하기로 한다.
- [0065] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자는 제1 전극, 상기 제1 전극에 대향하여 구비된 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 구비된 적어도 1층 이상의 유기물층을 포함한다.
- [0066] 또한, 유기물층은, 제1 전극 상에 형성되는 정공 수송층, 정공 수송층 상에 형성되고, 발광 물질을 포함하는 발광층, 발광층 상에 형성되는 전자 수송층 및 발광층의 일면 또는 양면에 형성되는 계면 보호층(interface protection layer)을 포함한다.
- [0067] 계면 보호층은 발광층 계면의 이온성 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하는 비활성 물질을 포함한다.
- [0068] 하기에서 설명되는 도 2a 내지 도 7b의 본 발명의 실시예들에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 계면 보호층(170, 171, 172)의 개수 및 위치가 상이한 것을 특징으로 하므로, 공통적으로 존재하는 기관(110), 제1 전극(120), 정공 전달층(130), 발광층(140), 전자 전달층(150), 제2 전극(160) 및 계면 보호층(170, 171, 172)에 대해 먼저 설명한 후, 계면 보호층(170, 171, 172)의 개수 및 위치에 따른 구조적인 차이점에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0069] 기관(110)으로는 통상적인 유기 전계 발광소자에서 사용되는 기관(110)을 사용할 수 있으나, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기관 또는 투명 플라스틱 기관을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0070] 또한, 실시예에 따라서는 기관(110)을 사용하지 않고, 제1 전극(120)이 전극 및 기관 역할을 동시에 할 수 있다.
- [0071] 기관(110) 상에는 제1 전극(120)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(120)은 양극(anode)일 수 있다.
- [0072] 제1 전극(120)은 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 연결되어 박막 트랜지스터로부터 인가되는 구동 전류를 공급 받는 역할을 한다.
- [0073] 제1 전극(120)으로는 유기 전계 발광소자에 사용되는 공지의 전극 재료로 이루어질 수 있고, 바람직하게는, 제1 전극(120)은 리튬폴로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘(Mg), 마그네슘 실버(Mg:Ag), 이터븀(Yb), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 인듐아연산화물(IZO), 아연 산화물(ZnO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS), 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), 칼슘(Ca) 및 은나노와이어(AgNWs)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0074] 더욱 바람직하게는, 제1 전극(120)으로는 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 실버와이어(AgNWs) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0075] 더더욱 바람직하게는, 제1 전극(120)은 발광층(140)의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO; highest occupied molecular orbital) 준위로 정공의 주입이 용이하도록 일함수가 크면서 투명한 전극인 인듐주석산화물(ITO)을 포함할 수 있다.
- [0076] 제1 전극(120)에 대향하여 구비되는 제2 전극(160)이 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 전극(160)은 음극(cathode)일 수 있다.
- [0077] 제2 전극(160)은 전원 전압에 공통 연결되어 전자 수송층(150)으로 전자를 주입시키는 역할을 한다.
- [0078] 제2 전극(160)으로는 유기 전계 발광소자에 사용되는 공지의 전극 재료로 이루어질 수 있고, 바람직하게는, 제2 전극(160)은 리튬폴로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘(Mg), 마그네슘 실버(Mg:Ag), 이터븀(Yb), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 인듐아연산화물(IZO), 아연 산화물(ZnO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS), 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), 칼슘(Ca) 및 은나노와이어

(AgNWs)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0079] 더욱 바람직하게는, 제2 전극(160)으로는 발광층(140)의 최고준위 점유 분자궤도 (HOMO) 준위로 전자의 주입이 용이하도록 낮은 일함수를 가지며, 내부 반사율이 뛰어난 금속류의 전극이 사용될 수 있고, 제2 전극(160)으로는 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘 (Mg), 마그네슘 실버 (Mg:Ag) 및 이터븀 (Yb) 으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0080] 제1 전극층(120) 및 제2 전극층(160)은 서로 전기적으로 분리되고, 유기 전계 발광소자(100a-100f)에 전원을 제공한다. 또한, 제1 전극층(120) 및 제2 전극층(160)은 유기 전계 발광소자(100a-100f)에서 발생된 광을 반사시켜 광 효율을 증가시킬 수 있으며, 유기 전계 발광소자(100a-100f)에서 발생된 열을 외부로 배출시키는 역할을 할 수도 있다. 전자 수송층(150) 상에는 제2 전극(160)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 제2 전극(160)은 음극(cathode)일 수 있다.
- [0081] 제1 전극(160)은 전원 전압에 공통 연결되어 전자 수송층(150)으로 전자를 주입시키는 역할을 한다.
- [0082] 제1 전극(160)과 제2 전극(160) 사이에 구비되는 적어도 1층 이상의 유기물층을 포함할 수 있다.
- [0083] 유기물층은 제1 전극(160) 상에 형성되는 정공 수송층(130), 정공 수송층(130) 상에 형성되고, 발광 물질을 포함하는 발광층(140), 발광층(140) 상에 형성되는 전자 수송층(150) 및 발광층(140)의 일면 또는 양면에 형성되는 계면 보호층(Interface protection layer; 170, 171, 172)를 포함할 수 있다.
- [0084] 먼저, 제1 전극(120) 상에는 정공 수송층(130)이 형성될 수 있고, 제1 전극(120) 상에 형성되는 정공 수송층(130)은 제1 전극(120)으로부터 주입된 정공을 발광층(140)으로 이동시키는 역할을 한다.
- [0085] 정공 수송층(130)으로는 공지의 정공 수송층용 물질이 사용될 수 있고, 바람직하게는, 정공 수송층(130)은 NPB(N,N-bis-(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine), TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'- biphenyl]-4,4'-diamine), TAPC(1,1- Bis[4-[N,N'-di(p-tolyl)amino]phenyl]cyclohexane), HMTDP((3-tolyl)amino)3,3'-dimethylbiphenyl), TCTA(Tris(4-carbazoyl-9-ylphenyl)amine), P₃HT(Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl)), 2TNATA(4,4', 4' '-tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine), m-MTDATA (4,4',4' '-Tris[phenyl(m-tolyl)amino]triphenylamine), DNTPD(N,N' -bis-[4-(di-m-tolylamino)phenyl]-N,N' -diphenylbiphenyl-4,4' -diamine), NPD(N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N' -diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (α-NPD)), DPPD(N,N' -diphenyl-p-phenylenediamine), 4BTPD (2,2' -bis(4-ditolylaminophenyl)-1,1' -biphenyl), 3BTPD (2,2' -bis(3-ditolylaminophenyl)-1,1' -biphenyl) 및 DTASi (bis[4-(p,p'- ditolylamino)-phenyl]diphenylsilane)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0086] 정공 수송층(130) 상에는 발광층(140)이 형성될 수 있고, 발광층(130)은 제1 전극(120)으로부터 주입되어 정공 수송층(130)을 경유한 정공과 제2 전극(160)으로부터 주입되어 전자 수송층(150)을 경유한 전자가 재결합하여 엑시톤(exiton)을 생성하고, 생성된 엑시톤(exiton)이 여기 상태에서 기저상태로 변하면서 발광하는 층으로서, 단층 또는 복층으로 구성될 수 있다.
- [0087] 발광층(140)은 녹색 발광층, 적색 발광층 또는 청색 발광층일 수 있고, 바람직하게는 청색 발광층일 수 있다.
- [0088] 또한, 발광층(140)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광될 수 있다.
- [0089] 발광층(140)으로 사용되는 인광 발광은 형광 발광에 비해 매우 높은 양자효율을 가질 수 있으므로, 인광 유기 전계 발광소자가 유기 전계 발광 소자(100a-100f)의 효율을 높일 수 있다.
- [0090] 또한, 발광층(140)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광 되는 인광 물질을 사용하여 유기 전계 발광소자(100a-100f)의 내부 양자 효율을 향상시켜, 유기 전계 발광소자(100a-100f)의 효율을 높일 수 있다.
- [0091] 발광층(140)에 포함되는 발광 물질은 전하(정공 또는 전자) 이송을 위한 호스트(host)와 인광 특성을 위한 인광 도펀트(dopant)를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 인광 도펀트로는 청색 인광 도펀트를 사용할 수 있다.
- [0092] 호스트는 통상적인 것으로서, 예를 들어, 1,3-N,N-디카바졸벤젠(mCP) 및 이들의 유도체를 사용하는 것이 바람직하나 이에 제한되는 것은 아니며, 4,4'-N,N-디카바졸비페닐(CBP), (4,4'-비스(2,2-디페닐-에텐-1-일)디페닐(DPVBi), 비스(스티릴)아민(DSA)계, 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(트리페닐실록시)알루미늄(III)(SAIq), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(파라-페놀라토)알루미늄(III)(BAIq), 3-(비페닐-4-일)-5-(4-디메틸아미노)4-(4-에틸페

닐)-1,2,4-트리아졸(p-EtTAZ), 3-(4-비페닐)-4-페닐-5-(4-터셔리-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(TAZ), 2,2',7,7'-테트라키스(비-페닐-4-일)-9,9'-스피로플루오렌(Spiro-DPVBI), 트리스(파라-터-페닐-4-일)아민(p-TTA), 5,5-비스(디메지틸보릴)-2,2-비티오펜(BMB-2T) 및 퍼틸렌(perylene)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0093] 발광층(140)에 사용할 수 있는 인광 도판트로는, 예를 들면, 청색계의 발광 재료로서, 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C2']이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C2']이리듐(III)피코리나토(FIrpico), 비스[2-(3',5'-비스트리플루오로메틸페닐)피리디나토-N,C2']이리듐(III)피코리나토(Ir(CF₃ppy)₂(pic)) 및 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C2']이리듐(III)아세틸아세토네이트(FIracac)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0094] 또한, 녹색계의 발광 재료로서, 트리스(2-페닐피리디나토-N,C2')이리듐(III)(Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디나토-N,C2')이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(ppy)₂(acac)), 비스(1, 2-디페닐-1H-벤즈이미다졸라토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(pbi)₂(acac)) 및 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(bzq)₂(acac))으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0095] 또한, 황색계의 발광 재료로서, 비스(2, 4-디페닐-1,3-옥사졸라토-N,C2')이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(dpo)₂(acac)), 비스[2-(4'-피플루오로페닐)피리디나토]이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(p-PF-ph)₂(acac)) 및 비스(2-페닐벤조티아졸라토-N,C2')이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(bt)₂(acac))으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0096] 또한, 등색계의 발광 재료로서, 트리스(2-페닐퀴놀리나토-N,C2')이리듐(III)(Ir(pq)₃) 및 비스(2-페닐퀴놀리나토-N,C2')이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(pq)₂(acac))으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0097] 또한, 적색계의 발광 재료로서, 비스[2-(2'-벤조[4,5-α]티에닐)피리디나토-N,C3']이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(btp)₂(acac)), 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-N,C2')이리듐(III)아세틸아세토네이트(Ir(piq)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오르페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(Ir(Fdpq)₂(acac)) 및 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II)(PtOEP)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0098] 또한, 트리스(아세틸아세토네이트)(모노 페난트롤린)테르듐(III)(Tb(acac)₃(Phen)), 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노 페난트롤린)유로퓸(III)(Eu(DBM)₃(Phen)) 또는 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III)(Eu(TTA)₃(Phen))와 같은 희토류 금속착물은, 희토류 금속 이온으로부터의 발광(다른 다중도 간의 전자전이)이기 때문에, 인광성 화합물로서 사용될 수 있다.

[0099] 또한, DCM1(4-디시아노메틸렌-2-메틸-6-(파라-디메틸아미노스틸릴)-4H-피란), 디시아노메틸렌-2-메틸-6-(줄로리딘-4-일-비닐)-4H-피란, 디시아노메틸렌-2-메틸-6-(1,1,7,7-테트라메틸줄로리딘-9-에닐)-4H-피란, 디시아노메틸렌-2-터셔리부틸-6-(1,1,7,7-테트라메틸줄로리딘-9-에닐)-4H-피란 및 디시아노메틸렌-2-아이소프로필-6-(1,1,7,7-테트라메틸줄로리딘-9-에닐)-4H-피란으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0100] 발광층(140) 상에는 전자 수송층(150)이 형성될 수 있고, 발광층(140) 상에 형성되는 전자 수송층(150)은 제2 전극(160)으로부터 주입된 전자를 발광층(140)으로 이동시키는 역할을 한다.

[0101] 전자 수송층(150)은 Alq₃(Tris(8-hydroxyquinoline) Aluminum), PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester), TAZ(3-(4-biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tertbutylphenyl)-1,2,4-triazole), TPBi(2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole)), BPhen(4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline), BALq(Bis(8-hydroxy-2-methylquinoline)-(4-phenylphenoxy)aluminum), TSP01 (diphenylphosphine oxide-4-(triphenylsilyl)phenyl), B₄PyMPM [bis-4,6-(3,5-di-4-pyridylphenyl)-2-methylpyrimidine], TmPyPB (Two pyridine-containing triphenylbenzene derivatives of 1,3,5-tri(m-pyrid-3-yl-phenyl)benzene), 3TPYMB (tris-[3-(3-pyridyl)mesityl] borane), TpPyPB (1,3,5-tri(p-pyrid-3-yl-phenyl)benzene), TPPB (1,3,5-tris[3,5-

bis(3-pyridinyl)phenyl]benzene) 및 BCP(2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0102] 발광층(140)의 일면 또는 양면에는 계면 보호층(170, 171, 172, IPL: Interface Protection Layer)이 형성될 수 있다.
- [0103] 계면 보호층(170, 171, 172, IPL: Interface Protection Layer)은 정공 수송층(130), 발광층(140) 및 전자 수송층(150)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지고, 이로 인해, 계면 보호층(170, 171, 172)은 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극(120) 또는 제2 전극(160)으로 이동하는 것을 차단시킨다.
- [0104] 또한, 계면 보호층(170, 171, 172)의 LUMO 에너지의 절대값은 정공 수송층(130), 발광층(140) 및 전자 수송층(150)의 LUMO 에너지의 절대값 미만일 수 있다.
- [0105] LUMO 에너지의 절대값은 진공 레벨(vacuum level)로 부터의 수치의 절대값을 의미한다. 또한, HOMO 에너지의 절대값은 계면 보호층(170, 171, 172)의 HOMO 레벨이 정공 수송층(130) 및 전자 수송층(150) 보다는 크지만, 발광층(140) 보다는 크거나, 같을 수 있다.
- [0106] 즉, 계면 보호층(170, 171, 172)은 발광층(140)의 좌/우(일면/타면)로 구분되어지지 않기 때문에 엑시톤을 제한하면서도 차단(blocking)하는 역할을 동시에 해주기 위해 일반적으로 사용되는 정공 수송층보다는 HOMO(highest occupied molecular orbital) 에너지(예; 5.7 eV)는 크고, 전자 수송층보다는 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital) 에너지(예; 2.5 eV)는 작아야 한다. 또한, 계면 보호층(170)으로 사용되는 물질들은 매우 높은 밴드 갭 에너지를 가지기 때문에 사실상 물질이 이온화 되기 어렵다.
- [0107] 또한, 계면 보호층(170)의 일함수(work function)는 발광층(140)의 전도대(conduction band)보다 작고 가전자대(valence band)보다 큰 물질을 포함할 수 있다.
- [0108] 이로 인해, 계면 보호층(170)의 상/하부에 모두 장벽(180)이 형성될 수 있다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 발광층(140)의 일면 또는 양면에 정공 수송층(130), 발광층(140) 및 전자 수송층(150)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지는 계면 보호층(170, 171, 172)을 형성함으로써, 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극(120) 또는 제2 전극(160)으로 이동하는 것을 차단하여, 정공 또는 전자의 이동을 제어함으로써, 전하 밸런스가 향상됨으로써, 정공과 전자의 재결합 확률이 증가시켜, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다.
- [0110] 유기 전계 발광소자의 경우, 제1 전극(120)/정공 수송층(130) 및 전자 수송층(150)/제2 전극(160) 사이의 2개의 계면에만 존재하는 반면, 저분자 유기 전계 발광소자의 경우, 많은 계면이 존재하고 유기 전계 발광소자에 따라 열화 메커니즘 분석이 복잡해진다. 또한, 형광 저분자 유기 전계 발광소자에서 가장 열화에 민감한 계면은 정공 수송층(130)/발광층(140) 사이의 계면으로, 이는 정공 수송층(130)/발광층(140) 사이의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 에너지 레벨의 차이가 크기 때문이다.
- [0111] 예를 들어, 정공 수송층(130) 물질로 아민 화합물(amine compound)을 이용하는 Alq 소자의 경우, HOMO 에너지 레벨 차이가 0.4 eV 내지 0.5 eV의 범위를 가지기 때문이다.
- [0112] 이는 이미 1996년 한 연구에서 의해, 형광 유기 전계 발광소자와 달리 재결합 존(recombination zone)의 위치를 정공 수송층(130) 쪽으로 이동시켜 수명이 100배 이상 향상되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 소자의 경우, 정공이 발광층까지 이동할 필요가 없기 때문에 정공 수송층(130)/발광층(140) 사이의 계면 손상을 열화의 요인으로 간주한다. 따라서, 정공이 발광층에 도달하기 전에 제 3의 물질(루브렌(rubrene)과 같이 전기적 특성이 강한 재료)에서 재결합(recombination)이 되도록 유도함으로써, 수명을 증가시킬 수 있다.
- [0113] 즉, 유기 전계 발광소자는 주변층 사이의 에너지 레벨 차이로 인해 발광층(140) 계면에 정공 또는 전자가 축적될 수 있다.
- [0114] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 계면 보호층(170)의 상/하부에 모두 장벽(180)이 형성되어, 발광층(140) 계면에 정공 또는 전자가 축적되는 것을 방지하여, 발광층(140)의 계면 열화를 감소시키고, 소자의 안정성을 향상시켜 유기 전계 발광소자(100a-100f)의 수명을 극대화시킬 수 있다.
- [0115] 또한, 계면 보호층(170, 171, 172)은 0.1Å 내지 30Å의 두께일 수 있고, 0.1Å 이하이면 두께가 너무 얇아 계면 보호층으로의 역할을 할 수 없고, 계면 보호층(170, 171, 172)의 두께가 30Å를 초과하면 계면 보호층(170, 171, 172)의 두께가 너무 두꺼워져 주입 장벽에 도움을 주지 못하고, 오히려 절연층(insulator)의 역할을 하기

때문에 소자 수명 및 안정성을 감소시킨다.

- [0116] 따라서, 계면 보호층(170, 171, 172)은 전술한 바와 같은 얇은 두께로 인하여 정공 또는 전자를 발광층(140)으로 터널링(tunneling)시킬 수 있다.
- [0117] 계면 보호층(170, 171, 172)은 정공 또는 전자를 발광층(140)으로 터널링시켜, 발광층(140)으로 정공 또는 전자를 원활하게 주입할 수 있다.
- [0118] 도 1a 및 도 1b에서와 같은 종래의 유기 전계 발광소자는 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이 또는 발광층(140)과 전자 수송층(150) 사이에 계면 보호층(170, 171, 172)을 형성하지 않기 때문에 발광층(140)의 계면(발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이 또는 발광층(140)과 전자 수송층(150) 사이)에서 정공 또는 전자가 축적됨으로써, 계면 열화의 원인이 되어 소자 수명을 감소시킨다.
- [0119] 또한, 이를 개선하기 위해, 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이 또는 발광층(140)과 전자 수송층(150) 사이에 엑시톤 차단층을 형성하는 기술이 연구되었으나, 엑시톤 차단층은 캐리어 주입에는 영향을 줄 수 없으며, 반대쪽 캐리어만 막아 주는 역할을 한다.
- [0120] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극(120) 또는 제2 전극(160)으로 이동하는 것을 차단하는 동시에 정공 또는 전자를 발광층(140) 내로 터널링 시킴으로써, 청색 인광 소자에 도입할 경우, 큰 밴드갭을 가지는 물질들로 인한 주입장애(전하 이동도가 느려지는 문제)를 완화시킬 수 있다.
- [0121] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)에 사용되는 계면 보호층(170, 171, 172)은 적/녹/청에 모두 적용 가능하며, 물질 변화 없이 청색 인광 소자에 사용되는 계면 보호층(170, 171, 172) 하나만을 이용하여 효과적으로 엑시톤들을 제한(confining)시킬 수 있다. 또한, 계면 보호층(170, 171, 172)은 항상 발광층 기준으로 양쪽(양면)에 모두 삽입할 필요 없이, 캐리어(정공 또는 전자) 밀도가 약한 쪽을 선정하여 한 부분에만 삽입할 수 있다.
- [0122] 계면 보호층(170, 171, 172)에 의해 발광층 내부에 주입된 전공 및 전자는 재결합되고, 그 이후 형성된 엑시톤은 삽입된 계면 보호층으로 인하여 주변층(전공 수송층 또는 전자 수송층)으로 확산될 수 없다. 일반적으로, 인광 소자의 경우 텍스터 전자 수송 매커니즘(dexter electron transfer mechanism)을 기반으로 하기 때문에, 발광층의 엑시톤들의 바인딩(binding) 에너지 보다 큰 에너지를 줄 수 없기에 주변 층으로의 이동이 어렵게 된다.
- [0123] 따라서, 계면 보호층(170, 171, 172)을 포함함으로써, 정공 수송층(130) 및 전자 수송층(150)의 삼중항 에너지를 낮출 수 있다.
- [0124] 계면 보호층(170, 171, 172)은 발광층(140) 계면의 이온성 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하는 비활성 물질을 포함할 수 있다.
- [0125] 발광층(140) 계면은 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면 및 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면을 포함할 수 있다.
- [0126] 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면에서는 양이온 분자와 발광 물질 간에 전기 화학적 반응이 발생할 수 있고, 전자 수송층(150)과 발광층(140) 사이의 계면에서는 음이온 분자와 발광 물질 간에 전기 화학적 반응이 발생할 수 있다.
- [0127] 만약, 발광층(140)의 일면에 계면 보호층(170, 171, 172)이 형성된다면, 계면 보호층(170, 171, 172)의 비활성 물질은 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 양이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하거나, 전자 수송층(150)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제할 수 있다.
- [0128] 만약, 발광층(140)의 양면에 계면 보호층(170, 171, 172)이 형성된다면, 계면 보호층(170, 171, 172)의 비활성 물질은 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 양이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응 및 전자 수송층(150)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간에 전기 화학적 반응을 모두 억제할 수 있다.
- [0129] 정공 수송층과 발광층 사이의 계면에서 발생하는 양이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응 및 전자 수송층과 발광층 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간에 전기 화학적 반응에 대해 설명하기로 한

다.

[0130] 유기 전계 발광 조사(100a-100f)의 재료들은 구동되는 동안 다양한 화학 반응을 일으키며, 특히, 이 화학반응들은 발광층(140)은 주변 재료들(정공 수송층(130) 또는 전자 수송층(150))과 직접적으로 연관되어 있고, 예를 들면, 정공 수송층(130)으로 사용되는 NPB(NN'-Bis(naphthalen-1-yl)-NN'-bis(phenyl)benzidine)가 변성을 일으키는 대표적인 재료일 수 있다. 보다 상세하게는, 광여기된 NPB 필름 내부의 화학 반응물과 화학 결합 에너지를 분석했을 때, NPB의 변형은 NPB 일중항 들뜬 상태(singlet excited state) 내의 C-N 결합의 균일 해리(homolytic dissociation)가 일어날 수 있다.

[0131] 즉, 단일 분자의 변형은 상대적으로 간단한 메커니즘으로 일어나며, 분자 한 개 이상 또는 여기된 상태의 분자간에 다소 복잡한 메커니즘으로도 발생할 수 있지만, 대체적으로 비교적 안정한 π -라디칼(π -radical) 종이 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이 계면 근처에서 형성되어, 이러한 전구체들로 인해 계면에서의 전기적 특성이 변할 수 있다.

[0132] 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 벤젠(benzene) 계열을 주 골격으로 사용하는 유기 화합물일 수 있다. 바람직하게는, 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 벤젠을 주 골격으로 사용하고, 컨쥬게이션(Conjugation)을 포함하지 않는 유기 화합물일 수 있다.

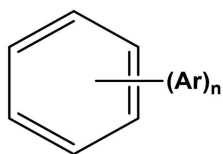
[0133] 컨쥬게이션(Conjugation)은 2개 이상의 다중결합이 단일결합을 하나씩 사이에 끼고 존재하고, 이들 결합이 상호작용을 일으키는 현상으로서 이것은 불포화결합 사이에 있는 단일결합이 일정 정도 불포화 결합성을 보인다.

[0134] 예를 들면, 컨쥬게이션(Conjugation)은 부타다이엔 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 과 같은 구조를 가질 수 있다.

[0135] 바람직하게는, 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0136] 구체적으로, 벤젠(benzene) 계열을 주 골격으로 사용하는 유기 화합물, 더 나아가, 컨쥬게이션(Conjugation)을 포함하지 않는 벤젠(benzene) 계열을 주 골격으로 사용하는 유기 화합물인 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 1로 표시되는 화합물일 수 있다.

[0137] [화학식 1]



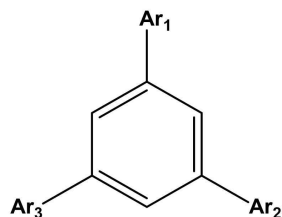
[0138]

[0139] 여기서, n 은 1 내지 6의 정수이고, Ar은 치환 또는 비치환의 탄소수 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 Ar의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알키닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0140] 더 바람직하게는, 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 2로 표시되는 화합물을 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0141] 구체적으로, 화학식 1로 표시되는 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 2로 표시되는 화합물일 수 있다.

[0142] [화학식 2]



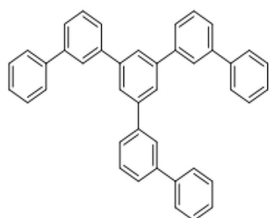
[0143]

[0144] 여기서, Ar1 내지 Ar3는 서로 동일하거나 상이하고, 각각 독립적으로 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 치환 또는 비치환된 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 치환 또는 비치환의 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기 및 치환 또는 비치환 실릴기로 이루어진 군으로부터 선택되며, 상기 Ar1 내지 Ar3의 치환기는 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 각각 독립적으로 수소, 중수소, 시아노기, 니트로기, 할로젠기, 히드록시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬기, 탄소수 1 내지 20의 시클로알킬기, 탄소수 2 내지 30의 알케닐기, 탄소수 2 내지 24의 알키닐기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로알킬기, 탄소수 7 내지 30의 아르알킬기, 탄소수 6 내지 30의 아릴기, 탄소수 2 내지 30의 헤테로아릴기, 탄소수 3 내지 30의 헤테로아르알킬기, 탄소수 1 내지 30의 알콕시기, 탄소수 1 내지 30의 알킬아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아릴아미노기, 탄소수 6 내지 30의 아르알킬아미노기, 탄소수 2 내지 24의 헤테로 아릴아미노기, 탄소수 1 내지 30의 알킬실릴기, 탄소수 3 내지 40의 시클로알킬기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴실릴기 및 탄소수 6 내지 30의 아릴옥시기로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0145] 보다 더 바람직하게는, 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 3 내지 화학식 7로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

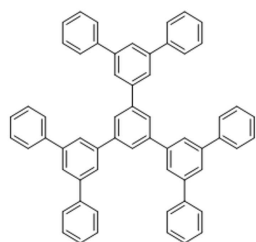
[0146] 구체적으로, 화학식 2로 표시되는 계면 보호층(170, 171, 172)에 포함되는 비활성 물질은 하기 화학식 3 내지 화학식 7로 표시되는 화합물일 수 있다.

[0147] [화학식 3]



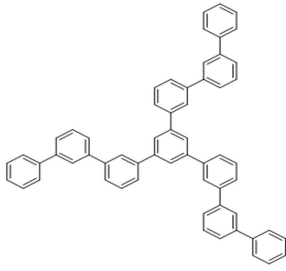
[0148]

[0149] [화학식 4]



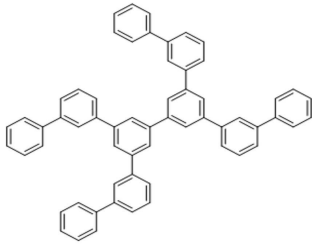
[0150]

[0151] [화학식 5]



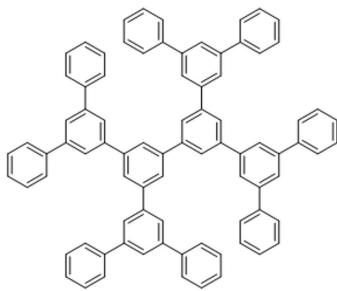
[0152]

[0153] [화학식 6]



[0154]

[0155] [화학식 7]



[0156]

[0157] 화학식 3은 1,1':3',1'':3'',1''':3''',1''':3'''-Quinquephenyl, 5'-[1,1'-biphenyl]-3-yl-이고, 화학식 4는 1,1':3',1'':3'',1''':3''',1''':3'''-Quinquephenyl, 5',5''-diphenyl-5'-[1,1':3',1''-terphenyl]-5'-yl-이며, 화학식 5는 1,1':3',1'':3'',1''':3''',1''':3''',1''':3''',1''':3'''-Septiphenyl, 5'-[1,1':3',1''-terphenyl]-3-yl-이고, 화학식 6은 1,1':3',1'':3'',1''':3''',1''':3''',1''':3'''-Sexiphenyl, 5',5''-bis([1,1'-biphenyl]-3-yl)-이며, 화학식 7은 1,1':3',1'':3'',1''':3''',1''':3''',1''':3'''-Sexiphenyl, 5',5''-bis([1,1':3',1''-terphenyl]-5'-yl)-이다.

[0158] 계면 보호층(170, 171, 172)으로 유기 화합물을 사용함으로써, 매우 얇은 박막 두께로도 캐리어 주입 특성 및 소자 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0159] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 도 2a 및 3a 에서와 같이, 발광층(140)의 일면에 계면 보호층(170)을 형성할 수 있고, 도 4a 내지 도 7a에서와 같이, 발광층(140)의 양면에 계면 보호층(171, 172)을 형성할 수 있다.

[0160] 보다 상세하게는, 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a)는 도 2a에서와 같이, 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이에 계면 보호층(170)을 형성할 수 있고, 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100b)는 도 3a에서와 같이 발광층(140)과 전자 수송층(160) 사이에 계면 보호층(170)을 형성할 수 있으며, 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100c-100f)는 도 4a 내지 도 7a에서와 같이, 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이 및 발광층(140)과 전자 수송층(160) 사이에 모두 계면 보호층(171, 172)을 형성할 수 있다.

[0161] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a-100f)는 소자에 대한 취약 부분을 알게된다면 해당 하는 취약 부분에 계면 보호층(170, 171, 172)을 형성할 수 있어, 사용자의 필요에 따라 필요한 부분에 선택적

으로 적용할 수 있다.

- [0163] 도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다. 도 2a를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100a)는 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이에 계면 보호층(170)이 존재한다.
- [0164] 도 2b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0165] 도 2b에서와 같이, 계면 보호층(170)이 발광층(140) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 계면 보호층(170)의 상부 및 하부에 모두 장벽(180)이 형성되어, 발광층(140) 계면에 정공이 축적되는 것을 방지하여, 발광층(140)의 계면 열화를 감소시키고, 소자의 안정성을 향상시켜 유기 전계 발광소자의 수명을 극대화시킬 수 있다.
- [0166] 따라서, 계면 보호층(170)은 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 양이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제할 수 있다.
- [0167] 또한, 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극(120)으로 이동하는 것을 차단하여, 정공 또는 전자의 이동을 제어함으로써, 전하 밸런스가 향상됨으로써, 정공과 전자의 재결합 확률이 증가시켜, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다.
- [0168] 또한, 정공 수송층(130)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.
- [0170] 도 3a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다. 도 3a를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100b)는 발광층(140)과 전자 수송층(150) 사이에 계면 보호층(170)이 존재한다.
- [0171] 도 3b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0172] 도 3b에서와 같이, 계면 보호층(170)이 발광층(140) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 계면 보호층(170)의 상부 및 하부에 모두 장벽(180)이 형성되어, 발광층(140) 계면에 전자가 축적되는 것을 방지하여, 발광층(140)의 계면 열화를 감소시키고, 소자의 안정성을 향상시켜 유기 전계 발광소자의 수명을 극대화시킬 수 있다.
- [0173] 따라서, 계면 보호층(170)은 전자 수송층(150)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제할 수 있다.
- [0174] 또한, 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제2 전극(160)으로 이동하는 것을 차단하여, 전자의 이동을 제어함으로써, 전하 밸런스가 향상됨으로써, 정공과 전자의 재결합 확률이 증가시켜, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다.
- [0175] 또한, 전자 수송층(150)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.
- [0177] 도 4a 내지 도 7a는 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 단면도를 도시한 것이다. 도 4a 내지 도 7a를 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자(100c-100f)는 발광층(140)과 정공 수송층(130) 사이에 제1 계면 보호층(171)이 존재하고, 발광층(140)과 전자 수송층(150) 사이에 제2 계면 보호층(172)이 존재한다.
- [0178] 도 4b 내지 도 7b는 본 발명의 제3 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0179] 도 4b 내지 도 7b는 전자 수송층(130) 또는 정공 수송층(150)과 제1 계면 보호층(171) 또는 제2 계면 보호층(172) 사이의 밴드 갭 에너지가 상이한 것을 제외하면, 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)를 포함하는 것은 동일하다.
- [0180] 도 4b 내지 도 7b에서와 같이, 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)이 발광층(140) 보다 밴드갭 에너

지가 큰 물질을 포함함으로써, 계면 보호층(170)의 상부 및 하부에 모두 장벽(180)이 형성되어, 발광층(140) 계면에 정공 및 전자가 축적되는 것을 방지하여, 발광층(140)의 계면 열화를 감소시키고, 소자의 안정성을 향상시켜 유기 전계 발광소자의 수명을 극대화시킬 수 있다.

[0181] 따라서, 제1 계면 보호층(171)은 정공 수송층(130)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제하고, 전자 수송층(150)과 발광층(140) 사이의 계면에서 발생하는 음이온 분자와 발광 물질 간의 전기 화학적 반응을 억제할 수 있다.

[0183] 또한, 발광층(140)으로 주입된 정공 또는 전자가 제1 전극(120) 또는 제2 전극(160)으로 이동하는 것을 차단하여, 정공 또는 전자의 이동을 제어함으로써, 전하 밸런스가 향상됨으로써, 정공과 전자의 재결합 확률이 증가시켜, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다.

[0184] 도 4b는 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)은 발광층(140)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지고, 전자 수송층(130) 또는 정공 수송층(150)보다도 큰 밴드 갭 에너지를 가질 수 있다.

[0185] 또한, 정공 수송층(130)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.

[0186] 또한, 전자 수송층(150)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.

[0188] 도 5b는 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)은 발광층(140)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지고, 전자 수송층(130) 또는 정공 수송층(150)보다도 큰 밴드 갭 에너지를 가질 수 있다.

[0189] 또한, 정공 수송층(130)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.

[0190] 또한, 전자 수송층(150)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대와 같은 물질을 포함할 수 있다.

[0192] 도 6b는 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)은 발광층(140)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지고, 전자 수송층(130) 또는 정공 수송층(150)보다도 큰 밴드 갭 에너지를 가질 수 있다.

[0193] 또한, 정공 수송층(130)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대와 같은 물질을 포함할 수 있다.

[0194] 또한, 전자 수송층(150)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대보다 작은 물질을 포함할 수 있다.

[0196] 도 7b는 제1 계면 보호층(171) 및 제2 계면 보호층(172)은 발광층(140)보다 큰 밴드 갭 에너지를 가지고, 정공 수송층(130) 또는 전자 수송층(150)보다도 큰 밴드 갭 에너지를 가질 수 있다.

[0197] 또한, 정공 수송층(130)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대와 같은 물질을 포함할 수 있다.

[0198] 또한, 전자 수송층(150)의 일함수는 제1 계면 보호층(171)의 전도대보다 크고 가전자대와 같은 물질을 포함할 수 있다.

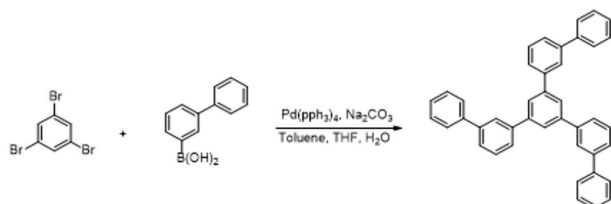
[0200] **제조예**

[0201] [실시예 1]

[0202] 계면 보호층 합성

[0203] 500mL 반응 플라스크에 질소 기류하에서 1,3,5-트리브로모벤젠 5g(15.88mmol), 3-바이페닐보론산 31.45g(158.83mmol), 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐 0.18g(0.15mmol), 탄산나트륨 16.83g(198.53mmol), 톨루엔 100mL, 테트라하이드로퓨란 100mL, 증류수 100mL를 가하고 48시간 환류 교반한다. 반응 종료 후 디클로메탄으로 추출하여 무수황산 마그네슘으로 건조하여 여과하고, 농축액을 컬럼크로마토그래피 방법을 이용, 정제하여 [일반식 1]의 계면 보호층 물질을 합성하였다.

[0204] [일반식 1]



[0205]

[0206] 유기 전계 발광소자 제조

[0207] 양극으로는 탈이온수, 아세톤 및 이소프로판올을 사용하여 초음파로 세정한 후, 그 표면을 자외선-오존(UVO) 처리한 ITO(Indium Tin Oxide) 기판(전극 겸용)을 사용하였다. ITO 기판 상부에 Aqueous polymer, Plexcore OC AQ1200 으로 이루어진 정공주입층(40nm), N,N-bis-(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(NPB)으로 이루어진 정공수송층(30nm), Tris(4-carbazoyl-9-ylphenyl)amine(TCTA)로 이루어진 정공수송층(10nm), [일반식 1]의 계면 보호층(1nm; 10Å), 호스트로서 bis(2-2'-hydroxyphenyl)pyridine(Bepp₂) 97 중량% 및 도판트로서 Ir(ppy)₂acac 3 중량%를 포함하는 발광층(20nm), [일반식 1]의 계면 보호층(1nm; 10Å), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline(BPhen) 으로 이루어진 전자수송층(50nm) 및 LiF/Al로 이루어진 음극(1/100nm)을 순서대로 열증착(thermal evaporation)에 의해 적층하여 청색 인광 유기발광 다이오드를 완성하였다.

[0208] 또한, [실시예 1]은 전기장(electric field)($E = V/d$, V: Voltage, d: thickness)을 고려하지 않았다.

[0210] [실시예 2]

[0211] [실시예 2]는 계면 보호층의 두께를 3nm(30Å)로 형성하는 것을 제외하면, [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0212] 또한, [실시예 2]는 전기장(electric field)($E = V/d$, V: Voltage, d: thickness)을 고려하지 않았다.

[0214] [실시예 3]

[0215] [실시예 3]은 계면 보호층의 두께를 1nm(10Å)로 형성하고, 정공 수송층의 1nm(10Å) 만 큼의 두께를 빼며, 전자 수송층의 1nm(10Å) 만 큼의 두께를 빼서 형성하는 것을 제외하면, [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0216] 즉, [실시예 3]은 비교예 소자와 전기장(electric field)($E = V/d$, V: Voltage, d: thickness)을 동일하게 가정하기 위해 정공 수송층의 두께 1nm 만큼 정공 수송층(TCTA에서 1nm) 및 전자 수송층(BPhen에서 1nm)의 두께를 감소시켰다.

[0218] [비교예 1]

[0219] 양극으로는 탈이온수, 아세톤 및 이소프로판올을 사용하여 초음파로 세정한 후, 그 표면을 자외선-오존(UVO) 처리한 ITO(Indium Tin Oxide) 기판(전극 겸용)을 사용하였다. ITO 기판 상부에 Aqueous polymer, Plexcore OC AQ1200 으로 이루어진 정공주입층(40nm), N,N-bis-(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(NPB)으로 이루어진 정공수송층(30nm), Tris(4-carbazoyl-9-ylphenyl)amine (TCTA)로 이루어진 정공수송층(10nm), 호스트로서 bis(2-2'-hydroxyphenyl)pyridine (Bepp₂) 97 중량% 및 도판트로서 Ir(ppy)₂acac

3 중량%을 포함하는 발광층(20nm), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BPhen) 으로 이루어진 전자수송층(50nm) 및 LiF/Al로 이루어진 음극(1/100nm)을 순서대로 열증착(thermal evaporation)에 의해 적층하여 청색 인광 유기발광 다이오드를 완성하였다.

[비교예 2]

[비교예 2]은 계면 보호층의 두께를 5nm(50Å)로 형성하는 것을 제외하면, [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조하였다.

또한, [비교예 2]는 전기장(electric field)($E = V/d$, V: Voltage, d: thickness)을 고려하지 않았다.

[비교예 3]

양극으로는 탈이온수, 아세톤 및 이소프로판올을 사용하여 초음파로 세정한 후, 그 표면을 자외선-오존(UVO) 처리한 ITO(Indium Tin Oxide) 기판(전극 겸용)을 사용하였다. ITO 기판 상부에 Aqueous polymer, Plexcore OC AQ1200 으로 이루어진 정공주입층(40nm), N,N-bis-(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(NPB)으로 이루어진 정공수송층(30nm), Tris(4-carbazoyl-9-ylphenyl)amine(TCTA)로 이루어진 정공수송층(10nm), 유기 물질로 이루어진 엑시톤 차단층(5nm), 호스트로서 bis(2-2'-hydroxyphenyl)pyridine(Bepp₂) 97 중량% 및 도판트로서 Ir(ppy)₃acac 3 중량%을 포함하는 발광층(20nm), 유기 물질로 이루어진 엑시톤 차단층(5nm), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline(BPhen) 으로 이루어진 전자수송층(50nm) 및 LiF/Al로 이루어진 음극(1/100nm)을 순서대로 열증착(thermal evaporation)에 의해 적층하여 청색 인광 유기발광 다이오드를 완성하였다.

이하에서는 [표 1]을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광 소자의 특성에 대해 설명하기로 한다.

[표 1]은 계면 보호층의 두께에 따른 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 특성을 도시한 것이다.

표 1

	턴-온 전압 (V)	구동 전압 (V)	전류 효율 (cd/A)	외부 양자 효율 (%)	LT 90 (hrs)	최대 휘도 (cd/m ²)
실시예1	3.0	4.3	69.5	18.7	150	48,291
실시예2	3.2	4.7	68.7	17.9	11	45,566
실시예3	2.5	3.5	77.0	21.0	72.5	179,325
비교예1	2.5	3.8	69.7	19.5	51	159,861
비교예2	4.1	5.8	48.3	12.7	0.8	10,878
비교예3	3.4	4.7	67.7	18.9	-	42,210

[표 1]에서, 턴-온 전압 및 구동 전압은 각각 1cd/m² 및 1000 cd/m²의 휘도 조건에서의 수치이며, 전류 효율 및 외부 양자 효율은 최대 효율 수치를 나타낸다.

또한, LT 90은 소자의 수명 시간(수명은 각 소자 휘도가 1000 cd/m² 일때 측정된 데이터)으로 처음 휘도에서 10% 하락된 즉, 90%로 떨어진 시간을 나타낸다.

[표 1]를 참조하면, 계면 보호층이 삽입된 [실시예 1] 내지 [실시예 3]의 유기 전계발광소자의 경우, 전기장(E; electric field) 고려의 유/무에 관계 없이, 1nm 정도의 두께(실시예 1)만으로도 유기 전계 발광소자 수명이 [비교예 1]에 따른 유기 전계 발광소자보다 향상되는 것을 알 수 있다.

또한, 전기장을 고려한 [실시예 3]에 따른 유기 전계 발광소자의 경우, 유기 전계 발광소자의 구동전압이 [비교예 1]에 따른 유기 전계 발광소자와 비교하여 약 0.3 V 정도 당겨지며, 이로 인해, 유기 전계 발광소자 구동 시 주입 특성이 향상된다는 것을 알 수 있다. 즉, 이는 계면 보호층이 엑시톤(exciton)의 확산(diffusion)을 막아

준다는 것을 의미한다.

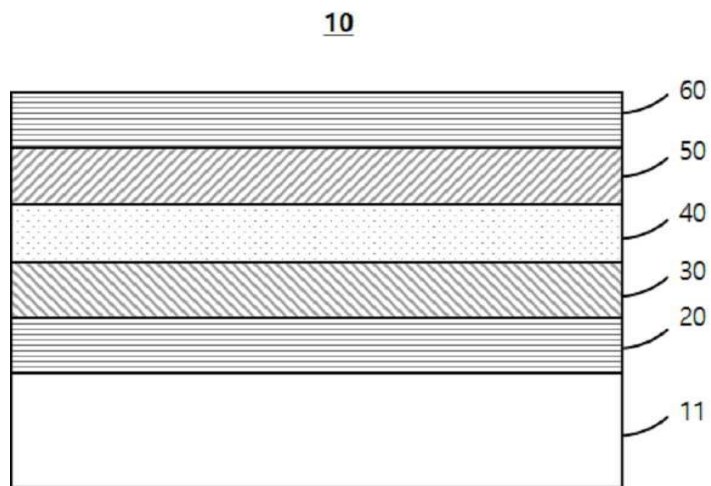
- [0235] [실시예 1]에 따른 유기 전계 발광소자의 소자의 경우, 전체적인 휘도가 약 1/3 정도로 감소하나, 소자 수명 면에서 [비교예 1] 및 [실시예 3]에 따른 유기 전계 발광소자와 비교하여 각각 3배/2배 정도 증가하였다.
- [0236] 이는, 전기장(E; electric filed) 고려의 유/무에 관계 없이 계면 보호층을 삽입함으로써, 소자의 특성 향상 및 안정성이 확보된다는 것을 알 수 있다.
- [0237] 또한, [표 1]을 참조하면, [비교예 2]에 따른 유기 전계 발광소자처럼 계면 보호층이 일정 두께 이상(30 Å 초과)이 되면 오히려 유기 전계 발광소자의 특성을 저하시키는 역할을 하게 된다. 이는 일반적으로 사용되는 엑시톤 차단층(EBL; exciton blocking layer)과는 반대되는 특성 나타내게 된다.
- [0238] 엑시톤 차단층(엑시톤 차단층 = 전자 차단층(electron blocking layer) + 정공 차단층(HBL; hole blocking layer))의 경우 사용되는 위치에 따라, 정공 차단층의 경우 발광층/정공 차단층/전자 수송층 사이에서 정공을, 전자 차단층의 경우, 정공 수송층/전자 차단층/발광층 사이에서 전자의 주입을 막아주게 되는데, 이때, 엑시톤 차단층의 주 전하(main carrier)의 흐름은 방해하지 않으면서, 마이너 전하(major carrier; 반대 특성을 갖는 전하)는 막아주는 역할을 한다.
- [0239] 이때, 엑시톤 차단층은 보통 5nm 정도(혹은 그 이상)의 두께를 사용하여야 [표 1]과 같은 특성을 나타낼 수 있다.
- [0240] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전계 발광소자의 계면 보호층은 전하 주입에 도움을 주는 동시에 전하 차단(carrier block)의 역할도 하게 되는데, 이때, 계면 보호층의 얇은 두께 조건 만으로도 소자의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0241] 또한, [비교예 3]에 따른 유기 전계 발광소자는 엑시톤 차단층을 포함하더라도 유기 전계 발광소자의 전체적인 특성 변화에는 큰 영향을 미치지 않는다.
- [0242] 즉, [표 1]를 참조하면, 동일한 두께 조건(5nm; 50 Å)의 [비교예 2]와 [비교예 3]의 특성을 비교하면, 엑시톤 차단층과 계면 보호층이 유기 전계 발광소자 내에서 서로 다른 역할을 한다는 것을 알 수 있다.
- [0244] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0245] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

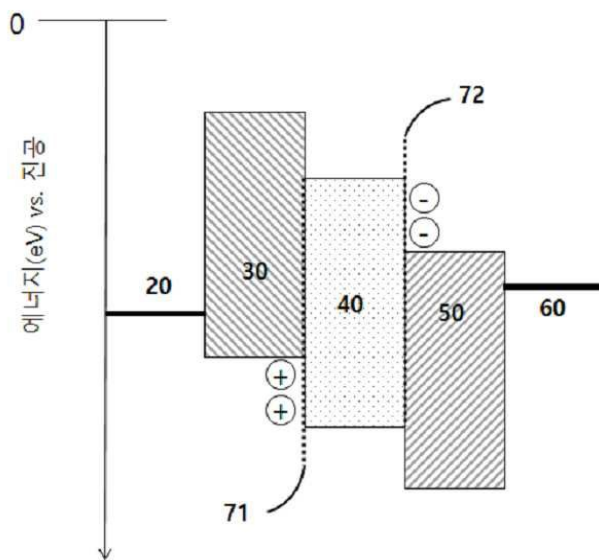
- [0247]
- | | |
|---------------------------|-----------------|
| 10, 100a-100f: 유기 전계 발광소자 | 11, 110: 기판 |
| 20, 120: 제1 전극 | 30, 130: 정공 수송층 |
| 40, 140: 발광층 | 50, 150: 전자 수송층 |
| 60, 160: 제2 전극 | 71, 72: 계면 |
| 170: 계면 보호층 | 171: 제1 계면 보호층 |
| 172: 제2 계면 보호층 | 180: 장벽 |

도면

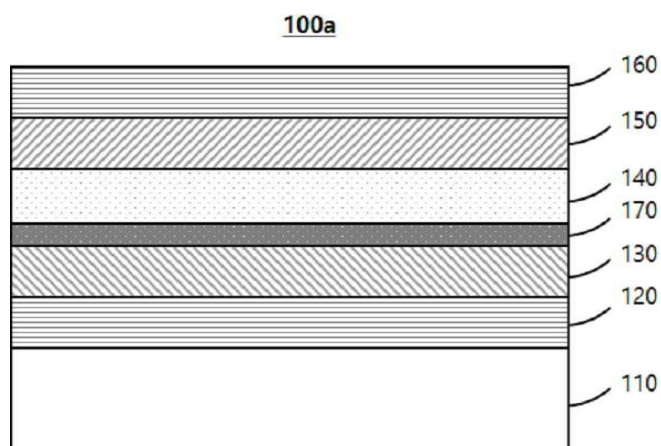
도면1a



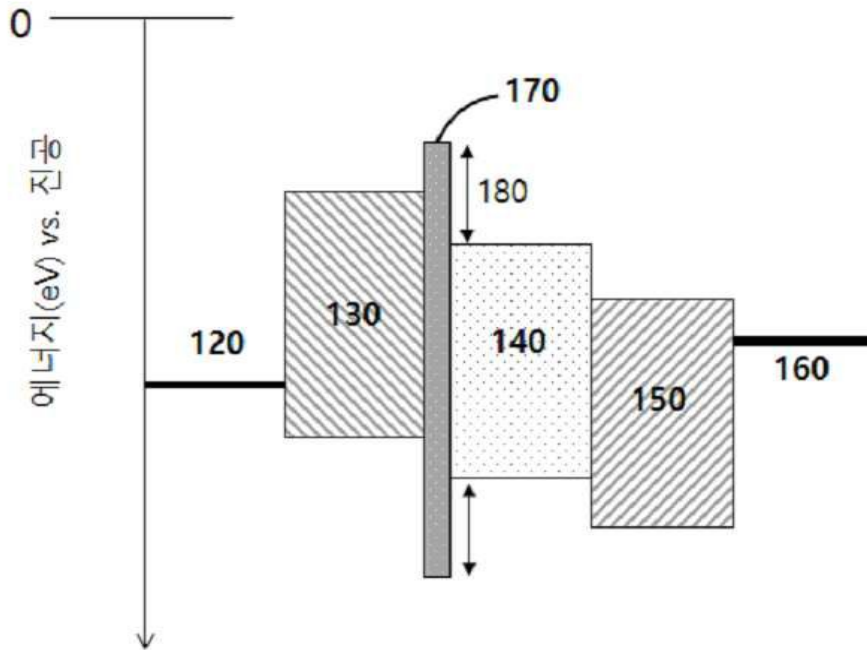
도면1b



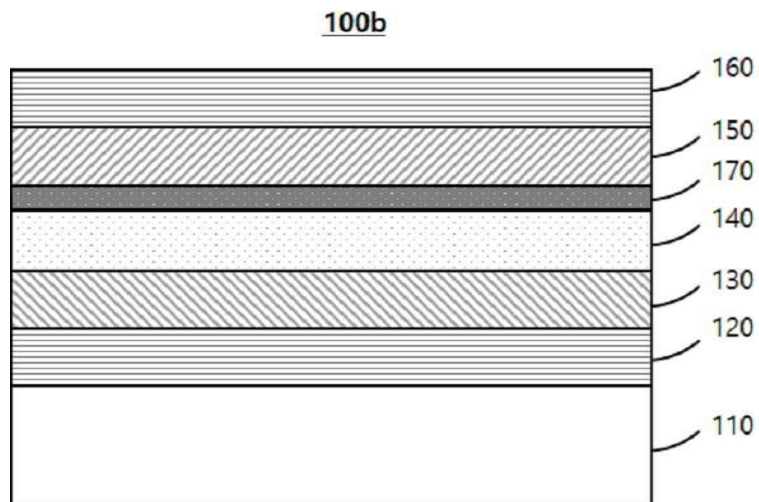
도면2a



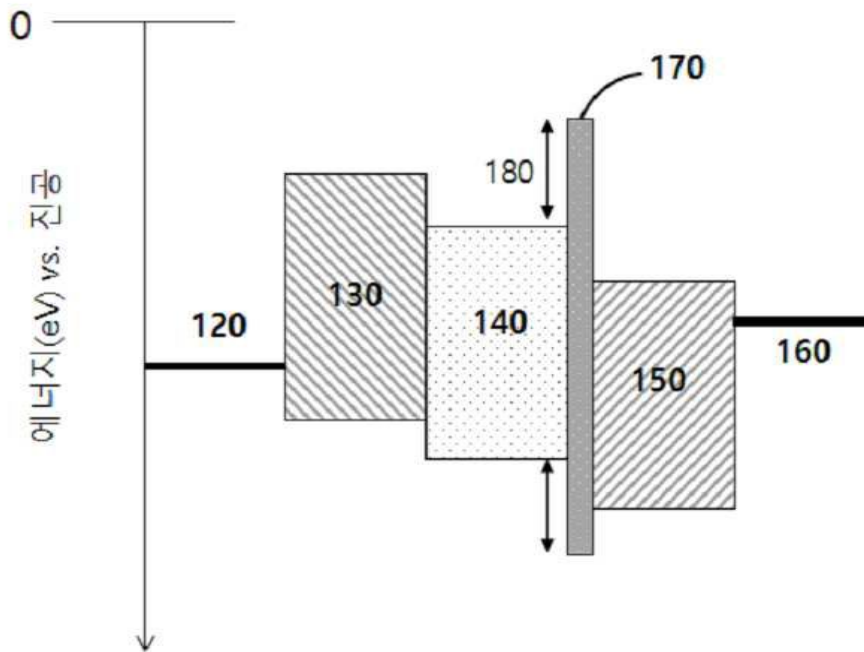
도면2b



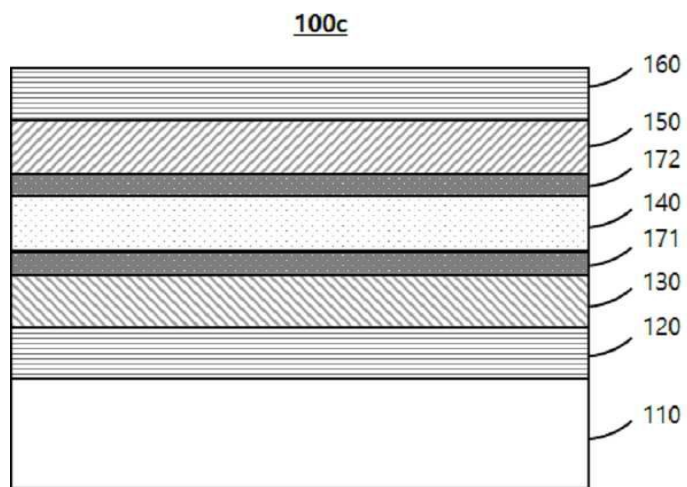
도면3a



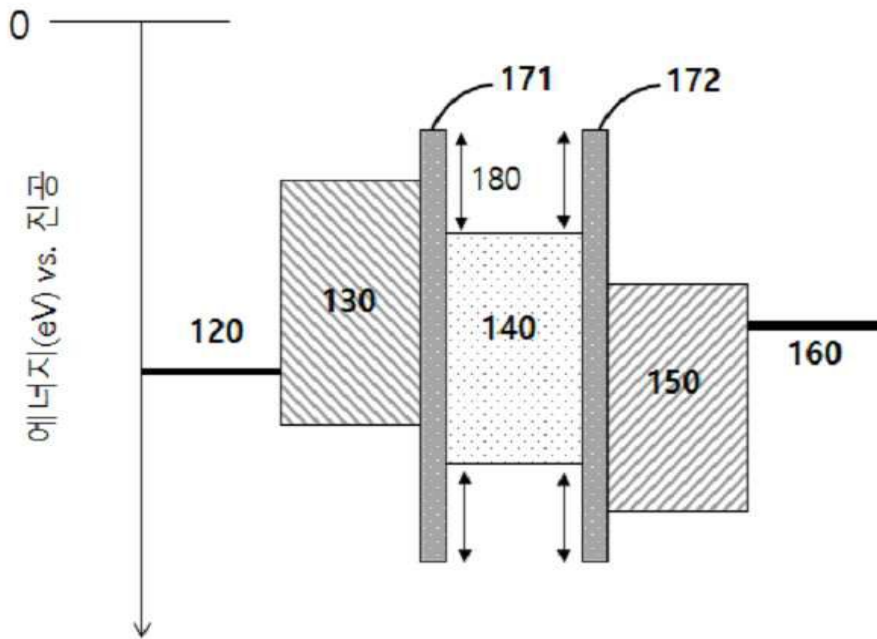
도면3b



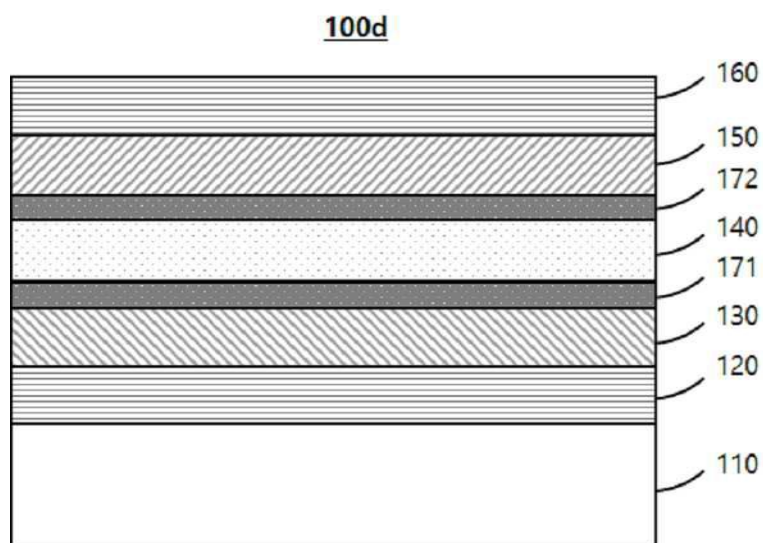
도면4a



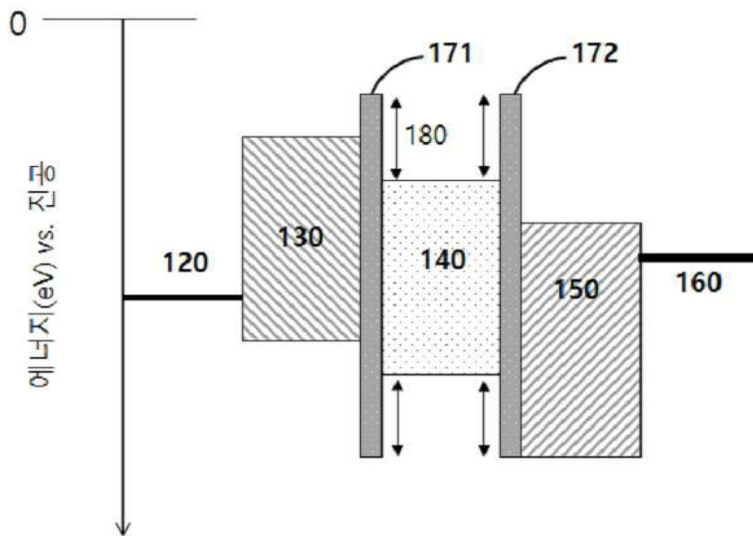
도면4b



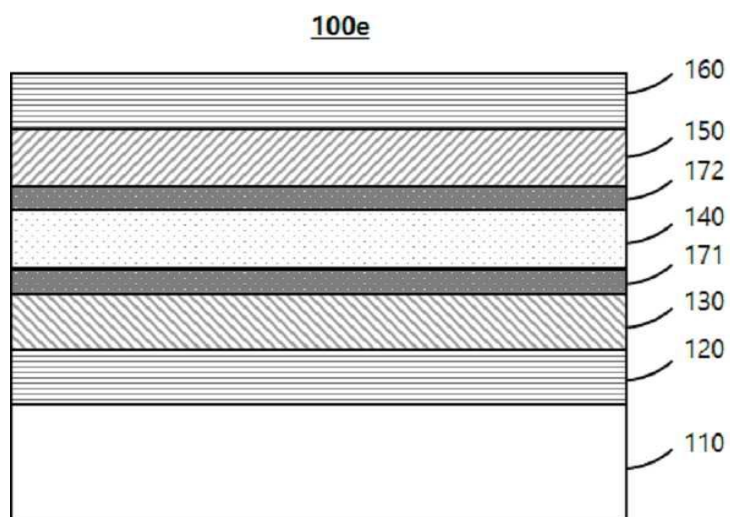
도면5a



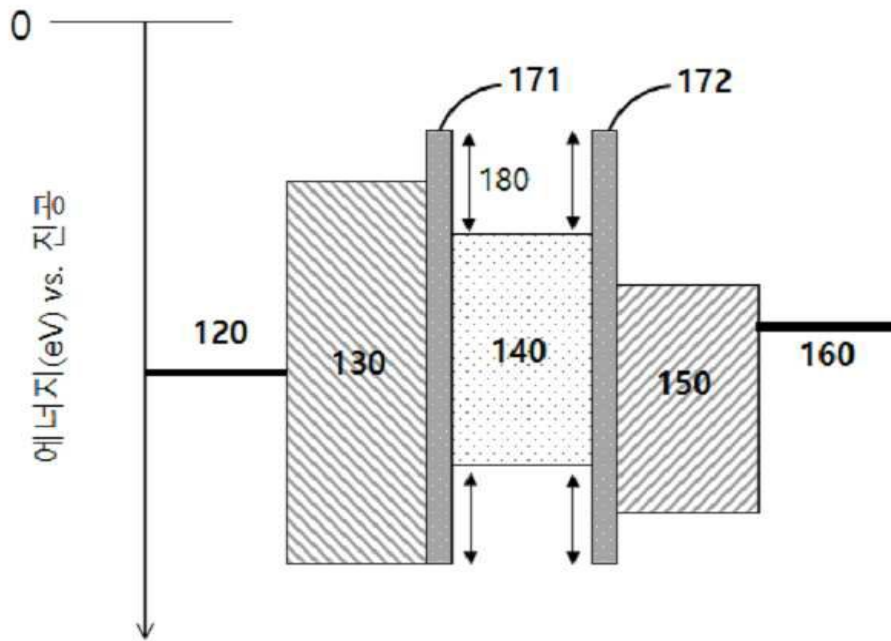
도면5b



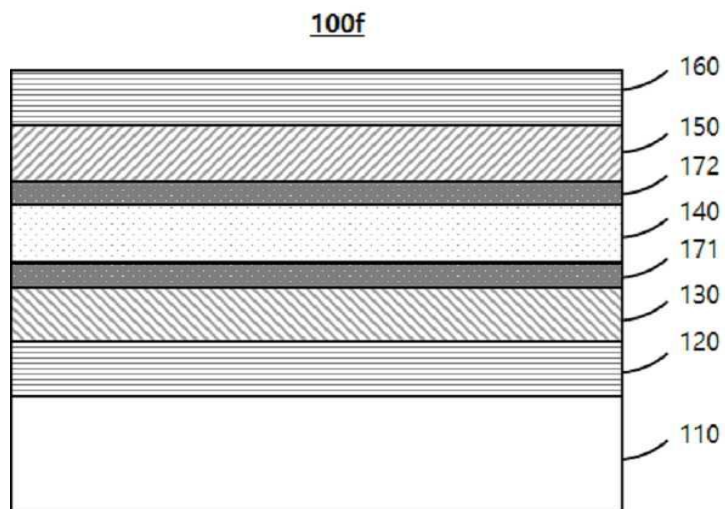
도면6a



도면6b



도면7a



도면7b

