



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월16일

(11) 등록번호 10-1512229

(24) 등록일자 2015년04월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 51/52* (2006.01) *H05B 33/22* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-0063139
- (22) 출원일자 2013년05월31일  
 심사청구일자 2013년05월31일
- (65) 공개번호 10-2013-0135191
- (43) 공개일자 2013년12월10일
- (30) 우선권주장  
 1020120058948 2012년05월31일 대한민국(KR)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP2003109747 A\*  
 JP2007518220 A\*  
 KR1020090125616 A\*  
 KR1020040098552 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
**주식회사 엘지화학**  
 서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
- (72) 발명자  
**주문규**  
 대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)  
**강민수**  
 대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**정순성**

전체 청구항 수 : 총 24 항

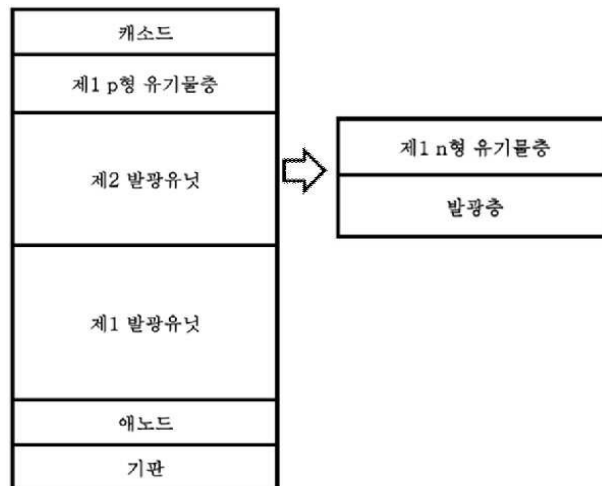
심사관 : 김효욱

(54) 발명의 명칭 **적층형 유기전계발광소자**

**(57) 요약**

본 명세서에는 애노드; 캐소드; 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 구비되고, 발광층을 포함하는 2 이상의 발광유닛들을 포함하고, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛과 상기 캐소드 사이에는 제1 p형 유기물층이 구비된 유기전계발광소자가 개시된다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**문제민**

대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)

**함윤혜**

대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)

**장성수**

대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)

**유진아**

대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)

**이재인**

대전 유성구 문지로 188, LG화학기술연구원 내 (문지동)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

애노드; 캐소드; 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 구비되고, 발광층을 포함하는 2 이상의 발광유닛들을 포함하고, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛과 상기 캐소드 사이에는 제1 p형 유기물층이 구비되고,

상기 캐소드의 일함수가 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

청구항 1에 있어서, 상기 제1 n형 유기물층과 상기 제1 p형 유기물층은 NP 접합을 형성한 것인 유기전계발광소자.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서, 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위와의 차이는 2 eV 이하인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 5**

청구항 1에 있어서, 상기 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 제1 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 더 포함하는 유기전계발광소자.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서, 상기 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트에 의하여 도핑된 것인 유기전계발광소자.

**청구항 7**

청구항 6에 있어서, 상기 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 제2 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에 제3 n형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서, 상기 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 발광층의 애노드 측에 제2 p형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서, 상기 발광유닛들은 각각 발광층의 캐소드측에 구비된 제1 n형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서, 상기 발광유닛들은 각각 상기 제1 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 더 포함하는 유기전계발광소자.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서, 상기 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트에 의하여 도핑된 것인 유기전계발광소자.

**청구항 12**

청구항 10에 있어서, 상기 발광유닛들은 각각 상기 제2 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에 제3 n형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 13**

청구항 1에 있어서, 상기 발광유닛들은 각각 상기 발광층의 애노드 측에 제2 p형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 14**

청구항 1에 있어서, 상기 애노드에 인접한 발광유닛은 발광층의 애노드 측에 순차적으로 적층된 제2 p형 유기물층 및 제4 n형 유기물층을 더 포함하는 것인 유기전계발광소자.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서, 상기 제2 p형 유기물층과 상기 제4 n형 유기물층은 NP 접합을 형성한 것인 유기전계발광소자.

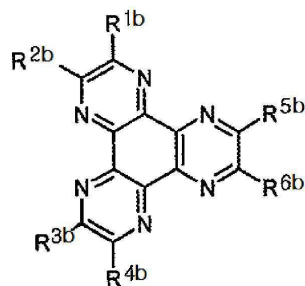
**청구항 16**

청구항 6 또는 11에 있어서, 상기 제2 n형 유기물층의 두께는 5 내지 20 nm인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 17**

청구항 1 및 3 내지 15 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제1 n형 유기물층은 하기 화학식 2로 표시되는 화합물, 2,3,5,6-테트라플루오로-7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(F4TCNQ), 불소-치환된 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 시아노-치환된 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA), 불소-치환된 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA) 및 시아노-치환된 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA) 중에서 선택되는 1 이상의 화합물을 포함하는 것인 유기전계발광소자:

[화학식 2]



상기 화학식 2에 있어서, R<sup>1b</sup> 내지 R<sup>6b</sup>은 각각 수소, 할로겐 원자, 니트릴(-CN), 니트로(-NO<sub>2</sub>), 술폰닐(-SO<sub>2</sub>R), 술폭사이드(-SOR), 술폰아미드(-SO<sub>2</sub>NR), 술폰네이트(-SO<sub>3</sub>R), 트리플루오로메틸(-CF<sub>3</sub>), 에스테르(-COOR), 아미드(-CONHR 또는 -CONRR'), 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub> 알콕시, 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>의 알킬, 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>의 알케닐, 치환 또는 비치환된 방향족 또는 비방향족의 헤테로 고리, 치환 또는 비치환된 아릴, 치환 또는 비치환된 모노- 또는 디-아릴아민, 또는 치환 또는 비치환된 아랄킬아민이고, 상기 R 및 R'는 각각 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>의 알킬, 치환 또는 비치환된 아릴 또는 치환 또는 비치환된 5-7원 헤테로 고리이다.

**청구항 18**

청구항 1에 있어서, 상기 발광유닛들 사이에는 중간전극이 구비된 것인 유기전계발광소자.

**청구항 19**

청구항 18에 있어서, 상기 발광유닛들은 각각 발광층의 캐소드측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들의 제1 n형 유기물층과 중간전극 사이에는 제1 p형 유기물층이 추가로 구비된 것인 유기전계발광소자.

**청구항 20**

청구항 19에 있어서, 상기 중간전극의 일함수는 중간전극과 발광유닛들의 제1 n형 유기물층 사이에 구비된 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 21**

청구항 18에 있어서, 상기 중간전극의 두께는 1 내지 20 nm인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 22**

청구항 1, 3 내지 15 및 18 내지 21 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 캐소드 또는 상기 애노드의 유기물층이 구비된 면의 반대면에 구비된 기관이 더 구비되고, 상기 캐소드 또는 상기 애노드와 상기 기관 사이에, 또는 상기 기관의 애노드 또는 캐소드가 구비된 면의 반대면에 구비된 광추출층을 더 포함하는 유기전계발광소자.

**청구항 23**

청구항 1, 3 내지 15 및 18 내지 21 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 유기전계발광소자는 플렉서블 유기전계발광소자인 것인 유기전계발광소자.

**청구항 24**

청구항 1, 3 내지 15 및 18 내지 21 중 어느 하나의 항의 유기전계발광소자를 포함하는 디스플레이.

**청구항 25**

청구항 1, 3 내지 15 및 18 내지 21 중 어느 하나의 항의 유기전계발광소자를 포함하는 조명.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 기재는 적층형 유기전계발광소자에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 2012년 5월 31일에 한국특허청에 제출된 한국 특허 출원 제10-2012-0058948호의 출원일의 이익을 주장하며, 그 내용 전부는 본 명세서에 포함된다.

**배경 기술**

[0003] 유기전계발광소자는 2 개의 전극으로부터 유기물층에 전자 및 정공을 주입하여 전류를 가시광으로 변환시킨다. 유기전계발광소자는 2층 이상의 유기물층을 포함하는 다층 구조를 가질 수 있다. 예컨대, 유기전계발광소자는 발광층 이외에, 필요에 따라 전자 또는 정공 주입층, 전자 또는 정공 차단층, 또는 전자 또는 정공 수송층을 더 포함할 수 있다.

[0004] 최근 유기전계발광소자의 용도가 다양해짐에 따라, 유기전계발광소자의 성능을 개선할 수 있는 재료들에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 명세서에는 신규한 구조의 적층형 유기전계발광소자가 기재된다.

**과제의 해결 수단**

- [0006] 본 명세서의 일 실시상태에 따른 적층형 유기전계발광소자는 애노드; 캐소드; 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 구비되고, 발광층을 포함하는 2 이상의 발광유닛들을 포함하고, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛과 상기 캐소드 사이에는 제1 p형 유기물층이 구비된다.
- [0007] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들은 각각 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층, 상기 발광층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 포함한다. 이 때, 상기 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트를 포함할 수 있다.
- [0008] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들 사이에는 중간전극이 구비된다.

**발명의 효과**

- [0009] 본 명세서에 따른 실시상태들은 적층형 유기전계발광소자에 관한 것으로서, 캐소드에 인접한 발광유닛과 캐소드 사이에 p형 유기물층을 포함하고, 캐소드에 인접한 발광유닛은 발광층의 캐소드측에 구비된 n형 유기물층을 포함함으로써, 구동전압이 낮고 휘도가 높으며 발광효율이 우수한 유기전계발광소자를 제공할 수 있다. 또한, 상기 와 같은 구성에 의하여, 캐소드의 재료로서 캐소드가 인접하는 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하의 일함수를 갖는 것이라면 제한없이 사용할 수 있으므로, 다양한 캐소드 재료를 활용할 수 있다. 이에 의하여 저전압 고휘도의 소자를 제작할 수도 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0010] 도 1 내지 도 4는 본 명세서의 실시상태들에 따른 유기전계발광소자의 유기물층의 적층구조를 예시한 것이다.
- 도 5는 도 1에 도시한 유기전계발광소자에서 제1 p형 유기물층과 캐소드 사이에서의 전하이동을 예시한 것이다.
- 도 6은 본 명세서의 일 실시상태에 따른 유기전계발광소자에서 발광층, 제1 n형 유기물층, 제1 p형 유기물층 및 캐소드 사이에서의 전하이동을 예시한 것이다.
- 도 7은 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따른 유기전계발광소자에서 발광층, 제2 n형 유기물층, 제1 n형 유기물층, 제1 p형 유기물층 및 캐소드 사이에서의 전하이동을 예시한 것이다.
- 도 8은 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따른 유기전계발광소자에서 발광층, 제3 n형 유기물층, 제2 n형 유기물층, 제1 n형 유기물층, 제1 p형 유기물층 및 캐소드 사이에서의 전하이동을 예시한 것이다.
- 도 9는 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따른 유기전계발광소자에서 제2 p형 유기물층, 발광층, 제3 n형 유기물층, 제2 n형 유기물층, 제1 n형 유기물층, 제1 p형 유기물층 및 캐소드 사이에서의 전하이동을 예시한 것이다.
- 도 10a 내지 도 10h는 각 발광유닛의 층 구조의 예들을 나타낸 것이다.
- 도 11a 내지 도 11d는 애노드에 인접한 발광유닛의 층 구조의 일 예를 나타낸 것이다.
- 도 12는 발광층에서 캐소드까지의 거리에 따른 표면 플라즈몬과 금속 손실, 도파관 모드, 유리모드 및 아웃 커플드 모드를 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 이하에서, 본 명세서에 예시한 실시상태들에 대하여 상세히 설명한다.
- [0012] 본 명세서에 있어서, n형이란 n형 반도체 특성을 의미한다. 다시 말하면, n형 유기물층은 LUMO 에너지 준위에서 전자를 주입받거나 수송하는 특성을 갖는 유기물층이며, 이는 전자의 이동도가 정공의 이동도 보다 큰 물질의 특성을 갖는 유기물층이다. 반대로, p형이란 p형 반도체 특성을 의미한다. 다시 말하면, p형 유기물층이란 HOMO(highest occupied molecular orbital) 에너지 준위에서 정공을 주입받거나 수송하는 특성을 갖는 유기물층이며, 이는 정공의 이동도가 전자의 이동도보다 큰 물질의 특성을 갖는 유기물층이다. 본 명세서에 있어서, 'HOMO 에너지 준위에서 전하를 수송하는 유기물층'과 p형 유기물층은 서로 같은 의미로 사용될 수 있다. 또한, 'LUMO 에너지 준위에서 전하를 수송하는 유기물층'과 n형 유기물층은 서로 같은 의미로 사용될 수 있다.
- [0013] 본 명세서에 있어서, 에너지 준위는 에너지의 크기를 의미하는 것이다. 따라서, 진공준위로부터 마이너스(-) 방향으로 에너지 준위가 표시되는 경우에도, 에너지 준위는 해당 에너지 값의 절대값을 의미하는 것으로

해석된다. 예컨대, HOMO 에너지 준위란 진공준위로부터 최고 점유 분자 오비탈(highest occupied molecular orbital)까지의 거리를 의미한다. 또한, LUMO 에너지 준위란 진공준위로부터 최저 비점유 분자 오비탈(lowest unoccupied molecular orbital)까지의 거리를 의미한다.

- [0014] 본 명세서에 있어서, 전하란 전자 또는 정공을 의미한다.
- [0015] 본 명세서에 있어서, '전하 수송 경로'란 전자 또는 정공이 수송되는 경로를 의미한다. 상기 경로는 층간 계면에서 이루어질 수도 있고, 추가의 층을 통하여 이루어질 수도 있다. 예컨대, 상기 제1 실시상태에서는 제1 전하 수송 경로는 비도핑된 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층을 포함한다. 또한, 상기 제1 실시상태에 있어서, 제2 전하 수송 경로는 애노드와 발광층의 계면만을 포함할 수도 있고, 애노드와 발광층 사이에 추가로 구비된 층을 포함할 수도 있다.
- [0016] 본 명세서에 있어서, '비도핑된'이란 유기물층을 구성하는 유기물이 다른 성질을 가지는 물질에 의하여 도핑되지 않았음을 의미한다. 예를 들어, '비도핑된' 유기물층이 p-형 물질이라면, n-형 물질이 도핑되지 않는다는 것을 의미할 수 있다. 또한, p-형 유기물에 유기물이 아닌 무기물이 도핑되지 않음을 의미할 수 있다. 같은 성질을 가지는, 예컨대 p형 특성을 갖는 유기물들은 그 성질이 유사하기 때문에 2가지 이상을 섞어서 사용할 수도 있다. 비도핑된 유기물층은 그 성질이 동종의 특성을 가지는 물질로만 이루어진 경우를 의미한다.
- [0017] 본 명세서에 있어서, 발광유닛이란 전압의 인가에 의하여 발광을 할 수 있는 유기물층의 단위를 의미한다. 상기 발광유닛은 발광층만으로 이루어질 수도 있으나, 전하의 주입 또는 수송을 위하여 1층 이상의 유기물층을 더 포함할 수도 있다. 예컨대, 상기 발광유닛은 발광층 이외에 정공주입층, 정공수송층, 전자차단층, 정공차단층, 및 전자수송층 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 본 명세서의 일 실시상태에 따른 적층형 유기전계발광소자는 애노드; 캐소드; 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 구비되고, 발광층을 포함하는 2 이상의 발광유닛들을 포함하고, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛은 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들 중 캐소드에 가장 인접한 발광유닛과 상기 캐소드 사이에는 제1 p형 유기물층이 구비된다.
- [0019] 상기 실시상태에 따른 적층형 유기전계발광소자의 적층 구조를 도 1에 예시하였다. 도 1에 따르면, 기판 상에 애노드, 제1 발광유닛, 제2 발광유닛, 제1 p형 유기물층 및 캐소드가 순차적으로 적층된다. 여기서, 상기 캐소드에 인접한 제2 발광유닛은 발광층과, 상기 발광층의 캐소드측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함한다. 도 1에서는 기판 상에 애노드가 구비된 예를 도시하지만, 기판 상에 캐소드가 구비되는 경우도 본 명세서에 기재된 실시상태의 범위에 포함된다. 예컨대, 본 명세서에 기재된 유기전계발광소자는 기판 상에 캐소드, 제1 p형 유기물층, 제2 발광유닛, 제1 발광유닛 및 애노드가 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있다.
- [0020] 도 1에 따르면, 캐소드에 인접한 발광유닛과 캐소드 사이에 제1 p형 유기물층이 배치되고, 상기 캐소드와 가장 인접하게 배치된 발광유닛은 발광층의 캐소드측에 배치된 제1 n형 유기물층을 포함한다. 본 명세서에서 "캐소드에 인접한 발광유닛"이란 발광유닛들 중 상대적으로 캐소드에 가깝게 배치된 발광유닛을 의미한다.
- [0021] 도 1은 발광유닛을 2개 포함하는 예를 도시하고 있으나, 본 명세서에 기재된 실시상태들은 발광유닛이 3개 이상 포함된 소자도 포함한다.
- [0022] 도 2는 발광유닛을 n개 포함하는 예를 도시하고 있다. 이 때, 캐소드에 인접한 제n 발광유닛이 발광층의 캐소드 측에 제1 n형 유기물층을 포함한다.
- [0023] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들은 각각 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층, 상기 발광층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 포함한다. 이 때, 상기 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트를 포함할 수 있다. 상기 발광유닛들이 각각 제1 n형 유기물층과 n형 도펀트에 의하여 도핑된 제2 n형 유기물층을 포함하는 경우, 별도의 중간전극 없이도 구동될 수 있다.
- [0024] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들은 각각 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층, 상기 발광층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 포함하고, 상기 발광유닛들에 포함된 유기물층들 중 애노드와 가장 가깝게 배치된 유기물층이 상기 제1 p형 유기물층과 HOMO 에너지를 갖거나, 동일한 재료로 형성된다. 이 때, 상기 발광유닛들에 포함된 유기물층들 중 애노드와 가장 가깝게 배치된 유기물층과 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층은 후술하는 작용원리에 의하여 캐소드에 인접한 부분에서 일어나는 정공 및 전자의 이동 특성을 갖는다. 이 경우 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층의 NP 접합에 따른 전하 발생으로 인하여 별도의 중간전극 없이도 구동될 수 있다.

- [0025] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들은 각각 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층, 상기 발광층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에 구비된 제2 n형 유기물층을 포함하고, 상기 발광유닛들 사이에는 제1 p형 유기물층이 추가로 구비된다. 이 때, 상기 발광유닛들 사이에 구비된 제1 p형 유기물층과 상기 발광층의 캐소드 측에 구비된 제1 n형 유기물층은 후술하는 작용원리에 의하여 캐소드에 인접한 부분에서 일어나는 정공 및 전자의 이동 특성을 갖는다. 이 경우 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층의 NP 접합에 따른 전하 발생으로 인하여 별도의 중간전극 없이도 구동될 수 있다.
- [0026] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들 사이에는 중간전극이 구비된다. 이 때, 중간전극은 후술하는 애노드 재료와 캐소드 재료가 적층된 구조이거나, 애노드 또는 캐소드 재료로 이루어진 단일층 구조일 수 있다. 중간전극을 포함하는 예를 도 3 및 도 4에 예시하였다. 도 3은 제1 발광유닛과 제2 발광유닛 사이에 중간전극이 구비된 예를 도시한다. 도 4는 n개의 발광유닛을 포함하는 경우 각각의 발광유닛들 사이에 중간전극이 구비된 예를 도시한다.
- [0027] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들 사이에는 중간전극이 구비되고, 각 발광유닛들은 발광층의 캐소드측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들의 제1 n형 유기물층과 중간전극 사이에는 제1 p형 유기물층이 추가로 구비될 수 있다. 추가로, 각 발광유닛들의 제1 n형 유기물층과 발광층 사이에 제2 n형 유기물층이 구비될 수 있다. 이 때, 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트에 의하여 도핑될 수 있다.
- [0028] 일반적으로, 유기전계발광소자에서는 캐소드로부터 발광층으로 전자가 주입 및 수송되고, 애노드로부터 발광층으로 정공이 주입 및 수송된다. 따라서, 종래의 유기전계발광소자에서는, 캐소드와 발광층 사이에 LUMO 에너지 준위를 통하여 전자를 주입받거나 수송하는 n형 유기물층이 배치된다.
- [0029] 캐소드에 인접한 유기물층으로서 p형 유기물층을 배치하는 것은 지금까지 유기전계발광소자 분야에서 생각되던 기술과는 상반된다. 그러나, 본 명세서의 기재에 따르면 캐소드에 인접한 발광유닛과 캐소드 사이에 제1 p형 유기물층을 배치한다. 또한, 본 명세서의 기재에 따르면 캐소드에 인접한 발광유닛의 발광층의 캐소드측에 제1 n형 유기물층을 배치한다. 여기서, 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층 사이에서 전하가 발생할 수 있다. 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에서 발생된 전하 중 정공은 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위를 통하여 캐소드 쪽으로 이동한다. 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위를 통하여 이동한 정공은 캐소드 방향으로 빠져나가게 된다. 또한, 상기 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층 사이에서 발생된 전하 중 전자는 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위를 통하여 발광층 쪽으로 이동한다.
- [0030] 캐소드와 캐소드에 인접한 유기물층 간의 전하 주입 방식을 좀 더 구체적으로 살펴보면 하기와 같다.
- [0031] 종래의 유기전계발광소자는 캐소드에 인접한 유기물층으로서 n형 유기물층을 포함하였다. 따라서, 캐소드로부터 전자를 주입하기 위한 장벽(barrier)은 캐소드의 일함수와 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위의 차이이었다. 종래의 유기전계발광소자에 있어서, 전자는 캐소드의 일함수로부터 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위로 이동하기 위하여, 캐소드의 일함수와 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위의 차에 해당하는 전자 주입 장벽을 넘어야 한다. 따라서, 종래의 유기전계발광소자의 구조에서는 전자 주입 장벽을 낮추기 위하여 LiF층과 같은 전자주입층을 도입하거나, 전자수송층에 알칼리금속 또는 알칼리토금속을 도핑하거나, 캐소드 재료로서 낮은 일함수 금속을 이용하였다.
- [0032] 그러나, 본 명세서에 기재된 실시상태들에 따르면, 전술한 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층 사이에서 전하가 발생하고, 발생된 전하 중 정공이 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위를 통하여 캐소드쪽으로 이동한다. 본 명세서에 기재된 유기전계발광소자, 예를 들어 도 1에 도시한 유기전계발광소자에서 캐소드와 제1 p형 유기물층 사이에서의 전하의 이동의 모식도를 도 5에 예시하였다. 도 5에 따르면, 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위로 수송된 정공은 캐소드의 전자와 만나 소멸하게 된다. 따라서, 캐소드와 제1 p형 유기물층 사이에서는 전자 주입 장벽이 존재하지 않는다. 그러므로, 본 명세서에 기재된 유기전계발광소자에서는 캐소드로부터 유기물층으로의 전자 주입 장벽을 낮추기 위한 노력이 요구되지 않는다.
- [0033] 이에 의하여, 본 명세서의 기재에 따르면, 다양한 일함수를 갖는 재료들 중에서 캐소드 재료를 선택할 수 있다. 또한, 전자 주입 장벽을 낮추기 위하여 전자주입층을 도입하거나 캐소드에 인접한 유기물층을 금속 물질로 도핑할 필요가 없다.
- [0034] 한편, 유기전계발광소자에서 발광 특성은 소자의 중요한 특성 중의 하나이다. 유기전계발광소자에서 발광이 효율적으로 이루어지기 위해서는 발광 영역에서의 전하의 균형(charge balance)이 이루어지는 것이 중요하다. 이를 위해서는 캐소드로부터 수송되는 전자와 애노드로부터 수송되는 정공이 양적으로 균형을 이루어질 필요가 있



을 뿐만 아니라, 전자와 정공이 만나 함께 엑시톤(exiton)을 형성하는 지점이 발광 영역 내일 필요가 있다.

[0035] 한편, 유기전계발광소자에서는, 발광 효율을 증가시키는 방법 중에 하나로서, 발광색에 따라 소자의 캐비티(cavity)를 조절하는 방법을 이용할 수 있다. 발광색의 파장에 적합하도록 소자의 캐비티를 조절함으로써 발광 효율을 더욱 증가시킬 수 있다. 여기서, 소자의 캐비티란, 소자 내에서 빛이 공진할 수 있는 길이를 의미한다. 하나의 예에서, 상부 전극이 투명 전극이고, 하부 전극이 반사 전극인 경우, 상부 전극의 상면에서 하부 전극의 상면까지의 길이를 의미할 수 있다.

[0036] 또한, 유기전계발광소자에 있어서, 발광층에서 캐소드까지의 거리는 표면 플라즈몬(surface plasmon), 금속, 도파관(waveguide) 모드, 기판 모드, 아웃-커플드(out-coupled mode) 모드 등에 의한 광손실에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 발광층에서 캐소드까지의 거리의 조절이 필요할 수 있다.

[0037] 일 예로서, 발광층에서 캐소드까지의 거리에 따른 흡광(Absorption), 표면 플라즈몬과 금속 손실(Surface Plasmon + Metal loss), 도파관 모드(Waveguide mode), 유리 모드(glass mode) 및 아웃 커플드(Out-coupled) 모드를 나타내는 시뮬레이션 결과를 도 12에 도시하였다. 도 12에 있어서, 흡광은 소자 내의 광 흡수가 일어날 수 있는 부분이며, 유기물 및 기판에서 일어날 수 있는 부분을 정의할 수 있다. 표면 플라즈몬 및 금속 손실은, 캐소드가 금속 재료로 이루어진 경우, 반사판의 역할을 하는 금속 계면에서 금속의 표면 전자 진동과 유기전계 발광소자에서 발생된 빛의 파장 간섭으로 인한 손실과 금속이 가지고 있는 흡수가 포함되어서 나타나는 모드이다. 도파관 모드는 유기전계발광소자 내에서 사용되는 각 유기물층들(굴절율 약 1.7~1.9), 금속산화물(굴절율 약 1.8~1.9)과 유리(굴절율 약 1.5)의 굴절율 차이로 인하여 소자 내부에서 발생한 빛이 외부로 나오지 못하고 내부에 갇히게 되는 부분을 정의한다. 유리 모드는 유기물(굴절율 약 1.7~1.9) 내에서 발생한 빛이 유리(굴절율 약 1.5)까지 나온 빛들 중 공기(굴절율 약 1)와 유리(굴절율 약 1.5)의 굴절율 차이로 인하여 글래스 내부에 갇히게 되는 부분을 정의한다. 아웃 커플드 모드는 유리를 통하여 외부 공기층까지 최종적으로 빠져나올 수 있는 빛의 양을 나타낸다.

[0038] 표면 플라즈몬 및 금속 손실을 작아지게 조절하는 경우, 높은 효율을 가지는 유기전계발광소자를 제작할 수 있다. 도 12의 시뮬레이션 도면에서 알 수 있듯이 발광층에서부터 반사판 역할을 하는 캐소드(금속층)까지의 거리를 증가시키는 경우 표면 플라즈몬 및 금속 손실이 줄어들기 때문에 보다 높은 효율을 가지는 소자를 제작할 수 있다. 도 12에 있어서, 세로축은 각 모드의 파워(power) 값에 대한 상대적인 비율로서, 각 모드의 전체 합은 1이다. 가로축은 전자수송층의 두께, 즉 발광층으로부터 반사판까지의 거리를 표현한 것이다.

[0039] 상기와 같이 소자의 캐비티 또는 발광층과 캐소드 간의 거리를 조절하기 위하여, 종래의 유기전계발광소자의 구조에서 캐소드에 인접한 n형 유기물층, 예컨대 전자수송층의 두께를 증가시키는 경우, 전하의 불균형을 초래할 수 있다. 그러나, 본 명세서의 기재에 따르면 유기전계발광소자에서는 캐소드에 인접한 제1 p형 유기물층의 두께를 조절할 수 있다. 즉, 상기 제1 p형 유기물층의 두께를 조절하는 것은 소자의 캐비티 또는 발광층과 캐소드 간의 거리를 조절하는 데 사용될 수 있다. 본 명세서의 실시상태들에 있어서, 발광층에 도달하는 전자는 캐소드로부터 수송되지 않고, 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층 사이에서 발생된 것이다. 따라서, 상기 제1 p형 유기물층의 두께를 조절하는 것은 발광층에서의 전하 균형에 영향을 미치지 않는다. 또한, 본 명세서의 실시상태들에서는, 제1 p형 유기물층의 두께를 조절하는 경우, 종래의 구조에서 n형 유기물층인 전자수송층의 두께 증가에 따른 구동 전압 상승 문제를 최소화할 수 있다.

[0040] 캐소드와 발광층 사이에 n형 유기물층만을 포함하는 종래의 구조에서 캐소드로부터 발광층까지의 거리(D)를 조절하는 경우 발광층에서의 전하 균형에 영향을 줄 수 있다. 그 이유는, n형 유기물층, 예컨대 전자주입층 또는 전자수송층의 두께를 조절하는 경우, 발광층에 도달하는 전자의 양이 변화하기 때문이다. 도 6은 도 1에 도시한 것과 같은 본 명세서의 실시상태들에 따른 유기전계발광소자의 구조의 캐소드부터 발광층까지의 구조를 예시한 것이다. 본 명세서의 실시상태들에 따른 구조에 있어서, 캐소드에 인접한 제1 p형 유기물층의 두께(Dh)를 조절하는 경우, 소자의 캐비티와 관련된 거리로서, 발광층 중의 발광지점으로부터 캐소드까지의 거리(D) 조절에는 영향을 줄 수 있으나, 전자의 양과 관련된 길이 De에는 영향을 주지 않기 때문에, 전하 균형에 영향을 미치지 않는다. 여기서, 발광층 중의 발광지점이란, 전자와 정공의 균형(balance)에 따라 실제로 발광되는 지점을 의미한다 발광 지점은 발광층의 재료에 따라 달라질 수 있다. 당 기술분야에서는 편의상 발광층의 가운데 지점 또는 발광 층과 다른 층의 계면을 발광 지점으로 설정하기도 한다.

[0041] 예컨대, 캐소드가 반사판으로서 작용을 하는 경우, 발광층 중의 발광 지점으로부터 캐소드까지의 거리(D)는 [유기물층의 굴절율 \* λ/4]의 정수배로 조절할 수 있다. 이 때, λ는 발광층으로부터 방출되는 빛의 파장이다. 색상(color)이 다른 빛들은 서로 다른 파장을 갖기 때문에, 발광층에서 방출되는 빛의 색상에 따라, 발광층 중의

발광지점으로부터 캐소드까지의 거리(D)는 다르게 조절될 수 있다. 또한, 유기물층의 굴절율에 따라 발광층 중의 발광 지점으로부터 캐소드까지의 거리(D)는 다르게 조절될 수 있다. 이 때, 유기물층이 2층 이상인 경우, 유기물층의 굴절율은 각 층의 굴절율을 구한 다음 그 합을 구함으로써 계산할 수 있다.

[0042] 또한, 캐소드 쪽으로 진행된 빛이 캐소드의 표면에 도달하여 반사할 때, 캐소드 물질의 종류에 따라 빛의 침투 깊이(penetration depth)가 다르다. 따라서, 캐소드 물질의 종류는 캐소드 표면에서 반사된 빛의 위상(phase)에 변화를 주게 된다. 이 때 변화되는 위상차를 고려하여, 발광층 중의 발광 지점으로부터 캐소드까지의 거리(D)를 조절할 필요가 있다. 따라서, 캐소드의 물질도 역시 발광층으로부터 캐소드까지의 거리에 영향을 미칠 수 있다.

[0043] 상기 발광층으로부터 캐소드로 진행되는 빛과 캐소드로부터 반사하는 빛의 상 매칭(phase matching)이 일어나면 보강 간섭이 일어나 밝은 빛의 구현이 가능하며, 반대로 상기 빛들간의 상 미스매칭(phase mismatching)이 일어나면 상쇄 간섭이 일어나 빛의 일부가 소멸된다. 이와 같은 상 매칭과 상 미스매칭의 현상에 따라, 발광 빛의 밝기는 발광층으로부터 캐소드까지의 거리에 따라 사인(sine) 곡선의 형태로 나타난다.

[0044] 본 명세서의 일 실시형태에 따르면, 발광층으로부터 캐소드까지의 거리에 따른, 소자의 발광 빛의 밝기를 나타내는 사인 곡선에서, 빛의 밝기가 최대인 지점의 x축 값을 발광층으로부터 캐소드까지의 거리로 설정할 수 있다.

[0045] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 경계면으로부터 상기 발광층까지의 거리 및 상기 캐소드에 인접한 발광유닛의 애노드측 말단으로부터 상기 발광층까지의 거리가, 상기 발광층 내의 정공의 양과 전자의 양이 균형을 이루도록 제어될 수 있다. 여기서, 정공의 양과 전자의 양이 균형을 이룬다는 것은 발광층으로 주입된 정공과 전자가 발광층 내에서 재결합하여 발광을 위한 엑시톤(exciton)을 효과적으로 형성되게 하는 것으로, 엑시톤 형성에 관여하는 정공과 전자의 손실을 최소화하는 것을 의미한다. 예를 들면, 소자 내의 정공의 양이 전자의 양보다 많아질 경우, 정공 과잉으로 인하여 엑시톤에 관여하는 정공 이외에도 비발광 소멸하는 정공이 발생하게 되며, 이는 소자의 양자 효율의 손실을 초래하게 한다. 반대로 전자의 양이 정공의 양보다 많아질 경우, 전자의 손실을 초래할 수 있다. 따라서, 주입된 정공과 전자의 양적인 균형을 이루어 발광에 기여하지 않고 소멸되는 정공과 전자의 양을 줄이고자 하는 것이다.

[0046] 예컨대, 정공과 전자가 발광층 내에서 양적인 균형을 이루게 하기 위한 수단으로서, 정공과 전자의 이동 속도를 제어하는 것도 중요하다. 발광층 내에 정공 과잉일 경우, 전자의 주입 속도를 높여 줌으로써 발광층 내의 정공과 전자의 균형을 이루게 할 수 있다. 일반적으로 상기 캐소드에 인접한 발광유닛의 애노드측 말단과 발광층 사이에 구비되어 정공을 수송하는 물질의 정공 이동도는 캐소드와 발광층 사이에 구비되어 전자를 수송하는 물질의 전자 이동도에 비하여 빠른 특성을 나타낸다. 예컨대, NPB의 정공 이동도는  $8.8 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  인 한편, Alq3의 전자 이동도는  $6.7 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  정도의 수준이다.

[0047] 따라서, 소자의 발광 효율을 높여주는 데 있어서, 전자의 이동도를 높여주는 것이 중요하며, 캐소드로부터 발광층까지의 거리를 늘려서 사용함에 있어 제1 n형 유기물층의 두께를 증가시키는 것 보다 제1 p형 유기물층의 두께를 증가시키는 것이 효과적일 수 있다.

[0048] 따라서, 하나의 예에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 경계면으로부터 상기 발광층까지의 거리가 상기 캐소드에 인접한 발광유닛의 애노드측 말단으로부터 상기 발광층까지의 거리 보다 짧게 구성될 수 있다. 구체적인 예로서, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 경계면으로부터 상기 발광층까지의 거리는 100~500 Å로 구성될 수 있다. 또 하나의 구체적인 예로서, 상기 캐소드에 인접한 발광유닛의 애노드측 말단으로부터 상기 발광층까지의 거리는 500~5,000 Å로 구성될 수 있다. 다만, 발광층의 특성에 따라 또는 사용자에 따라 구체적인 수치는 다르게 조절될 수 있다.

[0049] 본 명세서의 하나의 실시상태에 따르면, 소자의 안정성을 위하여 제1 p형 유기물층의 두께를 조절할 수 있다. 제1 p형 유기물층의 두께를 두껍게 조절하는 경우, 소자 내의 전하 균형 또는 전압 상승에는 영향을 미치지 않으면서, 소자의 안정성을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0050] 여기서, 소자의 안정성이란 소자의 두께가 얇은 경우 생길 수 있는 애노드와 캐소드 사이의 접촉에 의한 쇼트 현상을 방지할 수 있는 정도를 의미한다. 일반적으로 캐소드와 발광층 사이에 구비된 n형 유기물층의 두께를 두껍게 조절하는 경우에는 소자의 안정성은 향상시킬 수 있으나, 구동전압이 급격하게 상승하여 전력효율(power efficiency)을 감소시킨다. 종래에는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 캐소드와 발광층 사이에 구비된 n형 유기물층의 두께를 두껍게 조절함과 동시에 금속을 도핑하는 시도가 이루어졌으나, 이는 광흡수율 증가 및 수명

저하가 발생되고, 공정이 복잡해지는 문제가 있었다.

- [0051] 그러나, 본 명세서의 기재에 따르면, 캐소드와 발광층에 구비된 n형 유기물층의 두께를 조절하지 않고, 전하 균형 또는 전압 상승에 영향을 미치지 않는 제1 p형 유기물층의 두께를 조절하여 발광층과 캐소드 사이의 거리를 증가시킬 수 있다. 이에 의하여 소자의 안정성은 향상되는 한편, 구동전압 상승은 최소화되어 전력효율은 증가된다.
- [0052] 하나의 예에 따르면, 소자의 안정성을 고려하여 상기 캐소드로부터 상기 발광층까지의 거리가 상기 캐소드에 인접한 발광유닛의 애노드층 말단으로부터 상기 발광층까지의 거리 보다 길게 구성될 수 있다. 이와 같이 구성하는 경우에도, 종래기술과 달리 전하 균형 또는 전압 상승에는 영향을 미치지 않는다. 하나의 구체적인 예에 있어서, 상기 제1 p형 유기물층의 두께는 5 nm 이상으로 조절될 수 있으며, 두께는 두꺼울수록 소자의 안정성을 높일 수 있다. 상기 제1 p형 유기물층의 두께의 상한은 특별히 한정되어 있지 않으며, 당업자에 의하여 결정될 수 있다. 예컨대, 공정 용이성을 고려하여 상기 제1 p형 유기물층의 두께는 500 nm 이하에서 선택될 수 있다.
- [0053] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 유기전계발광소자의 캐비티(cavity) 길이가 상기 발광층에서 방출되는 빛의 파장의 정수배가 되도록 상기 제1 p형 유기물층의 두께가 제어될 수 있다. 이와 같이 빛의 파장의 정수배가 되도록 함으로써, 빛의 보강 간섭에 의한 광 방출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0054] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 경계면으로부터 상기 발광층까지의 거리 및 상기 캐소드가 인접한 발광유닛의 애노드층 말단으로부터 상기 발광층까지의 거리가, 상기 발광층 내의 정공의 양과 전자의 양이 균형을 이루도록 제어됨과 동시에, 상기 유기전계발광소자의 캐비티(cavity) 길이가 상기 발광층에서 방출되는 빛의 파장의 정수배가 되도록 상기 제1 p형 유기물층의 두께가 제어될 수 있다.
- [0055] 본 명세서의 또 하나의 실시상태에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 경계면으로부터 상기 발광층까지 전자의 이동 시간과 상기 애노드로부터 상기 발광층까지 정공의 이동 시간을 소자의 정공과 전자가 발광층 내에서 양적인 균형이 이루어질 수 있도록 제어됨과 동시에, 상기 유기전계발광소자의 캐비티(cavity) 길이가 상기 발광층에서 방출되는 빛의 파장의 정수배가 되도록 상기 제1 p형 유기물층의 두께가 제어될 수 있다.
- [0056] 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위와의 차이는 2 eV 이하일 수 있다. 본 명세서의 하나의 실시형태에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위와의 차이는 0 eV 초과 2 eV 이하일 수 있으며, 혹은 0 eV 초과 0.5 eV 이하일 수 있다. 본 명세서의 또 다른 실시형태에 따르면, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층의 재료는 상기 1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위와의 차이가 0.01 eV 이상 2 eV 이하가 되도록 선택될 수 있다.
- [0057] 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위의 에너지 차이가 2eV 이하인 경우, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층이 접할 때 이들 사이에 NP 접합이 용이하게 발생할 수 있다. 이 경우, 전자 주입을 위한 구동전압을 낮출 수 있다.
- [0058] 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층은 접할 수 있다. 이 경우, 상기 제1 p형 유기물층과 상기 제1 n형 유기물층 사이에는 NP 접합이 형성된다. NP 접합이 형성된 경우 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위 사이의 차이가 감소된다. 따라서, 외부 전압이 인가되는 경우, NP 접합으로부터 정공 및 전자가 용이하게 형성된다.
- [0059] 또한, 본 명세서에 기재된 상기 제1 p형 유기물층은 '비도핑된' 것을 특징으로 한다. 제1 p형 유기물층으로서 도핑에 의하여 p형 특성을 나타내는 유기물층을 사용하는 경우, 물질의 종류에 따라 발광효율이 감소될 수 있다. 구체적으로, p형 도핑을 하는 경우 전하 수송 복합체(Charge transfer complex)가 형성되는데, 이 복합체는 도핑 전의 각각의 재료와 상이한 광 흡수 피크(peak)를 가질 수 있고, 상기 복합체는 도핑 전의 각각의 재료와 달리 가시광을 흡수할 수 있다. 상기 복합체가 p형 도핑된 유기물층 전반에 걸쳐 가시광을 흡수하는 경우 유기전계발광소자의 발광층에서 방출되는 광을 흡수함으로써 발광 효율을 감소시킨다. 또한, p형 도펀트로 알려져 있는 재료들이 HOMO 에너지 준위를 통하여 전하를 수송하는지, LUMO 에너지 준위를 통하여 전하를 수송하는지가 아직 확실하지 않은 경우가 많아서 적절한 재료를 선택하는데 어려움이 있고, 소자 효율을 예측하기도 어려운 단점이 있다. 그러나, 본 명세서의 실시상태들에 따르면, 비도핑된 제1 p형 유기물층을 사용함으로써, 상기와 같은 문제가 발생할 우려가 없다.

[0060] 본 명세서의 일 실시형태에 따르면, 상기 캐소드의 일함수는 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하의 값을 가질 수 있다.

[0061] 상기 캐소드의 일함수가 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하의 값을 가지는 경우, 캐소드로부터 전자가 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위로 주입이 될 때, 주입 장벽(injection barrier)이 존재하지 않게 된다.

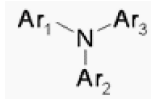
[0062] 본 명세서의 일 실시형태에 따르면, 상기 캐소드와 상기 제1 p형 유기물층은 접할 수 있다. 상기 캐소드와 제1 p형 유기물층이 접하고 캐소드의 일함수가 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 같거나 그보다 큰 값을 가지는 경우, 상기 캐소드의 일함수와 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위의 차이가 커도, 캐소드로부터 제1 p형 유기물층의 HOMO 준위로 전자의 주입이 용이하게 이루어진다. 이는 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층 사이의 NP 접합에서 생성된 정공이 제1 p형 유기물층을 따라 캐소드쪽으로 이동하게 되기 때문이다. 일반적으로 전자는 에너지 준위가 낮은 곳에서 높은 것으로 이동할 때 장벽이 없다. 또한, 정공은 에너지 준위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할 때 장벽이 생기지 않는다. 따라서, 에너지 장벽 없이, 캐소드로부터 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위로의 전자 이동이 가능하게 되는 것이다.

[0063] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 상기 발광유닛들 사이에는 중간전극이 구비되고, 각 발광유닛들은 발광층의 캐소드측에 구비된 제1 n형 유기물층을 포함하며, 상기 발광유닛들의 제1 n형 유기물층과 중간전극 사이에는 제1 p형 유기물층이 추가로 구비되고, 상기 중간전극의 일함수는 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 이하의 값을 가질 수 있다. 상기 캐소드와 제1 p형 유기물층 및 제1 n형 유기물층 사이의 전하 이동 원리가 상기 중간전극과 제1 p형 유기물층 및 제1 n형 유기물층 사이의 전하 이동에도 적용된다.

[0064] 상기 캐소드와 상기 제1 p형 유기물층 사이에 추가의 층이 추가로 구비될 수 있다. 이 경우, 상기 추가의 층의 HOMO 에너지 준위가 상기 캐소드의 일함수 또는 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 동일하거나, 상기 캐소드의 일함수 또는 상기 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위 사이일 수 있다.

[0065] 상기 제1 p형 유기물층 재료로는 p형 반도체 특성을 갖는 유기물을 사용할 수 있다. 예컨대, 아릴아민계 화합물(aryl amine compound)을 사용할 수 있다. 아릴아민계 화합물의 일 예로는 하기 화학식 1의 화합물이 있다.

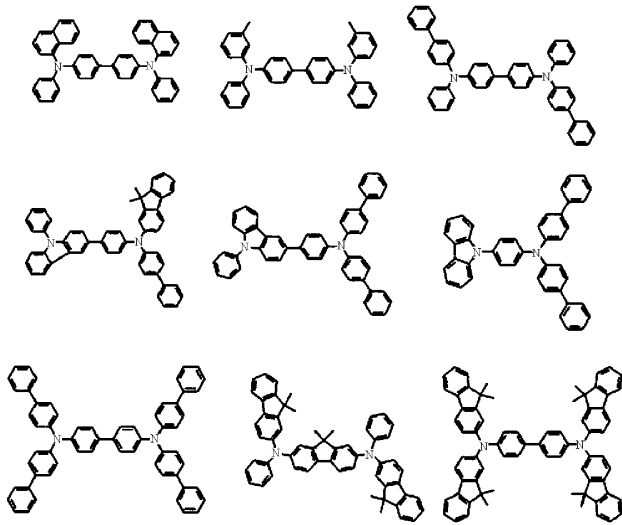
[0066] [화학식 1]



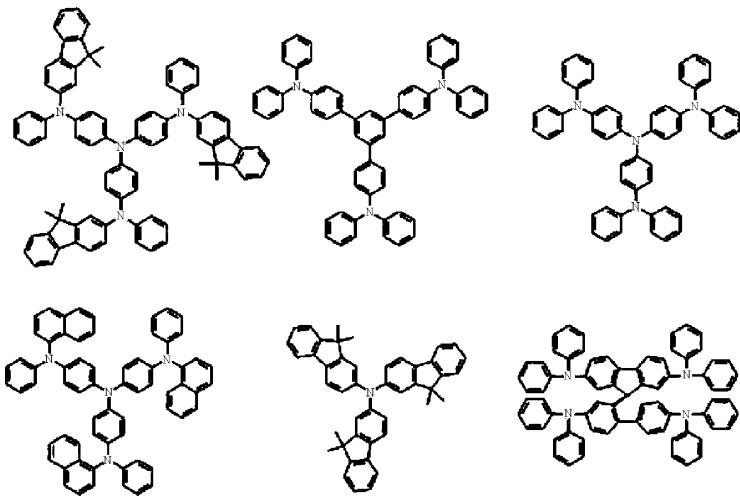
[0067]

[0068] 상기 화학식 1에 있어서, Ar<sub>1</sub>, Ar<sub>2</sub> 및 Ar<sub>3</sub>는 각각 독립적으로 수소 또는 탄화수소기이다. 이 때, Ar<sub>1</sub>, Ar<sub>2</sub> 및 Ar<sub>3</sub> 중 적어도 하나는 방향족 하이드로카본(aromatic hydrocarbon) 치환체를 포함할 수 있으며, 각 치환체는 동일한 것일 수도 있고, 각기 다른 치환체로 구성될 수도 있다. Ar<sub>1</sub>, Ar<sub>2</sub> 및 Ar<sub>3</sub> 중 방향족 하이드로카본이 아닌 것은 수소; 직쇄, 분지쇄 또는 고리형 지방족 탄화수소; N, O, S 또는 Se를 포함하는 헤테로고리기일 수 있다.

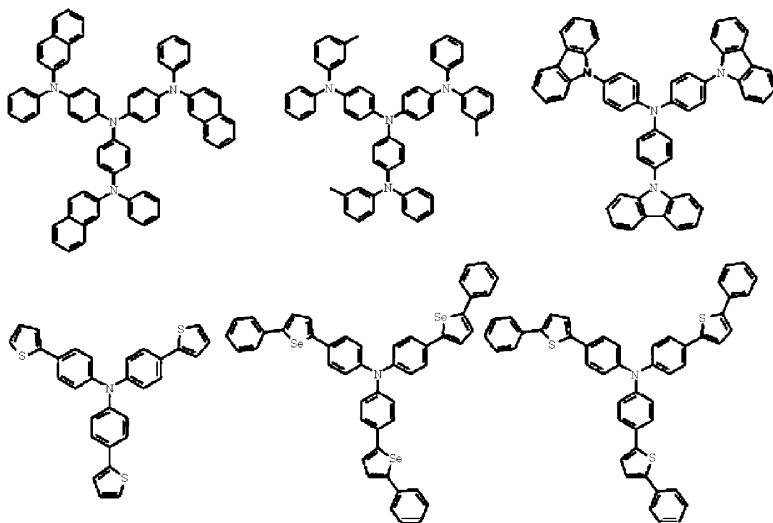
[0069] 상기 화학식 1의 구체적인 예로서 하기 화학식들이 있으나, 본 명세서에 기재된 실시형태들의 범위가 반드시 이들로만 한정되는 것은 아니다.



[0070]



[0071]



[0072]

[0073]

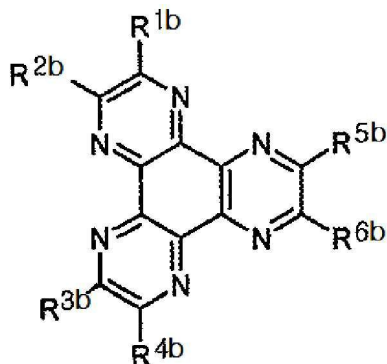
상기 제1 p형 유기물층은 비도핑된다. 제1 p형 유기물층이 비도핑되는 경우, 이는 종래의 유기물에 p형 도펀트를 도핑시킴으로써 p형 반도체 특성을 갖는 층과는 구분된다. 상기 제1 p형 유기물층은 p형 도펀트에 의하여 p형 반도체 특성을 나타내는 것이 아니고, 그 자체가 p형 반도체 특성을 갖는 유기물을 포함한다. p형 반도체 특

성을 갖는 유기물이라면, 2종 이상의 유기물이 상기 제1 p형 유기물층에 포함될 수도 있다.

[0074] 상기 제1 n형 유기물층은 단일 물질로 이루어지는 것으로 한정되지 않고, n형 반도체 특성을 갖는 화합물 1종 또는 2종 이상으로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 제1 n형 유기물층은 단일층으로 이루어질 수도 있으나, 2층 또는 3층 이상을 포함할 수도 있다. 이 때, 2층 이상의 각 층들은 서로 동일한 재료로 이루어질 수도 있으나, 서로 다른 재료로 이루어질 수도 있다. 필요에 따라 상기 제1 n형 유기물층을 구성하는 층 중에 적어도 한 층은 n형 도펀트에 의하여 도핑될 수 있다.

[0075] 상기 제1 n형 유기물층은 전술한 바와 같이 제1 p형 유기물층과 발광층 사이에서 LUMO 에너지 준위를 통하여 전하를 이동할 수 있는 재료라면 특별히 한정되지 않는다. 예컨대, 하기 화학식 2의 화합물이 사용될 수 있다.

[0076] [화학식 2]



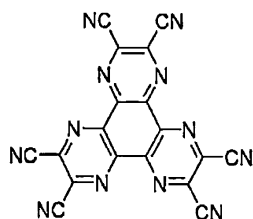
[0077]

[0078] 상기 화학식 2에 있어서, R<sup>1b</sup> 내지 R<sup>6b</sup>은 각각 수소, 할로겐 원자, 니트릴(-CN), 니트로(-NO<sub>2</sub>), 술폰닐(-SO<sub>2</sub>R), 술폭사이드(-SOR), 술폰아미드(-SO<sub>2</sub>NR), 술폰네이트(-SO<sub>3</sub>R), 트리플루오로메틸(-CF<sub>3</sub>), 에스테르(-COOR), 아미드(-CONHR 또는 -CONRR'), 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄의 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub> 알콕시, 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>의 알킬, 치환 또는 비치환된 직쇄 또는 분지쇄 C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>의 알케닐, 치환 또는 비치환된 방향족 또는 비방향족의 헤테로 고리, 치환 또는 비치환된 아릴, 치환 또는 비치환된 모노- 또는 디-아릴아민, 또는 치환 또는 비치환된 아랄킬아민이고, 상기 R 및 R'는 각각 치환 또는 비치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>의 알킬, 치환 또는 비치환된 아릴 또는 치환 또는 비치환된 5-7원 헤테로 고리일 수 있다.

[0079] 상기 설명 중 "치환 또는 비치환된"은 할로겐 원자, 니트릴(-CN), 니트로(-NO<sub>2</sub>), 술폰닐(-SO<sub>2</sub>R), 술폭사이드(-SOR), 술폰아미드(-SO<sub>2</sub>NR), 술폰네이트(-SO<sub>3</sub>R), 트리플루오로메틸(-CF<sub>3</sub>), 에스테르(-COOR), 아미드(-CONHR 또는 -CONRR'), 직쇄 또는 분지쇄의 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub> 알콕시, 직쇄 또는 분지쇄 C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>의 알킬, 직쇄 또는 분지쇄 C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>의 알케닐, 방향족 또는 비방향족의 헤테로 고리, 아릴, 모노- 또는 디-아릴아민, 또는 아랄킬아민에 의하여 치환 또는 비치환된 것을 의미하고, 여기서 상기 R 및 R'는 각각 C<sub>1</sub>-C<sub>60</sub>의 알킬, 아릴 또는 5-7원 헤테로 고리이다.

[0080] 상기 화학식 2의 화합물은 하기 화학식 2-1 내지 2-6의 화합물로 예시될 수 있다.

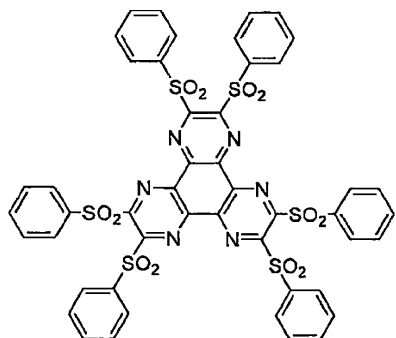
[0081] [화학식 2-1]



[0082]

[0083]

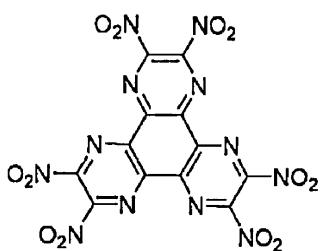
[화학식 2-2]



[0084]

[0085]

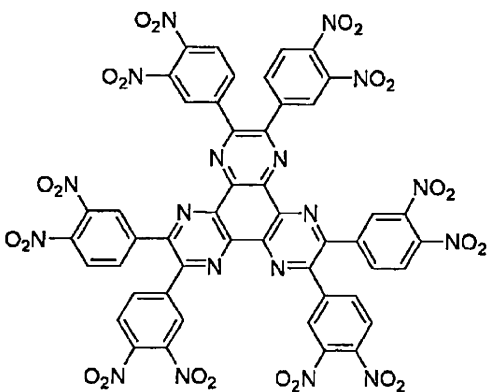
[화학식 2-3]



[0086]

[0087]

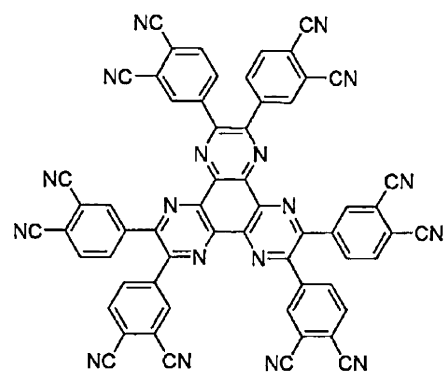
[화학식 2-4]



[0088]

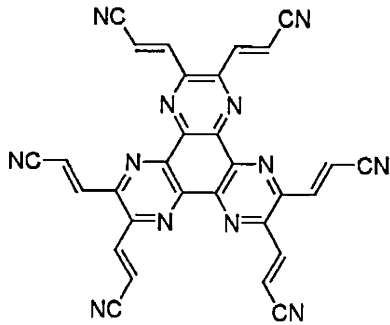
[0089]

[화학식 2-5]



[0090]

[0091] [화학식 2-6]



[0092]

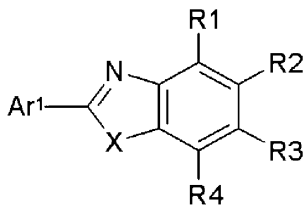
[0093] 상기 화학식 2의 다른 예들이나, 합성 방법 및 다양한 특징들은 미국 특허 출원 제2002-0158242호, 미국 특허 제6,436,559호 및 미국 특허 제4,780,536호에 기재되어 있으며, 이들 문헌의 내용은 모두 본 명세서에 포함된다.

[0094] 또한, 상기 제1 n형 유기물층은 2,3,5,6-테트라플루오로-7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(F4TCNQ), 불소-치환된 3,4,9,10-페탈렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 시아노-치환된 3,4,9,10-페탈렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA), 불소-치환된 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA) 및 시아노-치환된 나프탈렌테트라카르복실릭디안하이드라이드(NTCDA) 중에서 선택되는 1 이상의 화합물을 포함할 수 있다.

[0095] 그외에도, 상기 제1 n형 유기물층 재료로는 당기술분야에 알려져 있는 전자 주입 또는 수송 재료로 사용되는 n형 반도체 특성을 갖는 유기물이 사용될 수 있다. 구체적으로 하기와 같은 재료가 사용될 수 있으나, 이들에만 한정되는 것은 아니다. 예컨대, 제1 n형 유기물층 재료의 예로서 이미다졸기, 옥사졸기, 티아졸기, 퀴놀린 및 페난스플롤린기로부터 선택되는 작용기를 갖는 화합물을 사용할 수 있다.

[0096] 상기 이미다졸기, 옥사졸기 및 티아졸기로부터 선택되는 작용기를 갖는 화합물의 구체적인 예로는 하기 화학식 3 또는 4의 화합물의 화합물이 있다:

[0097] [화학식 3]



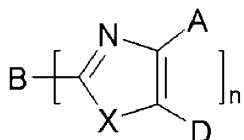
[0098]

[0099] 상기 화학식 3에 있어서, R<sup>1</sup> 내지 R<sup>4</sup>는 서로 동일하거나 다를 수 있으며, 각각 독립적으로 수소원자; 할로겐 원자, 아미노기, 니트릴기, 니트로기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알킬기, C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 알케닐기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알콕시기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 시클로알킬기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로시클로알킬기, C<sub>5</sub>~C<sub>30</sub>의 아릴기 및 C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 기로 치환된 또는 비치환된 C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알킬기; 할로겐 원자, 아미노기, 니트릴기, 니트로기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알킬기, C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 알케닐기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알콕시기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 시클로알킬기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로시클로알킬기, C<sub>5</sub>~C<sub>30</sub>의 아릴기 및 C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 기로 치환된 또는 비치환된 C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 시클로알킬기; 할로겐 원자, 아미노기, 니트릴기, 니트로기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알킬기, C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 알케닐기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알콕시기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 시클로알킬기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로시클로알킬기, C<sub>5</sub>~C<sub>30</sub>의 아릴기 및 C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 기로 치환된 또는 비치환된 C<sub>5</sub>~C<sub>30</sub>의 아릴기; 또는 할로겐 원자, 아미노기, 니트릴기, 니트로기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알킬기, C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 알케닐기, C<sub>1</sub>~C<sub>30</sub>의 알콕시기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 시클로알킬기, C<sub>3</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로시클로알킬기, C<sub>5</sub>~C<sub>30</sub>의 아릴기 및 C<sub>2</sub>~C<sub>30</sub>의 헤테로아릴기로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 기로



치환된 또는 비치환된 C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>의 헤테로아릴기이고, 서로 인접하는 기와 지방족, 방향족, 지방족헤테로 또는 방향족헤테로의 축합 고리를 형성하거나 스피로 결합을 이룰 수 있고; Ar<sup>1</sup>은 수소원자, 치환 또는 비치환의 방향족 고리 또는 치환 또는 비치환의 방향족 헤테로 고리이며; X는 O, S 또는 NR<sup>a</sup>이고; R<sup>a</sup>는 수소, C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub>의 지방족 탄화수소, 방향족 고리 또는 방향족 헤테로 고리일 수 있다.

[0100] [화학식 4]



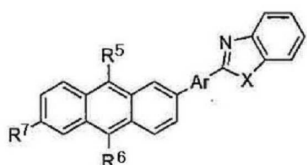
[0101]

[0102] 상기 화학식 4에 있어서, X는 O, S, NR<sup>b</sup> 또는 C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub>의 2가 탄화수소기이고; A, D 및 R<sup>b</sup>는 각각 수소원자, 니트릴기(-CN), 니트로기(-NO<sub>2</sub>), C<sub>1</sub>-C<sub>24</sub>의 알킬, C<sub>5</sub>-C<sub>20</sub>의 방향족 고리 또는 헤테로 원자를 포함하는 치환된 방향족 고리, 할로젠, 또는 인접 고리와 융합 고리를 형성할 수 있는 알킬렌 또는 헤테로 원자를 포함하는 알킬렌이며; A와 D는 연결되어 방향족 또는 헤테로 방향족고리를 형성할 수 있고; B는 n이 2 이상인 경우 연결 유닛으로서 다수의 헤테로 고리를 공유 또는 비공유되도록 연결하는 치환 또는 비치환된 알킬렌 또는 아릴렌이며, n이 1인 경우 치환 또는 비치환된 알킬 또는 아릴이고; n은 1 내지 8의 정수이다.

[0103] 상기 화학식 4의 화합물의 예로는 한국 특허 공개 제2003-0067773호에 공지되어 있는 화합물을 포함하며, 상기 화학식 4의 화합물의 예로는 미국 특허 제5,645,948호에 기재된 화합물과 W005/097756호에 기재된 화합물을 포함한다. 상기 문헌들은 그 내용 전부가 본 명세서에 포함된다.

[0104] 구체적으로, 상기 화학식 3의 화합물에는 하기 화학식 5의 화합물도 포함된다:

[0105] [화학식 5]

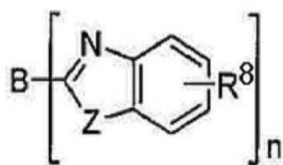


[0106]

[0107] 상기 화학식 5에 있어서, R<sup>5</sup> 내지 R<sup>7</sup>은 서로 같거나 상이하고, 각각 독립적으로 수소원자, C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>의 지방족 탄화수소, 방향족 고리, 방향족 헤테로 고리 또는 지방족 또는 방향족 축합고리이며; Ar은 직접 결합, 방향족 고리 또는 방향족 헤테로 고리이며; X는 O, S 또는 NR<sup>a</sup>이며; R<sup>a</sup>는 수소원자, C<sub>1</sub>-C<sub>7</sub>의 지방족 탄화수소, 방향족 고리 또는 방향족 헤테로 고리이고; 단 R<sup>5</sup> 및 R<sup>6</sup>이 동시에 수소인 경우는 제외된다.

[0108] 또한, 상기 화학식 4의 화합물에는 하기 화학식 6의 화합물도 포함된다:

[0109] [화학식 6]

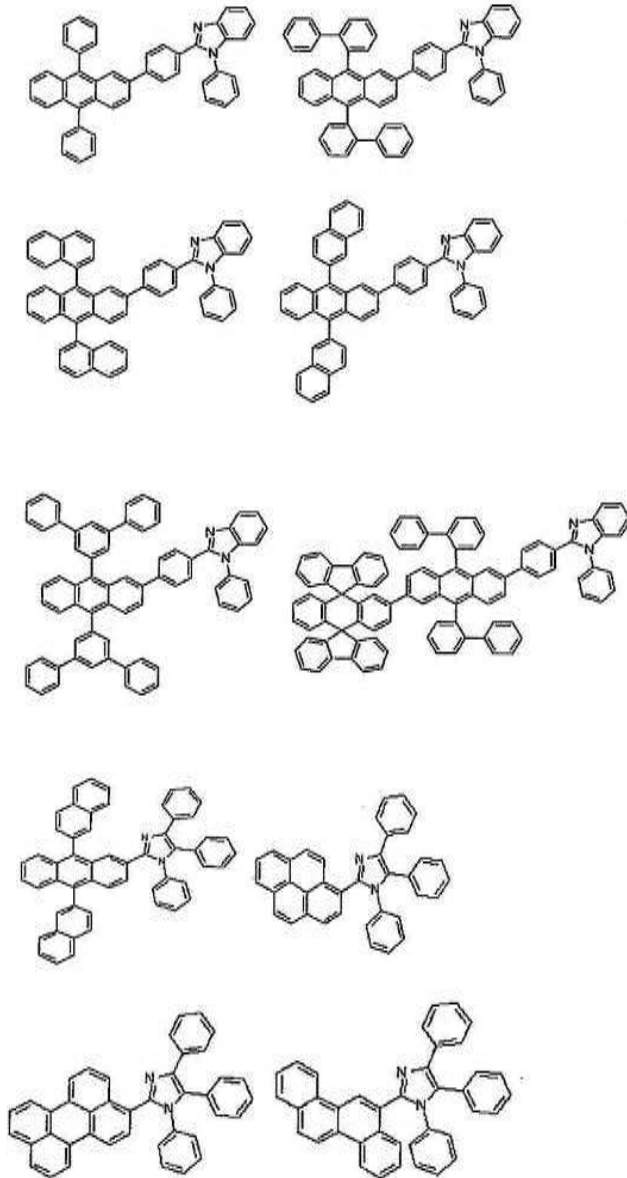


[0110]

[0111] 상기 화학식 6에 있어서, Z는 O, S 또는 NR<sup>b</sup>이며; R<sup>8</sup> 및 R<sup>b</sup>는 수소원자, C<sub>1</sub>-C<sub>24</sub>의 알킬, C<sub>5</sub>-C<sub>20</sub>의 방향족 고리 또

는 헥테로 원자를 포함하는 치환된 방향족 고리, 할로젠, 또는 벤자졸 고리와 융합 고리를 형성할 수 있는 알킬렌 또는 헥테로 원자를 포함하는 알킬렌이고; B는 n이 2 이상인 경우 연결 유니트로서 다수의 벤자졸들을 공액 또는 비공액되도록 연결하는 알킬렌, 아릴렌, 치환된 알킬렌, 또는 치환된 아릴렌이며, n이 1인 경우 치환 또는 비치환된 알킬 또는 아릴이고; n은 1 내지 8의 정수이다.

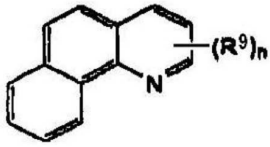
[0112] 예를 들어, 하기 구조를 지니는 이미다졸 화합물들이 사용될 수 있다:



[0113]

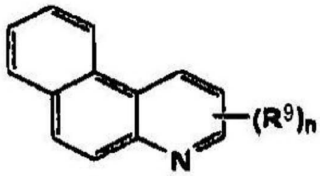
[0114] 상기 퀴놀린기를 갖는 화합물의 예로는 하기 화학식 7 내지 13의 화합물이 있다.

[0115] [화학식 7]



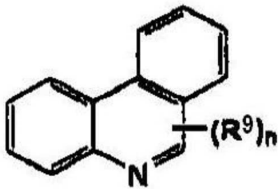
[0116]

[0117] [화학식 8]



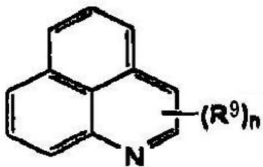
[0118]

[0119] [화학식 9]



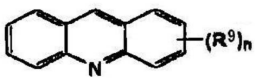
[0120]

[0121] [화학식 10]



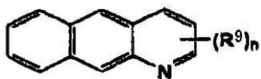
[0122]

[0123] [화학식 11]



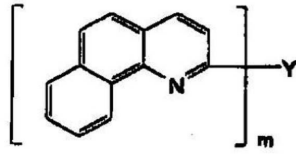
[0124]

[0125] [화학식 12]



[0126]

[0127] [화학식 13]



[0128]

[0129] 상기 화학식 7 내지 13에 있어서,

[0130] n은 0 내지 9의 정수이고, m은 2 이상의 정수이며,

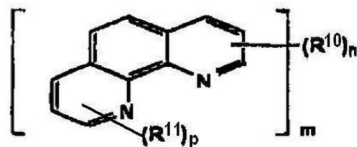
[0131] R<sup>9</sup>는 수소, 메틸기, 에틸기 등의 알킬기, 시클로헥실, 노르보르닐 등의 시클로알킬기, 벤질기 등의 아릴킬기, 비닐기, 알릴기 등의 알케닐기, 시클로펜타디에닐기, 시클로헥세닐기 등의 시클로알케닐기, 메톡시기 등의 알콕시기, 알콕시기의 에테르 결합의 산소 원자가 황 원자로 치환된 알킬티오기, 페녹시기 등의 아릴에테르기, 아릴에테르기의 에테르 결합의 산소 원자가 황 원자로 치환된 아릴티오에테르기, 페닐기, 나프틸기, 비페닐기 등의 아릴기, 푸릴기, 티에닐기, 옥사졸릴기, 피리딜기, 퀴놀릴기, 카르바졸릴기 등의 복소환기, 할로젠, 시아노기, 알데히드기, 카르보닐기, 카르복실기, 에스테르기, 카르바모일기, 아미노기, 니트로기, 트리메틸실릴기 등의 실릴기, 에테르 결합을 통해 규소를 갖는 기인 실록사닐기, 인접 치환기와의 사이의 환 구조로부터 선택되며; 상기 치환기들은 비치환 또는 치환될 수 있고, n이 2 이상인 경우 치환기들은 서로 동일하거나 상이할 수 있고,

[0132] Y는 상기 R<sup>9</sup>의 기들의 2가 이상의 기이다.

[0133] 상기 화학식 7 내지 13의 화합물은 한국 공개특허 2007-0118711에 기재되어 있으며, 이 문헌 전부는 본 명세서에 참고로 포함된다.

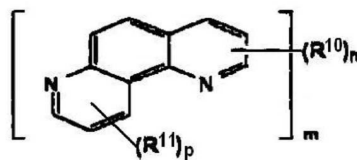
[0134] 상기 페난쓰롤린기를 갖는 화합물의 예로는 하기 화학식 14 내지 24의 화합물들이 있으나, 이들 예로만 한정되는 것은 아니다.

[0135] [화학식 14]



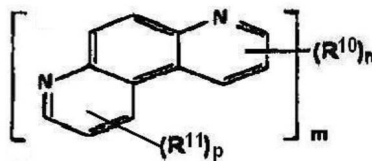
[0136]

[0137] [화학식 15]



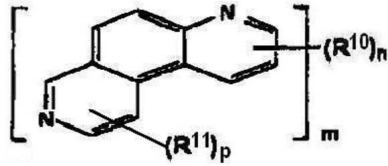
[0138]

[0139] [화학식 16]



[0140]

[0141] [화학식 17]



[0142]

[0143] 상기 화학식 14 내지 17에 있어서,

[0144] m은 1 이상의 정수이고, n 및 p는 정수이며, n+p는 8 이하이고,

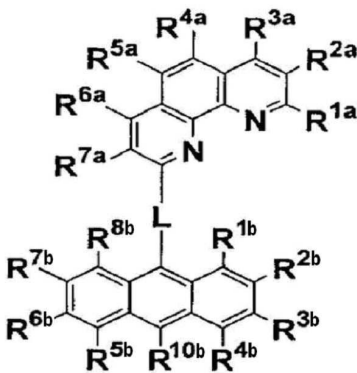
[0145] m이 1인 경우, R<sup>10</sup> 및 R<sup>11</sup>은 수소, 메틸기, 에틸기 등의 알킬기, 시클로헥실, 노르보르닐 등의 시클로알킬기, 벤질기 등의 아랄킬기, 비닐기, 알릴기 등의 알케닐기, 시클로펜타디에닐기, 시클로헥세닐기 등의 시클로알케닐기, 메톡시기 등의 알콕시기, 알콕시기의 에테르 결합의 산소 원자가 황 원자로 치환된 알킬티오기, 페녹시기 등의 아릴에테르기, 아릴에테르기의 에테르 결합의 산소 원자가 황 원자로 치환된 아릴티오에테르기, 페닐기, 나프틸기, 비페닐기 등의 아릴기, 푸릴기, 티에닐기, 옥사졸릴기, 피리딜기, 퀴놀릴기, 카르바졸릴기 등의 복소환기, 할로겐, 시아노기, 알데히드기, 카르보닐기, 카르복실기, 에스테르기, 카르바모일기, 아미노기, 니트로기, 트리메틸실릴기 등의 실릴기, 에테르 결합을 통해 규소를 갖는 기인 실록사닐기, 인접 치환기와의 사이의 환 구조로부터 선택되며;

[0146] m이 2 이상인 경우, R<sup>10</sup>은 직접 결합 또는 전술한 기들의 2가 이상의 기이고, R<sup>11</sup>은 m이 1인 경우와 같으며,

[0147] 상기 치환기들은 비치환 또는 치환될 수 있고, n 또는 p가 2 이상인 경우 치환기들은 서로 동일하거나 상이할 수 있다.

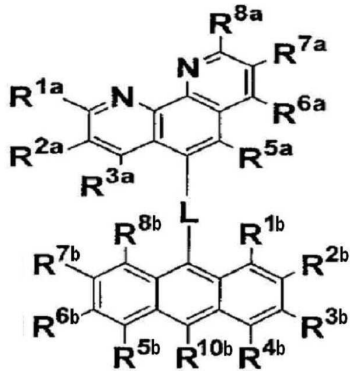
[0148] 상기 화학식 14 내지 17의 화합물은 한국 공개특허 2007-0052764 및 2007-0118711에 기재되어 있으며, 이 문헌 전부는 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0149] [화학식 18]



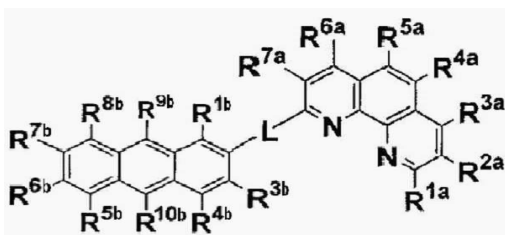
[0150]

[0151] [화학식 19]



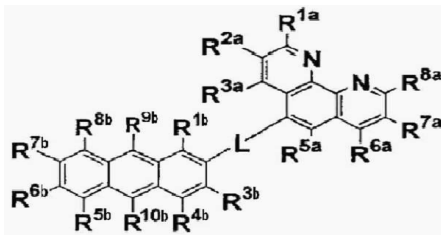
[0152]

[0153] [화학식 20]



[0154]

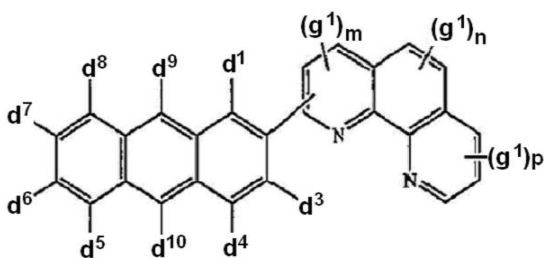
[0155] [화학식 21]



[0156]

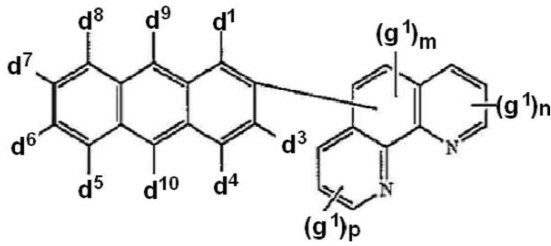
[0157] 상기 화학식 18 내지 21에 있어서, R<sup>1a</sup> 내지 R<sup>8a</sup> 및 R<sup>1b</sup> 내지 R<sup>10b</sup>는 각각 수소 원자, 치환 또는 비치환의 핵원자 수 5-60의 아릴기, 치환 또는 비치환의 피리딜기, 치환 또는 비치환의 퀴놀릴기, 치환 또는 비치환의 1-50의 알킬기, 이환 또는 비치환의 탄소수 3-50의 시클로알킬기, 치환 또는 비치환의 핵원자수 6-50의 아탈킬기, 치환 또는 비치환의 탄소수 1-50의 알콕시기, 치환 또는 비치환의 핵원자수 5-50의 아릴옥시기, 치환 또는 비치환의 핵원자수 5-50의 아릴티오기, 치환 또는 비치환의 탄소수 1-50의 알콕시카르보닐기, 치환 또는 비치환의 핵원자 수 5-50의 아릴기로 치환된 아미노기, 할로젠원자, 시아노기, 니트로기, 히드록실기 또는 카르복실기이고, 이들은 서로 결합하여 방향족 고리를 형성할 수 있으며, L은 치환 또는 비치환의 탄소수 6-60의 아릴렌기, 치환 또는 비치환의 피리디닐렌기, 치환 또는 비치환의 퀴놀리닐렌기 또는 치환 또는 비치환의 플루오레닐렌기이다. 상기 화학식 18 내지 21의 화합물은 일본 특허공개 2007-39405호에 기재되어 있으며, 이 문헌 전부는 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0158] [화학식 22]



[0159]

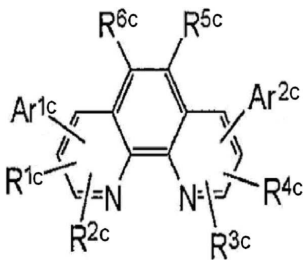
[0160] [화학식 23]



[0161]

[0162] 상기 화학식 22 및 23에 있어서,  $d^1$ ,  $d^3$  내지  $d^{10}$  및  $g^1$ 은 각각 수소 또는 방향족 또는 지방족 탄화수소기이고,  $m$  및  $n$ 은 0 내지 2의 정수이고,  $p$ 는 0 내지 3의 정수이다. 상기 화학식 22 및 23의 화합물은 미국 특허 공개 2007/0122656에 기재되어 있으며, 이 문헌 전부는 본 명세서에 참고로 포함된다.

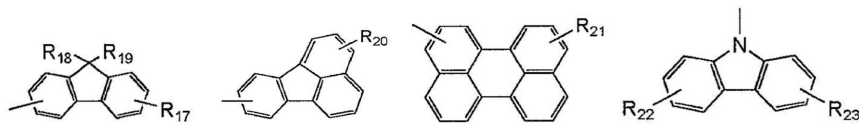
[0163] [화학식 24]



[0164]

[0165] 상기 화학식 24에 있어서,  $R^{1c}$  내지  $R^{6c}$ 은 각각 수소원자, 치환 또는 비치환의 알킬기, 치환 또는 비치환의 아릴기, 치환 또는 비치환의 아릴기, 치환 또는 비치환의 복소환기 또는 할로겐 원자이고,  $Ar^{1c}$  및  $Ar^{2c}$ 는 각각 하기 구조식에서 선택된다.

[0166]



[0167] 상기 구조식에서  $R_{17}$  내지  $R_{23}$ 은 각각 수소원자, 치환 또는 비치환의 알킬기, 치환 또는 비치환의 아릴기, 치환 또는 비치환의 아릴기, 치환 또는 비치환의 복소환기 또는 할로겐 원자이다. 상기 화학식 24의 화합물은 일본 특허 공개2004-107263에 기재되어 있으며, 이 문헌 전부는 본 명세서에 참고로 포함된다.

[0168] 상기 제1 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에는 적어도 하나의 유기물층을 더 포함할 수 있다. 상기 제1 n형 유기물층과 상기 발광층 사이에는 한 층 또는 두 층 이상의 전자수송층, 정공 차단층 등이 구비될 수 있다.

[0169] 이하, 본 명세서의 기재된 유기전계발광소자를 구성하는 각 층에 대하여 구체적으로 설명한다. 이하에서 설명하는 각 층의 물질들은 단일 물질 또는 2 이상의 물질의 혼합물일 수 있다.

[0170] 애노드

[0171] 애노드는 금속, 금속 산화물 또는 도전성 폴리머를 포함한다. 상기 도전성 폴리머는 전기전도성 폴리머를 포함할 수 있다. 예컨대, 상기 애노드는 약 3.5 내지 5.5eV의 일함수 값을 가질 수 있다. 예시적인 도전성 물질의 예는 탄소, 알루미늄, 바나듐, 크롬, 구리, 아연, 은, 금, 기타 금속 및 이들의 합금; 아연 산화물, 인듐 산화물, 주석 산화물, 인듐 주석 산화물(ITO), 인듐 아연 산화물 및 기타 이와 유사한 금속 산화물; ZnO:Al 및 SnO<sub>2</sub>:Sb와 같은 산화물과 금속의 혼합물 등이 있다. 애노드 재료로는 투명 물질이 사용될 수도 있고, 불투명 물질이 사용될 수도 있다. 애노드 방향으로 발광되는 구조의 경우, 애노드는 투명하게 형성될 수 있다. 여기서, 투명이란 유기물층에서 발광된 빛이 투과할 수 있으면 되며, 빛의 투과도는 특별히 한정되지 않는다.

[0172] 예컨대, 본 명세서에 따른 유기전계발광소자가 전면발광형이고, 애노드가 유기물층 및 캐소드의 형성 전에 기판 상에 형성되는 경우에는, 애노드 재료로서 투명 물질 뿐만 아니라 광반사율이 우수한 불투명 물질도 사용될 수

있다. 예컨대, 본 명세서에 따른 유기전계발광소자가 후면발광형이고, 애노드가 유기물층 및 캐소드의 형성 전에 기판 상에 형성되는 경우에는, 애노드 재료로서 투명 물질이 사용되거나, 불투명 물질이 투명하게 될 정도로 박막으로 형성되어야 한다.

[0173] 정공 주입 또는 수송 층

[0174] 본 명세서의 기재에 따른 적층형 유기전계발광소자의 발광유닛들은 발광층의 애노드측에 구비된 제2 p형 유기물층이 포함될 수 있다. 도 9에 제2 p형 유기물층이 구비되는 경우 에너지 흐름을 예시하였다. 제2 p형 유기물층은 정공주입층(HIL) 또는 정공수송층(HTL)일 수 있다. 제2 p형 유기물층 재료로는 전술한 제1 p형 유기물층 재료로 언급한 재료들이 사용될 수 있다.

[0175] 상기 제2 p형 유기물층은 아릴아민계 화합물, 도전성 폴리머, 또는 공역 부분과 비공역 부분이 함께 있는 블록공중합체 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0176] 애노드에 인접한 발광유닛의 경우 상기 제2 p형 유기물층의 애노드측에는 추가로 제4 n형 유기물층이 구비될 수도 있다. 도 11a 내지 도 11d에 애노드에 인접한 발광유닛의 적층구조를 예시하였다. 그러나, 이들 도면에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다. 여기서, 상기 제2 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 상기 제4 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위의 차이는 2 eV 이하 혹은 1 eV 이하, 예컨대 약 0.5 eV일 수 있다. 상기 제2 p형 유기물층과 상기 제4 n형 유기물층은 접할 수 있다. 이의 의하여, 상기 제2 p형 유기물층과 상기 제4 n형 유기물층은 NP 접합을 형성할 수 있다.

[0177] 상기 제4 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위와 상기 애노드의 일함수의 차이는 4 eV 이하일 수 있다. 상기 제4 n형 유기물층과 상기 애노드는 접할 수 있다.

[0178] 상기 제4 n형 유기물층의 약 4~7eV의 LUMO 에너지 준위 및 약  $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{Vs} \sim 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , 또는 약  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs} \sim 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 전하이동도를 가질 수 있다. 상기 전하이동도 범위 내인 것이 정공의 효율적인 주입에 유리하다.

[0179] 상기 제4 n형 유기물층은 진공증착될 수 있는 물질 또는 솔루션 프로세스(solution process)로 박막성형될 수 있는 물질로 형성될 수도 있다. 상기 제4 n형 유기물의 구체적인 예는 이에 한정되지 않지만 2,3,5,6-테트라플루오로-7,7,8,8-테트라시아노퀴노디메탄(F4TCNQ), 불소-치환된 3,4,9,10-페릴렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(PTCDA), 시아노-치환된 PTCDA, 나프탈렌테트라카르복실릭 디안하이드라이드(NTCDA), 불소-치환된 NTCDA, 시아노-치환된 NTCDA 또는 헥사니트릴 헥사아자트리페닐렌(HAT)을 비롯한 전술한 화학식 1의 화합물을 포함한다.

[0180] 상기 제4 n형 유기물층과 상기 제2 p형 유기물층이 NP 접합을 형성하는 경우, NP 접합에서 형성된 정공은 상기 제2 p형 유기물층을 통하여 발광층으로 수송된다.

[0181] 발광층(EML)

[0182] 발광층에서는 정공전달과 전자전달이 동시에 일어나므로 발광층은 n형 특성과 p형 특성을 모두 가질 수 있다. 편의상 전자 수송이 정공 수송에 비하여 빠를 경우 n형 발광층, 정공 수송이 전자 수송에 비하여 빠를 경우 p형 발광층이라고 정의할 수 있다.

[0183] n형 발광층은 이에 한정되지 않지만 알루미늄 트리스(8-히드록시퀴놀린)(Alq<sub>3</sub>); 8-히드록시퀴놀린 베릴륨(BAlq); 벤즈옥사졸계 화합물, 벤즈티아졸계 화합물 또는 벤즈이미다졸계 화합물; 폴리플루오렌계 화합물; 실라사이클로펜타디엔(silole)계 화합물 등을 포함한다.

[0184] p형 발광층은 이에 한정되는 것은 아니지만 카바졸계 화합물; 안트라센계 화합물; 폴리페닐렌비닐렌(PPV)계 폴리머; 또는 스피로(spiro) 화합물 등을 포함한다.

[0185] 전자수송층(ETL)

[0186] 본 명세서에 있어서, 제1 n형 유기물층이 전자수송층으로 형성될 수도 있고, 제1 n형 유기물층과 발광층 사이에 추가의 제2 n형 유기물층이 구비될 수도 있다. 도 7에 제2 n형 유기물층이 구비되는 경우 에너지 흐름을 예시하였다. 제2 n형 유기물층은 전자수송층 또는 정공차단층의 역할을 할 수도 있다. 제2 n형 유기물층 재료로서는 전자를 잘 수송할 수 있도록 전하이동도(electron mobility)가 큰 물질이 바람직하다. 제2 n형 유기물층과 발광층 사이에 제3 n형 유기물층이 구비될 수도 있다. 제3 n형 유기물층도 전자수송층 또는 정공차단층의 역할을 할 수도 있다. 도 8에 제3 n형 유기물층이 구비되는 경우 에너지 흐름을 예시하였다. 이 때, 제2 n형 유기물층은 n



형 도펀트에 의하여 도핑될 수 있다.

- [0187] 상기 제1 n형 유기물층은 전술한 바와 같이 LUMO 에너지 준위가 제1 p형 유기물층의 HOMO 에너지 준위와 2 eV 이하인 재료로 구성되는 것이 바람직하다. 일 예에 따르면, 상기 제1 n형 유기물층은 LUMO 에너지 준위가 5 eV 내지 7 eV일 수 있다.
- [0188] 상기 제2 n형 유기물층은 LUMO 에너지 준위가 상기 제1 n형 유기물층의 LUMO 에너지 준위보다 작은 것이 바람직하다. 일 예에 따르면, 상기 제2 n형 유기물층은 LUMO 에너지 준위가 2 eV 내지 3 eV일 수 있다. 일 예에 따르면 상기 제2 n형 유기물층은 HOMO 에너지 준위가 5 eV 내지 6 eV, 구체적으로 5.8 eV 내지 6 eV일 수 있다.
- [0189] 상기 제2 또는 제3 n형 유기물층은 이에 한정되지 않지만 알루미늄 트리스(8-히드록시퀴놀린)(Alq<sub>3</sub>); Alq<sub>3</sub> 구조를 포함하는 유기화합물; 히드록시플라본-금속 착화합물 또는 실라사이클로펜타디엔(silole)계 화합물 등을 포함할 수 있다. 제2 또는 제3 n형 유기물층 재료는 전술한 제1 n형 유기물층의 재료가 사용될 수도 있다. 제2 또는 제3 n형 유기물층은 n형 도펀트에 의하여 도핑될 수 있다. 한 실시상태에 따르면, 제2 n형 유기물층과 제3 n형 유기물층 중 어느 하나가 n형 도펀트에 의하여 도핑되는 경우, 도핑된 층의 호스트 재료와 도핑되지 않은 층의 재료는 동일할 수 있다. 하나의 예로서, 제2 n형 유기물층이 n형 도펀트에 의하여 도핑되고, 제2 n형 유기물층과 제3 n형 유기물층은 동일한 호스트 재료를 포함할 수 있다.
- [0190] n형 도펀트로는 유기물 또는 무기물일 수 있다. n형 도펀트가 무기물인 경우, 알칼리금속, 예컨대 Li, Na, K, Rb, Cs 또는 Fr; 알칼리 토금속, 예컨대 Be, Mg, Ca, Sr, Ba 또는 Ra; 희토류 금속, 예컨대 La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Th, Dy, Ho, Er, Em, Gd, Yb, Lu, Y 또는 Mn; 또는 상기 금속들 중 1 이상의 금속을 포함하는 금속 화합물을 포함할 수 있다. 또는, n형 도펀트는 시클로펜타디엔, 시클로헥타트리엔, 6원 헤테로 고리 또는 이들 고리가 포함된 축합고리를 포함하는 물질일 수도 있다. 이 때, 도핑 농도는 0.01 내지 50 중량%, 또는 1 내지 10 중량%일 수 있다.
- [0191] 구체적인 한 예로서, 유기전계발광소자는 제1 내지 제3 n형 유기물층을 포함하고, 제1 n형 유기물층은 상기 화학식 1의 화합물을 포함하고, 제2 n형 유기물층은 n형 도펀트에 의하여 도핑될 수 있다. 이 때, 제2 n형 유기물층과 제3 n형 유기물층은 상기 화학식 5의 화합물을 호스트 재료로서 포함할 수 있다.
- [0192] 상기 제2 n형 유기물층이 n형 도펀트에 의하여 도핑되는 경우, 이 층의 두께는 5 내지 20 nm 범위내에서 조절될 수 있다.
- [0193] 캐소드
- [0194] 전술한 바와 같이, 본 명세서에서는 전술한 제1 p형 유기물층 및 제1 n형 유기물층을 구비함으로써, 캐소드 물질을 다양한 일함수를 갖는 재료로부터 선택할 수 있다. 캐소드 물질로는 통상 전자주입이 용이하게 이루어지도록 일함수가 작은 물질이 바람직하다. 그러나, 본 명세서에서는 일함수가 큰 물질도 적용될 수 있다. 구체적으로, 본 명세서에서는 전술한 제1 p형 유기물층의 HOMO 이상인 일함수를 갖는 물질을 캐소드 재료로서 사용할 수 있다. 예컨대, 본 명세서에서는 캐소드 재료로서 일함수가 2 eV 내지 5 eV인 물질이 사용될 수 있다. 상기 캐소드는 이에 한정되지 않지만 마그네슘, 칼슘, 나트륨, 칼륨, 티타늄, 인듐, 이트륨, 리튬, 가돌리늄, 알루미늄, 은, 주석 및 납과 같은 금속 또는 이들의 합금; LiF/Al 또는 LiO<sub>2</sub>/Al과 같은 다층 구조 물질 등을 포함한다.
- [0195] 캐소드 재료로서 Al을 사용하는 경우, 단독으로 또는 LiF나 Liq와 함께 사용함으로써 효율적으로 동작이 가능한 소자를 제공할 수 있다. 특히, 캐소드 재료로서 Ag를 사용하는 경우, 종래기술에 따른 소자에서는 Ag 단독으로 또는 LiF나 Liq와 함께 사용시 잘 동작하지 않기 때문에, 캐소드에 인접한 유기물층으로서 알칼리금속 또는 알칼리토금속 등의 금속으로 이루어진 층이나 금속을 도핑한 유기물층을 이용해야 한다. 그러나, 본 명세서에 기재된 실시형태에서는 상기와 같이 금속 층이나 금속을 도핑한 유기물층 없이도, 캐소드 재료로서 Ag와 같은 일함수가 큰 재료를 이용할 수 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 실시상태에서는 캐소드 재료로서 IZO(일함수 4.8~5.2 eV)와 같이 일함수가 높은 투명 전도성 산화물을 사용할 수도 있다.
- [0196] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 상기 캐소드는 유기물층과 물리적으로 접하도록 구비될 수 있다. 상기 캐소드와 접하는 유기물층은 전술한 제1 p형 유기물층일 수도 있고, 추가의 유기물층일 수 있다. 여기서, 캐소드와 접하는 유기물층은 비도핑된다.
- [0197] 종래의 유기전계발광소자에서는 Al 또는 Ag와 같은 일함수가 큰 재료의 캐소드를 사용하는 경우에는 유기물층과 캐소드 사이에 LiF층과 같은 무기물층이나 유기물층에 금속을 도핑하는 것이 필요하였다. 종래에는 상기와 같은 무기물층이나 금속 도핑된 유기물층을 사용하지 아니하고, 캐소드와 유기물층이 접하도록 하는 경우, 캐소드 재

료로서는 일함수가 2 eV 이상 3.5 eV 미만의 재료밖에 사용할 수 없었다. 그러나, 본 명세서에 따른 유기전계 발광소자에서는 캐소드가 유기물층과 접하는 경우에도, 상기 제1 p형 유기물층과 제1 n형 유기물층에 의하여 일함수가 3.5 eV 이상인 재료를 이용하여 캐소드를 구성할 수 있다.

[0198] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 캐소드는 유기물층과 물리적으로 접하도록 구비되고, 캐소드는 일함수가 3.5 eV 이상인 재료로 구성된다.

[0199] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 캐소드는 유기물층과 물리적으로 접하도록 구비되고, 캐소드는 일함수가 4 eV 이상인 재료로 구성된다.

[0200] 본 명세서의 일 실시상태에 따르면, 캐소드는 유기물층과 물리적으로 접하도록 구비되고, 캐소드는 일함수가 4.5 eV 이상인 재료로 구성된다.

[0201] 상기 캐소드를 구성하는 재료의 일함수의 상한은 특별히 제한되지 않지만, 재료 선택의 관점에서 5.5 eV 이하의 재료를 사용할 수 있다.

[0202] 상기 캐소드는 상기 애노드와 동일한 물질로 형성될 수 있다. 이 경우, 상기 캐소드로는 앞에서 애노드의 재료로서 예시한 재료들로 형성될 수 있다. 또는, 캐소드 또는 애노드는 투명 물질을 포함할 수 있다.

[0203] 중간전극

[0204] 본 명세서의 실시상태에 따른 소자가 중간전극을 포함하는 경우, 이는 전술한 애노드 재료와 캐소드 재료가 적층된 구조를 가질 수도 있으나, 애노드 재료 또는 캐소드 재료를 포함하는 단층 구조를 가질 수도 있다. 예컨대, 칼슘, 이터븀 등과 같은 금속 또는 금속 합금이나, 이들의 적층체, 예컨대 (LiF)/Al 등의 구조의 중간전극이 사용될 수 있다. 상기 중간전극의 두께는 1 내지 20 nm 의 범위 내에서 조절될 수 있다.

[0205] 본 명세서에 기재된 유기물층, 예컨대 제1 내지 제2 p형 유기물층, 제1 내지 제4 n형 유기물층, 캐소드, 애노드의 두께나 형상 또는 패턴 형태는 물질의 종류 또는 소자에서 요구되는 역할에 따라 당업자에 의하여 선택될 수 있다.

[0206] 본 명세서에 있어서, 캐소드에 인접한 발광유닛을 비롯한 모든 발광유닛들은 도 10a 내지 도 10h의 구조를 가질 수 있다. 도 10a는 발광층 및 제1 n형 유기물층을 포함한다. 도 10b는 발광층, 제2 n형 유기물층 및 제1 n형 유기물층을 포함한다. 도 10c는 발광층, n형 도핑된 제2 n형 유기물층 및 제1 n형 유기물층을 포함한다. 도 10d는 발광층, 제3 n형 유기물층, n형 도핑된 제2 n형 유기물층 및 제1 n형 유기물층을 포함한다. 도 10e 내지 도 10h는 발광층의 애노드측에 제2 n형 유기물층을 더 구비한 것을 제외하고는 각각 도 10a 내지 도 10d와 동일하다.

[0207] 본 명세서에 있어서, 애노드에 인접한 발광유닛은 도 10a 내지 도 10h에 예시한 구조 뿐만 아니라, 도 11a 내지 도 11d에 예시한 구조를 가질 수도 있다. 도 11a 내지 도 11d는 제2 p형 유기물층의 애노드측에 제4 n형 유기물층을 더 포함하는 것을 제외하고는 도 10e 내지 도 10h와 동일하다. 제2 n형 유기물층과 제4 n형 유기물층에 관한 설명은 전술한 바와 같으며, 이들은 NP접합을 형성할 수 있다.

[0208] 본 명세서의 일 실시상태에 따른 유기전계발광소자는 광추출 구조를 포함한 소자일 수 있다.

[0209] 본 명세서의 일 실시상태에 있어서, 상기 유기전계발광소자는 상기 애노드 또는 캐소드의 유기물층이 구비되는 면과 대향하는 면에 기관을 더 포함하고, 상기 기관과 애노드 또는 캐소드 사이에, 또는 상기 기관의 애노드 또는 캐소드가 구비되는 면과 대향하는 면에 광추출층을 더 포함한다.

[0210] 다시 말하면, 상기 애노드 또는 캐소드의 유기물층이 구비되는 면과 대향하는 면에 구비된 기관과 애노드 또는 캐소드 사이에 내부 광추출층을 더 포함할 수 있다. 또 하나의 실시상태에 있어서, 상기 기관에서 애노드 또는 캐소드가 구비된 면의 반대 면에 외부 광추출층이 추가로 구비될 수 있다.

[0211] 본 명세서에 있어서, 상기 내부 광추출층 또는 외부 광추출층은 광산란을 유도하여, 소자의 광추출 효율을 향상시킬 수 있는 구조라면 특별히 제한하지 않는다. 하나의 실시상태에 있어서, 상기 광추출층은 바인더 내에 산란 입자가 분산된 구조를 갖거나 요철을 갖는 필름을 이용하여 형성될 수 있다.

[0212] 또한, 상기 광추출층은 기관 위에 스핀 코팅, 바 코팅, 슬릿 코팅 등의 방법에 의하여 직접 형성되거나, 필름 형태로 제작하여 부착하는 방식에 의하여 형성될 수 있다.

[0213] 본 명세서의 일 실시상태에 있어서, 상기 유기전계발광소자는 플렉시블(flexible) 유기전계발광소자다. 이

경우, 상기 기판이 플렉시블 재료를 포함한다. 예컨대, 휘어질 수 있는 박막 형태의 글래스, 플라스틱 또는 필름 형태의 기판을 사용할 수 있다.

[0214] 상기 플라스틱 기판의 재료는 특별히 한정하지는 않으나, 일반적으로 PET, PEN 및 PI 등의 필름을 단층 또는 복층의 형태로 사용할 수 있다.

[0215] 본 명세서의 일 실시상태에 있어서, 상기 유기전계발광소자를 포함하는 디스플레이 장치를 제공한다.

[0216] 본 명세서의 일 실시상태에 있어서, 상기 유기전계발광소자를 포함하는 조명 장치를 제공한다.

[0217] 이하에서는 전술한 실시형태들의 구체적인 실시예를 기재한다. 그러나, 하기 실시예들은 예시일 뿐이며, 상기 실시형태들의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0218] <실시예 1>

[0219] 유리 기판 상에 양극으로서 ITO를 스퍼터링 방법에 의하여 1,500 Å 두께로 형성하고, 그 위에 하기 화학식의 HAT를 열 진공 증착에 의하여 300 Å의 두께로 막을 형성하고, 이어서 NPB를 이용하여 600 Å의 두께로 층을 형성하였다. 그 위에 형광 청색 발광층을 300 Å의 두께로 형성하고, 하기 화학식의 전자수송재료에 LiF를 50 중량%로 도핑하여 150 Å의 두께의 층을 형성하였다. 그 위에 동일한 전자수송재료에 Ca를 10 중량%로 도핑하여 50 Å 두께의 층을 형성하였다.

[0220] 그 다음, HAT층 300 Å 및 NPB층 300 Å을 형성하였으며, 인광 녹색 및 적색 발광층을 300 Å의 두께로 형성하였다.

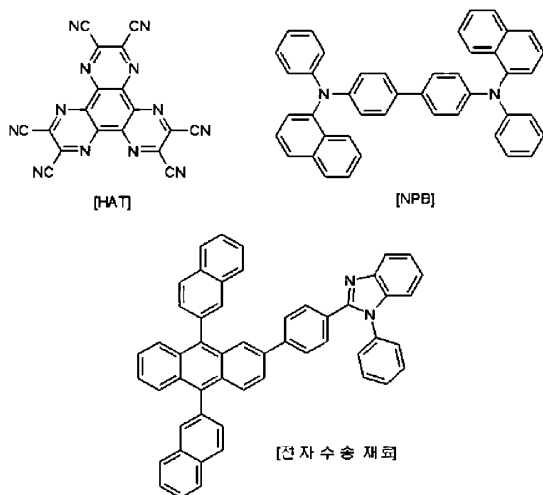
[0221] 그 위에 하기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 150 Å의 두께의 유기물층을 형성하고, 그 위에 하기 화학식의 전자수송재료에 Ca를 10 중량% 도핑하여 50 Å 두께의 전자수송층을 형성하였다.

[0222] 그 위에 n형 유기물인 하기 화학식의 HAT를 이용하여 100 Å 두께의 제1 n형 유기물층을 형성하고(LUMO 준위: 5.7 eV), p형 유기물로서 NPB를 이용하여 300 Å 두께의 제1 p형 유기물층을 형성하였다(HOMO 준위: 5.4 eV).

[0223] 마지막으로, 캐소드로서 Ag(일함수 4.7 eV)를 2,000 Å의 두께로 형성하여 유기전계발광소자를 제작하였다.

[0224] 상기 과정에서 유기물의 증착 속도는 0.5~1 Å/sec로 유지하였고, 증착시 진공도는  $2 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-8}$  torr 정도로 유지하였다.

[0225] 양자 효율의 측정은 Macro-lens를 소자에 부착한 후 적분 반구 장치를 이용하여 측정하였다(out-coupled + glass mode).



[0226] <비교예 1>

[0228] 상기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 550 Å의 두께로 유기물층을 형성하고, 전자수송재료에 Ca를 10 중량% 도핑하여 50 Å 두께의 유기물층을 형성하고, 캐소드와 인광 녹색 및 적색 발광층 사이에 제1 p형 유기물층을

형성하지 않음으로써 발광층으로부터 캐소드까지의 거리를 실시예 1과 동일하게 설정한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.

- [0229] <비교예 2>
- [0230] 상기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 600 Å의 두께로 유기물층을 형성하고, 전자수송재료에 Ca를 도핑한 층을 형성하지 않고, 캐소드와 인광 녹색 및 적색 발광층 사이에 제1 p형 유기물층을 형성하지 않음으로써 발광층으로부터 캐소드까지의 거리를 실시예 1과 동일하게 설정한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.
- [0231] <실시예 2>
- [0232] 캐소드를 Al(일함수 4.2 eV)을 이용하여 2,000 Å의 두께로 형성한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.
- [0233] <비교예 3>
- [0234] 상기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 550 Å의 두께로 유기물층을 형성하고, 전자수송재료에 Ca를 10 중량% 도핑하여 50 Å 두께의 유기물층을 형성하고, 캐소드와 인광 녹색 및 적색 발광층 사이에 제1 p형 유기물층을 형성하지 않음으로써 발광층으로부터 캐소드까지의 거리를 실시예 2와 동일하게 설정한 것을 제외하고는 실시예 2와 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.
- [0235] <비교예 4>
- [0236] 상기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 600 Å의 두께로 유기물층을 형성하고, 전자수송재료에 Ca를 도핑한 층을 형성하지 않고, 캐소드와 인광 녹색 및 적색 발광층 사이에 제1 p형 유기물층을 형성하지 않음으로써 발광층으로부터 캐소드까지의 거리를 실시예 2와 동일하게 설정한 것을 제외하고는 실시예 2와 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.
- [0237] <실시예 3>
- [0238] 유리 기판 상에 양극으로서 ITO를 스퍼터링 방법에 의하여 1,500 Å 두께로 형성하고, 그 위에 상기 화학식의 HAT를 열 진공 증착에 의하여 300 Å의 두께로 막을 형성하고, 이어서 NPB를 이용하여 600 Å의 두께로 층을 형성하였다. 그 위에 형광 청색 발광층을 300 Å의 두께로 형성하고, 상기 화학식의 전자수송재료에 LiF를 50 중량%로 도핑하여 200 Å의 두께의 층을 형성하고, 그 위에 중간전극층으로 Al(일함수 4.2 eV)을 10 Å 두께의 층을 형성하였다.
- [0239] 그 다음, HAT층 300 Å 및 NPB층 300 Å을 형성한 후, 인광 녹색 및 적색 발광층을 300 Å의 두께로 형성하였다.
- [0240] 그 위에 상기 화학식의 전자수송재료를 이용하여 150 Å의 두께의 유기물층을 형성하고, 그 위에 상기 화학식의 전자수송재료에 Ca를 10 중량% 도핑하여 50 Å 두께의 전자수송층을 형성하였다.
- [0241] 그 위에 n형 유기물인 상기 화학식의 HAT를 이용하여 100 Å 두께의 제1 n형 유기물층을 형성하고, p형 유기물로서 NPB를 이용하여 300 Å 두께의 제1 p형 유기물층을 형성하였다.
- [0242] 마지막으로, 캐소드로서 Ag를 2,000 Å의 두께로 형성하여 유기전계발광소자를 제작하였다.
- [0243] 상기 과정에서 유기물의 증착 속도는 0.5~1 Å/sec로 유지하였고, 증착시 진공도는  $2 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-8}$  torr 정도로 유지하였다.
- [0244] 양자 효율의 측정은 Macro-lens를 소자에 부착한 후 적분 반구 장치를 이용하여 측정하였다(out-coupled + glass mode).
- [0245] <실시예 4>
- [0246] 중간전극층으로 Ca(일함수 2.7~2.9 eV)를 10 Å의 두께로 구성한 것을 제외하고는 실시예 3과 동일하게 실시하여 유기전계발광소자를 제작하였다.

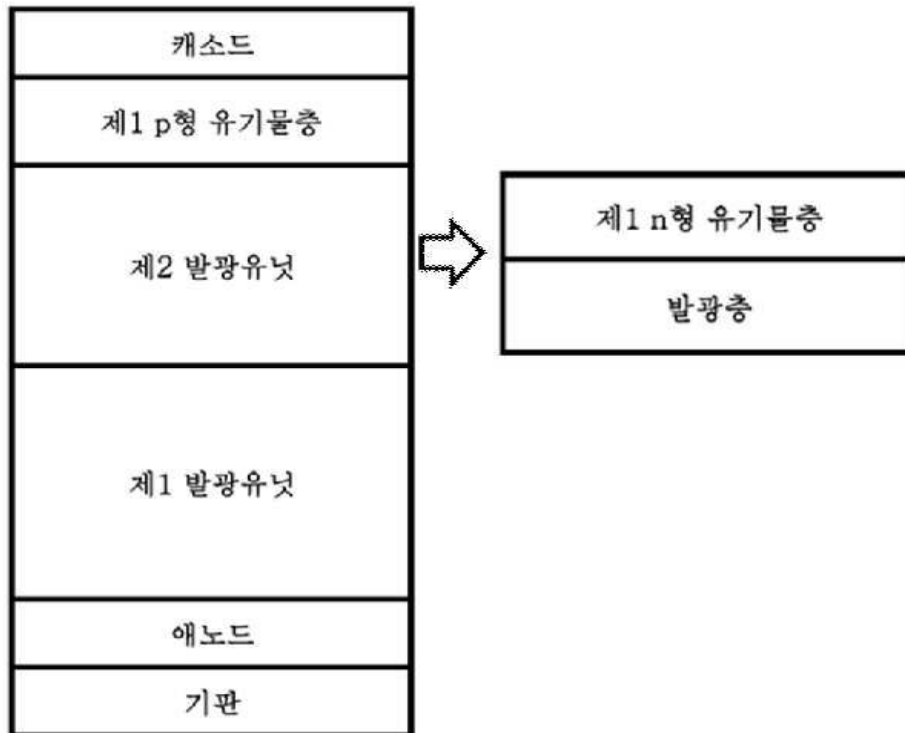
표 1

[0247]

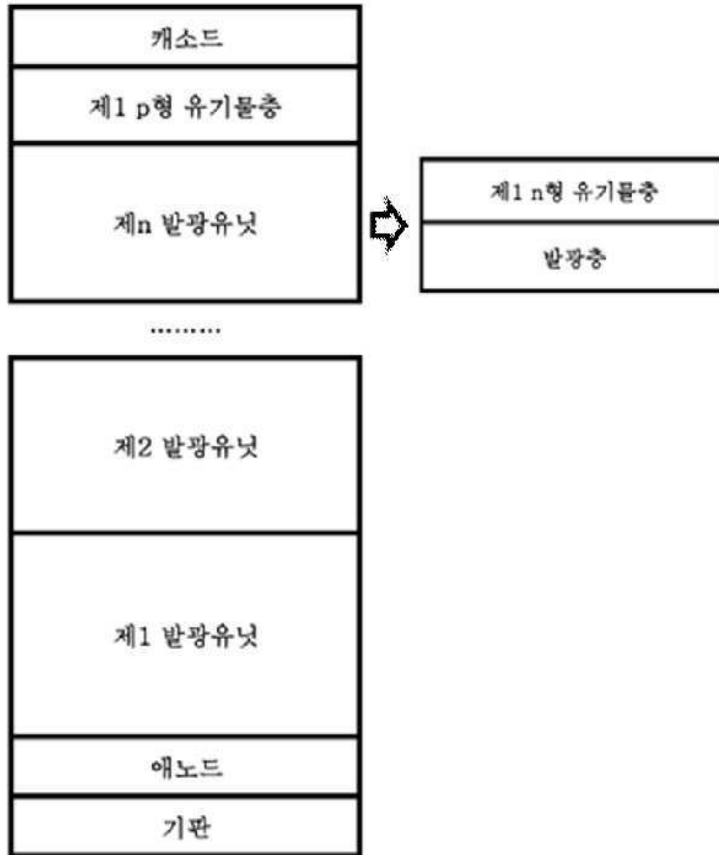
	구동전압 (@5mA/cm <sup>2</sup> )	외부양자효율 (@5mA/cm <sup>2</sup> )	발광색
실시예 1	7.7 V	50%	흰색
비교예 1	8.7 V	47%	흰색
비교예 2	18.0V	25%	황색
실시예 2	7.7 V	47%	흰색
비교예 3	8.7 V	45%	흰색
비교예 4	18.0V	25%	황색
실시예 3	8.0 V	45%	흰색
실시예 4	7.8 V	50%	흰색

도면

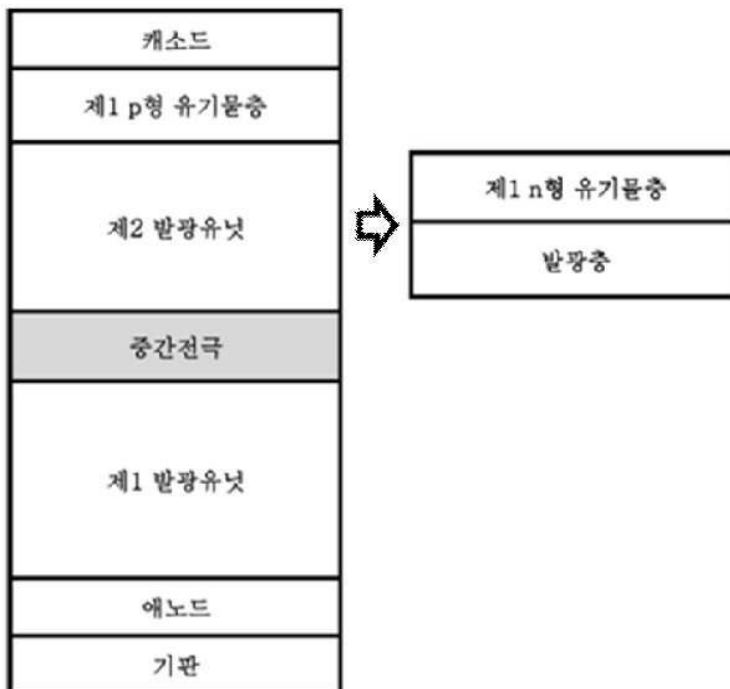
도면1



도면2



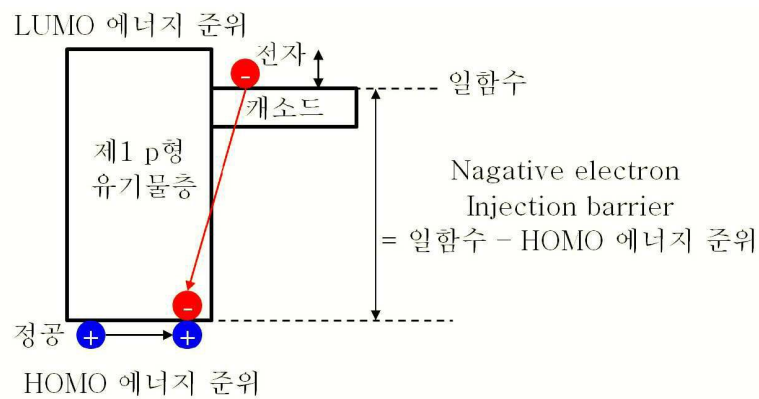
도면3



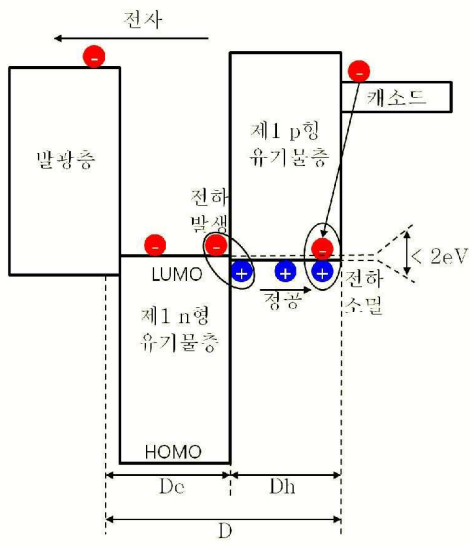
도면4



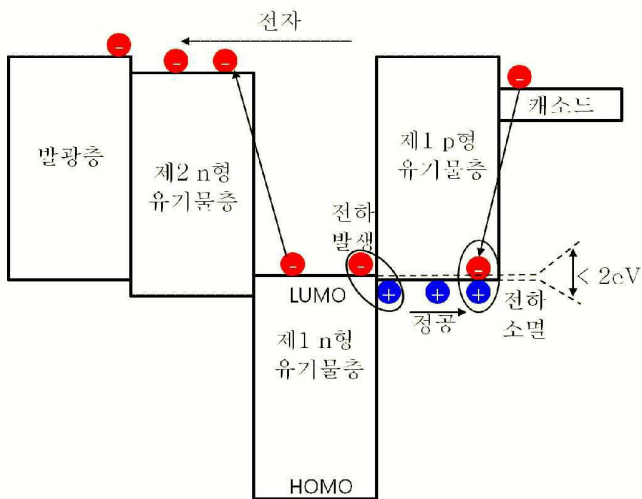
도면5



도면6

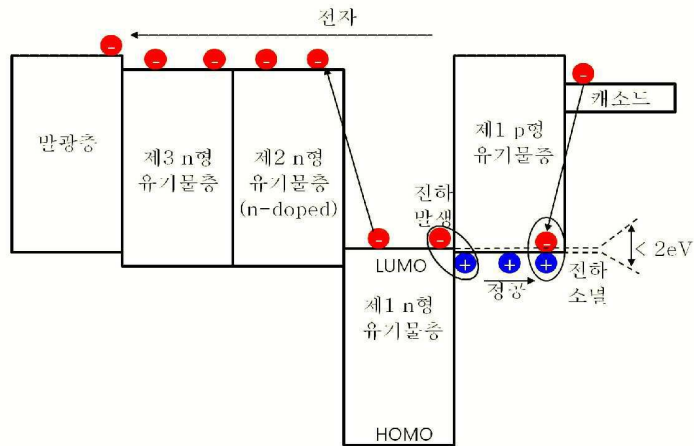


도면7

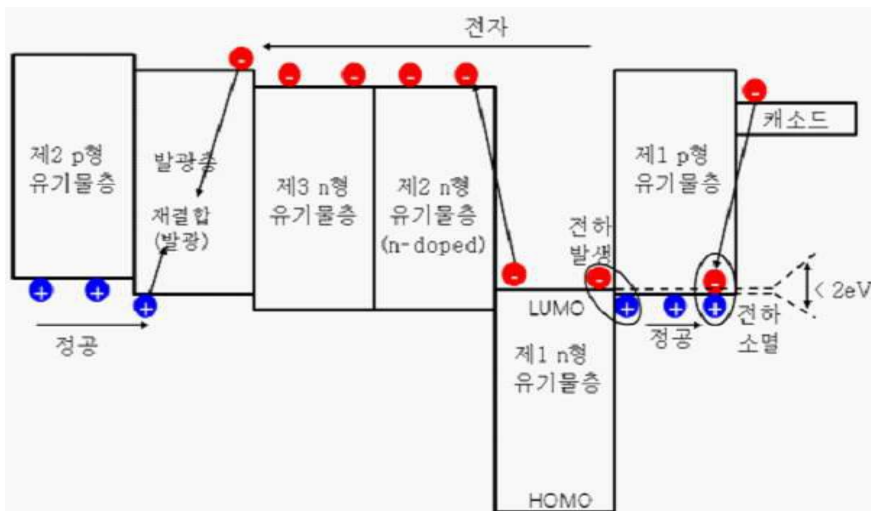




도면8



도면9



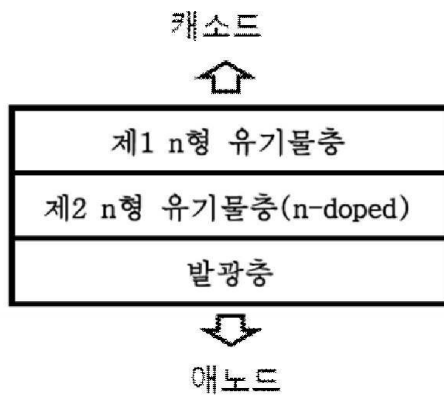
도면10a



도면10b



도면10c



도면10d



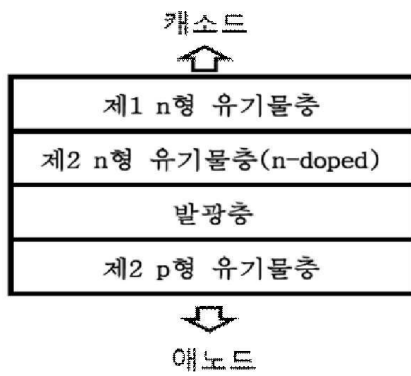
도면10e



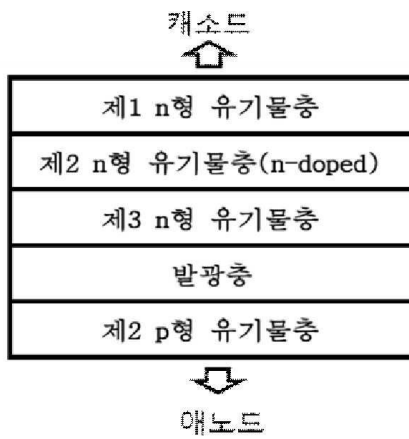
도면10f



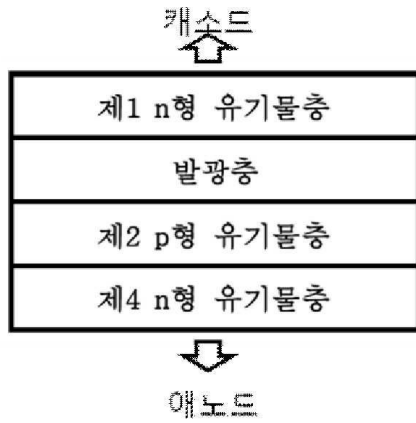
도면10g



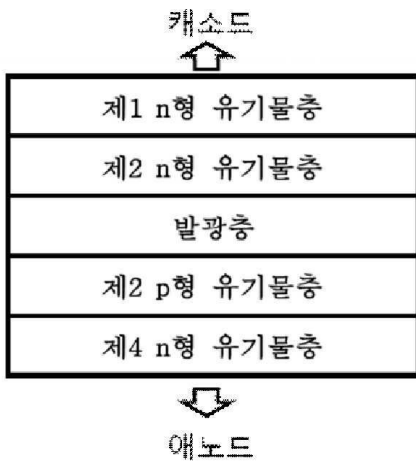
도면10h



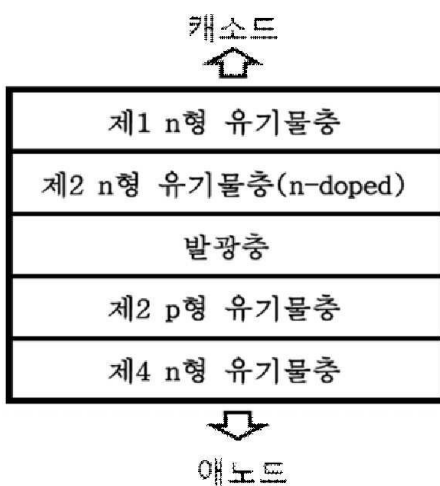
도면11a



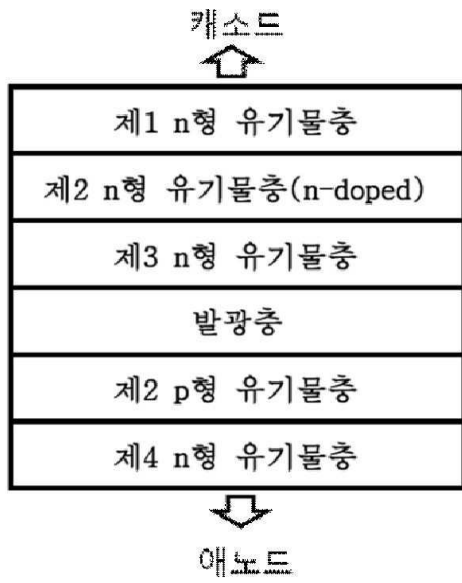
도면11b



도면11c



도면11d



도면12

