



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0092079
 (43) 공개일자 2007년09월12일

(51) Int. Cl.
H05B 33/22(2006.01) *H05B 33/10*(2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-0070603
 (22) 출원일자 2006년07월27일
 심사청구일자 2006년07월27일
 (30) 우선권주장
 1020060021903 2006년03월08일 대한민국(KR)

(71) 출원인
 한국전자통신연구원
 대전 유성구 가정동 161번지
 (72) 발명자
 추혜용
 대전 유성구 전민동 나래아파트 107-801
 이정익
 경기 수원시 권선구 세류3동 831-7
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 신영무

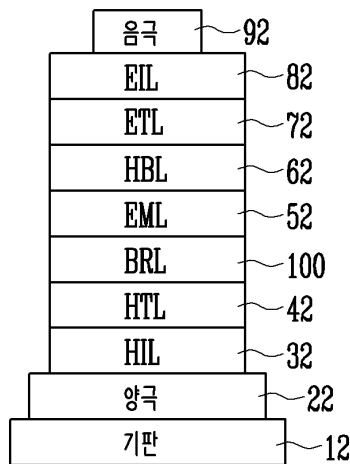
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 고효율 유기전기발광소자 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 고효율 유기전기발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다. 인광 특성을 이용하는 소재를 발광층으로 하는 유기전기발광소자는 인광의 특성상 효율이 매우 우수하나, 소자를 구성하는 소재의 특성상 정공주입층과 발광층 간의 에너지 밴드의 불연속성으로 인하여 발광층 내에 정공의 주입이 원활하게 이루어지는 데 어려움이 있다. 이에 본 발명에서는 정공이 원활하게 발광층으로 주입되도록 정공수송층과 발광층의 사이에 장벽완화층을 도입하여 효율을 향상시킨 유기전기발광소자 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도2a



(72) 발명자
양용석
대전 유성구 전민동 나래아파트 110-1103호
박상희
대전 유성구 전민동 엑스포아파트501-701
황치선
대전 대덕구 범2동 보람아파트 113-108호

정승목
경기 수원시 영통구 영통동 황골 주공아파트
123-1302
도이미
대전 유성구 전민동 엑스포아파트 403-404

특허청구의 범위

청구항 1

양극 상에 위치하며 정공 주입을 돕는 물질로 구성된 정공주입층;
 상기 정공주입층 상에 위치하며 정공의 수송을 용이하게 하는 정공수송층;
 상기 정공수송층 상에 위치하며 상기 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질의 조합으로 이루어지는 장벽완화층;
 상기 장벽완화층 상에 위치하는 발광층;
 상기 발광층 상에 위치하는 전자수송층;
 상기 전자수송층 상에 위치하는 전자주입층; 및
 상기 전자주입층 상에 위치하는 음극을 포함하는 유기전기발광소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 발광층은 인광 특성을 낼 수 있는 소재로 이루어지는 유기전기발광소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 장벽완화층은 상기 정공수송층 상에 상기 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질의 조합으로 이루어지는 제 1 장벽완화층; 및 상기 제 1 장벽완화층 상에 상기 발광층의 호스트 물질로 이루어지는 제 2 장벽완화층을 포함하여 이루어지는 유기전기발광소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 장벽완화층은 상기 정공수송층의 소재에 대하여 상기 발광층의 호스트 소재가 약 10% 내지는 60%의 몰비로 조합되어 이루어지는 유기전기발광소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 제 1 장벽완화층 및 상기 제 2 장벽완화층 각각의 두께는 1nm 내지는 50nm인 유기전기발광소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 발광층과 상기 전자수송층 사이에 위치하는 정공장벽층을 추가적으로 포함하는 유기전기발광소자.

청구항 7

기판 상에 양극을 형성하는 단계와,
 상기 양극 상에 정공 주입을 돕는 물질로 구성된 정공주입층을 형성하는 단계와,
 상기 정공주입층 상에 정공의 수송을 용이하게 하는 정공수송층을 형성하는 단계와,
 상기 정공수송층 상에 상기 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질을 동시에 증착하여 장벽완화층을 형성하는 단계와,
 상기 장벽완화층 상에 상기 발광층을 형성하는 단계와,
 상기 발광층 상에 전자수송층을 형성하는 단계와,
 상기 전자수송층 상에 전자주입층을 형성하는 단계와,
 상기 전자주입층 상에 음극을 형성하는 단계를 포함하여 이루어지는 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 발광층은 인광 특성을 낼 수 있는 소재로 이루어지는 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 장벽완화층을 형성하는 단계는 상기 정공수송층의 소재에 대하여 상기 발광층의 호스트 소재를 약 10% 내지는 60%의 몰비로 동시에 증착하는 공정을 포함하는 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 장벽완화층의 두께는 1nm 내지는 100nm인 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서, 상기 장벽완화층을 형성하는 단계는,

상기 정공수송층 상에 상기 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질을 동시에 증착하여 제 1 장벽완화층을 형성하는 단계; 및

상기 제 1 장벽완화층 상에 상기 발광층의 호스트 물질을 이용한 제 2 장벽완화층을 형성하는 단계를 포함하는 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 장벽완화층을 형성하는 단계는 상기 정공수송층의 소재에 대하여 상기 발광층의 호스트 소재를 10% 내지는 60%의 몰비로 동시에 증착하는 공정을 포함하는 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 장벽완화층의 두께는 1nm 내지는 50nm인 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 제 2 장벽완화층의 두께는 1nm 내지는 50nm인 유기전기발광소자의 제조방법.

청구항 15

제 7 항에 있어서,

상기 발광층 상에 정공장벽층을 형성하는 단계를 추가적으로 포함하는 유기전기발광소자의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <13> 본 발명은 유기전기발광소자에 관한 것으로, 상세하게는 디스플레이로 사용되는 유기전기발광소자(organic light emitting diodes: OLED)의 제작 기술 중에 인광 소재를 발광층으로 하는 고효율의 유기전기발광소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.
- <14> 디스플레이 산업은 경량, 박막, 고해상도를 요구하며 발전해 가고 있다. 이러한 요구에 발맞추어 액정표시장치(LCD)나 유기전기발광 특성을 이용하는 디스플레이에 대한 제조기술들이 기존에 유리를 기판으로 하여 구현하던 기술에서 탈피하여 플라스틱을 기판으로 하여 경량화, 박막화를 구현하기 위하여 연구되고 있다. 차세대 플라스틱 디스플레이의 구현을 위해서는 현존하는 소자 제작 기술 중에 유기전기발광소자 기술이 가장 현실성이 있는 것으로 주목을 받고 있으며 이에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다.
- <15> 유기물을 소재로 하는 전기발광소자의 동작원리는 다음과 같다. 발광특성을 갖는 발광층의 양단에 음극과 양극을 형성하고 양단의 전극에 전류 혹은 전압을 인가하면 정공과 전자가 각각 발광층으로 주입되어 여기자(exciton)를 형성한 후 여기자로부터 정공과 전자 사이의 에너지에 해당하는 빛을 발하게 된다.

- <16> 전술한 유기전기발광소자에서 여기자의 상태는 일중항 상태(singlet state)와 삼중항 상태(triplet state)가 1 대 3의 확률로 존재하며 일중항 상태에서 기저상태(ground state)로 떨어질 때에만 발광이 가능하기 때문에 내부양자효율이 이론적으로 25%를 넘을 수 없다고 알려져 왔다. 이러한 소자 구조로는 일부 제품에 응용하기에 아직 부족하므로 유기전기발광소자의 양자효율을 높이려는 노력이 다양하게 진행되고 있다. 그러한 노력중의 하나로 일중항 상태만을 이용하게 되면 이론적으로 최대 25%의 양자효율을 이용할 수밖에 없으나, 삼중항 상태인 75%의 내부양자효율을 이용할 수 있으면 효율의 획기적인 개선을 가져올 수 있을 것으로 기대된다.
- <17> 일반적으로 사용되는 삼중항 상태의 여기자의 재결합에 의해 발광 특성을 얻는 유기전기발광소자는 도 1a에 도시한 바와 같이 기관(11) 상에 양극(21), 정공주입층(31), 정공수송층(41), 발광층(51), 정공장벽층(61), 전자수송층(71), 전자주입층(81) 및 음극(91)이 순차적으로 형성된 구조로 이루어져 있다. 발광층(51)은 정공 수송 특성이 좋으며, 인광 도판트(dopant)보다 밴드갭이 큰 소재를 사용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 인광 소자에 사용되는 발광층의 호스트 소재는 CBP, MCP 등으로 HOMO(the highest occupied molecular orbital) 레벨이 6.0eV 이상으로 일반적으로 정공수송층으로 사용되는 NPD의 HOMO 레벨인 5.4eV에 비하여 약 0.6eV 정도 차이가 난다. 그것은 전자수송층과 발광층과의 계면에서 야기되는 이질접합 구조로 인하여 수송자가 발광층 내로의 주입되는데 장애가 되기 때문이다. 그러나 현재 사용되는 CBP, MCP도 청색 인광 도판트를 위해서는 HOMO 레벨이 낮아 더 높은 HOMO 레벨을 갖는 인광 호스트의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 인광 효율을 높이기 위해서는 HOMO 레벨이 높은 호스트 소재의 사용은 불가피하며, 이로 인한 에너지 장벽은 구동전압의 증가로 효율을 높이에 어려움이 된다.
- <18> 최근 고효율의 인광 유기전기발광소자를 구현하기 위해서 발광층으로 사용되는 소재를 개선하거나 발광층에 적절하게 도핑을 하는 방법과 금속과 유기물의 계면의 처리를 통하여 수송자가 유기물 내로 원활하게 주입되도록 하는 방법과 금속으로부터 주입된 수송자가 발광층 내로 주입되는 것을 극대화시키는 방법 등이 보고되고 있다.
- <19> 그 중에서도 신소재의 개발에는 한계가 있으므로 발광층으로 수송자의 주입을 극대화하기 위하여 발광층의 양쪽에 정공 및 전자의 주입을 돕는 물질로 형성된 정공주입층 혹은/그리고 정공수송층과 전자수송층 혹은/그리고 전자주입층을 형성하는 다층막 구조의 소자 제작이 일반적으로 이루어지고 있다. 그래서 발광층의 소재가 결정되면 물질의 에너지 밴드 구조에 따라 이에 적합한 각 기능층의 소재를 이용하여 최적화된 구조 개발을 위하여 많은 연구가 이루어진다. 그러나 발광층과 발광층의 양단에 위치하는 유기막막 사이에 에너지 밴드의 불연속성에서 야기되는 문제를 완전히 해소하는 데는 어려움이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <20> 앞서 언급한 바와 같이, 일반적으로 유기물을 소재로 하는 전기발광소자에서 효율을 최대화하기 위해서는 다층 구조와 인광 특성을 갖는 소재를 사용한 소자의 제작이 불가피한 실정이다. 그럼에도 불구하고 인광 특성을 갖는 유기전기발광소자의 경우는 정공주입층과 발광층 호스트 간의 이질접합구조로 인하여 정공이 발광층으로 주입되는 데 어려움이 있었다.
- <21> 즉, 기존의 다층막 구조의 유기전기발광소자는 도 1b와 같은 에너지 밴드 구조를 갖게 되는데, 이때 정공수송층(41)과 발광층(51) 간의 밴드 갭 차이로 인하여 정공이 안정되고 원활하게 발광층(51)으로 주입되는 데 어려움이 있다. 예컨대 보편적으로 정공수송층(41)에 사용되는 NPB의 HOMO 레벨은 5.4eV이고, 발광층(51)의 호스트에 사용되는 CBP, BA1q, TAZ, BCP, BPhen 등의 소재의 HOMO 레벨은 대략 6.3 내지는 6.8eV로 정공수송층(41)에 사용된 NPB의 HOMO 레벨과는 약 1eV 이상의 에너지 장벽 차이를 갖게 된다. 따라서, 종래의 인광 유기전기발광소자에서는 구동전압이 높아져 효율을 극대화하는데 어려움이 있다.
- <22> 전술한 종래 기술의 한계를 극복하기 위하여 본 발명에서는 정공수송층과 발광층 사이에 장벽완화층을 도입하여 정공이 발광층으로 주입될 때 장애가 되는 에너지 장벽을 최소화함으로써 고효율의 인광 유기전기발광 특성을 갖는 소자 및 그 제작 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

- <23> 상술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 측면에 의하면, 양극 상에 위치하며 정공 주입을 돕는 물질로 구성된 정공주입층과, 정공주입층 상에 위치하며 정공의 수송을 용이하게 하는 정공수송층과, 정공수송층 상에 위치하며 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질의 조합으로 이루어지는 장벽완화층과, 장벽완화층 상에 위치하는 발광층과, 발광층 상에 위치하는 전자수송층과, 전자수송층 상에 위치하는 전자주입층과, 전자주입층 상에 위치하는 음극을 포함하여 이루어지는 유기전기발광소자가 제공된다.

- <24> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 기관 상부에 양극을 형성하는 단계와, 양극의 상부에 정공 주입을 돕는 물질로 구성된 정공주입층을 형성하는 단계와, 정공주입층의 상부에 정공의 수송을 용이하게 하는 정공수송층을 형성하는 단계와, 정공수송층의 상부에 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질을 동시에 증착하여 장벽완화층을 형성하는 단계와, 장벽완화층의 상부에 발광층을 형성하는 단계와, 발광층의 상부에 전자수송층을 형성하는 단계와, 전자수송층의 상부에 전자주입층을 형성하는 단계와, 전자주입층의 상부에 음극을 형성하는 단계를 포함하여 이루어지는 유기전기발광소자의 제조방법이 제공된다.
- <25> 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 기관 상부에 양극을 형성하는 단계와, 양극의 상부에 정공 주입을 돕는 물질로 구성된 정공주입층을 형성하는 단계와, 정공주입층의 상부에 정공의 수송을 용이하게 하는 정공수송층을 형성하는 단계와, 정공수송층의 상부에 정공수송층에 사용된 물질과 발광층에 사용될 물질을 동시에 증착하여 제 1 장벽완화층을 형성하는 단계와, 제 1 장벽완화층의 상부에 발광층의 호스트 물질을 이용한 제 2 장벽완화층을 형성하는 단계와, 제 2 장벽완화층의 상부에 발광층을 형성하는 단계와, 발광층의 상부에 전자수송층을 형성하는 단계와, 전자수송층의 상부에 전자주입층을 형성하는 단계와, 전자주입층의 상부에 음극을 형성하는 단계를 포함하여 이루어지는 유기전기발광소자의 제조방법이 제공된다.
- <26> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세하게 설명하기로 한다. 이하의 실시예는 본 기술 분야에서 통상적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 충분히 이해하도록 하기 위한 것이다.
- <27> 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 장벽완화층을 갖는 인광 유기전기발광소자의 구조를 나타낸 단면도이다.
- <28> 도 2a에 도시한 바와 같이, 본 발명의 유기전기발광소자는 정공수송층(42)과 발광층(52) 사이에 장벽완화층(100)을 도입한 것을 특징으로 한다. 장벽완화층(100)은 단일 장벽완화층 혹은 이중 장벽완화층으로 구성될 수 있다.
- <29> 본 발명의 유기전기발광소자는 기본적으로 ITO(indium tin oxide)와 같은 양극(anode; 22)이 코팅된 기관(12) 상에 5nm 내지 50nm 두께를 갖는 정공수송층(hole transfer layer, HTL; 42), 1nm 내지 100nm 두께를 갖는 장벽완화층(barrier relax layer, BRL; 100), 5nm 내지 100nm 두께를 갖는 발광층(emission layer, EML; 52), 그리고 5nm 내지 50nm 두께를 갖는 전자수송층(electron transfer layer, ETL; 72)이 연속적으로 적층되고, 일함수가 낮은(low work function) 금속이나 합금으로 이루어진 음극(cathode; 92)이 전자수송층(72) 위에 적층되어 이루어진다. 기관(12)으로는 유리, 금속박막, 플라스틱 기관 등이 사용될 수 있다.
- <30> 또한 본 실시예의 인광 유기전기발광소자는 최적의 소자 성능을 얻기 위하여 양극(22)과 정공수송층(42) 사이에 정공주입층(hole injection layer, HIL; 32)이 적층되고, 발광층(52)과 전자수송층(72) 사이에 정공장벽층(hole blocking layer, HBL; 62)이 적층되며, 그리고 전자수송층(72)과 음극(92) 사이에 전자주입층(electron injection layer, EIL; 82)이 적층되어 이루어진다.
- <31> 정공주입층(32)은 정공수송층(42)과 양극(22) 사이의 계면 특성이 무기물과 유기물의 차이로 인하여 상호간에 좋지 않기 때문에 정공주입층의 적절한 표면에너지로 상대적으로 개선된 계면특성을 이루도록 기능한다. 그 외에, 정공주입층(32)은 양극(22)의 표면이 거칠고 평탄하지 않은 관계로 양극 위에 도포되어 양극의 표면을 부드럽게 만들어주는 효과를 가지며, 양극(22)의 일함수 레벨과 정공수송층(42)의 HOMO 레벨 중간값을 가지도록 설계되어 진다. 그리고 정공주입층(32)은 적절한 정공 전도성과 도전성을 갖는다.
- <32> 정공수송층(42)은 정공주입층(32)을 통하여 들어온 정공을 안정하게 발광층(52)으로 공급해주는 역할을 한다. 정공수송층(42)의 HOMO 레벨은 발광층(52)의 HOMO 레벨보다 높고 있으면서 원활한 정공 수송을 돕는다. 이때 정공수송층(42)의 정공 이동도는 주입량 균형 효과(charge balancing effect)로 인하여 박막의 두께와 관련하여 소자의 성능향상의 중요한 인자로 작용한다. 여기서, 주입량 균형 효과는 정공과 전자의 개수가 유사하게 발광층에 주입되어야만 고효율의 전광효율을 얻을 수 있다는 것을 나타낸다.
- <33> 정공주입층(32)과 정공수송층(42)의 재료들은 전자 주계 성분이 포함되어 있는 소재, 예컨대, 아로마틱 아민류들이 주요 요소를 이루는 것이 바람직하다.
- <34> 전자주입층(82)은 음극(92)과 전자수송층(72) 사이에 위치하며 원활한 전자 주입을 유도한다. 전자주입층(82)의 재료로는 LiF, CsF 등의 금속이온의 형태가 사용될 수 있다.
- <35> 전자수송층(72)은 주로 전자를 잡아당기는 화학성분이 포함된 재료로써 높은 전자 이동도를 가지며 원활한 전자 수송을 통해 발광층(52)에 전자를 안정적으로 공급한다. 전자수송층(72)의 재료로는 Alq 물질과 oxadiazole 성

분이 사용될 수 있다.

- <36> 정공장벽층(62)은 정공이 발광층(52)을 지나 음극(92) 측으로 가는 경우 소자의 수명과 효율에 감소를 가져오므로 이러한 현상을 막기 위한 구성요소이다. 정공장벽층(62)은 HOMO 레벨이 매우 낮은 재료를 발광층(52) 위에 성막하여 정공이 음극(92) 측으로 가는 것을 저지하는 구조나 높은 LUMO(the lowest unoccupied molecular orbital) 레벨을 갖는 재료를 발광층(52) 위에 성막하여 전자가 양극(22) 측으로 가는 것을 저지하는 구조로 구현될 수 있다.
- <37> 발광층(52)은 인광 특성을 낼 수 있는 소재로 이루어지는 것이 바람직하다. 인광 특성을 낼 수 있는 소재로는 저분자 재료로 이루어진 인광발광재료가 사용될 수 있다. 삼중항 상태에서 기저 상태로의 전자전이는 중심 금속이 무거운 경우, 예컨대, 이리듐(Ir), 백금(Pt), 오스뮴(Os), 레늄(Re), 유로피움(Eu), 터븀(Tb)의 경우 스핀-궤도 상호작용(spin-orbit coupling)에 의해 전이가 발생하는데, 이러한 원리를 이용하여 발광효율을 향상시킨 발광재료를 인광발광재료라고 한다. 인광발광재료로 이용될 수 있는 호스트로는 CBP, MCP 등이 있고, 도판트로는 PtOEP(2,3,7,8,12,13,17,18-Octaethyl-12H, 23H-porphyrin Platinum(II)), Ir(piq)₃, Btp₂Ir(acac), Ir(ppy)₃(facial-tris(2-phenyl-pyridine) iridium), Ir(ppy)₂(acac), Ir(mppy)₃, F₂Irpic, (F₂ppy)₂Ir(tmd), Ir(dfppz)₃ 등이 있다. 또한 전술한 인광 특성을 낼 수 있는 소재로는 진공증착이 어렵다는 인광발광재료의 단점을 개선하기 위하여 고분자에 인광발광재료를 도입한 고분자 전기인광재료가 있다. 고분자 전기인광재료로는 고분자 호스트 재료와 인광재료를 블렌드한 플렌딩 시스템(blending system), 고분자 호스트에 인광발광재료가 결합되어 연결된 바인딩 시스템(binding system), 그리고 고분자 주쇄에 인광발광재료가 도입된 공유결합 시스템(covalently linked system) 등의 세 종류의 인광재료가 사용될 수 있다.
- <38> 한편 전술한 인광 유기전기발광소자의 최종 두께는 100~200nm로 유지되는데 이는 박막의 두께가 너무 얇은 경우 전기장에 의해 필름의 형상이 파괴될 가능성이 있는 반면 두께가 두꺼울 경우 내부 저항의 증가로 인해 소자 작동시 전력소비가 증가하는 문제가 있기 때문이다. 그리고 단분자 유기전기발광소자의 경우 진공증착법, 예컨대, 10⁻⁶~10⁻⁷Torr의 고 진공 상태에서 가열 증착(thermal evaporation)에 의해 유기박막을 제작하는 건식법으로 이루어지고, 유기물(고분자) 유기전기발광소자의 경우 유기박막의 제작이 스핀코팅, 잉크젯 프린팅 등의 습식법으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- <39> 전술한 인광 유기전기발광소자의 동작원리를 설명하면 다음과 같다.
- <40> 유기전기발광소자의 양극(22)과 음극(92) 사이에 전압을 가하면, 양극(22)으로부터는 정공이, 음극(92)으로부터는 전자가 주입된 후 이들이 발광층(52)에서 재결합(recombination)하여 여기자를 형성하고, 형성된 여기자가 기저상태로 떨어지면서 그 에너지 차이에 해당하는 파장의 빛을 발하게 된다. 특히 본 실시예에서는 새로이 도입된 정공완화층(100)에 의해 정공수송층(42)으로부터 발광층(52)로 전달되는 정공에 대한 에너지 장벽이 실질적으로 감소하여 종래의 소자에 비해 높은 발광 효율을 나타내고, 아울러 스핀-궤도 결합이 큰 이리듐(Ir), 백금(Pt) 등과 같은 무거운 원소를 중심으로 유기물이 배위 결합된 재료가 상온의 삼중항 상태에서 효과적으로 빛을 방출함으로써 거의 100%의 양자효율을 갖도록 구현될 수 있다.
- <41> 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 단일 장벽완화층을 갖는 인광유기전기발광소자의 에너지 밴드 다이어그램이다.
- <42> 도 2b를 참조하면, 본 실시예에 따른 인광유기전기발광소자는 정공수송층(42)과 발광층(52)의 사이에 정공수송층(42)과 발광층(52)의 호스트 소재를 동시에 증착하여 이루어지는 단일층의 장벽완화층(100)이 설치되는 것을 특징으로 한다. 전술한 단일 장벽완화층(100)은 정공수송층(42)과 발광층(52)의 호스트와 동일한 에너지 준위를 갖는 물질의 조합으로 이루어진다. 예를 들어, 정공수송층(42)에 사용된 물질인 NPB와 발광층(52)의 호스트에 사용된 물질인 CBP를 특정 비율로 동시에 증착함으로써 원하는 장벽완화층을 형성할 수 있다.
- <43> 장벽완화층(100)은 1nm 내지는 100nm의 두께로 형성될 수 있으며, 그리고 정공수송층(42)의 소재에 대하여 발광층(52)의 호스트 소재를 약 10% 내지 60%의 몰비로 동시에 증착하여 이루어지는 것이 바람직하다. 정공수송층(42)의 소재로는 NPB 등이 사용될 수 있고, 발광층(52)의 호스트 소재로는 CBP, BA1q, TAZ, BCP, BPhen, PEDOT, CuPc 등이 이용될 수 있다.
- <44> 전술한 장벽완화층(100)을 이용하면, 정공수송층(42)에서 장벽완화층(100)으로 정공이 주입될 때 동일한 에너지 준위를 갖는 상태로 정공이 주입될 확률이 높아 상대적으로 에너지 장벽을 느끼지 않게 된다. 그리고 장벽완화층(100) 내의 정공수송층과 동일한 에너지 상태를 갖는 정공은 인가된 바이어스로부터 필요한 만큼의 에너지를

점진적으로 얻어 발광층 호스트의 HOMO 레벨의 에너지와 동일한 낮은 에너지 상태로 이동한 후 발광층(52)으로 주입될 수 있다.

- <45> 전술한 제 1 실시예의 단일 장벽완화층을 갖는 인광 유기전기발광소자의 제조과정을 설명하면 다음과 같다.
- <46> 먼저, 유리 혹은 플라스틱 기판의 상부에 ITO를 증착하여 양극(22)을 형성한다. 그리고 적절한 크기로 자른 다음 ITO 표면의 유기물을 제거하기 위하여 O₂ 플라즈마를 이용하여 10분 정도 세정을 실시한다. 다음, 진공도 3 × 10⁻⁶ torr에서 가열 증착을 통해 정공주입층(32), 정공수송층(42), 장벽완화층(100), 발광층(52), 정공장벽층(62), 전자수송층(72) 그리고 전자주입층(82) 형성을 위한 각각의 유기물을 순차적으로 적층하여 증착하였다. 다음, 상기 구조의 전자주입층(82) 상부에 MgAg를 증착하여 음극(92)을 형성하였다. 발광층(52)을 제외한 각 층의 유기물의 증착 속도는 1~2Å/s로 유지하였으며, 발광층(52)은 도핑 농도를 맞추기 위하여 1Å/s로 증착하였다. 이때, 발광층(52)의 호스트에 함유된 도판트 농도는 6%로 고정하였다.
- <47> 정공주입층(32)으로는 CuPc를 60nm 두께로 증착하였고, 정공수송층(42)으로는 a-NPD(4,4'-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino] biphenyl)를 20nm 두께로 증착하였다. 정공주입층(32)으로는 CuPc 외에 m-MDATA, 1-TNATA, 2-TNATA 등의 재료가 이용될 수 있고, 정공수송층(42)으로는 도 4에 도시한 재료가 이용될 수 있다. 장벽완화층(100)으로는 정공수송층(42)의 소재인 α-NPD와 발광층(52)에 사용할 호스트 소재인 CBP(4,4'-N,N'-dicarbazole-biphenyl)를 동시에 10nm 두께로 증착하였다. 발광층(52)으로는 호스트인 CBP와 도판트인 Ir(ppy)₃을 각각 40nm 두께로 증착하였다. 정공장벽층(62)으로는 BCP(2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline)를 20nm 두께로 증착하고, 전자수송층(72)으로는 Alq₃을 30nm 두께로 증착하고, 전자주입층(82)으로는 LiF를 1nm 두께로 증착하였다. 전술한 공정을 통해 ITO/a-NPD/BRL/CBP-6%Ir(ppy)₃/BCP/Alq₃/MgAg 구조의 인광 유기전기발광소자를 제작하였다.
- <48> 도 2c는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른, 이중 장벽완화층을 갖는 인광유기전기발광소자의 에너지 밴드 다이어그램이다.
- <49> 도 2c를 참조하면, 본 실시예에 따른 인광유기전기발광소자는 정공수송층(42)과 발광층(52)의 사이에 정공수송층(42)에 사용된 물질과 발광층(52)의 호스트와 동일한 물질을 조합하여 이루어지는 제1 장벽완화층(101)과 발광층(52)의 호스트 물질로만 이루어지는 제2 장벽완화층(102)이 이중으로 설치되는 것을 특징으로 한다.
- <50> 전술한 이중 장벽완화층은 예를 들어 먼저 정공수송층(42)에 사용된 물질인 NPB에 대하여 발광층(52)의 호스트와 동일한 물질인 CBP를 약 10% 내지는 60%의 몰비로 정공수송층(42) 상에 동시에 증착하여 제1 장벽완화층(101)을 형성하고, 이어서 도핑하지 않은 CBP를 제1 장벽완화층(101) 상에 증착하여 제2 장벽완화층(102)을 형성하는 공정을 통해 구현될 수 있다. 이때, 제1 장벽완화층(101)의 두께는 1nm 내지는 50nm이고, 제2 장벽완화층(102)의 두께는 1nm 내지는 50nm인 것이 바람직하다.
- <51> 본 실시예의 이중 장벽완화층을 갖는 인광 유기전기발광소자의 제조 과정은 장벽완화층을 이중으로 형성하는 것을 제외하고 앞서 설명한 단일 장벽완화층을 갖는 인광 유기전기발광소자의 제조 과정과 실질적으로 동일하다.
- <52> 도 3a 및 도 3b는 본 발명에 따른 인광 유기전기발광소자와 비교예에 따른 인광 유기전기발광소자의 특성을 보여주는 그래프이다.
- <53> 도 3a에 도시한 바와 같이, 본 실험에 의하면, 장벽완화층이 도입된 본 발명의 인광 유기전기발광소자(A)의 휘도가 동일한 전류밀도에서 장벽완화층이 도입되지 않은 기존의 인광 유기전기발광소자(B)의 휘도보다 높게 나타났다. 그것은 정공수송층에서 장벽완화층으로 정공이 주입될 때 동일한 에너지 준위를 갖는 상태로 정공이 주입될 확률이 높아 상대적으로 에너지 장벽을 느끼지 못하게 되고, 장벽완화층 내의 정공수송층과 동일한 에너지 상태에 갖는 정공은 인가된 바이어스로부터 필요한 만큼의 에너지를 점차적으로 얻어 발광층 호스트의 HOMO 레벨의 에너지와 동일한 낮은 에너지 상태로 이동한 후 발광층으로 주입되기 때문이다.
- <54> 또한 도 3b에 도시한 바와 같이, 본 실험에 의하면, 장벽완화층이 도입된 본 발명의 인광 유기전기발광소자(A)의 외부 양자 효율은 동일한 전압에서 장벽완화층이 도입되지 않은 기존의 인광 유기전기발광소자(B)의 외부 양자 효율에 비해 매우 높게 나타났다. 이와 같이, 본 발명의 유기전기발광소자는 기존의 소자에 비해 낮은 전압에서 구동할 수 있으며 발광 휘도 효율과 소자의 안정성이 향상되는 효과가 있다. 이와 같이, 본 발명은 장벽완화층이 없는 종래의 유기전기발광소자에 비해 효율이 우수하고 안정된 인광 유기전기발광소자를 제공할 수 있다.

<55> 한편, 본 발명은 상기 기술한 실시예에 한정되지 않고 역방향 구조 및 다색 구조, 백색 구조 등에 용이하게 적용 가능하다.

<56> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

발명의 효과

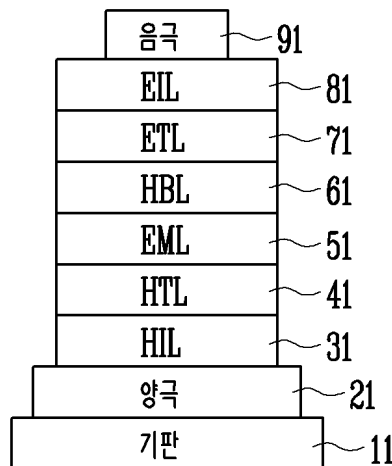
<57> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 정공수송층과 발광층의 사이에 정공수송층과 발광층에 사용되는 소재와 동일한 소재를 동시에 증착하는 방법으로 장벽완화층을 형성함으로써 정공주입층으로부터 장벽완화층으로 장벽완화층에서 발광층으로의 정공의 주입이 용이하게 하여 유기전기발광소자를 낮은 전압에서 구동할 수 있으며, 발광 휘도 효율과 소자의 안정성이 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

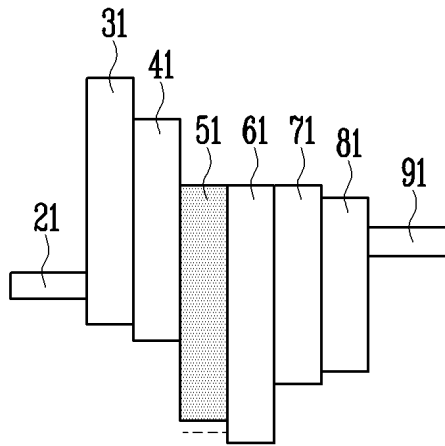
- <1> 도 1은 종래의 인광 유기전기발광소자의 구조를 나타낸 단면도.
- <2> 도 2a는 본 발명의 실시예에 따른, 장벽완화층을 갖는 유기전기발광소자의 구조를 나타낸 단면도.
- <3> 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 단일 장벽완화층을 갖는 유기전기발광소자의 에너지 밴드 다이어그램.
- <4> 도 2c는 본 발명의 다른 실시예에 따른, 이중 장벽완화층을 갖는 유기전기발광소자의 에너지 밴드 다이어그램.
- <5> 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 유기전기발광소자의 특성과 종래의 유기전기발광소자의 특성을 비교하여 나타내는 그래프.
- <6> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *
- <7> 11, 12 : 기판 21, 22 : 양극
- <8> 31, 32 : 정공주입층 41, 42 : 정공수송층
- <9> 51, 52 : 발광층 61, 62 : 정공장벽층
- <10> 71, 72 : 전자수송층 81, 82 : 전자주입층
- <11> 91, 92 : 음극 100 : 장벽완화층
- <12> 101 : 제 1 장벽완화층 102 : 제 2 장벽완화층

도면

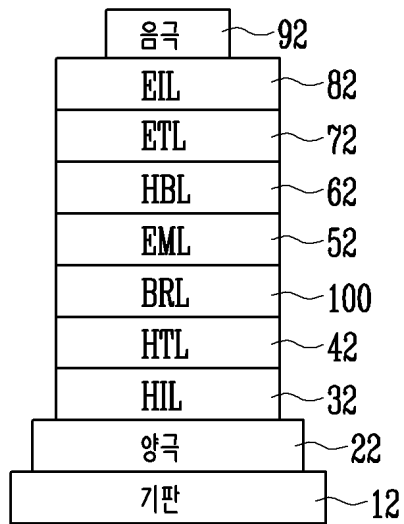
도면1a



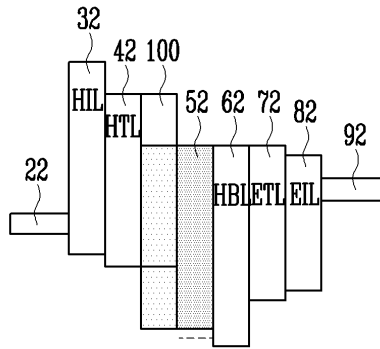
도면1b



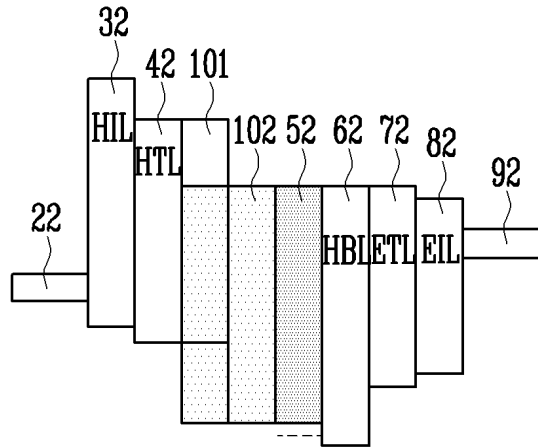
도면2a



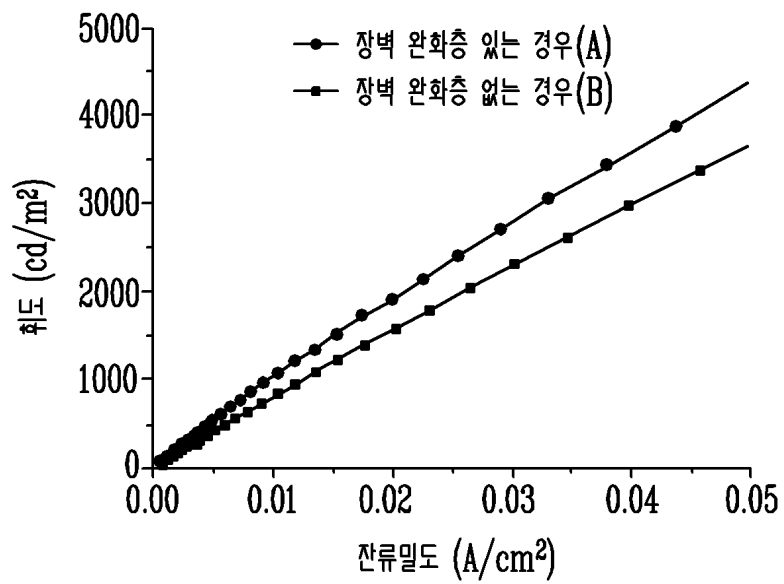
도면2b



도면2c



도면3a



도면3b

