



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월26일
(11) 등록번호 10-1973287
(24) 등록일자 2019년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
H01L 51/56 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/506 (2013.01)
H01L 51/0003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0152888
(22) 출원일자 2017년11월16일
심사청구일자 2017년11월16일
(56) 선행기술조사문헌
JP2016134451 A*
JP5399618 B2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경
희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
서민철
서울특별시 송파구 올림픽로 135, 203동 2802호(
잠실동, 리센즈)
박용섭
서울특별시 강남구 선릉로130길 19, 102동 405호
(삼성동, 서광아파트)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 11 항

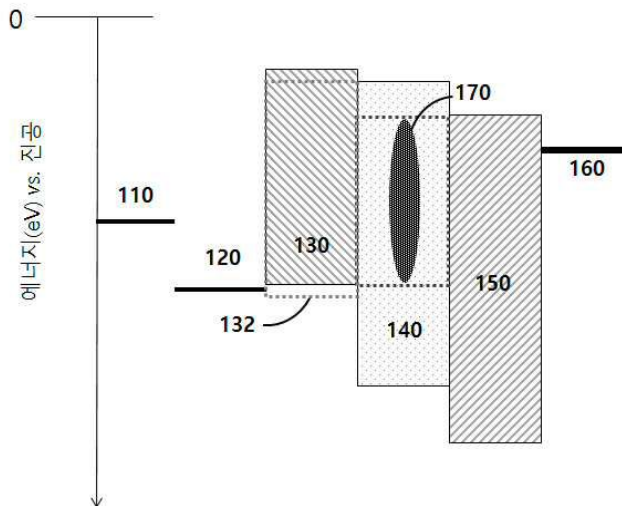
심사관 : 하정균

(54) 발명의 명칭 복합체를 포함하는 정공 수송층을 구비하는 유기 발광 소자

(57) 요약

본 발명은 복합체를 포함하는 정공 수송층을 구비하는 유기 발광 소자 및 그의 제조 방법을 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 복합체를 포함하는 정공 수송층을 구비하는 유기 발광 소자는 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 주입층; 상기 정공 주입층 상에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상에 형성되는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 상에 형성되는 제2 전극을 포함하고, 상기 정공 수송층은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2b



(52) CPC특허분류

H01L 51/56 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10051655

부처명 한국산업기술평가관리원

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스 산업원천기술개발사업(디스플레이)

연구과제명 프린팅기반 OLED 화소 형성 기술의 특성 저하 원인 규명 및 성능 향상 기법 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 주입층;

상기 정공 주입층 상에 형성되는 정공 수송층;

상기 정공 수송층 상에 형성되는 발광층;

상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및

상기 전자 수송층 상에 형성되는 제2 전극

을 포함하고,

상기 정공 수송층은 가교성을 갖는 모노머인 제1 정공 수송 물질 및 선형 고분자인 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 semi-상호 침입 고분자 네트워크(semi-IPN, semi-Interpenetrating Polymer Network) 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 정공 수송 물질은 가교성(cross-linkable) 물질이고, 제2 정공 수송 물질은 상기 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 정공 수송층은 정공 및 전자가 재결합(recombination)되는 재결합 영역(recombination zone)을 상기 발광층의 중심으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비(질량비 기준)는 5:5 내지 9:1인 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 정공 수송 물질은 VB-FNPD(9,9-Bis[4-[(4-ethenylphenyl)methoxy]phenyl]-N2, N7-di-1-naphthalenyl-N2,N7-diphenyl-9H-Fluorene-2,7-diamine) 및 VNPB(N4,N4'-Di(naphthalen-1-yl)-N4,N4'-bis(4-vinylphenyl)biphenyl-4,4'-diamine)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 정공 수송 물질은 TFB(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine))], PTAA(Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]), Poly-TPD(Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]), Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(N,N'-diphenyl)-N,N'-di(p-butylphenyl)-1,4-diamino-benzene)] end capped with dimethylphenyl, Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-co-(N,N'-bis{4-butylphenyl}-benzidine-N,N'-{1,4-diphenylene})], Poly[(9,9-dihexylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,4-diaminophenylene)], Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,1'-biphenylene-4,4'-diamine)] 및 Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(p-butylphenyl))diphenylamine)]으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 7

제1 전극을 형성하는 단계;

상기 제1 전극 상에 정공 주입층을 형성하는 단계;

상기 정공 주입층 상에 용액 공정을 이용하여 정공 수송층 형성하는 단계;

상기 정공 수송층 상에 발광층을 형성하는 단계;

상기 발광층 상에 전자 수송층을 형성하는 단계; 및

상기 전자 수송층 상에 제2 전극을 형성하는 단계;

를 포함하고,

상기 정공 수송층은 가교성을 갖는 모노머인 제1 정공 수송 물질 및 선형 고분자인 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 semi-상호 침입 고분자 네트워크 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 정공 수송층 형성하는 단계는,

상기 제1 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액 및 상기 제2 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액을 혼합하여 정공 수송층 용액을 제조하는 단계; 및

상기 정공 주입층 상에 상기 정공 수송층 용액을 코팅하고, 열처리하여 정공 수송층을 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 정공 수송 물질 용액 및 제2 정공 수송 물질 용액의 혼합비(질량비 기준)는 5:5 내지 9:1인 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 정공 수송층은 스핀 코팅(spin coating)에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 열처리하는 80℃ 내지 300℃의 온도에서 진행되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 복합체를 포함하는 정공 수송층을 구비하는 유기 발광 소자에 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] 그러나, 유기 재료를 이용하더라도, 발광 효율, 전류 효율, 소자 수명 및 외부 양자 효율 등에 관해서 충분한 성능을 갖는 유기 발광 소자는 아직 얻어지고 있지 않다.

[0005] 유기발광다이오드의 외부 양자 효율은 이론적으로 아래의 식 1과 같이 산출 된다.

[0006] [식 1]

$$n_{\text{ext}} = n_{\text{int}} \cdot n_{\text{coupling}} = \gamma \cdot n_{\text{exc}} \cdot \Phi_p \cdot n_{\text{coupling}}$$

[0007]

[0008] 식 1에서, n_{ext} 는 외부 양자 효율이고, n_{int} 는 내부 양자 효율이며, n_{coupling} 은 광추출 효율이고, γ 는 exciton의 생성량이며, Φ_p 는 엑시톤의 복사 붕괴 효율(efficiency of radiative decay of excitons)을 의미한다.

[0009] 유기 발광 소자는 식 1에 의거하였을 때, 밖으로 나오는 외부 양자 효율을 높이기 위해서는 내부 양자 효율이 높아야 하고, 내부 양자 효율을 높이기 위해서는 엑시톤(exciton)의 생성량이 많아야 하며, 이를 위해서는 이상적인 전하 균형(charge balance)을 맞춰야 한다.

[0010] 또한, 전하 균형을 이상적으로 맞추면, 계면에서의 열화를 억제할 수 있어 수명 향상에 도움이 되기 때문에, 유기 발광 소자의 전하 균형을 맞추고 소자를 최적화 시키는 일은 매우 중요하다.

[0011] 유기 발광 소자의 전하 균형을 맞추기 위해서는 전극에서 주입되는 전하(carrier)들이 엑시톤을 형성하고 재결합(recombination)되는 재결합 영역(recombination zone)이 발광층(EML:Emission Layer)의 중앙부분에서 형성되어야 한다. 이 때, 재결합 영역은 전자와 정공의 주입특성에 영향을 받는다.

[0012] 계면간 에너지 장벽이 0.3 eV 내외로 이상적이라고 했을 때, 전자와 정공의 주입 특성은 각각의 물질이 갖는 이동도(mobility)에 따른 차이를 보이고, 증착 공정으로 제작되는 유기 발광 소자의 경우 일반적으로 정공의 이동

도가 전자의 이동도보다 빠르나 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나, 용액공정으로 제작되는 유기 발광 소자의 경우 계면간의 섞임을 방지하기 위해 정공 수송층(HTL:Hole Transport Layer)에 가교형 고분자를 사용하는데, 가교형 고분자의 경우 정공의 이동도가 전자 수송층(ETL:Electron Transport Layer)의 전자의 이동도에 비해 상대적으로 많이 작기 때문에 이상적인 전하 균형을 맞추는데 어려움이 생기는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

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

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는 정공 수송층을 포함하여, 전극에서 주입되는 전하(carrier)들이 엑시톤을 형성하고 재결합(recombination)되는 재결합 영역(recombination zone)을 발광층의 중앙부분에 형성 되게 함으로써, 유기 발광 소자의 롤-오프(roll-off) 감소 및 수명을 향상시키고자 한다.
- [0016] 본 발명은 정공 수송층에 가교 특성을 갖는 제1 정공 수송 물질을 포함하여 용액 공정으로 인한 계면 간 섞임 또는 용매로 인한 하부에 유기물층 제거를 방지하고자 한다.
- [0017] 본 발명은 정공 수송층을 semi-IPN 방식으로 형성하여, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체가 네트워크 구조를 갖도록 형성함으로써, 유기 발광 소자의 수명을 향상시키고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성되는 정공 주입층; 상기 정공 주입층 상에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상에 형성되는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 전자 수송층; 및 상기 전자 수송층 상에 형성되는 제2 전극을 포함하고, 상기 정공 수송층은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0020] 상기 제1 정공 수송 물질은 가교성(cross-linkable) 물질이고, 제2 정공 수송 물질은 상기 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 가질 수 있다.
- [0021] 상기 정공 수송층은 정공 및 전자가 재결합(recombination)되는 재결합 영역(recombination zone)을 상기 발광층의 중심으로 이동시킬 수 있다.
- [0022] 상기 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 5:5 내지 9:1일 수 있다.
- [0023] 상기 제1 정공 수송 물질은 VB-FNPD(9,9-Bis[4-[(4-ethenylphenyl)methoxy]phenyl]-N2, N7-di-1-naphthalenyl-N2,N7-diphenyl-9H-Fluorene-2,7-diamine) 및 VNPB(N4,N4'-Di(naphthalen-1-yl)-N4,N4'-bis(4-vinylphenyl)biphenyl-4,4'-diamine)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 제2 정공 수송 물질은 TFB(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine)]), PTAA(Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]), Poly-TPD(Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]), Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(N,N'-diphenyl)-N,N'-di(p-butylphenyl)-1,4-diamino-benzene)] end capped with dimethylphenyl, Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-co-(N,N'-bis{4-butylphenyl}-benzidine-N,N'-{1,4-diphenylene})], Poly[(9,9-dihexylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,4-diaminophenylene)], Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,1'-biphenylene-4,4'-diamine)] 및 Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(p-butylphenyl))diphenylamine)] 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법은 제1 전극을 형성하는 단계; 상기 제1 전극 상에 정공 주입층을 형성하는 단계; 상기 정공 주입층 상에 용액 공정을 이용하여 정공 수송층을 형성하는 단계; 상기 정공 수송층 상에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 상에 전자 수송층을 형성하는 단계; 및 상기 전자 수송층 상에 제2 전극을 형성하는 단계;를 포함하고, 상기 정공 수송층은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0026] 상기 정공 수송층을 형성하는 단계는, 상기 제1 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액 및 상기 제2 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액을 혼합하여 정공 수송층 용액을 제조하는 단계; 및 상기 정공 주입층 상에 상기 정공 수송층 용액을 코팅하고, 열처리하여 정공 수송층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 제1 정공 수송 물질 용액 및 제2 정공 수송 물질 용액의 혼합비(질량비 기준)는 5:5 내지 9:1일 수 있다.
- [0028] 상기 정공 수송층은 스핀 코팅(spin coating)에 의해 형성될 수 있다.
- [0029] 상기 열처리는 80℃ 내지 300℃의 온도에서 진행될 수 있다.
- [0030] 상기 정공 수송층은 semi-상호 침입 고분자 네트워크(semi-IPN, semi-Interpenetrating Polymer Network) 방식으로 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는 정공 수송층을 포함하여, 전극에서 주입되는 전하(carrier)들이 엑시톤을 형성하고 재결합(recombination)되는 재결합 영역(recombination zone)을 발광층(EML:Emission Layer)의 중앙 부분에 형성되게 함으로써, 유기 발광 소자의 롤-오프(roll-off) 감소 및 수명을 증가시킬 수 있다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층에 가교 특성을 갖는 제1 정공 수송 물질을 포함함으로써, 용액 공정으로 인한 계면 간 석임 또는 용매로 인한 하부 유기물층 제거를 방지할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법은 정공 수송층을 semi-IPN 방식으로 형성하여, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체가 네트워크 구조를 갖도록 형성함으로써, 유기 발광 소자의 수명을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 도시한 단면도이다.
- 도 2a는 종래에 사용되는 유기 발광 소자의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이다.
- 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이다.
- 도 3a는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층을 형성하는 단계를 도시한 흐름도이다.
- 도 5는 비교예와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 이동도를 도시한 그래프이다.
- 도 6a는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 밝기에 따른 전류 효율 및 전력 효율을 도시한 그래프이다.
- 도 6b는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 시간에 따른 밝기를 도시한 그래프이다.
- 도 7a 내지 도 7e는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 원자힘현미경(atomic force microscopy; AFM) 이미지를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

- [0038] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 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.
- [0039] 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.
- [0040] 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.
- [0041] 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.
- [0042] 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.
- [0043] 이하에서는, 도 1을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자에 대해 설명하기로 한다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 도시한 단면도이다.
- [0046] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 전극(110), 제1 전극(110) 상에 형성되는 정공 주입층(hole injection layer; 120), 정공 주입층(120) 상에 형성되는 정공 수송층(hole transporting layer; 130), 정공 수송층(130) 상에 형성되는 발광층(emission layer; 140), 발광층(140) 상에 형성되는 전자 수송층(electron transporting layer; 150) 및 전자 수송층(150) 상에 형성되는 제2 전극(160)을 포함한다.
- [0047] 또한, 정공 수송층(130)은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0048] 제1 정공 수송 물질은 가교성(cross-linkable) 물질이고, 제2 정공 수송 물질은 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 가질 수 있다.
- [0049] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(130)에 가교 특성을 갖는 제1 정공 수송 물질을 포함함으로써, 용액 공정으로 인한 계면 간 섞임 또는 용매로 인한 하부 유기물층 제거를 방지할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(130)에 제1 정공 수송 물질보다 정공 이동도가 상대적으로 높은 제2 정공 수송 물질을 포함함으로써, 정공 수송층의 정공 이동도를 향상시켜 발광층(140)의 재결합 영역(recombination zone)을 발광층(140)의 중심으로 이동시킬 수 있다.
- [0050] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 복합체는 네트워크 구조를 갖는 정공 수송층(130)을 포함하여, 전극(110, 160)에서 주입되는 전하(carrier)들이 엑시톤을 형성하고 재결합(recombination)되는 재결합 영역을 발광층(140)의 중앙부분(중심)에 형성되게 함으로써, 유기 발광 소자의 롤-오프(roll-off) 감소 및 수명을 증가시킬 수 있다.
- [0051] 발광층(140)의 재결합 영역이 이동되는 기술에 대해서는 도 2a 및 도 2b를 참고하여 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0052] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 전극(110) 상에 형성되는 정공 주입층(120)을 포함한다.
- [0053] 제1 전극(110)은 기판인 동시에 전극으로 사용되거나, 기판(미도시) 상에 증착 또는 용액 공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0054] 제1 전극(110; 양극)은 발광층에 정공을 제공하는 전극으로서, 투과형 전극, 반사형 전극 또는 이들의 적층 구조로 형성될 수 있다.
- [0055] 투과형 전극 물질로는 투명하고 전도성이 우수한 산화인듐주석(ITO), 산화인듐아연(IZO), 산화주석(SnO₂), 산화아연(ZnO), 금속산화물/금속/금속산화물 다층층, 그래핀(graphene), 카본 나노 튜브(carbon nano tube) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0056] 반사형 전극 물질로는 Ag/ITO, Ag/IZO, 알루미늄-리튬(Al-Li), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 리튬(Li), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 이터븀 (Yb), 플래티늄(Pt), 금(Au), 니켈(Ni), 구리(Cu), 바륨(Ba), 은(Ag), 은나노와이어 (AgNWs), 인듐(In), 루테튬(Ru), 납(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 칼슘 (Ca) 및 세슘(Cs) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0057] 바람직하게, 제1 전극(110)으로는 인듐주석산화물(ITO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 실버와이어 (AgNWs) 및 폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0058] 더욱 바람직하게, 제1 전극(110)은 발광층의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO; highest occupied molecular orbital) 준위로 정공의 주입이 용이하도록 일함수가 크면서 투명한 전극인 인듐주석산화물(ITO)을 포함할 수 있다.
- [0059] 제1 전극(110)은 진공 증착법 (vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy), 스퍼터링 (Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating), 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating), 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing), 스프레이 코팅(spray coating) 및 딥 코팅(dip coating) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0060] 제1 전극(110) 상에 형성되는 정공 주입층(120)은 제1 전극(110)으로부터 주입된 정공을 발광층(140)으로 주입하는 역할을 한다.
- [0061] 정공 주입층(120)으로는 공지의 정공 주입층용 물질이 사용될 수 있고, 바람직하게, 정공 주입층(120)은 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate), 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), HMTDPD((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.
- [0062] 바람직하게, 정공 주입층(120)은 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)를 포함할 수 있다.
- [0063] 정공 주입층(120)은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating)법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing)법, 스프레이 코팅(spray coating)법, 딥 코팅(dip coating)법, 진공 증착법 (vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 주입층은 스핀 코팅법, 슬릿 다이 코팅법, 잉크젯 프린팅법, 스프레이 코팅법 및 딥 코팅법 중 적어도 어느 하나의 용액 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0064] 바람직하게, 정공 주입층(120)은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0065] 또한, 스핀 코팅법에 의하여 정공 주입층(120)을 형성하는 경우, 그 코팅 조건은 정공 주입층(120)의 재료로서 사용하는 화합물, 목적하는 하는 정공 주입층(120)의 구조 및 열적 특성에 따라 상이하지만, 약 2000rpm 내지 5000rpm의 코팅 속도, 코팅 후 용매 제거를 위한 열처리 온도는 약 80 내지 200의 온도 범위에서 적절히 선택될

수 있다.

- [0066] 정공 주입층(120)을 용액 공정으로 형성함으로써, 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0067] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 주입층(120) 상에 형성되는 정공 수송층(130)을 포함한다.
- [0068] 정공 수송층(130)은 제1 전극으로부터 주입되는 정공을 발광층으로 이동시키는 역할을 하고, 정공 수송층(130)은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0069] 정공 수송층(130)이 네트워크 구조의 복합체로 형성됨으로써, 네트워크 구조는 정공 수송층(130) 상에 용액 공정으로 형성되는 발광층이 정공 수송층(130)과 섞이는 것을 방지하는 효과가 있다.
- [0070] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(130)에 가교 특성을 갖는 제1 정공 수송 물질을 포함함으로써, 용액 공정으로 인한 계면 간 섞임 또는 용매로 인한 하부 유기물층 손상(제거)를 방지할 수 있다.
- [0071] 제2 정공 수송 물질은 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 가질 수 있고, 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(130)에 제1 정공 수송 물질보다 정공 이동도가 상대적으로 높은 제2 정공 수송 물질을 포함함으로써, 정공 수송층의 정공 이동도를 향상시켜 발광층(140)의 재결합 영역을 발광층(140)의 중심으로 이동시킬 수 있다.
- [0072] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 복합체는 네트워크 구조를 갖는 정공 수송층(130)을 포함하여, 전극(110, 160)에서 주입되는 전하(carrier)들이 엑시톤을 형성하고 재결합되는 재결합 영역을 발광층(140)의 중앙부분(중심)에 형성되게 함으로써, 유기 발광 소자의 롤-오프(roll-off) 감소 및 수명을 증가시킬 수 있다.
- [0073] 제2 정공 수송 물질은 제1 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층(130)의 전하 균형(charge balance)을 맞출 수 있는 적절한 정공 이동도를 가질 수 있다. 따라서, 제2 정공 수송 물질의 정공 이동도는 제1 정공 수송 물질 및 전하 균형에 따라 상대적으로 변할 수 있기에, 사용자에 따라 적절하게 선택될 수 있다.
- [0074] 예를 들면, 제1 정공 수송 물질의 이동도는 $2.4 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 일 수 있고, 제2 정공 수송 물질(TFB)의 이동도는 $6.4 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 일 수 있다.
- [0075] 전하 균형을 맞추기 위해서는 발광층(140)에서 적절하게 전자 및 정공이 만나야하기 때문에 발광층(140) 기준으로 정공 수송층(130) 방향과 전자 수송층(150) 방향의 이동도가 비슷하여야 하기 때문에, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 이동도는 전자 수송층(150)의 이동도에 따라 적절히 조절될 수 있다.
- [0076] 또한, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 5:5 내지 9:1일 수 있다. 혼합비는 질량비 기준으로 도핑 농도(Doping concentration)는 질량비로 하나, 표기는 WT%가 아닌 %로 하고 있다.
- [0077] 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 질량비 기준으로, 10%(9:1)에서부터 정공 수송층(130)의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)를 형성하고, 20%(8:2)일 때, 가장 네트워크 구조가 잘 형성되나, 50%(5:5)를 초과하면, 네트워크 구조가 미미하거나 나타나지 않는다.
- [0078] 따라서, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비가 전술한 범위를 가지면 정공 수송층(130)의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 용이하게 잘 형성될 수 있다.
- [0079] 바람직하게, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 8:2일 때, 정공 수송층(130)의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 매우 잘 형성될 수 있다.
- [0080] 제1 정공 수송 물질은 스티렌(styrene)을 포함하는 모노머(monomer) 물질을 포함할 수 있고, 바람직하게 제1 정공 수송 물질은 VB-FNPD(9,9-Bis[4-[(4-ethenylphenyl)methoxy]phenyl]-N2, N7-di-1-naphthalenyl-N2,N7-diphenyl-9H-Fluorene-2,7-diamine) 및 VNPB(N4,N4'-Di(naphthalen-1-yl)-N4,N4'-bis(4-vinylphenyl)biphenyl-4,4'-diamine)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0081] 제2 정공 수송 물질은 정공 이동도가 빠른 선형 고분자 물질을 포함할 수 있고, 정공 수송층으로 사용될 수 있는 폴리머(polymer)를 포함할 수 있다.
- [0082] 바람직하게, 제2 정공 수송 물질은 TFB(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-

butylphenyl) diphenylamine))), PTAA(Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]), Poly-TPD(Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]), Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(N,N'-diphenyl)-N,N'-di(p-butylphenyl)-1,4-diamino-benzene]] end capped with dimethylphenyl, Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-co-(N,N'-bis{4-butylphenyl}-benzidine-N,N'-{1,4-diphenylene})], Poly[(9,9-dihexylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,4-diaminophenylene)], Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis{p-butylphenyl}-1,1'-biphenylene-4,4'-diamine)] 및 Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(p-butylphenyl))diphenylamine)] 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0083] 정공 수송층(130)은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating)법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing)법, 스프레이 코팅(spray coating)법, 딥 코팅(dip coating)법, 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 수송층은 스핀 코팅법, 슬릿 다이 코팅법, 잉크젯 프린팅법, 스프레이 코팅법 및 딥 코팅법 중 적어도 어느 하나의 용액 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0084] 바람직하게, 정공 수송층(130)은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0085] 정공 수송층(130)을 용액 공정으로 형성함으로써, 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0086] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(130) 상에 형성되는 발광층(140)을 포함한다.
- [0087] 발광층(140)은 제1 전극(110)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.
- [0088] 발광층(140)은 녹색 발광층, 적색 발광층, 청색 발광층 및 흰색 발광층 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0089] 실시예에 따라, 발광층(140)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광될 수 있고, 발광층으로 사용되는 인광 발광은 형광 발광에 비해 매우 높은 양자효율을 가질 수 있으므로, 인광 유기 발광 소자가 유기 전계 발광 소자의 효율을 높일 수 있다.
- [0090] 또한, 발광층(140)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광 되는 인광 물질을 사용하여 유기 발광 소자의 내부 양자효율을 향상시켜, 유기 발광 소자의 효율을 높일 수 있다.
- [0091] 발광층(140)은 이루는 물질은 특별히 제한되지 않는다. 보다 구체적으로, 옥사디아졸 다이머 염료(oxadiazole dimer dyes (Bis-DAPOXP)), 스피로 화합물(spiro compounds) (Spiro-DPVB, Spiro-6P), 트리아릴아민 화합물(triarylamine compounds), 비스(스티릴)아민(bis(styryl)amine)(DPVB, DSA), 4,4'-비스(9-에틸-3-카바조비닐렌)-1,1'-비페닐(BCzVBi), 페릴렌(perylene), 2,5,8,11-테트라-tert-부틸페릴렌(TPBe), 9H-카바졸-3,3'-(1,4-페닐렌-디-2,1-에텐-디일)비스[9-에틸-(9C)](BCzVB), 4,4'-비스[4-(디-p-톨일아미노)스티릴]비페닐(DPAVB), 4-(디-p-톨일아미노)-4'-[(디-p-톨일아미노)스티릴]스틸벤(DPAVB), 4,4'-비스[4-(디페닐아미노)스티릴]비페닐(BDAVB) 및 비스(3,5-디플루오로-2-(2-피리딜)페닐-(2-카르복시피리딜)이리듐 III (FIrPic) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 청색 물질, 3-(2-벤조티아졸일)-7-(디에틸아미노)쿠마린(Coumarin 6) 2,3,6,7-테트라히드로-1,1,7,7-테트라메틸-1H,5H,11H-10-(2-벤조티아졸일)퀴놀리진노-[9,9a,1gh]쿠마린(C545T), N,N'-디메틸-퀸아크리돈(DMQA) 및 트리스(2-페닐피리딘)이리듐(III) (Ir(ppy)3) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 녹색 물질 및 테트라페닐나프타센(Tetraphenylanthracene) (루브렌: Rubrene), 트리스(1-페닐이소퀴놀린)이리듐(III) (Ir(piq)3), 비스(2-벤조[b]티오펜-2-일-피리딘) (아세틸아세토네이트)이리듐(III) (Ir(btp)2(acac)), 트리스(디벤조일메탄)펜안트롤린 유로퓸(III) (Eu(dbm)3(phen)), 트리스[4,4'-디-tert-부틸-(2,2')-비피리딘] 루테튬(III) 착물(Ru(dtb-bpy)3*2(PF6)), DCM1, DCM2, Eu (삼불화테노일아세톤: thenoyltrifluoroacetone)3 (Eu(TTA)3) 및 부틸-6-(1,1,7,7-테트라메틸 줄로리딜-9-에닐)-4H-피란(butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H-pyran: DCJTb) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 적색 물질 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0092] 또한, 고분자 발광 물질로는 페닐렌 (phenylene)계, 페닐렌 비닐렌 (phenylene vinylene)계, 티오펜 (thiophene)계, 플루오렌 (fluorene)계 및 스피로플루오렌 (spiro-fluorene)계 고분자와 같은 고분자와 질소를 포함하는 방향족 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0093] 또한, 발광층(140)은 발광층 호스트(host)에 발광 도펀트(dopant)를 더 부가하여 제조할 수 있다. 형광 발광 호스트의 재료로는 트리스(8-히드록시-퀴놀리나토)알루미늄 (Alq3), 9,10-디(나프티-2-일)안트라센 (AND), 3-Tert-부틸-9,10-디(나프티-2-일)안트라센 (TBADN), 4,4'-비스(2,2-디페닐-에텐-1-일)-4,4'-디메틸페닐 (DPVBi), 4,4'-비스Bis(2,2-디페닐-에텐-1-일)-4,4'-디메틸페닐 (p-DMDPVBi), Tert(9,9-디아틸플루오렌)s (TDAF), 2-(9,9'-스피로비플루오렌-2-일)-9,9'-스피로비플루오렌 (BSDF), 2,7-비스(9,9'-스피로비플루오렌-2-일)-9,9'-스피로비플루오렌 (TSDF), 비스(9,9-디아틸플루오렌)s (BDAF) 및 4,4'-비스(2,2-디페닐-에텐-1-일)-4,4'-디-(tert-부틸)페닐 (p-TDPVBi) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 인광형 호스트의 재료로는 1,3-비스(카바졸-9-일)벤젠 (mCP), 1,3,5-트리스(카바졸-9-일)벤젠 (tCP), 4,4',4"-트리스(카바졸-9-일)트리페닐아민 (TCTA), 4,4'-비스(카바졸-9-일)비페닐 (CBP), 4,4'-비스Bis(9-카바졸일)-2,2'-디메틸-비페닐 (CBDP), 4,4'-비스(카바졸-9-일)-9,9-디메틸-플루오렌 (DMFL-CBP), 4,4'-비스(카바졸-9-일)-9,9-비스bis(9-페닐-9H-카바졸)플루오렌 (FL-4CBP), 4,4'-비스(카바졸-9-일)-9,9-디-톨일-플루오렌 (DPFL-CBP) 및 9,9-비스(9-페닐-9H-카바졸)플루오렌 (FL-2CBP) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0094] 바람직하게, 발광층(140)은 4,4',4"-트리스(카바졸-9-일)트리페닐아민 (TCTA)를 포함할 수 있다.
- [0095] 발광층(140)은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0096] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 발광층(140) 상에 형성되는 전자 수송층(150)을 포함한다.
- [0097] 발광층(140) 상에 형성되는 전자 수송층(150)은 제2 전극(160)으로부터 주입된 전자를 발광층(140)으로 이동시키는 역할을 한다.
- [0098] 전자 수송층(150)은 TPBi(2,2',2"-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole)), 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), 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) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0099] 바람직하게, 전자 수송층(150)은 TPBi(2,2',2"-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole))를 포함할 수 있다.
- [0100] 전자 수송층(150)은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법 (vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법 (Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 전자 수송층(150)은 진공 증착법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0101] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 전자 주입층을 더 포함할 수 있고, 전자 주입층은 전자 수송층(150)을 형성하기 전 또는 형성한 후에 형성될 수 있다.

- [0102] 전자 주입층은 제2 전극(160)으로부터 주입된 전자를 발광층으로 주입시키는 역할을 한다.
- [0103] 전자 주입층은 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 희토류 금속, 알칼리 금속 화합물, 알칼리 토금속 화합물, 희토류 금속 화합물, 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체, 희토류 금속 착체 또는 이들 중 임의의 조합 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 바람직하게 전자 주입층은 마그네슘 리튬 플로라이드(MgLiF) 또는 리튬 플로라이드(LiF)를 포함할 수 있다.
- [0104] 전자 주입층은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 전자 주입층은 진공 증착법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0105] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 전자 수송층(160) 상에 형성되는 제2 전극(160)을 포함한다.
- [0106] 바람직하게, 제2 전극(160)은 음극(cathode)일 수 있고, 실시예에 따라, 제2 전극(160)은 전원 전압에 공통 연결되어 전자 수송층으로 전자를 주입시키는 역할을 할 수 있다.
- [0107] 제2 전극(160; 음극)은 소자에 전자를 제공하는 전극으로서, 금속 물질, 이온화된 금속 물질, 합금 물질, 소정의 액체 속에서 콜로이드(colloid) 상태인 금속 잉크 물질 및 투명 금속 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0108] 금속 물질의 구체적인 예로서는 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 리튬(Li), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 이터븀(Yb), 플래티넘(Pt), 금(Au), 니켈(Ni), 구리(Cu), 바륨(Ba), 은(Ag), 은나노와이어(AgNWs), 인듐(In), 루테튬(Ru), 납(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 칼슘(Ca) 및 세슘(Cs) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 또한, 금속 물질로 탄소(C), 전도성 고분자 또는 이들의 조합이 사용될 수도 있다.
- [0109] 탄소(C) 물질로는 탄소나노튜브(CNT) 및 그래핀(graphene) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 전도성 고분자 물질로는 폴리에틸렌디옥시오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)를 포함할 수 있다.
- [0110] 또한, 투명 금속 산화물은 ITO(Indium Tin Oxide), FTO(Fluorine-doped Tin Oxide), ATO(Antimony Tin Oxide) 및 AZO(Aluminum doped Zinc Oxide) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. ITO는 일반적으로는 양극을 형성하는 물질로 사용되지만, 인버티드 태양전지 구조에서는 ITO를 제2 전극(160) 형성의 재료로 사용하여, 투명한 제2 전극(160)을 형성할 수도 있다.
- [0111] 바람직하게, 제2 전극(160)으로는 발광층의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO) 준위로 전자의 주입이 용이하도록 낮은 일함수를 가지며, 내부 반사율이 뛰어난 금속류의 전극이 사용될 수 있고, 더욱 바람직하게, 제2 전극(160)으로는 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al)을 포함할 수 있다.
- [0112] 제2 전극(160)으로 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al)를 사용하는 경우, 전자 주입층 역할 및 전극의 역할을 동시에 할 수 있다.
- [0113] 제2 전극(160)은 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy), 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating), 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating), 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing), 스프레이 코팅(spray coating) 및 딥 코팅(dip coating) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 전자 주입층은 진공 증착법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0114] 만약, 제2 전극(160)으로 투명 금속산화물 전극의 경우, 졸 겔(sol-gel), 분무열분해(spray pyrolysis), 스퍼터링(sputtering), ALD(Atomic Layer Deposition) 또는 전자 빔 증착(e-beam evaporation) 공정을 적용하여 형성될 수 있다.
- [0115] 또한, 제1 전극(110) 및 제2 전극(160)은 서로 전기적으로 분리되고, 유기 발광 소자에 전원을 제공한다.

또한, 제1 전극(110) 및 제2 전극(160)은 유기 발광 소자에서 발생된 광을 반사시켜 광 효율을 증가시킬 수 있으며, 유기 발광 소자에서 발생된 열을 외부로 배출시키는 역할을 할 수도 있다.

- [0116] 이하에서는, 도 2a 및 도 2b를 참고하여, 종래의 유기 발광 소자와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 밴드 다이어그램을 설명하기로 한다.
- [0118] 도 2a는 종래에 사용되는 유기 발광 소자의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이고, 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이다.
- [0119] 도 2a를 참조하면, 종래에 사용되는 유기 발광 소자는 제1 전극(10), 제1 전극(10) 상에 형성되는 정공 주입층(20), 정공 주입층(20) 상에 형성되는 정공 수송층(30), 정공 수송층(30) 상에 형성되는 발광층(40), 발광층(40) 상에 형성되는 전자 수송층(50) 및 전자 수송층(50) 상에 형성되는 제2 전극(60)을 포함한다.
- [0120] 또한, 종래에 사용되는 유기 발광 소자는 용액 공정을 사용하여 유기물층(정공 주입층, 정공 수송층, 발광층 및 전자 수송층 중 적어도 어느 하나)이 형성되기 때문에, 정공 수송층(30)의 계면은 계면 간 섞임을 방지하기 위하여 가교성을 갖는 정공 수송 물질을 사용하여 제작된다. 그러나, 가교성을 갖는 정공 수송 물질의 경우, 상대적으로 현저히 낮은 정공 이동도로 인하여 정공 주입 특성이 좋지 않은 문제점이 있다.
- [0121] 만약, 계면간 에너지 장벽이 0.3 eV 내외로 이상적이라고 했을 때, 전자와 정공의 주입특성은 각각의 물질이 갖는 이동도에 따라 차이를 나타내게 되는데 가교성을 갖는 정공 수송 물질의 경우 정공의 이동도가 전자 수송층(50)의 전자의 이동도에 비해 상대적으로 많이 작기 때문에 이상적인 전하 균형(charge balance)이 이루어지지 못해, 발광층(40) 내에 형성되는 재결합 영역(70)이 정공 수송층(30) 방향으로 치우치게 된다.
- [0122] 따라서, 종래에 사용되는 유기 발광 소자는 정공 수송층(30) 방향으로 치우친 발광층(40) 내의 재결합 영역(70)에 의해 엑시톤의 생성량이 감소하고 계면에서의 열화가 발생하게 되어, 유기 발광 소자의 발광 특성 및 전력 효율이 감소되게 된다.
- [0123] 그러나, 도 2b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 앞서 기술한 바와 같이, 정공 수송층(140)으로 가교성(cross-linkable) 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 및 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 갖는 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0124] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 정공 수송층(140) 내에 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 높은 정공 이동도(hole mobility)를 갖는 제2 정공 수송 물질을 포함함으로써, 가교성(cross-linkable) 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질의 정공 이동도를 향상시킴으로써, 발광층(140) 내의 재결합 영역(170)을 발광층(140)의 중심으로 이동시킬 수 있다.
- [0125] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 발광층(140) 내의 전하 균형이 맞춰져서 엑시톤의 생성량이 증가하여, 발광 효율이 향상되거, 계면에서의 열화를 억제할 수 있어 소자의 수명을 향상시킬 수 있다.
- [0126] 예를 들면, 제1 전극(110)으로 -4.80 eV의 전자 에너지를 갖는 ITO를 사용하고, 정공 주입층(120)으로 -5.20 eV의 일함수를 갖는 PEDOT:PSS를 사용하며, 발광층(140)으로 -2.30 eV의 LUMO(lowest unoccupied molecular orbital)를 갖고, -5.70 eV의 HOMO(highest occupied molecular orbital)를 갖는 TCTA가 사용될 수 있으며, 발광층(150)으로 -2.70 eV의 LUMO 에너지를 갖고, -6.20 eV의 HOMO를 갖는 TPBi가 사용될 수 있으며, 제2 전극(120)으로 -2.90 eV의 일함수를 갖는 LiF/Al을 사용할 수 있다.
- [0127] 또한, 정공 수송층(130)으로는 -2.19 eV의 LUMO를 갖고, -5.15 eV의 HOMO를 갖는 가교성 모노머(cross-linkable monomer; 제 1 정공 수송물질) 및 -2.30 eV의 LUMO를 갖고, -5.30 eV의 HOMO를 갖는 TFB(제 2 정공 수송물질; 132)의 복합체를 사용할 수 있다.
- [0128] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층(130)은 가교성 모노머(cross-linkable monomer; 제 1 정공 수송물질)보다 더 작은 전도대 또는 가전자대 전자 에너지를 갖는 TFB(제2 정공 수송 물질; 132)를 포함함으로써, 정공의 이동 및 주입이 용이해져 발광층(140) 내의 재결합 영역(170)이 중심으로 이동될 수 있다.
- [0129] 이하에서는, 도 3a 및 도 3b를 참고하여, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법을 설명하기로 한다.
- [0131] 도 3a는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.

- [0132] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법은 제1 전극을 형성하는 단계(S110), 제1 전극 상에 정공 주입층을 형성하는 단계(S120), 정공 주입층 상에 용액 공정을 이용하여 정공 수송층 형성하는 단계(S130), 정공 수송층 상에 발광층을 형성하는 단계(S140), 발광층 상에 전자 수송층을 형성하는 단계(S150) 및 전자 수송층 상에 제2 전극을 형성하는 단계(S150)를 포함한다.
- [0133] 제1 전극 상에는 정공 주입층이 형성(S110 및 S120)된다.
- [0134] 제1 전극은 기관인 동시에 전극으로 사용되거나, 기관(미도시) 상에 증착 또는 용액 공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0135] 기관으로는 통상적인 유기 발광 소자에서 사용되는 기관을 사용할 수 있으나, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기관 또는 투명 플라스틱 기관을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0136] 제1 전극은 양극(anode)일 수 있고, 실시예에 따라, 제1 전극은 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 연결되어 박막 트랜지스터로부터 인가되는 구동 전류를 공급 받는 역할을 할 수 있다.
- [0137] 제1 전극(양극)은 자에 정공을 제공하는 전극으로서, 투과형 전극, 반사형 전극 또는 이들의 적층 구조로 형성될 수 있다.
- [0138] 바람직하게, 제1 전극으로는 인듐주석산화물(ITO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 실버와이어 (AgNWs) 및 폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0139] 더욱 바람직하게, 제1 전극은 발광층의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO; highest occupied molecular orbital) 준위로 정공의 주입이 용이하도록 일함수가 크면서 투명한 전극인 인듐주석산화물(ITO)을 포함할 수 있다.
- [0140] 제1 전극은 진공 증착법 (vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy), 스퍼터링 (Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating), 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating), 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing), 스프레이 코팅(spray coating) 및 딥 코팅(dip coating) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0141] 제1 전극 상에 형성되는 정공 주입층은 제1 전극으로부터 주입된 정공을 발광층으로 주입하는 역할을 한다.
- [0142] 바람직하게, 정공 주입층은 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)를 포함할 수 있다.
- [0143] 정공 주입층은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법 (vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 주입층은 스핀 코팅법, 슬릿 다이 코팅 법, 잉크젯 프린팅 법, 스프레이 코팅 법 및 딥 코팅 법 중 적어도 어느 하나의 용액 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0144] 바람직하게, 정공 주입층은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기관을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0145] 또한, 스핀 코팅법에 의하여 정공 주입층을 형성하는 경우, 그 코팅 조건은 정공 주입층의 재료로서 사용하는 화합물, 목적하는 하는 정공 주입층의 구조 및 열적 특성에 따라 상이하지만, 약 2000rpm 내지 5000rpm의 코팅 속도, 코팅 후 용매 제거를 위한 열처리 온도는 약 80 내지 200의 온도 범위에서 적절히 선택될 수 있다.
- [0146] 정공 주입층은 용액 공정으로 형성되어 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극 (양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0147] 정공 주입층 상에 정공 수송층이 형성(S130)되고, 정공 수송층은 제1 전극으로부터 주입된 정공을 발광층으로

이동시키는 역할을 한다.

- [0148] 정공 수송층은 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 복합체를 포함하고, 상기 복합체는 네트워크 구조를 갖는다.
- [0149] 제2 정공 수송 물질은 제1 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층(130)의 전하 균형(charge balance)을 맞출 수 있는 적절한 정공 이동도를 가질 수 있다. 따라서, 제2 정공 수송 물질의 정공 이동도는 제1 정공 수송 물질 및 전하 균형에 따라 상대적으로 변할 수 있기에, 사용자에 따라 적절하게 선택될 수 있다.
- [0150] 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비(질량비 기준)는 5:5 내지 9:1일 수 있다.
- [0151] 따라서, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비가 전술한 범위를 가지면 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 용이하게 잘 형성될 수 있다.
- [0152] 바람직하게, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 8:2일 때, 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 매우 잘 형성될 수 있다.
- [0153] 제1 정공 수송 물질은 스티렌(styrene)을 포함하는 모노머(monomer) 물질을 포함할 수 있고, 바람직하게 제1 정공 수송 물질은 VB-FNPD(9,9-Bis[4-[(4-ethenylphenyl)methoxy]phenyl]-N2, N7-di-1-naphthalenyl-N2,N7-diphenyl-9H-Fluorene-2,7-diamine) 및 VNPB(N4,N4'-Di(naphthalen-1-yl)-N4,N4'-bis(4-vinylphenyl)biphenyl-4,4'-diamine)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0154] 제2 정공 수송 물질은 정공 이동도가 빠른 선형 고분자 물질을 포함할 수 있고, 정공 수송층으로 사용될 수 있는 폴리머(polymer)를 포함할 수 있다.
- [0155] 바람직하게, 제2 정공 수송 물질은 TFB(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl) diphenylamine))], PTAA(Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]), Poly-TPD(Poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine]), Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(N,N'-diphenyl)-N,N'-di(p-butylphenyl)-1,4-diamino-benzene]] end capped with dimethylphenyl, Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-co-(N,N'-bis(4-butylphenyl)-benzidine-N,N'-{1,4-diphenylene})], Poly[(9,9-dihexylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis(p-butylphenyl)-1,4-diaminophenylene)], Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-alt-(N,N'-bis(p-butylphenyl)-1,1'-biphenylene-4,4'-diamine)] 및 Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(p-butylphenyl))diphenylamine)] 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0156] 정공 수송층은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법 및 딥 코팅(dip coating) 법 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 수송층은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0157] 정공 수송층은 용액 공정으로 형성되어 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0158] 실시예에 따라, 정공 수송층은 정공 수송층을 형성하기 전에 산소 플라즈마 처리를 실시하여 계면 에너지를 낮추거나, 디웨팅(dewetting) 시간보다 작은 시간 동안 열처리하고 냉각하는 과정을 반복함으로써, 디웨팅 현상 없이 안정화된 결정 박막을 얻을 수 있다. 따라서, 유기 발광 소자의 수명 및 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0159] 또한, 도 3b를 참조하여, 정공 주입층 상에 정공 수송층이 형성(S130)에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0160] 도 3b는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층을 형성하는 단계를 도시한 흐름도이다.
- [0161] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층을 형성하는 단계(S130)는 제1 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액 및 상기 제2 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액을 혼합하여 정공 수송층 용액을 제조하는 단계(S131) 및 정공 주입층 상에 정공 수송층 용액을 코팅하고, 열처리하여 정공 수송층을 형성하는 단계(S132)를 포함한다.
- [0162] 먼저, 제1 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액 및 상기 제2 정공 수송 물질을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액을 혼합하여 정공 수송층 용액을 제조(S131)할 수 있다.

- [0163] 제1 정공 수송 물질 용액은 제1 정공 수송 물질을 및 소정의 용매에 용해 또는 분산시켜 제조할 수 있다.
- [0164] 용매는 제1 정공 수송 물질에 소정의 점도를 제공하는 역할을 하고, 제1 정공 수송 물질을 용해 또는 분산시킬 수 있는 것이라면 특별히 한정되지 않으나, 용매의 예로는 물, 알콜, 톨루엔, 크실렌, 클로로벤젠, 클로로포름, 디-클로로에탄, 디메틸포름아마이드 및 디메틸술폭사이드 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0165] 또한, 제2 정공 수송 물질 용액은 제2 정공 수송 물질을 및 소정의 용매에 용해 또는 분산시켜 제조할 수 있다.
- [0166] 바람직하게, 제1 정공수송 물질은 VB-FNPD가 사용될 수 있고, 제2 정공수송 물질은 TFB가 사용될 수 있으며, 용매는 제1 정공 수송 물질에 소정의 점도를 제공하는 역할을 하고, 제1 정공 수송 물질을 용해 또는 분산시킬 수 있는 것이라면 특별히 한정되지 않으나, 용매의 예로는 물, 알콜, 톨루엔, 크실렌, 클로로벤젠, 클로로포름, 디-클로로에탄, 디메틸포름아마이드 및 디메틸술폭사이드 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0167] 정공 수송층 용액은 제1 정공 수송 물질 용액 및 제2 정공 수송 물질 용액을 적절히 혼합하여 제조될 수 있고, 제1 정공 수송 물질 용액 및 제2 정공 수송 물질 용액의 혼합비(질량비 기준)는 5:5 내지 9:1일 수 있다.
- [0168] 따라서, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비가 전술한 범위를 가지면 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 용이하게 잘 형성될 수 있다.
- [0169] 바람직하게, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질의 혼합비는 8:2일 때, 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)가 매우 잘 형성될 수 있다.
- [0170] 제조된 정공 수송층 용액은 정공 주입층 상에 코팅되고, 열처리되어 정공 수송층을 형성(S132)할 수 있다.
- [0171] 정공 수송층 용액은 정공 주입층 상에 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법 및 딥 코팅(dip coating) 법 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 수송층은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0172] 정공 수송층은 용액 공정으로 형성되어 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0173] 정공 주입층 상에 정공 수송층 용액을 코팅한 다음 열처리될 수 있고, 열처리는 80℃ 내지 300℃의 온도에서 진행될 수 있고, 열처리 온도가 80℃ 미만이면 정공 수송층 물질들의 가교 반응이 충분히 일어나지 않는 문제가 있고, 300℃를 초과하면 정공 수송층 물질들의 유리전이온도 보다 열처리 온도가 높아져 물질이 변형되는 문제가 있다.
- [0174] 또한, 정공 수송층 용액을 코팅한 다음 진행되는 열처리는 두 단계로 진행될 수 있고, 바람직하게, 제1 열처리는 100℃에서 10분 정도 진행하여, 용매를 기화시키고, 제2 열처리는 220℃의 온도에서 30분간 추가 열처리를 진행하여 제1 정공수송 물질을 열가교시켜 정공 수송층 상부에 형성되는 발광층과 섞이는 것을 방지할 수 있다.
- [0175] 따라서, 열처리를 두 단계로 진행하면, 높은 온도에서 용매를 기화시키는 동시에 열가교시키는 단일 열처리보다 정공 수송층의 모폴로지(morphology)가 개선될 수 있다.
- [0176] 따라서, 앞서 전술한 정공 수송층 용액 코팅 및 열처리에 의해, 정공 수송층 용액 내에 포함되는 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질은 복합체를 형성하고, 복합체는 네트워크 구조를 가질 수 있다.
- [0177] 또한, 복합체는 semi-상호 침입 고분자 네트워크(semi-IPN, semi-Interpenetrating Polymer Network) 방식으로 형성될 수 있다.
- [0178] 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)를 갖는 기술에 대해서는 도 4a 및 도 4b를 참고하여 설명하기로 한다.
- [0179] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조(예; semi-상호 침입 고분자 네트워크)를 형성하는 과정을 도시한 단면도이다.
- [0180] 도4a 및 도 4b를 참조하면, 제1 정공 수송 물질(211)을 포함하는 제1 정공 수송 물질 용액 및 제2 정공 수송 물질(220)을 포함하는 제2 정공 수송 물질 용액이 혼합(blending)된 정공 수송층 용액을 코팅하면, 도 4a에서와 같이, 제1 정공 수송 물질(211)보다 상대적으로 높은 정공 이동도를 갖는 제1 정공 수송 물질(220) 사이사이에

제1 정공 수송 물질(211)이 존재한다. 이 때, 제1 정공 수송 물질(211)은 가교성을 갖는 모노머(monomer)일 수 있다.

[0181] 이 후, 열처리를 진행하고, 소정의 시간이 지나면, 도 4b에서와 같이, 열처리에 의해 가교성을 갖는 모노머인 제1 정공 수송 물질(211)이 가교하여 네트워크 구조를 갖는 제1 정공 수송 물질(212)을 형성하고, 따라서, 정공 수송층은 네트워크 고분자(network polymer)를 형성하는 화학적 조성(chemical composition) 변화가 발생하여, 제1 정공 수송 물질(212)과 제2 정공 수송 물질(220)이 복합체를 형성하고, 복합체가 네트워크 구조를 갖게 된다.

[0182] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층은 네트워크 구조를 갖는 제1 정공 수송 물질(212) 사이사이에 제1 정공 수송 물질보다 상대적으로 정공이동도가 큰 제2 정공 수송 물질(220)이 존재하게 된다.

[0183] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 네트워크 구조는 물리적으로 물질들이 섞이는 기존의 용액 공정이나 증착 공정에서의 도핑 시스템(doping system)과는 다른 방식으로, 모노머(monomer)가 네트워크 폴리머(network polymer)를 형성하는 화학적 조성(chemical composition)가 일어난다.

[0184] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 복합체가 네트워크 구조를 가짐으로써, 롤-오프(roll-off)가 감소되고, 소자의 수명이 향상될 수 있다.

[0185] 다시, 도 3a를 참조하면, 정공 수송층상에는 발광층이 형성(S140)될 수 있고, 발광층은 제1 전극으로부터 주입되어 정공 수송층 경유한 정공과 제2 전극으로부터 주입되어 전자 수송층을 경유한 전자가 재결합하여 엑시톤(exiton)을 생성하고, 생성된 엑시톤이 여기 상태에서 기저상태로 변하면서 발광하는 층으로서, 단층 또는 복층으로 구성될 수 있다.

[0186] 바람직하게, 발광층은 4,4',4"-트리스(카바졸-9-일)트리페닐아민 (TCTA)를 포함할 수 있다.

[0187] 발광층은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 수송층은 스핀 코팅법, 슬릿 다이 코팅 법, 잉크젯 프린팅 법, 스프레이 코팅 법 및 딥 코팅 법 중 적어도 어느 하나의 용액 공정을 이용하여 형성될 수 있다.

[0188] 바람직하게, 발광층은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.

[0189] 발광층은 용액 공정으로 형성되어 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.

[0190] 발광층 상에는 전자 수송층이 형성(S150)될 수 있고, 발광층상에 형성되는 전자 수송층은 제2 전극으로부터 주입된 전자를 발광층으로 이동시키는 역할을 한다.

[0191] 바람직하게, 전자 수송층은 TPBi(2,2',2"-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole))를 포함할 수 있다.

[0192] 전자 수송층은 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating)법, 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating) 법, 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing) 법, 스프레이 코팅(spray coating) 법, 딥 코팅(dip coating) 법, 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy) 및 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 정공 수송층은 스핀 코팅법, 슬릿 다이 코팅 법, 잉크젯 프린팅 법, 스프레이 코팅 법 및 딥 코팅 법 중 적어도 어느 하나의 용액 공정을 이용하여 형성될 수 있으나, 바람직하게, 전자 수송층은 진공 증착법을 이용하여 형성될 수 있다.

- [0193] 또한, 전자 수송층은 스핀 코팅법을 이용하여 형성될 수 있고, 스핀 코팅법은 용액을 일정량 떨어뜨리고 기판을 고속으로 회전시켜서 용액에 가해지는 원심력으로 코팅하는 방법이다.
- [0194] 전자 수송층은 용액 공정으로 형성되어 대면적 공정이 가능하고, 공정 시간을 단축시킬 수 있으며, 상하부 전극(양극 및 음극)의 반도체 특성에 대한 제한을 감소시킬 수 있다.
- [0195] 전자 수송층 상에는 제2 전극이 형성(S160)될 수 있고, 바람직하게, 제2 전극(160)은 음극(cathode)일 수 있고, 실시예에 따라, 제2 전극은 전원 전압에 공통 연결되어 전자 수송층으로 전자를 주입시키는 역할을 한다.
- [0196] 제2 전극(음극)은 소자에 전자를 제공하는 전극으로서, 금속 물질, 이온화된 금속 물질, 합금 물질, 소정의 액체 속에서 콜로이드(colloid) 상태인 금속 잉크 물질 및 투명 금속 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0197] 바람직하게, 제2 전극으로는 발광층의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO) 준위로 전자의 주입이 용이하도록 낮은 일함수를 가지며, 내부 반사율이 뛰어난 금속류의 전극이 사용될 수 있고, 제2 전극으로는 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 리튬(Li), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 이터븀(Yb), 플래티늄(Pt), 금(Au), 니켈(Ni), 구리(Cu), 바륨(Ba), 은(Ag), 은나노와이어(AgNWs), 인듐(In), 루테튬(Ru), 납(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 칼슘(Ca) 및 세슘(Cs) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0198] 제2 전극은 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy), 스퍼터링(Sputtering), 스핀 코팅(Spin-coating), 슬릿 다이 코팅(Slit dye coating), 잉크젯 프린팅(Ink-jet printing), 스프레이 코팅(spray coating) 및 딥 코팅(dip coating) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있으나, 바람직하게, 전자 수송층은 진공 증착법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0199] 만약 제2 전극으로 투명 금속산화물 전극의 경우, 졸 겔(sol-gel), 분무열분해(spray pyrolysis), 스퍼터링(sputtering), ALD(Atomic Layer Deposition) 또는 전자 빔 증착(e-beam evaporation) 공정을 적용하여 형성될 수 있다.
- [0200] 또한, 제1 전극층 및 제2 전극층은 서로 전기적으로 분리되고, 유기 발광 소자에 전원을 제공한다. 또한, 제1 전극층 및 제2 전극층은 유기 발광 소자에서 발생된 광을 반사시켜 광 효율을 증가시킬 수 있으며, 유기 발광 소자에서 발생된 열을 외부로 배출시키는 역할을 할 수도 있다.
- [0202] **제조예**
- [0203] 유기 발광 소자 제조
- [0204] ITO 기판(substrate)을 소니케이터(sonicator)를 통해 아세톤에 20분 클리닝한 다음, 이소프로필알콜(IPA; isopropyl alcohol)에 20분 클리닝 하고, 다시 탈이온수(DI water)로 20분 클리닝한 후, UV-O₃ 처리(UV-Ozone treatment)를 20분간 진행하였다. 그 후 PEDOT:PSS를 스핀 코팅하고, 150℃에 20분 동안 어닐링 처리(annealing)하여 40nm를 정공 주입층을 형성하였다. 정공 주입층 상에 제1 정공 수송 물질:제2 정공 수송 물질(VB-FNPD:TFB)을 혼합(blending)한 용액을 스핀 코팅한 다음, 100℃에서 10분 동안 어닐링 처리하고, 식힌 후 220℃에서 30분 어닐링 처리하여 17nm의 정공 수송층을 적층하였다. 정공수송층 상에 TCTA:Ir(mppy)₃ 도핑한 물질을 스핀 코팅 후 100℃에서 12분 동안 어닐링 처리하여 30nm의 발광층을 적층하였다. 그리고 발광층까지 적층된 소자를 진공 증착을 통하여 TPBi의 전자 수송층 40nm, LiF 전자 주입층 1nm 및 LiF/Al의 음극 100nm를 순차적으로 증착한 후 봉지 공정을 통하여 유기 발광 소자를 제작하였다. 이 때, 각각의 계면의 두께는 소자 구조와 물질의 특성 등에 따라 다르게 제작될 수 있다.
- [0206] [실시예 1]
- [0207] 정공 수송층 형성
- [0208] 500mL 반응 플라스크에 질소 기류 하에서 VB-FNPD(제1 정공 수송 물질) 0.0087g에 톨루엔(toluene) 2mL를 가하고 12시간 동안 환류 교반하여 제1 정공 수송 물질 용액을 제조하고, 500mL 반응 플라스크에 질소 기류 하에서 TFB 0.087g에 톨루엔 2 mL를 가하고 12시간 동안 환류 교반하여 제2 정공 수송 물질 용액을 제조한다. 이후, 제

1 정공 수송 물질 0.8mL 및 제2 정공 수송 물질 0.089mL를 0.5시간 동안 환류 교반하여 VB-FNPD:TFB의(제1 정공 수송 물질:제2 정공 수송 물질)의 정공 수송층 용액(10%)을 제조한다.

[0209] 마지막으로, PEDOT:PSS으로 이루어진 정공주입층(40nm) 상에 정공 수송층 용액을 스핀 코팅 방법을 이용하여 코팅한 다음, 100℃에서 10분동안 열처리 하여 용매를 제거한 후, 220℃로 30분동안 열처리 하여 semi-IPN된 정공 수송층을 형성하였다.

[0211] [실시예 2]

[0212] [실시예 2]는 제1 정공 수송 물질 0.8mL 및 제2 정공 수송 물질 0.2mL를 0.5시간 동안 환류 교반하여 VB-FNPD:TFB의(제1 정공 수송 물질:제2 정공 수송 물질)의 정공 수송층 용액(20%)을 제조하는 것을 제외하면, [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0214] [실시예 3]

[0215] [실시예 3]은 제1 정공 수송 물질 0.8mL 및 제2 정공 수송 물질 0.343mL를 0.5시간 동안 환류 교반하여 VB-FNPD:TFB의(제1 정공 수송 물질:제2 정공 수송 물질)의 정공 수송층 용액(50%)을 제조하는 것을 제외하면, [실시예 1]과 동일한 방법으로 제조하였다.

[0217] [비교예 1]

[0218] 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 스핀코팅으로 형성되고, PEDOT:PSS으로 이루어진 정공주입층(40nm), VB-FNPD를 포함하는 용액을 사용하여 스핀 코팅으로 형성되는 정공 수송층(30nm), 스핀코팅으로 형성되고, Ir(mppy)₃를 포함하는 발광층(20nm), 진공 증착으로 형성되고, TPBi로 이루어진 전자 수송층(40nm) 및 진공 증착으로 형성되고, LiF/Al으로 이루어진 음극(1/00nm)을 순서대로 적층하여, 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0220] [비교예 2]

[0221] 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 스핀코팅으로 형성되고, PEDOT:PSS으로 이루어진 정공주입층(40nm), TFB를 포함하는 용액을 사용하여 스핀 코팅으로 형성되는 정공 수송층(30nm), 스핀코팅으로 형성되고, Ir(mppy)₃를 포함하는 발광층(20nm), 진공 증착으로 형성되고, TPBi로 이루어진 전자 수송층(40nm) 및 진공 증착으로 형성되고, LiF/Al으로 이루어진 음극(1/00nm)을 순서대로 적층하여, 유기 발광 소자를 완성하였다.

[0223] 도 5는 비교예과 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 이동도를 도시한 그래프이다.

[0224] 도 5를 참조하면, 비교예 1 및 비교예2와 본원 발명의 실시예1에 따른 유기 발광 소자(10%) 내지 본원 발명의 실시예3에 따른 유기 발광 소자(50%)를 비교하면, 제2 정공 수송물질(TFB)를 포함하지 않는 비교예 1 대비 정공 이동도가 증가되는 것을 알 수 있다.

[0226] 도 6a는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 밝기에 따른 전류 효율 및 전력 효율을 도시한 그래프이다.

[0227] 도 6a를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제2 정공 수송 물질을 포함하지 않는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자 대비 밝기에 따른 전류 효율 및 전력 효율이 높은 것으로 보아, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층을 포함함으로써, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 수명 특성이 증가하는 것을 알 수 있다.

[0228] 특히, 본 발명의 실시예2에 따른 유기 발광 소자에서 가장 뛰어난 수명 특성을 나타낸다.

[0229] 도 6b는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자와 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 시간에 따른 밝기를 도시한 그래프이다.

[0230] 도 6b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제2 정공 수송 물질을 포함하지 않는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자 대비 오랜 시간 동안 밝기가 유지되는 것으로 보아, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질을 포함하는 정공 수송층을 포함함으로써, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 수명 특성이 증가하

는 것을 알 수 있다.

[0231] 특히, 본 발명의 실시예2에 따른 유기 발광 소자에서 가장 뛰어난 수명 특성을 나타낸다.

[0233] 도 7a 내지 도 7e는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 원자힘현미경(atomic force microscopy; AFM) 이미지를 도시한 것이다.

[0234] 도 7a는 제2 정공 수송 물질을 포함하지 않는 비교예 1에 따른 유기 발광 소자 의 정공 수송층 이미지이고, 도 7b는 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 이미지이며, 7c는 본 발명의 실시예 2에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 이미지이고, 도 7d는 본 발명의 실시예 3에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층의 이미지이며, 도 7e는 제1 정공 수송 물질을 포함하지 않는 비교예 2에 따른 유기 발광 소자 의 정공 수송층 이미지이다.

[0235] 도 7a 내지 도 7e를 참조하면, 제1 정공 수송 물질 및 제2 정공 수송 물질을 혼합하였을 때, 제2 정공 수송 물질의 혼합 비율에 따라, 상 분리(phase separation)가 발생하는 것으로 보아, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자의 정공 수송층이 semi-IPN 방식으로 복합체가 형성되는 것을 알 수 있다.

[0237] 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.

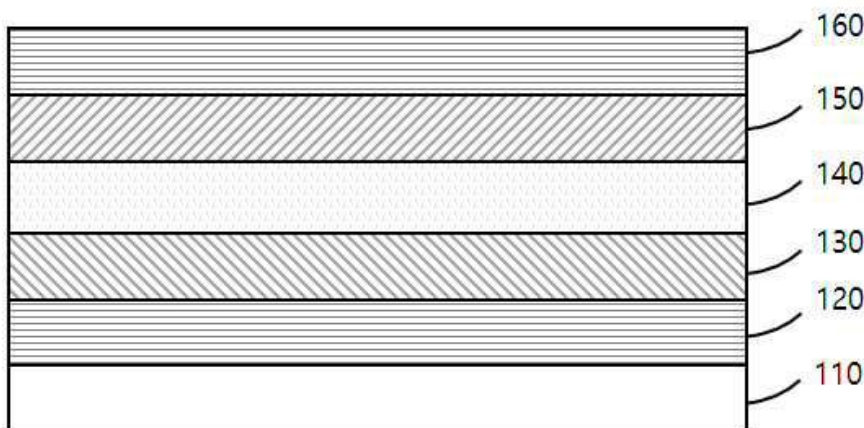
[0238] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

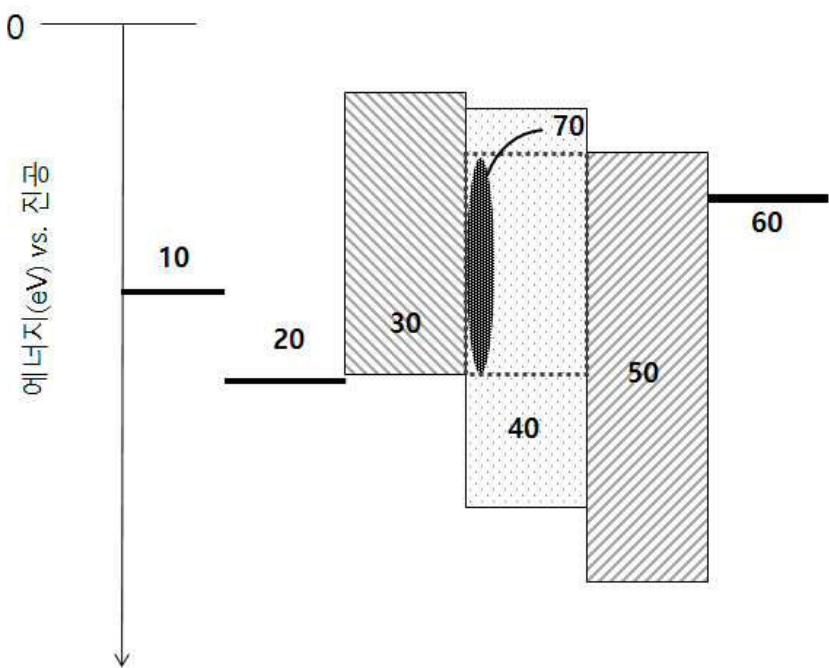
[0240]	10, 110: 제1 전극	20, 120: 정공 주입층
	30, 130: 정공 수송층	132: 제2 정공 수송 물질
	40, 140: 발광층	50, 150: 전자 수송층
	60, 160: 제2 전극	70, 170: 재결합 영역
	211: 제1 정공 수송 물질	220: 제2 정공 수송 물질
	212: 네트워크 구조를 갖는 제1 정공 수송 물질	

도면

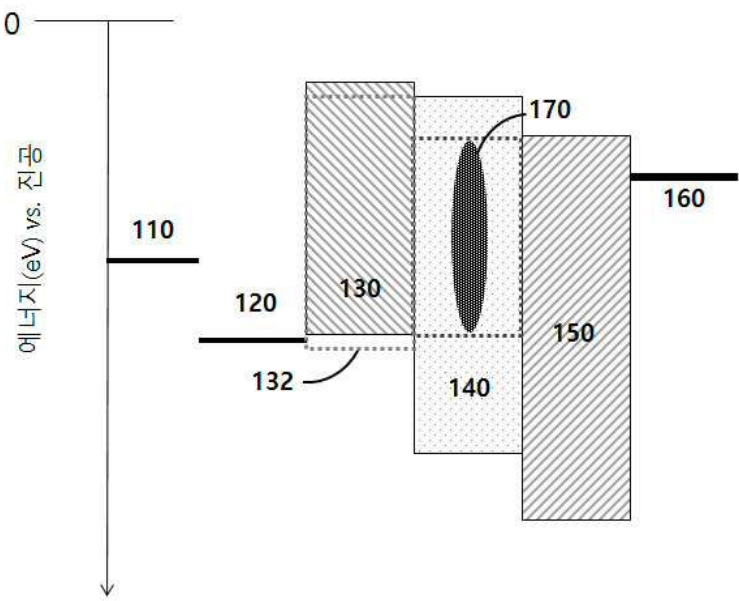
도면1



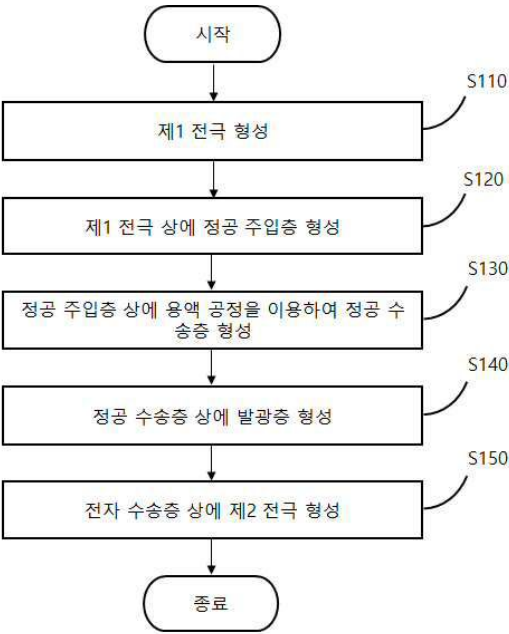
도면2a



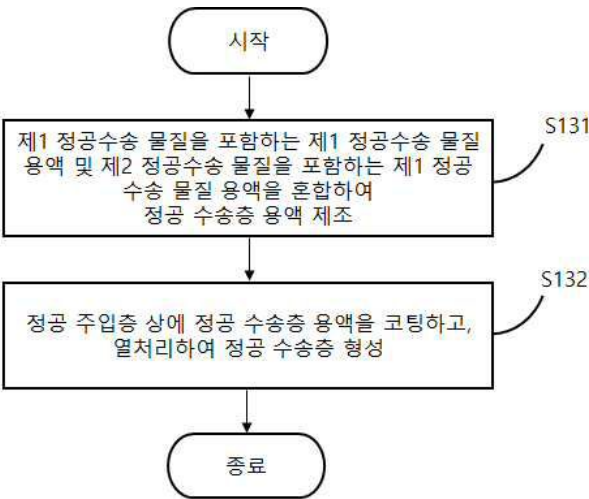
도면2b



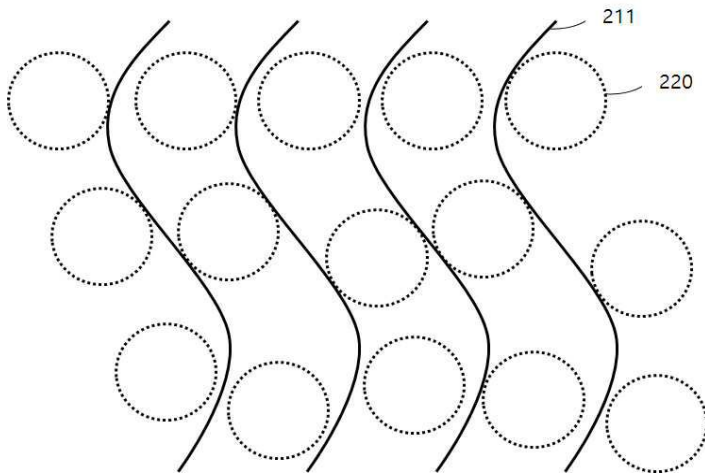
도면3a



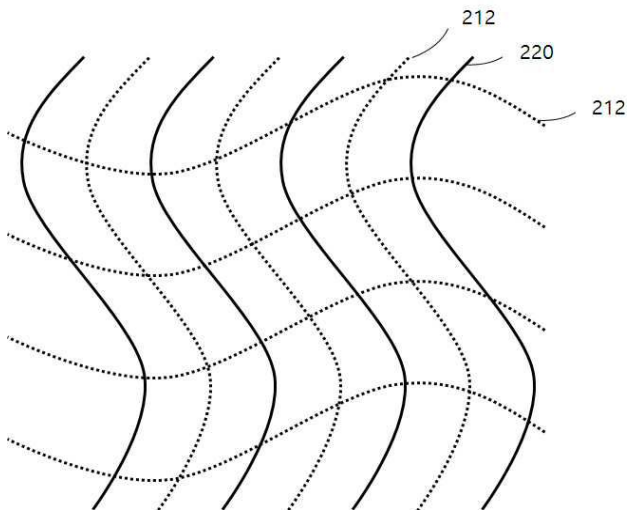
도면3b



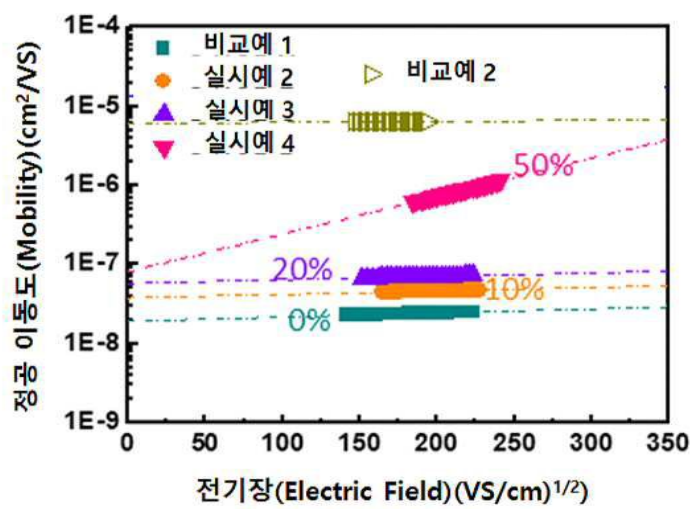
도면4a



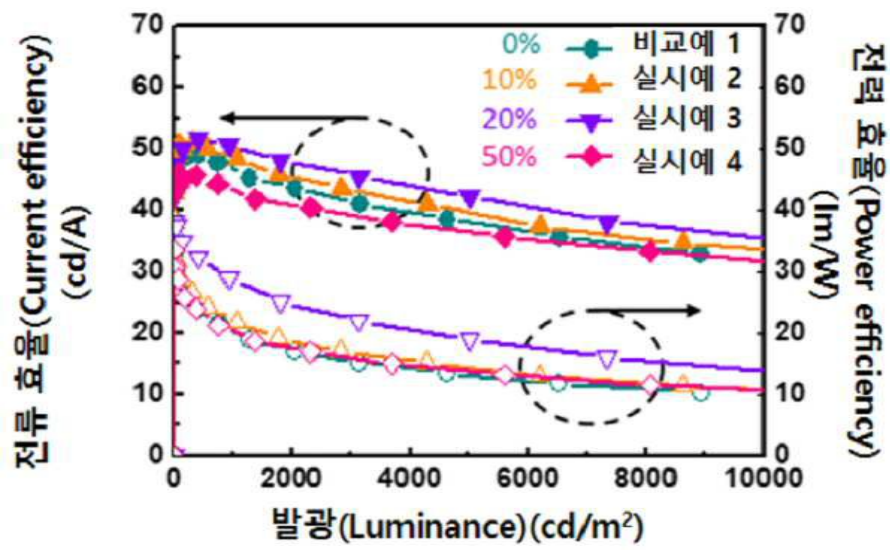
도면4b



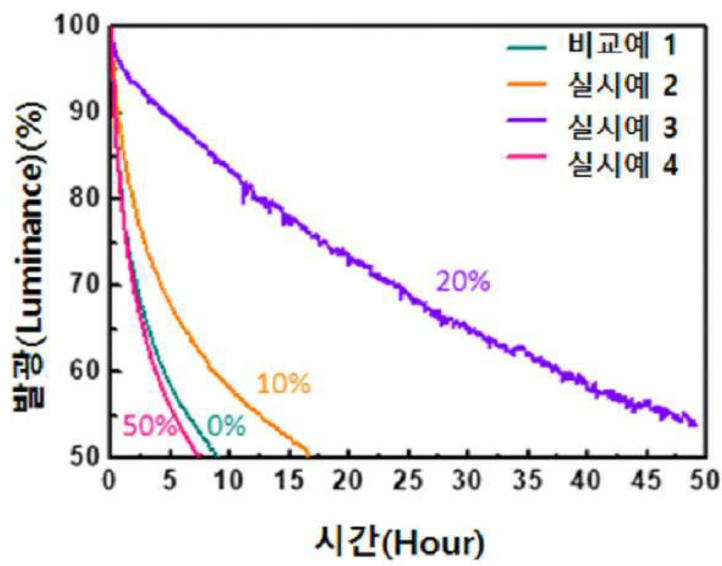
도면5



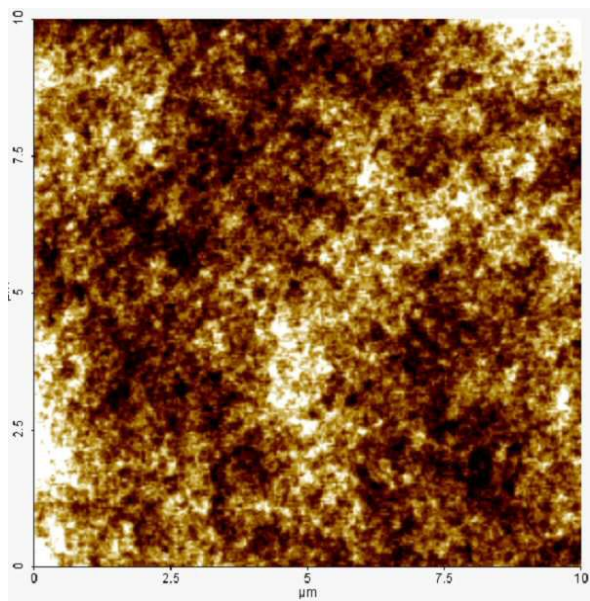
도면6a



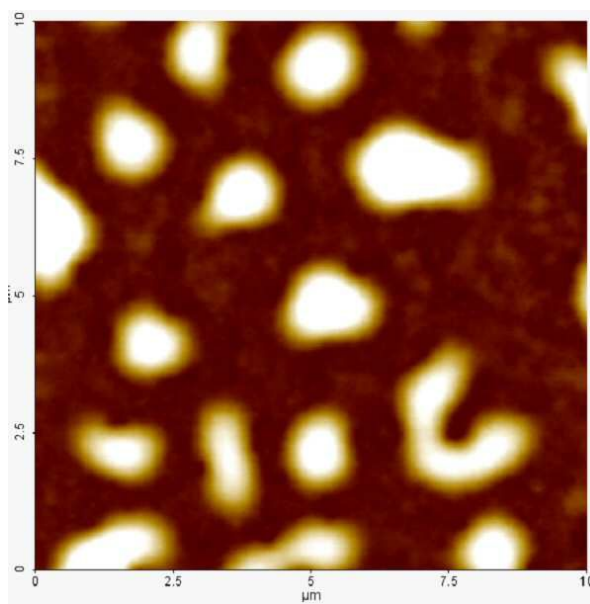
도면6b



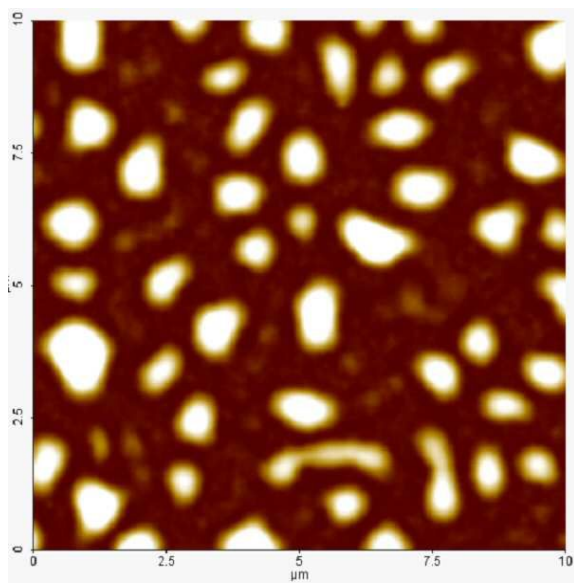
도면7a



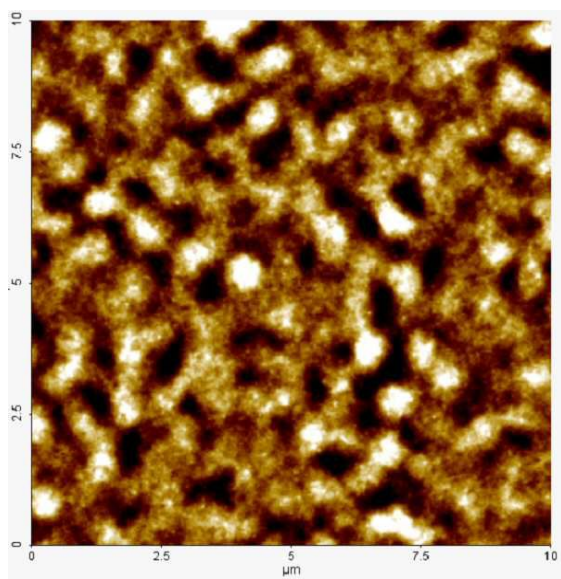
도면7b



도면7c



도면7d



도면7e

