



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0090656
(43) 공개일자 2009년08월26일

(51) Int. Cl.

H05B 33/14 (2006.01) H01L 51/54 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0016002

(22) 출원일자 2008년02월21일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지디스플레이 주식회사

서울 영등포구 여의도동 20번지

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

김성희

서울 동작구 사당1동 1034-24 25/2 1층

주병권

서울 종로구 평창동 234-24 8/5

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

전체 청구항 수 : 총 10 항

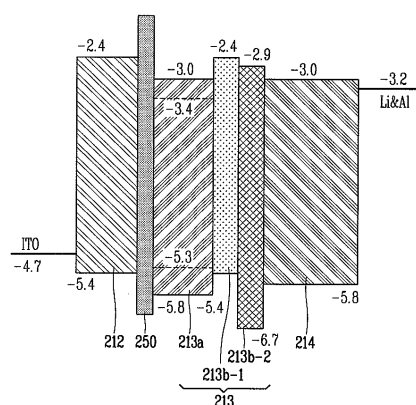
(54) 유기전계발광소자 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명의 유기전계발광소자(Organic Light Emitting Device; OLED) 및 그 제조방법은 보색관계에 있는 단파장을 위한 근자외선(near ultraviolet ray) 발광층과 노란색 발광층을 백색광을 위한 발광 구조로 적용함으로써 단순한 공정으로 색 순도가 우수한 백색 유기발광소자를 제작하기 위한 것으로, 서로 일정간격 이격되어 대향되게 배치된 제 1 기판과 제 2 기판; 상기 제 1 기판 내부에 형성되고, 박막 트랜지스터를 포함하는 어레이 소자; 상기 제 1 기판 위에 형성된 양극; 상기 양극 위에 형성된 정공수송층; 상기 정공수송층 위에 형성된 엑시플렉스 조절층; 상기 엑시플렉스 조절층 위에 형성된 발광층; 상기 발광층 위에 형성된 전자수송층; 상기 전자수송층 위에 형성된 전자주입층; 및 상기 전자주입층 위에 형성된 음극을 포함한다.

이와 같이 구성된 본 발명의 유기전계발광소자는 정공수송층과 발광층 사이에 엑시플렉스(exciplex) 조절층을 삽입하여 엑시플렉스 발광과 엑시톤(exciton) 발광의 생성 비율을 조절함으로써 컬러 튜닝(tuning)이 가능하며, 풀 컬러(full color)를 구현할 수 있는 한편 가시광영역의 태양광과 유사한 백색광을 구현할 수 있는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

김영민

서울 동대문구 용두동 236-1 대우아이빌오피스텔
101동 1605호

박영욱

서울 동대문구 제기2동 이수브라운스톤아파트 101
동 301호

최진환

서울 서대문구 연희동 133-13 1/7

채기성

인천 연수구 동춘동 한양1차아파트 111동 607호

특허청구의 범위

청구항 1

서로 일정간격 이격되어 대향되게 배치된 제 1 기관과 제 2 기관;
 상기 제 1 기관 내부에 형성되고, 박막 트랜지스터를 포함하는 어레이 소자;
 상기 제 1 기관 위에 형성된 양극;
 상기 양극 위에 형성된 정공수송층;
 상기 정공수송층 위에 형성된 엑시플렉스 조절층;
 상기 엑시플렉스 조절층 위에 형성된 발광층;
 상기 발광층 위에 형성된 전자수송층;
 상기 전자수송층 위에 형성된 전자주입층; 및
 상기 전자주입층 위에 형성된 음극을 포함하는 유기전계발광소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 엑시플렉스 조절층의 두께는 0.5nm에서 5.0nm 사이에서 선택적으로 조절되는 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 엑시플렉스 조절층의 호모에너지 레벨은 상기 정공수송층의 호모에너지 레벨보다 1.2eV 이상 낮은 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 엑시플렉스 조절층은 페난트롤린유도체, 실롤유도체, 4,4-bis(carbazol-9-yl)biphenyl, 트리아아졸유도체 및 옥사디아졸유도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 정공수송층의 두께는 10nm 이상인 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 정공수송층은 트리아릴유도체, 아릴아민유도체, 테트라페닐유도체 및 스타버스트 아민 유도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 발광층은 보색을 위한 2층의 유기층을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 보색을 위한 2층의 유기층은 노란색 발광층과 단파장을 위한 근자외선 발광층으로 이루어진 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자.

청구항 9

제 1 기관 내부에 박막 트랜지스터를 포함하는 어레이 소자를 형성하는 단계;
 상기 제 1 기관 위에 양극을 형성하는 단계;
 상기 양극 위에 정공수송층을 형성하는 단계;
 상기 정공수송층 위에 엑시플렉스 조절층을 형성하는 단계;

상기 엑시플렉스 조절층 위에 발광층을 형성하는 단계;
 상기 발광층 위에 전자수송층을 형성하는 단계;
 상기 전자수송층 위에 전자주입층을 형성하는 단계; 및
 상기 전자주입층 위에 음극을 형성하는 단계를 포함하는 유기전계발광소자의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 엑시플렉스 조절층은 그 두께를 0.5nm에서 5.0nm 사이에서 선택적으로 조절하여 형성하는 것을 특징으로 하는 유기전계발광소자의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 유기전계발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 정공수송층과 발광층 사이에 엑시플렉스 조절층을 삽입하여 발광 색을 튜닝 할 수 있는 유기전계발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 최근 정보 디스플레이에 관한 관심이 고조되고 휴대가 가능한 정보매체를 이용하려는 요구가 높아지면서 기존의 표시장치인 브라운관(Cathode Ray Tube; CRT)을 대체하는 경량 박형 평판표시장치(Flat Panel Display; FPD)에 대한 연구 및 상업화가 중점적으로 이루어지고 있다.

<3> 이러한 평판표시장치 분야에서, 지금까지는 가볍고 전력소모가 적은 액정표시장치(Liquid Crystal Display Device; LCD)가 가장 주목받는 디스플레이 소자였지만, 상기 액정표시장치는 발광소자가 아니라 수광소자이며 밝기, 명암비(contrast ratio) 및 시야각 등에 기술적 한계가 있기 때문에 이러한 단점을 극복할 수 있는 새로운 디스플레이 소자에 대한 개발이 활발하게 전개되고 있다.

<4> 새로운 평판표시장치 중 하나인 유기전계발광소자는 자체발광형이기 때문에 액정표시장치에 비해 시야각과 명암비 등이 우수하며 백라이트(backlight)가 필요하지 않기 때문에 경량 박형이 가능하고, 소비전력 측면에서도 유리하다. 그리고, 직류 저전압 구동이 가능하고 응답속도가 빠르다는 장점이 있으며, 특히 제조비용 측면에서도 유리한 장점을 가지고 있다.

<5> 이와 같은 상기 유기전계발광소자의 제조공정에는 액정표시장치나 플라즈마 표시패널(Plasma Display Panel; PDP)과는 달리 증착 및 봉지(encapsulation) 공정이 공정의 전부라고 할 수 있기 때문에 제조공정이 매우 단순하다. 또한, 각 화소마다 스위칭 소자인 박막 트랜지스터(Thin Film Transistor; TFT)를 가지는 액티브 매트릭스(active matrix)방식으로 유기전계발광소자를 구동하게 되면, 낮은 전류를 인가하더라도 동일한 휘도를 나타내므로 저소비 전력, 고정세 및 대형화가 가능한 장점을 가진다.

<6> 이하, 상기 유기전계발광소자의 기본적인 구조 및 동작 특성에 대해서 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<7> 도 1은 일반적인 유기전계발광소자의 기본 구조를 나타내는 회로도이다.

<8> 도면에 도시된 바와 같이, 일반적인 유기전계발광소자는 제 1 방향으로 배열된 게이트라인(2) 및 상기 제 1 방향과 교차되는 제 2 방향으로 서로 이격되도록 배열된 데이터라인(3)과 전원라인(4)을 포함하며, 상기 게이트라인(2)과 데이터라인(3)이 교차되어 하나의 화소 영역을 정의하게 된다.

<9> 이때, 상기 게이트라인(2)과 데이터라인(3)의 교차영역에는 어드레싱 구성요소(addressing element)인 스위칭 박막 트랜지스터(5)가 형성되어 있고, 상기 스위칭 박막 트랜지스터(5)의 드레인전극(D)과 전원라인(4) 사이에는 스토리지 커패시터(6)가 형성되어 있으며, 상기 전원라인(4)과 유기전계발광 다이오드(8)의 양극 사이에는 전류원 구성요소(current source element)인 구동 박막 트랜지스터(7)가 형성되어 있다.

<10> 상기 유기전계발광 다이오드(8)는 유기발광물질에 순방향으로 전류를 공급해 주면 정공을 제공하는 양극(anode electrode)과 전자를 제공하는 음극(cathode electrode) 사이의 p-n 접합(junction)부분을 통해 전자와 정공이 이동하면서 서로 재결합하게 되는데, 이 경우에는 상기 전자와 정공이 떨어져 있을 때보다 작은 에너지를 가지

게 되어 이때 발생하는 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출하게 된다.

- <11> 즉, 상기 유기전계발광소자의 화소는 기본적으로 게이트 구동전압인 화소 전압을 어드레싱(addressing)하기 위한 스위칭 박막 트랜지스터(5)와 상기 유기전계발광소자의 구동전류를 제어하기 위한 구동 박막 트랜지스터(7)로 구성되어 있으며, 이때 상기 화소 전압을 안정적으로 유지하기 위한 스토리지 커패시터(6)가 추가적으로 요구된다.
- <12> 이때, 상기 유기전계발광소자는 유기전계발광 다이오드에서 발광된 빛의 진행방향에 따라 상부 발광방식(top emission type)과 하부 발광방식(bottom emission type)으로 나뉜다. 또한, 상기 유기전계발광소자에 사용되는 박막 트랜지스터는 액티브 채널로서의 역할을 수행하는 반도체 박막의 상태에 따라 비정질 실리콘 박막 트랜지스터와 다결정 실리콘 박막 트랜지스터로 구분될 수 있다.
- <13> 상기 도 1은 다결정 실리콘 박막 트랜지스터를 적용한 유기전계발광소자를 나타내는 것으로, 이 경우 상기 박막 트랜지스터는 p 타입으로 구성되며, 그에 따라 도시된 바와 같이 상기 유기전계발광 다이오드의 양극은 구동 박막 트랜지스터(7)의 드레인전극(D)에 연결되도록 구성되며, 상기 전원라인(4)은 구동 박막 트랜지스터(7)의 소오스전극(S)에 연결되도록 구성된다.
- <14> 도 2는 일반적인 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- <15> 도면에 도시된 바와 같이, 일반적인 유기전계발광소자는 유리 또는 플라스틱으로 이루어진 기판(10) 상에 투명 산화물로 이루어진 양극(11)이 형성되며, 상기 양극(11) 위에는 순차적으로 정공수송층(12), 발광층(13), 전자수송층(14), 전자주입층(15) 및 음극(16)이 적층되어 있다.
- <16> 상기 구조를 기반으로 유기전계발광소자는 양극(11)에서 주입되는 정공과 음극(16)에서 주입되는 전자가 각각의 수송을 위한 수송층(12, 14)을 경유하여 발광층(13)에서 결합한 후 낮은 에너지 준위로 이동하면서 상기 발광층(13)에서의 에너지 차에 해당하는 파장의 빛을 생성하게 된다.
- <17> 이때, 백색광의 발광을 위하여 상기 발광층(13)은 더욱 구체적으로 적색발광층(13a), 녹색발광층(13b) 및 청색발광층(13c)으로 이루어지게 된다.
- <18> 일반적으로 유기전계발광소자는 유기물의 특성상 수분과 열에 민감하여 다른 디스플레이 소자에 비하여 수명이 길지 않다는 단점이 있어 이를 보완하기 위한 소자의 내부 구조 및 재료의 내구성 향상에 대한 연구가 진행 중이다. 예를 들면, 국내 공개된 특허출원 10-2007-0061829에는 피리딘(pyridine) 유도체를 함유한 유기물을 게시하고 있으며 국내 공개된 특허출원 10-2001-0092905에는 소자의 새로운 구조를 통하여 재결합 효율과 내구성을 향상시킨 유기전계발광소자를 게시하고 있다.
- <19> 전술한 바와 같이 일반적인 백색광을 위한 유기전계발광소자는 투명한 양극이 형성된 투명 기판 상부에 열 증착된 정공주입층, 상기 정공주입층 상부에 증착된 정공수송층, 상기 정공수송층 상부에 증착된 발광층, 상기 발광층 상부에 증착된 전자수송층, 상기 전자수송층 상부에 증착된 전자주입층, 상기 전자주입층 상부에 증착되는 음극으로 구성된다.
- <20> 이때, 상기 발광층은 백색광을 위하여 적색, 녹색 및 청색의 발광층을 포함하며, 상기 구조에서 유기전계발광소자의 특성 향상을 위하여 각 발광층 계면에는 전자 또는 정공의 저지를 위하여 재결합 효율 향상을 위한 캐리어 저지층이 삽입될 수 있다.
- <21> 이와 같이 전술한 일반적인 백색광을 위한 유기발광전계소자의 경우 증착되는 유기층의 수가 많아 열 증착시 공정시간이 길어지며, 특히 공정시간이 길어짐에 따라 마스크의 개수가 늘어나며 장시간의 열 노출로 인한 마스크의 처짐으로 패턴의 정렬이 좋지 않은 단점이 있다. 또한, 백색광을 위하여 광 변환 필름을 사용하는 경우 색 반사 및 흡수로 인하여 종래 빛보다 낮은 빛의 양이 투과되어 색 순도 또한 좋지 못한 단점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <22> 본 발명은 상기한 문제를 해결하기 위한 것으로, 엑시플렉스 발광을 조절하는 엑시플렉스 조절층을 정공수송층과 발광층 사이에 삽입하여 컬러 튜닝을 용이하게 한 유기전계발광소자 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.
- <23> 본 발명의 다른 목적은 엑시플렉스 발광과 엑시톤 발광의 크기를 조절함으로써 컬러 튜닝을 구현함에 있어 종래

의 엑시플렉스에 의한 수명 저하를 개선하여 높은 효율을 구현한 유기전계발광소자 및 그 제조방법을 제공하는 데 있다.

<24> 본 발명의 또 다른 목적은 상기 엑시플렉스 조절층의 두께를 조절하여 보다 효율적인 유기전계발광소자의 구조를 제시함으로써 태양광에 가까운 백색광을 구현할 수 있는 유기전계발광소자 및 그 제조방법을 제공하는 데 있다.

<25> 기타, 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 후술되는 발명의 구성 및 특허청구범위에서 설명될 것이다.

과제 해결수단

<26> 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 유기전계발광소자는 서로 일정간격 이격되어 대향되게 배치된 제 1 기관과 제 2 기관; 상기 제 1 기관 내부에 형성되고, 박막 트랜지스터를 포함하는 어레이 소자; 상기 제 1 기관 위에 형성된 양극; 상기 양극 위에 형성된 정공수송층; 상기 정공수송층 위에 형성된 엑시플렉스 조절층; 상기 엑시플렉스 조절층 위에 형성된 발광층; 상기 발광층 위에 형성된 전자수송층; 상기 전자수송층 위에 형성된 전자주입층; 및 상기 전자주입층 위에 형성된 음극을 포함한다.

<27> 본 발명의 유기전계발광소자의 제조방법은 제 1 기관 내부에 박막 트랜지스터를 포함하는 어레이 소자를 형성하는 단계; 상기 제 1 기관 위에 양극을 형성하는 단계; 상기 양극 위에 정공수송층을 형성하는 단계; 상기 정공수송층 위에 엑시플렉스 조절층을 형성하는 단계; 상기 엑시플렉스 조절층 위에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 위에 전자수송층을 형성하는 단계; 상기 전자수송층 위에 전자주입층을 형성하는 단계; 및 상기 전자주입층 위에 음극을 형성하는 단계를 포함한다.

효 과

<28> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 유기전계발광소자는 가시광의 전 영역을 포함하는 하나의 발광 피크를 가짐에 따라 색 순도가 우수하며 색 순도의 변조가 용이한 이점을 제공한다. 즉, 상기 구조의 백색 유기전계발광소자는 유기층 계면에서의 엑시플렉스 발광을 이용하여 유기층 내부의 필드를 조절함으로써 색 변조가 용이한 한편 색좌표는 (0.33, 0.34)로써 순수한 백색광 영역의 발광특성을 보이며, 컬러필터가 필요 없어 면 발광 및 배면에서의 광원을 필요로 하는 백라이트와 같은 광원으로서의 적용이 용이한 장점을 가진다.

<29> 또한, 본 발명에 따른 유기전계발광소자 및 그 제조방법은 정공수송층과 발광층 사이에 엑시플렉스 조절층을 삽입하는 한편 상기 엑시플렉스 조절층의 두께를 조절함으로써 효과적인 컬러 튜닝이 가능하고, 특히 태양광과 유사한 백색 광원의 구현을 가능하게 한다.

<30> 또한, 본 발명에 따른 유기전계발광소자는 엑시플렉스 발광과 엑시톤 발광의 생성 비율을 조절함으로써 엑시플렉스 발광에 의한 성능 저하를 효율적으로 개선할 수 있게 된다.

<31> 또한, 본 발명에 따른 유기전계발광소자 및 그 제조방법은 열 증착을 이용한 종래의 유기전계발광소자에 비하여 구조와 제작이 단순하다는 이점을 가진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<32> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 유기전계발광소자 및 그 제조방법의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.

<33> 도 3은 본 발명에 따른 유기전계발광소자의 구조를 개략적으로 나타내는 단면도로서, 하부 발광방식으로 동작하는 유기전계발광소자의 하나의 서브 화소 영역을 예를 들어 나타내고 있다.

<34> 도면에 도시된 바와 같이, 투명 기관(110) 상에는 반도체층(120), 게이트전극(121) 및 소오스/드레인전극(122, 123)이 차례대로 형성되어 다결정 실리콘 박막 트랜지스터를 형성하고 있다.

<35> 이때, 상기 소오스/드레인전극(122, 123)에는 전원라인(미도시)과 연결된 전원전극(130) 및 유기전계발광 다이오드(E)가 각각 연결되어 있다.

<36> 그리고, 상기 전원전극(130)과 대응하는 하부에는 절연체가 개재된 상태로 커패시터 전극(135)이 위치하여, 이들이 대응하는 영역은 스토리지 커패시터 영역을 구성한다. 또한, 상기 유기전계발광 다이오드(E) 이외의 박막 트랜지스터 영역 및 스토리지 커패시터 영역에 형성된 소자들은 어레이 소자(A)를 구성한다.

<37> 상기 유기전계발광 다이오드(E)는 유기전계 발광층(113)이 개재된 상태로 서로 대향된 제 1 전극(111) 및 제 2

전극(116)으로 구성된다. 이때, 상기 유기전계발광 다이오드(E)는 자체 발광된 빛을 외부로 방출시키는 발광 영역에 위치한다.

<38> 이때, 전술한 바와 같이 상기 박막 트랜지스터의 드레인전극(123)과 전기적으로 접속하는 제 1 전극(111)은 양극(anode)으로 인듐-틴-옥사이드(Indium Tin Oxide; ITO)와 같은 투명도전성 물질이 사용되며, 상기 제 2 전극(116)은 음극(cathode)으로 일함수가 낮은 알루미늄(aluminum; Al) 등의 금속물질이 사용될 수 있다.

<39> 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도로써, 백색광을 위하여 일반적인 적색, 녹색 및 청색을 위한 3층 발광층의 적층구조 대신에 보색관계에 있는 단파장을 위한 근자외선 발광층과 노란색 발광층을 백색광을 위한 발광 구조로 적용한 유기전계발광소자를 예를 들어 나타내고 있다.

<40> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 유기전계발광소자는 유리 또는 플라스틱으로 이루어진 기판(110) 상에 투명한 산화물로 이루어진 양극(111)이 형성되며, 상기 양극(111) 위에는 순차적으로 정공수송층(112), 발광층(113), 전자수송층(114), 전자주입층(115) 및 음극(116)이 적층되어 있다.

<41> 이때, 상기 기판(110) 상에 증착된 투명한 양극(111)은 ITO를 이용하여 200nm 정도의 두께로 형성할 수 있으며, 상기 정공수송층(112)으로는 트리아릴유도체, 아릴아민유도체, 테트라페닐유도체, 스타버스트 아민유도체 등이 사용될 수 있고, 이때 상기 정공수송층(112)의 두께는 10~30nm 정도이다.

<42> 그리고, 상기 발광층(113) 상부에는 트리스하이드록시퀴놀라인 알루미늄(tris(8-hydroxyquinoline) aluminum; Alq₃)를 이용하여 전자수송층(114)을 40nm 정도의 두께로 형성하고, 전자 주입을 위하여 LiF를 이용하여 전자주입층(115)을 0.8nm 정도의 두께로 형성한 후, 알루미늄을 이용하여 음극(116)을 200nm 정도의 두께로 형성할 수 있다.

<43> 상기 구조를 기반으로 유기전계발광소자는 양극(111)에서 주입되는 정공과 음극(116)에서 주입되는 전자가 각각의 수송을 위한 수송층(112, 114)을 경유하여 발광층(113)에서 결합한 후 낮은 에너지 준위로 이동하면서 상기 발광층(113)에서의 에너지 차에 해당하는 파장의 빛을 생성하게 된다.

<44> 이때, 상기 구조에서 발광 효율을 향상시키기 위해 양극(111)과 정공수송층(112) 사이에 정공주입을 위한 버퍼층을 삽입하여 정공의 주입을 원활히 할 수 있으며, 또한 상기 발광층(113) 내부의 캐리어 밸런스(balance)를 맞추기 위하여 정공의 이동을 막아 발광층(113) 내부에서의 재결합 효율을 높이기 위한 정공저지층을 상기 발광층(113)과 전자수송층(114) 사이에 삽입할 수도 있다.

<45> 이때, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 백색 유기전계발광소자의 경우에는 풀 컬러 및 백색광의 발광을 위하여 상기 발광층(113)은 종래의 적색, 녹색 및 청색을 위한 3층 발광층의 적층구조 대신에 보색관계에 있는 노란색 발광층(113a)과 단파장을 위한 근자외선(near ultraviolet) 발광층(113b)으로 이루어질 수 있다.

<46> 여기서, 상기 노란색 발광을 위한 노란색 발광층(113a)은 녹색 발광층으로 사용되는 Alq₃를 호스트로 사용하며 도펀트(dopant)로써 루브레네, 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran(DCM1)을 사용할 수 있으며, 호스트에 적용되는 상기 도펀트의 중량은 호스트의 0.1~1중량% 이내일 수 있다.

<47> 또한, 상기 근자외선 발광을 위한 근자외선 발광층(113b)은 400nm이하의 광 발광 피크를 가지고 있는 페난트롤린유도체와 트리아릴유도체, 페난트롤린유도체와 스타버스트아민유도체, 그리고 페난트롤린유도체와 테트라페닐유도체 등의 조합으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 상기 근자외선 발광층(113b)은 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline(BCP)(113b-1)와 1,1,4,4-tetraphenyl-1,3-butadiene(TPD)(113b-2)를 각각 15nm 정도의 두께로 형성할 수 있다.

<48> 이와 같이 상기 보색을 이용한 백색광 구현에 있어 본 발명의 제 1 실시예에서는 근자외선과 노란색 발광을 위하여 두 개의 보색 발광층을 구성한 경우를 예를 들어 설명하고 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 보색의 유기전계발광소자의 구성은 본 구성의 실시예로서 다른 보색의 구성 또한 배제하지 않는다.

<49> 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도로써, 정공수송층과 발광층 사이에 엑시플렉스 조절층을 삽입하고 엑시톤 발광과 엑시플렉스 발광의 비율을 선택적으로 조절함으로써 넓은 색 영역에서의 컬러튜닝이 가능한 백색 유기전계발광소자의 발광구조를 예를 들어 나타내고 있다.

<50> 이때, 상기 본 발명의 제 2 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자는 정공수송층과 발광층

사이에 엑시플렉스 조절층이 삽입된 것을 제외하고는 전술한 제 1 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 구성과 동일한 구성요소로 이루어져 있다.

- <51> 즉, 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 유기전계발광소자는 유리 또는 플라스틱으로 이루어진 기판(210) 상에 투명한 산화물로 이루어진 양극(211)이 형성되며, 상기 양극(211) 위에는 순차적으로 정공수송층(212), 엑시플렉스 조절층(250), 발광층(213), 전자수송층(214), 전자주입층(215) 및 음극(216)이 적층되어 있다.
- <52> 이때, 상기 기판(210) 상에 증착된 투명한 양극(211)은 ITO를 이용하여 200nm 정도의 두께로 형성할 수 있으며, 상기 정공수송층(212)으로는 트리아릴유도체, 아릴아민유도체, 테트라페닐유도체, 스타버스트 아민유도체 등이 사용될 수 있고, 이때 상기 정공수송층(212)의 두께는 10~30nm 정도이다.
- <53> 그리고, 상기 발광층(213) 상부에는 Alq_3 를 이용하여 전자수송층(214)을 40nm 정도의 두께로 형성하고, 전자 주입을 위하여 LiF를 이용하여 전자주입층(215)을 0.8nm 정도의 두께로 형성한 후, 알루미늄을 이용하여 음극(216)을 200nm 정도의 두께로 형성할 수 있다.
- <54> 이때, 상기 구조에서 발광 효율을 향상시키기 위해 양극(211)과 정공수송층(212) 사이에 정공주입을 위한 버퍼층을 삽입하여 정공의 주입을 원활히 할 수 있으며, 또한 상기 발광층(213) 내부의 캐리어 밸런스를 맞추기 위하여 정공의 이동을 막아 발광층(213) 내부에서의 재결합 효율을 높이기 위한 정공저지층을 상기 발광층(213)과 전자수송층(214) 사이에 삽입할 수도 있다.
- <55> 이때, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 백색 유기전계발광소자의 경우에는 전술한 제 1 실시예에 따른 백색 유기전계발광소자의 경우와 동일하게 풀 컬러 및 백색광의 발광을 위하여 상기 발광층(213)은 종래의 적색, 녹색 및 청색을 위한 3층 발광층의 적층구조 대신에 보색관계에 있는 노란색 발광층(213a)과 단파장을 위한 근자외선 발광층(213b)으로 이루어질 수 있다.
- <56> 여기서, 상기 노란색 발광을 위한 노란색 발광층(213a)은 녹색 발광층으로 사용되는 Alq_3 를 호스트로 사용하며 도펀트로써 루브레네, 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran(DCM1)을 사용할 수 있으며, 호스트에 적용되는 상기 도펀트의 중량은 호스트의 0.1~1중량% 이내일 수 있다.
- <57> 또한, 상기 근자외선 발광을 위한 근자외선 발광층(213b)은 400nm이하의 광 발광 피크를 가지고 있는 페난트롤린유도체와 트리아릴유도체, 페난트롤린유도체와 스타버스트아민유도체, 그리고 페난트롤린유도체와 테트라페닐유도체 등의 조합으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 상기 근자외선 발광층(213b)은 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline(BCP)(213b-2)와 1,1,4,4-tetraphenyl-1,3-butadiene(TPD)(213b-1)를 각각 15nm 정도의 두께로 하여 형성할 수 있다.
- <58> 전술한 바와 같이 본 발명의 제 2 실시예에 따른 백색 유기발광소자의 경우에는 정공수송층(212)과 발광층(213) 사이에 엑시플렉스 조절층(250)이 삽입되며, 이때 상기 삽입되는 엑시플렉스 조절층(250)은 그 두께를 선택적으로 조절함으로써 본 발명의 목적에 효과적으로 도달하게 된다.
- <59> 이때, 상기 엑시플렉스 조절층(250)은 0.5~5nm 사이에서 그 두께를 선택적으로 조절할 수 있으며, 물질로는 예를 들어 페난트롤린유도체, 실롤유도체, 4,4-bis(carbazol-9-yl)biphenyl, 트리아아졸유도체, 옥사디아졸유도체 등을 적용할 수 있다.
- <60> 여기서, 상기 엑시플렉스 조절층(250)의 두께를 조절함은 정공수송층(212)과 발광층(213)(구체적으로는 노란색 발광층(213a)) 사이의 계면에서 형성되는 엑시플렉스 발광의 양을 선택적으로 조절 할 수 있다는 의미로, 이에 따라 엑시플렉스 발광과 엑시톤 발광 사이의 발광 비율을 선택적으로 조절할 수 있게 되며, 이는 본 특허의 목적 중의 하나인 발광색 튜닝을 가능하게 한다.
- <61> 참고로, 도 6은 상기 도 5에 도시된 본 발명의 제 2 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 개략적으로 나타내는 도면이며, 도 7은 엑시플렉스 발광의 메커니즘을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- <62> 이때, 도 6에 도시된 숫자는 각 유기층에서의 루모(Lowest Unoccupied Molecular Orbital; LUMO)에너지 레벨과 호모(Highest Occupied Molecular Orbital; HOMO)에너지 레벨을 의미하며, 수송층과 발광층의 적층으로 이루어진 유기전계발광소자는 상기 층들의 계면에서 엑시플렉스(exciplex) 발광과 일렉트로플렉스(electroplex) 발광과 같은 주요한 현상이 일어난다.

- <63> 도면에 도시된 바와 같이, 상기 엑시플렉스 발광은 정공수송층(212)과 발광층(213)의 계면에서 발생하는 현상으로 인접하는 상기 두 유기층(212, 213)이 보유한 각기 다른 에너지 값에 의해 발생되며, 낮은 호모에너지 레벨을 갖는 정공수송층(212)을 이동하는 정공과 높은 루모에너지 레벨을 갖는 발광층(213)을 이동하는 전자가 계면에서 재결합하여 생성되는 현상으로서 정공수송층(212)의 호모에너지 레벨은 도너(donor)에너지밴드로 작용하고 발광층의 루모에너지 레벨은 어셉터(acceptor)로 작용한다.
- <64> 따라서, 엑시플렉스 발광을 통한 발광의 파장 영역은 정공수송층(212)의 호모에너지 레벨과 발광층(213)의 루모에너지 레벨의 차이에 해당하는 에너지를 갖는 발광파장을 갖는다. 이에 따라 엑시플렉스 발광은 정공수송층(212)의 에너지 레벨과 발광층(213)의 에너지레벨을 조절함으로써 그 발광영역을 조절할 수 있다.
- <65> 도 8은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 전류 밀도(current density)의 증가에 따른 전기발광(electroluminescence; EL) 스펙트럼을 나타내는 그래프이며, 도 9는 상기 도 8에 도시된 전기발광 스펙트럼을 가우스 방정식(Gaussian equation)과 확률분포 함수(probability distribution function)를 이용하여 분석한 결과를 나타내는 그래프이다.
- <66> 이때, 도 8은 전류 밀도를 $0.3\text{mA}/\text{cm}^2$ (이 경우 휘도는 80nit에 해당함)에서 $2.8\text{mA}/\text{cm}^2$ (이 경우 휘도는 550nit에 해당함)로 증가시킬 때 파장에 대한 전기발광의 스펙트럼을 나타내며, 도 9는 엑시플렉스 발광에 의한 전기발광 스펙트럼을 가우스 방정식과 확률분포 함수를 이용하여 제 1 피크(peak)와 제 2 피크의 두 피크로 분할한 결과를 나타내고 있다.
- <67> 또한, 상기 도 8 및 도 9는 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 가시광영역에서의 전기발광 스펙트럼을 나타내며, 가시광영역에서의 전기발광 파장의 엑시플렉스 발광과 엑시톤 발광의 비는 가우스 피크 분할법을 적용하여 각각에 해당하는 파장이 포함하는 영역의 면적비 비로 나타내었다.
- <68> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명의 백색 유기전계발광소자의 전기발광 특성 그래프를 살펴보면, 가시광(400nm~780nm)전 영역을 포함하는 발광특성이 관찰된다.
- <69> 상기 전기발광 그래프의 반치폭(Full Width at Half Maximum; FWHM)은 189nm 이며 각 근자외선, 노란색 발광 및 백색발광의 색좌표는 1000nit에서 (0.15, 0.07), (0.48, 0.51) 및 (0.33, 0.34)이다.
- <70> 상기 전기발광 그래프를 가우스 방정식을 적용하여 분할하면, 그 파장은 각 495nm와 576nm의 제 1 피크 및 제 2 피크로 분할된다. 이중 상기 576nm의 제 2 피크는 $\text{Alq}_3\text{:DCM}(0.1\%)$ 유기층(즉, 본 발명의 노란색 발광층)의 광발광 그래프에서 알 수 있듯이 상기 노란색 발광층으로부터 파생된 피크임을 알 수 있으나, 495nm의 제 1 피크는 백색광을 이루는 유기층의 광발광 피크로 유도되지 않는 새로운 피크임을 알 수 있다. 이는 TPD와 Alq_3 (전자수송층) 계면에서 엑시플렉스 발광으로서 TPD의 호모에너지 레벨(-5.4eV)에서의 정공과 Alq_3 의 루모에너지 레벨(-3.0eV)에서의 전자의 재결합으로 파생된 피크임을 알 수 있다.
- <71> 또한, 다음 수학적 식 1에 의하여 계산된 엑시플렉스에 의한 발광 피크는 495nm임을 알 수 있다.

수학적 식 1

<72>
$$\lambda_{ex} = hc/E_{g,ex}$$

- <73> 도 10은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 전류 밀도에 대한 휘도 특성 및 전류 효율 특성(current efficiency characteristics)을 나타내는 그래프이다.
- <74> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의하여 제작된 백색 유기전계발광소자는 $100\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도에서 약 11000nit의 휘도 특성을 보이며, 그 효율은 11.2 cd/A의 특성을 보인다.
- <75> 이때, 본 발명에 의하여 제작된 백색 유기전계발광소자의 발광 면적은 10mmx10mm인 경우를 예를 들고 있다.
- <76> 도 11은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 엑시플렉스 조절층의 두께에 따른 전기발광 스펙트럼을 나타내는 그래프이다.
- <77> 이때, 상기 도 11은 엑시플렉스 조절층(BL)의 두께를 1.0nm에서 1.5, 2.0 및 3.0nm로 변화시킬 때 가시광영역에서의 전기발광 스펙트럼을 나타내고 있다.

- <78> 도면에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 발광의 경우 엑시톤 발광영역에서의 에너지 전이를 효과적으로 높여 주며, 엑시플렉스 조절층의 두께가 3.0nm일 경우의 발광 피크의 형태는 가시광영역에서의 태양광과 유사하여, 자연광에 가까운 백색 광원의 구현이 가능함을 보여준다.
- <79> 또한, 엑시플렉스 조절층의 두께를 선택적으로 조절함에 따라 청색에서 적색까지의 가시광영역에서의 컬러 튜닝이 가능함을 알 수 있다.
- <80> 다음 표 1은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 엑시플렉스 조절층을 삽입한 경우의 그 두께에 따른 본 발명의 효과를 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 이의 해석은 본 발명의 실시예에 한정되지 않는다.

표 1

<81>

		턴-온 전압 (V)	최대 휘도 (cd/m^2)	전류 효율 (cd/A , lm/W)	CIE 좌표 변환값 (x, y)	엑시플렉시 발광 vs. 엑시톤 발광
실험예1		6.0 V	11,203	11.24 cd/A 2.26 lm/W	(0.33, 0.34) to (0.34, 0.40)	63:37
실험예2	1.0nm	4.8 V	12,020	12.21 cd/A 2.59 lm/W	(0.28, 0.30) to (0.34, 0.41)	61:39
	1.5nm					60:40
	2.0nm	4.2 V	12,860	12.48 cd/A 2.79 lm/W		57:43
	3.0nm					49:51

- <82> 이때, 상기 표 1에서 턴-온 전압 및 전류 효율은 각각 1cd/m^2 및 1000cd/m^2 의 휘도 조건에서의 전압 값 및 전류 효율을 나타내며, 최대 휘도는 100mA/cm^2 의 전류 밀도에서의 휘도를 나타내고 있다.
- <83> 또한, CIE는 표준 측색 시스템(standard colorimetric system)을 나타내며, 빛의 3원색인 R(적)/G(녹)/B(청)를 X/Y/Z의 양으로 나타낸다. 이 중에서 X와 Y를 각각 X축과 Y축으로 하여 도표로 만든 것이 색도도(色度圖)이다. 이것을 CIE 1931(x, y) 색도도라고 하는데, 색 공간은 찌그러진 종(鍾)과 같은 3각형으로 되어 있으며 대략 중앙이 백이고 3각형의 왼쪽에 가까워질수록 흑이 된다.
- <84> 여기서, 실험예 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따라 엑시플렉스 조절층이 삽입되지 않은 경우를 나타내며, 실험예 2는 본 발명의 제 2 실시예에 따라 정공수송층과 발광층 사이에 엑시플렉스 조절층이 삽입된 경우의 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자를 나타낸다.
- <85> 또한, 상기 실험예 2는 엑시플렉스 조절층의 두께를 1.0nm에서 1.5, 2.0 및 3.0nm로 변화시킬 때의 실험 결과를 나타내고 있다. 이때, 본 발명의 엑시플렉스 조절층의 두께를 조절한다는 의미는 엑시플렉스 발광과 엑시톤 발광의 비율을 선택적으로 조절할 수 있다는 의미이다.
- <86> 또한, 색좌표상의 구동 전압에 의한 컬러튜닝의 변화 값은 엑시플렉스 조절층의 두께를 조절함으로써 그 변위 폭을 조절할 수 있다. 다만, 정공수송층과 발광층 사이의 엑시플렉스 생성은 기본적으로 유기전계발광소자의 초기 휘도 값을 저하시켜 수명에 영향을 주어 그 성능을 저하시킨다. 그러나, 효과적으로 엑시플렉스를 조절함은 엑시톤 발광과의 비를 변화시켜 그 효율을 향상시킬 수 있다.
- <87> 상기한 설명에 많은 사항이 구체적으로 기재되어 있으나 이것은 발명의 범위를 한정하는 것이라기보다 바람직한 실시예의 예시로서 해석되어야 한다. 따라서 발명은 설명된 실시예에 의하여 정할 것이 아니고 특허청구범위와 특허청구범위에 균등한 것에 의하여 정하여져야 한다.

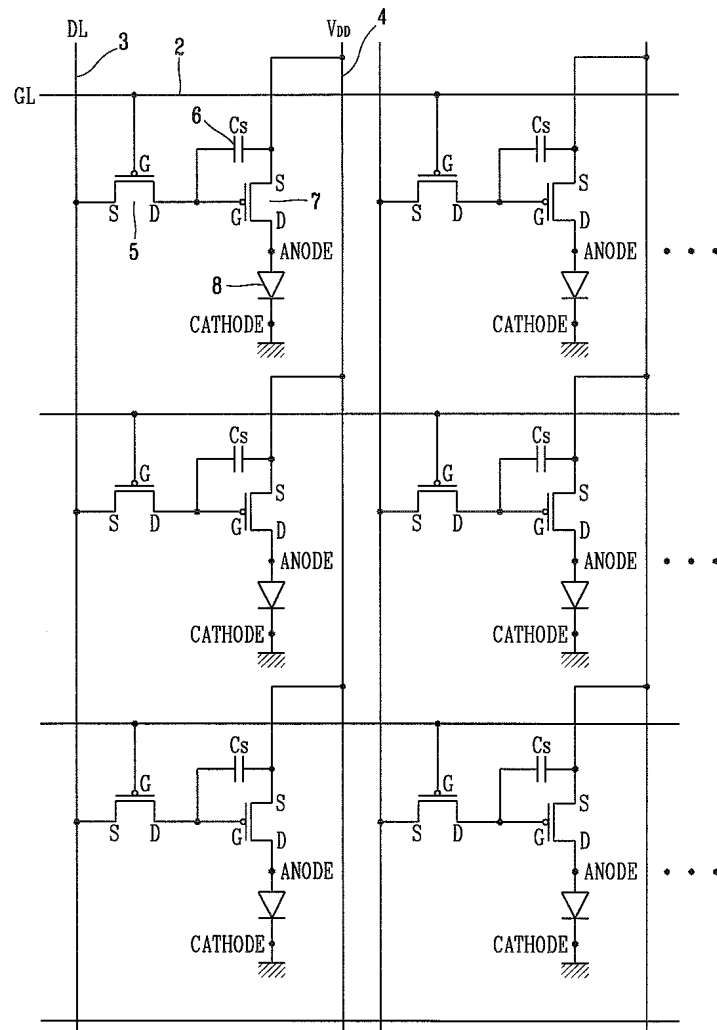
도면의 간단한 설명

- <88> 도 1은 일반적인 유기전계발광소자의 기본 구조를 나타내는 회로도.

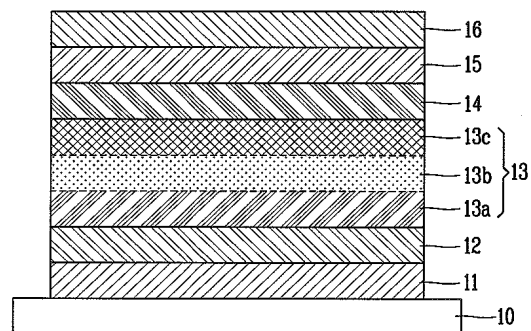
- <89> 도 2는 일반적인 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도.
- <90> 도 3은 본 발명에 따른 유기전계발광소자의 구조를 개략적으로 나타내는 단면도.
- <91> 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도.
- <92> 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 발광구조를 개략적으로 나타내는 단면도.
- <93> 도 6은 상기 도 5에 도시된 본 발명의 제 2 실시예에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자의 에너지 밴드 다이어그램을 개략적으로 나타내는 도면.
- <94> 도 7은 엑시플렉스 발광의 생성 메커니즘을 개략적으로 나타내는 도면.
- <95> 도 8은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 전류 밀도(current density)의 증가에 따른 전기발광(electroluminescence; EL) 스펙트럼을 나타내는 그래프.
- <96> 도 9는 상기 도 8에 도시된 전기발광 스펙트럼을 가우스 방정식(Gaussian equation)과 확률분포 함수(probability distribution function)를 이용하여 분석한 결과를 나타내는 그래프.
- <97> 도 10은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 전류 밀도에 대한 휘도 특성 및 전류 효율 특성(current efficiency characteristics)을 나타내는 그래프.
- <98> 도 11은 본 발명에 따른 보색발광층을 구비한 백색 유기전계발광소자에 있어서, 엑시플렉스 조절층의 두께에 따른 전기발광 스펙트럼을 나타내는 그래프.
- <99> ** 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 **
- | | | |
|-------|---------------------|---------------------|
| <100> | 110,210 : 기판 | 111,211 : 양극 |
| <101> | 112,212 : 정공수송층 | 113,213 : 발광층 |
| <102> | 113a,213a : 노란색 발광층 | 113b,213b: 근자외선 발광층 |
| <103> | 114,214 : 전자수송층 | 115,215 : 전자주입층 |
| <104> | 116,216 : 음극 | 250 : 엑시플렉스 조절층 |

도면

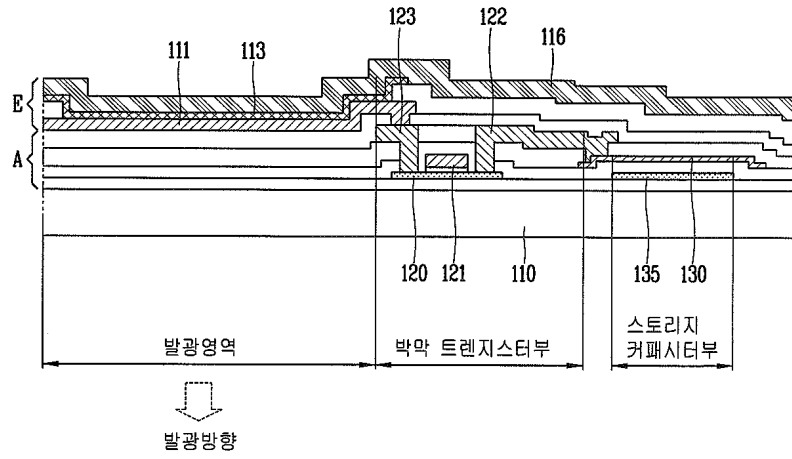
도면1



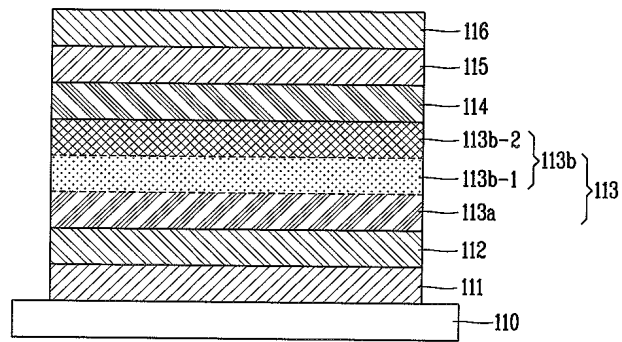
도면2



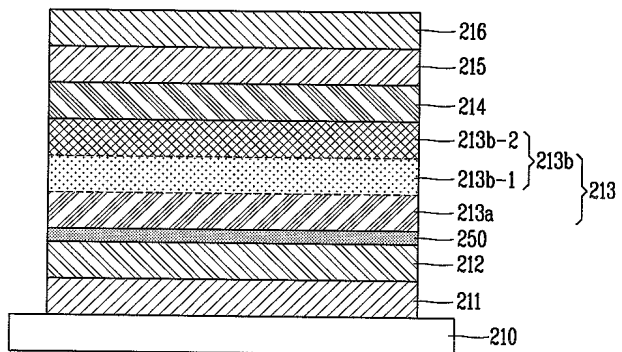
도면3



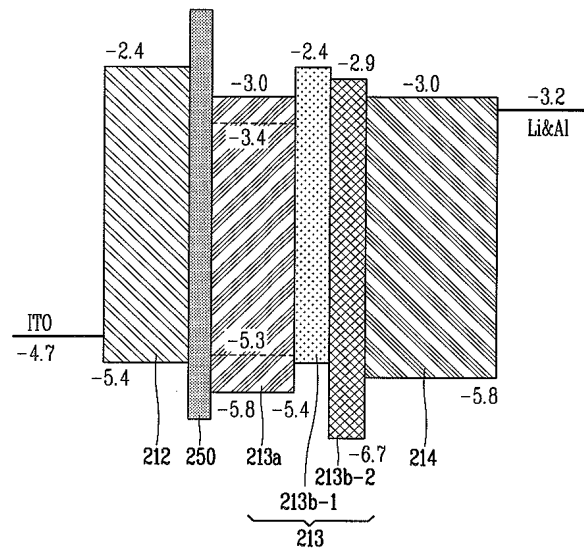
도면4



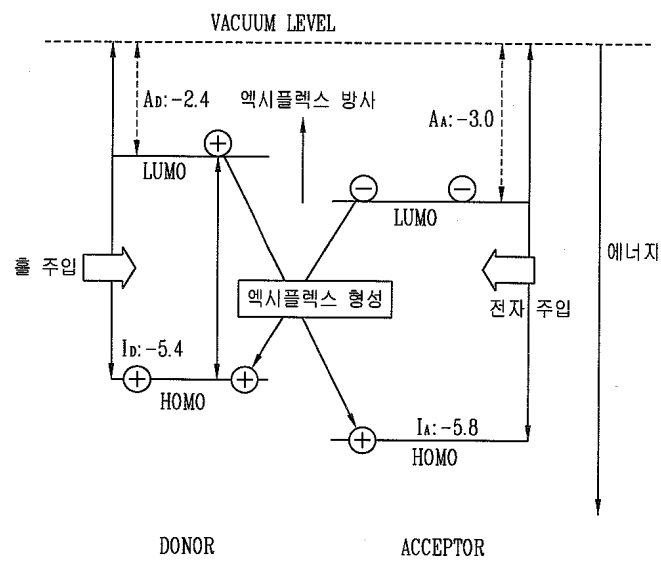
도면5



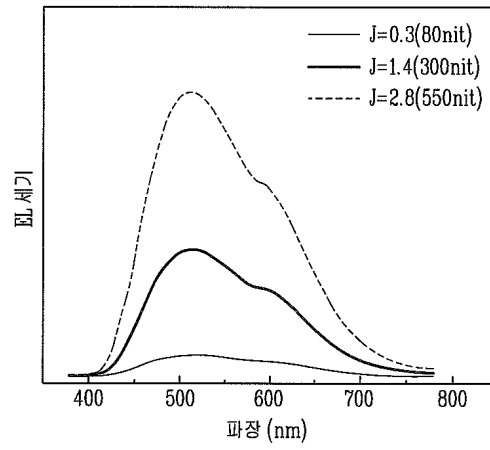
도면6



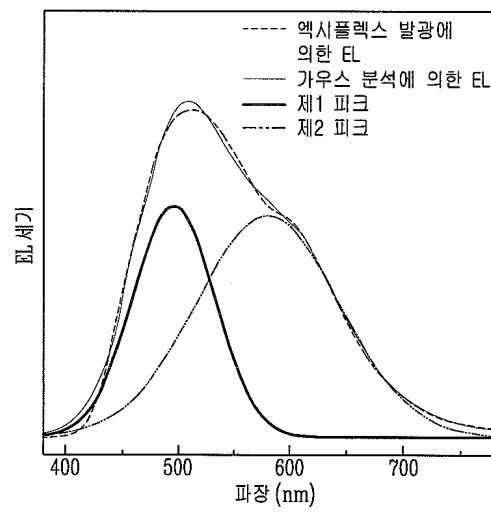
도면7



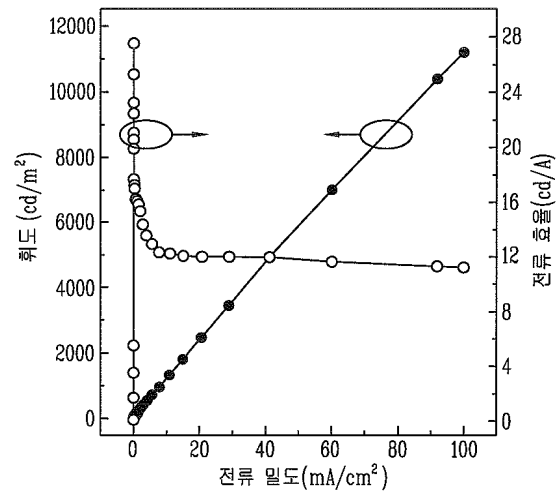
도면8



도면9



도면10



도면11

