



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월14일
 (11) 등록번호 10-1352116
 (24) 등록일자 2014년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 51/54 (2006.01) H05B 33/14 (2006.01)
 H05B 33/18 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0113752
 (22) 출원일자 2009년11월24일
 심사청구일자 2011년11월07일
 (65) 공개번호 10-2011-0057377
 (43) 공개일자 2011년06월01일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20070046189 A1
 US20030068526 A1
 Xu et al. "Efficient polymer white light emitting diodes with a phosphorescent dopant", 14 Aug. 2006, Semiconductor Science and Technology, Vol. 21, pages 1373-1376
 US20050287396 A1

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
 서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
 (72) 발명자
피성훈
 서울특별시 양천구 중앙로29길 108, 대성유니드 아파트 102동 304호 (신정동)
김창오
 경기도 광명시 오리로 1040-3, 1층 (광명동)
 (74) 대리인
김용인, 박영복

전체 청구항 수 : 총 10 항

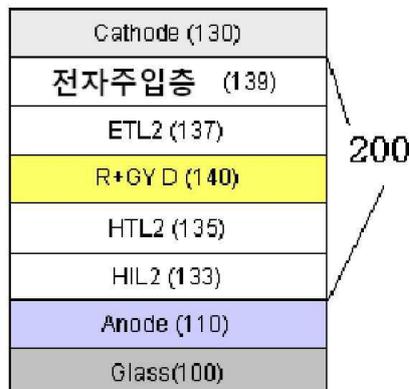
심사관 : 박성웅

(54) 발명의 명칭 **백색 유기 발광 소자**

(57) 요약

본 발명은 이중 스택 구조로 이루어진 백색 유기 발광 소자에 있어서, 청색 발광층에 인접한 전자수송층에 금속을 포함한 전자 수송 촉매층을 포함시켜 청색 발광 효율을 향상시키고, 상기 그리니쉬 옐로우 도펀트(greenish yellow dopant)를 이용하여 백색 표시의 효율을 높이고, 수명을 높이고 소비전력까지 개선한 백색 유기 발광 소자에 관한 것으로, 본 발명의 백색 유기 발광 소자는, 기관 상에 서로 대향된 양극과 음극;과, 상기 양극과 음극 사이에 형성된 전하 생성층;과, 상기 양극과 전하 생성층 사이의, 제 1 정공 수송층, 청색을 발광하는 제 1 발광층 및 제 1 전자 수송층이 적층되어 이루어진 제 1 스택; 및 상기 전하 생성층과 상기 음극 사이의, 제 2 정공 수송층, 하나의 녹색 호스트에 인광의 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트와 인광의 적색 도펀트를 함께 도핑한 제 2 발광층 및 제 2 전자 수송층이 적층되어 이루어지며, 상기 제 2 정공 수송층은 에너지 준위를 상기 제 2 발광층의 삼중항(triplet) 여기 상태 에너지 준위보다 높게 설정한 제 2 스택을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기관 상에 서로 대향된 양극과 음극;

상기 양극과 음극 사이에 형성된 전하 생성층;

상기 양극과 전하 생성층 사이의, 제 1 정공 수송층, 청색을 발광하는 제 1 발광층 및 제 1 전자 수송층이 적층되어 이루어진 제 1 스택; 및

상기 전하 생성층과 상기 음극 사이의, 제 2 정공 수송층, 하나의 녹색 호스트에 인광의 그리니쉬 옐로우 (greenish yellow) 도펀트와 인광의 적색 도펀트를 함께 도핑한 제 2 발광층 및 제 2 전자 수송층이 적층되어 이루어지며, 상기 제 2 정공 수송층은 에너지 준위를 상기 제 2 발광층의 삼중항(triplet) 여기 상태 에너지 준위보다 높게 설정한 제 2 스택을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 2 정공 수송층은 상기 제 2 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정한 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제 1 정공 수송층은 상기 제 1 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정한 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 제 1 전자 수송층은 상기 제 1 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정하며,

상기 제 2 전자 수송층은 상기 제 2 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정한 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제 1 전자 수송층과 상기 전하생성층 사이에, 금속이 도핑된 전자 수송 촉매층을 더 포함한 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제 1 전자 수송층은 상기 제 1 발광층으로의 금속 확산을 최소화하는 재료에서 선택하며,

상기 전자 수송 촉매층은 금속의 도핑을 통한 전자 주입이 가능한 유기물에서 선택하는 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 전자 수송 촉매층은 bphen 계열의 유기물인 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 전자수송 촉매층에 도핑된 금속은, 알칼리 금속, MoOx, WOx, V₂O₅ 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 제2 발광층의 인광의 그리니쉬 옐로우 도펀트와 인광의 적색 도펀트 사이의 LUMO(Lowest Un-occupied Molecular Orbital) 에너지 준위의 갭은 0.54eV 이하인 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 제 1 발광층은 청색 호스트에 청색을 형광 발광하는 도펀트가 포함되어 이루어진 발광층인 것을 특징으로 하는 백색 유기 발광 소자.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 소자에 관한 것으로 특히, 이중 스택 구조로 이루어진 백색 유기 발광 소자에 있어서, 청색 발광층에 인접한 전자수송층에 금속을 포함한 전자 수송 촉매층을 포함시켜 청색 발광 효율을 향상시키고, 그리니쉬 옐로우 도펀트를 이용하여 백색 표시의 효율을 높이고, 수명을 높이고 소비전력까지 개선한 백색 유기 발광 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, 본격적인 정보화 시대로 접어들어 따라 전기적 정보신호를 시각적으로 표현하는 디스플레이(display) 분야가 급속도로 발전해 왔고, 이에 부응하여 박형화, 경량화, 저소비전력화의 우수한 성능을 지닌 여러 가지 다양한 평판 표시장치(Flat Display Device)가 개발되어 기존의 브라운관(Cathode Ray Tube : CRT)을 빠르게 대체하고 있다.

[0003] 이 같은 평판 표시장치의 구체적인 예로는 액정표시장치(Liquid Crystal Display device: LCD), 플라즈마표시장치(Plasma Display Panel device: PDP), 전계방출표시장치(Field Emission Display device: FED), 유기 발광 표시 장치(Organic Light Emitting Device: OLED) 등을 들 수 있다.

[0004] 이 중, 별도의 광원을 요구하지 않으며 장치의 콤팩트화 및 선명한 컬러 표시를 위해 유기 발광 표시 장치가 경쟁력 있는 어플리케이션으로 고려되고 있다.

[0005] 이러한 유기 발광 표시 장치에는, 유기 발광층의 형성이 필수적인데, 종래 그 형성을 위해 새도우 마스크(shadow mask)를 이용한 증착 방법이 이용되었다.

[0006] 그러나, 새도우 마스크는 대면적의 경우, 그 하중 때문에, 처짐 현상이 발생하고, 이로 인해 여러번 이용이 힘들고, 유기 발광층 패턴 형성에 불량 발생하여 대안적 방법이 요구되었다.

[0007] 이러한 새도우 마스크를 대체하여 여러 방법이 제시되었던 그 중 하나로서 백색 유기 발광 표시 장치가 있다.

[0008] 이하, 백색 유기 발광 표시 장치에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0009] 백색 유기 발광 표시 장치는, 발광 다이오드 형성시 양극과 음극 사이의 각 층을 마스크 없이 증착시키는 것으로, 유기발광층을 포함한 유기막들의 형성을 차례로 그 성분을 달리하여 진공 상태에서 증착하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 백색 유기 발광 표시 장치는, 박형 광원, 액정표시장치의 백라이트 또는 컬러 필터를 채용한 풀컬러 표시

장치에 쓰일 수 있는 등 여러 용도를 가지고 있는 소자이다.

- [0011] 상기 백색 유기 발광 표시 장치는 구비되는 발광층을 서로 다른 색상의 복수층으로 구비할 수 있는데, 이 경우, 각 발광층에 포함되는 도펀트 색상을 달리하게 된다. 그러나, 도펀트가 자체적으로 갖는 특성에 의해 해당 발광층에 포함되는 도펀트의 성분에 한계가 있는 문제가 있었다. 또한, 도펀트 물질의 수명이 달라 지속적인 이용시 컬러 쉬프트가 발생하였다.
- [0012] 더불어, 발광층과 정공 수송층간의 계면에서 그 에너지 준위가 유사하여, 삼중항 여기자가 계면을 넘어 정공 수송층으로 이동하여 여기 상태의 발광효율이 저하되는 문제가 있었고, 이를 방지하기 위해 여기자 저지층(EBL: Exciton Blocking Layer)을 구비할 경우 구동 전압의 증가 및 공정의 증가 및 수명 저하가 수반되어 적정한 효율을 갖는 백색 유기 발광 표시 장치를 구현하는데 많은 애로사항이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0013] 종래 백색 유기 발광 소자는 수명과 소비 전력 측면을 고려했을 때, 적층되어 이루어진 발광층이 모두 형광 구조이거나 혹은 청색 형광층과 적색/녹색 인광의 스택 구조로 이루어진 구조를 이용하였다. 이 두 구조에서 공통적인 점은 일중항 여기 상태의 엑시톤만을 이용하는 청색 형광층의 사용이다.
- [0014] 근래의 기술 수준에서의 청색 인광층의 효율은 만족할만한 수준에 이르렀지만, 수명 측면에서 아직까지 개선이 시급한 상황이다. 이런 이유로 청색 형광층이 적용된 백색 유기 발광 소자가 주로 개발되고 있지만, 색온도 및 수명, 소비전력 개선에는 위에서 언급된 효율 문제로 인하여 제한적이다. 특히, 이를 해결하기 위해서는 내부 양자 효율이 25 %로 제한적인 청색 형광층의 효율과 수명을 개선하는 방법이 필요하다.
- [0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로 이중 스택 구조로 이루어진 백색 유기 발광 소자에 있어서, 청색 발광층에 인접한 전자수송층에 금속을 포함한 전자 수송 촉매층을 포함시켜 청색 발광 효율을 향상시키고, 또한, 상기 그리니쉬 옐로우 도펀트를 이용하여 백색 표시의 효율과 수명을 높이고, 소비전력까지 개선한 백색 유기 발광 소자를 제공하는 데, 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 백색 유기 발광 소자는, 기관 상에 서로 대향된 양극과 음극;과, 상기 양극과 음극 사이에 형성된 전하 생성층;과, 상기 양극과 전하 생성층 사이의, 제 1 정공 수송층, 청색을 발광하는 제 1 발광층 및 제 1 전자 수송층이 적층되어 이루어진 제 1 스택; 및 상기 전하 생성층과 상기 음극 사이의, 제 2 정공 수송층, 하나의 녹색 호스트에 인광의 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트와 인광의 적색 도펀트를 함께 도핑한 제 2 발광층 및 제 2 전자 수송층이 적층되어 이루어지며, 상기 제 2 정공 수송층은 에너지 준위를 상기 제 2 발광층의 삼중항(triplet) 여기 상태 에너지 준위보다 높게 설정한 제 2 스택을 포함하여 이루어진 것에 그 특징이 있다.
- [0017] 상기 제 2 정공 수송층은 상기 제 2 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0018] 이 때, 상기 제 1 정공 수송층은 상기 제 1 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정한다.
- [0019] 또한, 상기 제 1 전자 수송층은 상기 제 1 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정하며, 상기 제 2 전자 수송층은 상기 제 2 발광층의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0020] 한편, 상기 제 1 전자 수송층과 상기 전하생성층 사이에, 금속이 도핑된 전자 수송 촉매층을 더 포함할 수 있다.
- [0021] 이 때, 상기 제 1 전자 수송층은 상기 제 1 발광층으로의 금속 확산을 최소화하는 재료에서 선택하며, 상기 전자 수송 촉매층은 금속의 도핑을 통한 전자 주입이 가능한 유기물에서 선택하는 것이 바람직하다. 이 때, 상기 전자 수송 촉매층은 bphen 계열의 유기물일 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 전자수송 촉매층에 도핑된 금속은, 알칼리 금속, MoOx, WOx, V2O5 중 적어도 어느 하나를 포함할 수

있다.

- [0023] 상기 제2 발광층의 인광의 그리니쉬 옐로우 도펀트와 인광의 적색 도펀트 사이의 LUMO(Lowest Un-occupied Molecular Orbital) 에너지 준위 갭은 0.54eV 이하일 수 있다.
- [0024] 그리고, 상기 제 1 발광층은 청색 호스트에 청색을 형광 발광하는 도펀트가 포함되어 이루어진 발광층일 수 있다.

효 과

- [0025] 상기와 같은 본 발명의 백색 유기 발광 소자는 다음과 같은 효과가 있다.
- [0026] 첫째, 본 발명의 유기 발광 소자는 2스택 구조의 백색 유기 발광 소자를 형성시, 제 1 스택은 청색 발광을 위한 발광층을 구비하고, 제 2 스택에는 인광의 적색 및 녹색 발광층을 구비하는데, 상기 제 2 스택에 포함되는 발광층에 녹색 호스트에, 적색 도펀트와 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트를 포함하여 사용하여, 백색 표시의 효율을 향상시키며, 이로 인해 패널의 구동에 필요한 전류 값을 저하시킬 수 있으며, 이는 결과적으로 수명 향상을 꾀할 수 있게 된다. 이 때, 제 2 스택에 시감 곡선이 가장 우수한 550nm에 가장 가까운 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트를 적용하여 효율과 수명을 함께 개선하여 기존 소자 대비 저전력의 고효율 장수명 백색 유기 발광 소자를 가능하게 한다.
- [0027] 둘째, 컬러 필터를 포함하여 각각 별도로 적색, 녹색, 청색의 색상을 구현시에도, 상기 그리니쉬 옐로우와 색상이 대응되도록 녹색의 컬러 필터를 포함하여 색감의 저하도 방지할 수 있다.
- [0028] 셋째, 높은 삼중항 에너지를 갖는 정공층과 금속 도핑된 이중 전자 수송층 구조 적용을 통해 삼중항 쌍 소멸(triplet-triplet annihilation)을 이용하여 청색 형광의 효율을 높이고 수명을 증가시켜 색감 및 저소비전력을 꾀할 수 있다.
- [0029] 넷째, 양극과 음극 사이의 각 스택에 청색 발광층 및 녹색과 적색의 혼합 발광층을 구비한 이중 스택으로 백색 유기 발광 소자를 형성시, 그리니쉬 옐로우와 적색의 혼합 발광층에서, 여기 상태의 에너지 준위에 비해 인접한 정공 수송층의 에너지 준위를 0.01~0.4eV 높게 설정하여, 여기 상태의 여기자가 정공 수송층으로 유입되는 것을 방지한다. 따라서, 상기 정공 수송층은 정공 수송의 기능과 함께 여기자 저지 기능(Exciton (singlet, triplet) blocking layer)을 동시에 수행하여 별도로 여기자 저지층을 구비하지 않음에 의해 공정을 늘리지 않으며 소비전력을 저감할 수 있다. 더불어, 상기 발광층에 남아있는 일중항 여기자(singlet exciton) 및 삼중항 여기자(triplet excitation)의 성분이 계속적으로 발광에 이용되어, 발광효율의 향상시킬 수 있다.
- [0030] 다섯째, 그리니쉬 옐로우 도펀트 자체가 수명이 증가된 물질 사용으로 인한 소자 수명을 기대할 수 있다.
- [0031] 여섯째, 백색을 구현함에 있어서, 일 스택을 청색 도펀트를 포함한 청색 형광 발광층으로 구성하고, 나머지 스택을 호스트 물질에 그리니쉬 옐로우 및 적색 도펀트를 적정량 포함한 인광 발광층으로 형성하여, 각 과정에서 고른 피크치와 뚜렷한 피크를 보일 수 있어 컬러 필터 적용시 색재현율을 높일 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0032] 백색 유기 발광 소자를 2 스택 구조로 할 때, 제 1 스택과 제 2 스택은 각각 청색 발광층과, 적색 및 녹색 발광층을 포함한다. 이 때, 두가지 타입으로 나눌 수 있는데, 이들 발광층을 모두 형광 구조로 하는 경우와, 청색 발광층만 형광 구조로 하고, 적색 및 녹색 발광층은 인광 구조로 하는 경우가 있다.
- [0033] 전자의 경우, 형광 재료의 특성상 발광 효율이 낮은 문제점이 있으며, 후자의 경우, 인광 재료의 특성상 수명이 형광 재료에 비해 짧다는 문제가 있었다.
- [0034] 특히, 인광녹색은 동일 전류 밀도에서 수명이 가장 짧은 특성을 보인다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 본 발명의 백색 유기 발광 소자의 제 2 발광층에는, 시감 곡선이 가장 우수한 550 nm 에 가장 가까운 그리니쉬 옐로우 도펀트(greenish yellow dopant)를 적용하여 효율과 수명을 함께 개선하여 기존 소자 대비 저전력의 고효율 장수명 백색 유기 발광 소자를 가능하게 한다.
- [0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 백색 유기 발광 소자를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 백색 유기 발광 소자의 제 2 스택을 나타낸 단면도이다.
- [0037] 도 1과 같이, 본 발명의 백색 유기 발광 소자는 양극(110)과 음극(130) 사이에, 양극(110)에 가까운 쪽에 제 1

스택(도 1에는 생략)이, 음극(130)에 가까운 쪽에 제 2 스택(200)이 적층된 형태로 이루어진다.

[0038] 여기서, 도 1은 상기 제 1 스택을 생략하고 제 2 스택만을 도시한 것이다. 도시되지는 않았지만, 상기 제 1 스택에는 청색 형광 발광층을 경계로 그 하부에는 제 1 정공 수송층 및 제 1 정공 주입층과 그 상부에는 제 1 전자 수송층이 형성된다.

[0039] 그리고, 제 2 스택(200)은 아래서부터 차례로 제 2 정공 주입층(133), 제 2 정공 수송층(135)과, 녹색의 호스트(host)에 인광 적색 및 인광 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트가 포함된 제 2 발광층(140), 제 2 전자 수송층(137), 전자 주입층(139)이 포함되어 이루어진다.

[0040] 여기서, 기판(100)은 본 발명의 백색 유기 발광 소자가 형성되는 유리 기판(glass substrate)을 나타낸다.

[0041] 그리고, 상기 전자 주입층(139)은 LiF 등의 성분으로 이루어진다.

[0042] 여기서, 상기 음극(130)과 양극(110)은 각각 500Å, 500Å의 두께로 하고 제 2 스택(200)을 이루는 각 층들, 제 2 정공 주입층(133), 제 2 정공 수송층(135), 제 2 발광층(140), 제 2 전자 수송층(137), 전자 주입층(139)은 각각 50Å, 750Å, 250Å, 350Å, 5Å의 두께로 하여 실험하였다. 이들 층의 두께는 이에 한정된 것은 아니고, 상기 제 2 정공 주입층(133) 및 전자 주입층(139)을 제외하고 나머지 층들은 기재된 값의 ±100Å의 범위를 가질 수 있으며, 상기 제 2 정공 주입층(133)은 20~150Å 범위에서, 상기 전자 주입층(139)은 20Å 이하의 얇은 두께로 형성할 수 있다.

[0043] 한편, 상기 제 2 발광층(140)에 포함되는 도펀트 물질을 그린 도펀트(green dopant)로 하였을 때와, 그리니쉬 옐로우 도펀트(greenish yellow dopant)(GYD)로 하였을 때와 적색 도펀트(red dopant)(RD)로 하였을 때 각각의 HOMO(High Occupied Molecular Orbital)(기저 상태) 에너지 준위와, LUMO(Lowest Un-occupied Molecular Orbital)(여기 상태) 에너지 준위를 측정하면 다음과 같다.

표 1

Material	HOMO Level [eV]	LUMO Level [eV]
Green Dopant 1(GD1)	5	2.6
Green Dopant 2(GD2)	5.1	2.5
Greenish-Yellow Dopant(GYD)	5.1	2.8
Red Dopant 1(RD1)	5.1	3.14

[0044] 여기서, 그린 도펀트의 경우 HOMO 에너지 준위가 같은 물질(GD2: 제 2 그린 도펀트)과, 다른 물질(GD1: 제 1 그린 도펀트)의 두가지 그린 도펀트 물질을 택하여 각각 HOMO 에너지 준위와 LUMO 에너지 준위를 측정하였다.

[0046] 표 1과 같이, 제 1 그린 도펀트(GD1)의 경우 HOMO 에너지 준위는 5 eV, LUMO 에너지 준위는 2.6 eV에 해당한다. 제 2 그린 도펀트(GD2)의 경우 HOMO 에너지 준위는 5.1 eV, LUMO 에너지 준위는 2.5 eV에 해당한다. 즉, 후자의 경우 HOMO-LUMO 갭이 보다 큰 그린 도펀트로, 여기 상태에 이루기가 어렵다는 알 수 있다.

[0047] 또한, 그리니쉬 옐로우 도펀트(GYD)의 경우 HOMO 에너지 준위가 5.1 eV, LUMO 에너지 준위는 2.8 eV에 해당한다. 적색 도펀트(R1)의 경우 HOMO 에너지 준위는 5.1 eV, LUMO 에너지 준위는 3.14 eV에 해당한다. 즉, 적색 쪽에 가까워질수록 HOMO-LUMO 에너지 준위 갭이 작음을 알 수 있다.

[0048] 본 발명의 백색 유기 발광 소자에 있어서, 제 2 스택에 포함되는 제 2 발광층의 그리니쉬 옐로우 도펀트는 상술한 표1에 있는 HOMO, LUMO 에너지 준위만을 갖는 것이 아니라, 상기 레드 도펀트의 LUMO 에너지 준위인 3.14eV로부터 그 자신의 LUMO 에너지 준위가 0.54eV 이내로 큰 값(2.6~3.14eV)을 갖는 도펀트들에서 선택할 수 있다.

[0049] 여기서, HOMO, LUMO 에너지 준위를 살펴보는 이유는 다음과 같다. 제 2 스택의 제 2 발광층의 경우, 인광의 적색, 인광의 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트를 함께 포함하고 있기 때문에, 두 색상의 도펀트가 적용된 구조로서, LUMO 에너지 준위가 낮은쪽의 그리니쉬 옐로우 도펀트에 의해 여기가 일어난 후, 연쇄적으로 적색 도펀트에 의해 여기가 일어나는 방식으로 발광이 일어난다. 이 경우, 각각의 도펀트 사이의 밴드갭(둘 간의 LUMO 에너지 준위 차)이 일정 값 이하로 낮아야 발광 효율이 높을 것이다. 따라서, 본 발명의 백색 유기 발광 소자에 있어서, 상기 제 2 스택에 포함되는 제 2 발광층의 그리니쉬 옐로우 도펀트는 적색 도펀트의 LUMO 에너지 준위 값과는 0.54eV 이하의 차가 나는 재료에서 선택한다.

- [0050] 도 2는 도 1의 제 2 발광층에 포함되는 도펀트들의 성분비를 달리하였을 때 비교되는 파장별 강도를 나타낸 그래프이고, 도 3은 도 2의 실험예들 각각의 구동 시간을 나타낸 그래프이다.
- [0051] 도 2 및 도 3 및 표 2는 상기 제 2 발광층에 포함되는 도펀트들의 성분비를 달리했을 때 나타나는 결과를 보여주는 것이다.
- [0052] 여기서, Y1 내지 Y4의 실험예가 있으며, 각 실험예들은 모두 기본적으로 그린 호스트(GH1)와, 적색 도펀트(RD1)를 포함하고, Y1, Y4의 경우는 그린 도펀트(GD1 또는 GD2), Y2, Y3의 경우는 그리니쉬 옐로우 도펀트(GYD)를 포함한다.
- [0053] 그리고, Y1의 경우에는 그린 도펀트(GD1) 10%를, 적색 도펀트(RD1)를 0.3% 포함한다.
- [0054] Y2의 경우에는 그리니쉬 옐로우 도펀트(GYD)를 10%, 적색 도펀트(RD1)를 0.2%를 포함한다.
- [0055] Y3의 경우에는 그리니쉬 옐로우 도펀트(GYD)를 10%를, 적색 도펀트(RD1)를 0.3% 포함한다. Y2와의 차이는 적색 도펀트(RD1)의 함유량을 달리한 것이다.
- [0056] Y4의 경우에는 그린 도펀트(GD2)를 10%, 적색 도펀트(RD1)를 0.3%를 포함한다. 여기서, Y1과 Y2에서 제시된 그린 도펀트(GD1, GD2)는 앞서 도 1 및 표1에서 설명한 서로 다른 HOMO-LUMO 에너지 준위를 갖는 재료들이다.

표 2

Device	EML			@ 10 mA/cm ²					@ 1,000 nit
	Host	Green	Red	Volt (V)	cd/A	QE(%)	CIE _x	CIE _y	cd/A
Y1	GH1	GD1(10%)	RD1(0.3%)	3.7	44.0	18.7%	0.450	0.524	47 cd/A
Y2		GYD(10%)	RD1(0.2%)	3.9	54.9	21.1%	0.471	0.519	60 cd/A
Y3			RD1(0.3%)	3.9	45.9	19.9%	0.500	0.492	50 cd/A
Y4		GD2(10%)	RD1(0.3%)	3.5	34.7	16.5%	0.475	0.497	38 cd/A

- [0057]
- [0058] 도 2를 통해서 파장별 강도(Intensity) 스펙트럼에서 확인할 수 있는 바와 같이, Y1 내지 Y4와 같은 호스트 및 도펀트들을 포함하는 발광층(EML)들의 경우, 그린(또는 그리니쉬 옐로우)와 적색 도펀트의 영향으로 대략 파장 490~700nm의 영역에서 일정 이상의 강도(0.1 a.u)를 가짐을 확인할 수 있었고, 보다 상세하게는 Y1 내지 Y4의 경우를 비교하면 다음과 같다.
- [0059] 즉, Y1과 Y4의 경우 그린 도펀트(GD1 또는 GD2)와 적색 도펀트(RD1)가 포함되었기에, 강도의 피크 값을 각각 그린과 적색의 파장대에서 갖는다. 여기서, Y1의 경우가 Y4에 비해 피크 값이 더 큰 것을 보여주는 데, 이는 앞서 도 1 및 표 1에서 설명한 바와 같이, HOMO-LUMO 에너지 준위 차가 상대적으로 작기에 Y4보다 Y1의 경우가 보다 쉽게 여기될 수 있음을 나타낸다.
- [0060] 그리고, Y2와 Y3의 경우는 그리니쉬 옐로우 도펀트(GYD)가 이용되었기에, 상대적으로 그린 파장보다는 약 50nm 정도 우측으로 쉬프트되어 피크 값을 나타내며, 또한, 적색 파장대에서도 피크 값을 가진다.
- [0061] 이 경우, Y2와 Y3의 차이는 적색 도펀트(RD1)의 함유량 차인데 좀 더 많은 쪽인 Y3의 경우에서 적색 파장대에서 피크 값이 그리니쉬 옐로우의 파장대에서의 피크 값보다 크다. 반대로, Y2의 경우, 그리니쉬 옐로우 파장대에서 피크 값이 적색 파장대에서 피크 값보다 크다.
- [0062] 표 2는 Y1~Y4의 각 발광층에서 전류밀도를 10mA/cm²로 하였을 때, 구동 전압(Volt), 휘도(cd/A), 양자 효율(QE), 색좌표(CIE_x, CIE_y)를 나타내었고, 각각 1000 nit의 광도를 갖도록 하였을 때, 휘도 (cd/A) 값을 나타내었다.
- [0063] 여기서, 양자 효율(QE)과 휘도(cd/A)를 보았을 때, 상대적으로 Y2와 Y3의 경우가 다른 실험예에 비해 양자 효율(발광효율)이 높고, 이에 따라 휘도 또한 높은 것을 확인할 수 있었다.
- [0064] 또한, 상대적으로 적색 도펀트의 함유량이 낮은 Y2의 경우가 Y3의 경우보다 휘도 및 양자 효율 모두 특성이 우수함을 확인할 수 있었다.
- [0065] 도 3에서와 같이, 각 실험예 Y1~Y4들에 대해 구동 시간에 따라 초기 휘도(L0)에 대한 휘도(L) 비 변화를 측정하

여, L/L0 값이 80%인 지점을 각각 Y1-Y4에서 살펴보면, Y1과 Y4의 경우는 62시간 소요됨에 비해 Y2의 경우는 111시간 소요되는 것으로 나타나, 20%의 휘도 감소를 겪는 시간이 약 79% 상승함을 알 수 있었다.

[0066] 즉, 수명이 그리니쉬 옐로우 도펀트를 제 2 발광층에 포함시켰을 때, 향상됨을 확인할 수 있었고, 하기에서 살펴볼 수 있는 바와 같이, 제 1 발광층과 유사한 수준까지 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0067] 도 4는 본 발명의 백색 유기 발광 소자의 제 1 스택을 나타낸 단면도이며, 도 5는 도 4의 제 1 발광층에 인접한 전자 수송층 및 이와 인접층의 성분을 달리하였을 때 비교되는 파장별 강도를 나타낸 그래프이고, 도 6은 도 5의 실험예들 각각의 구동 시간을 나타낸 그래프이다.

[0068] 도 4는, 본 발명의 백색 유기 발광 소자의 제 1 스택(300)을 나타낸 것으로, 상기 음극(130)과 제 1 스택(300) 사이의 제 2 스택(도 1의 200 참조)은 생략하여 도시하였다.

[0069] 여기서, 상기 제 1 스택(300)은 아래서부터 차례로 제 1 정공 주입층(113), 제 1 정공 수송층(115), 제 1 발광층(120), 제 1 전자 수송층(123), 전자 수송 촉매층(125)을 포함하여 이루어진다.

[0070] 상기 제 1 발광층(120)은 청색 호스트에 청색 도펀트가 포함된 것으로, 표 3 및 도 5와 도 6에서의 B1~B4는 이들 제 1 발광층(120)에 인접한 전자 수송층(ETL)(제1 전자 수송층 및 전자 수송 촉매층)의 성분비를 달리하여 실험한 예를 나타낸다. 여기서, B1의 경우는 상대적으로 양극으로 이용되는 투명 전극층(ITO)의 두께를 높게 1400Å 설정하여 실험을 진행하였고, 나머지 B2~B4의 경우는 500Å의 두께로 갖게 하여 실험을 진행하였다. 또한, B1과 B2~B4 구분은 상기 제 1 발광층(120)에 포함된 청색 호스트(BH1, BH2)와 청색 도펀트(BD1, BD2)로, 이들 청색 호스트와, 청색 도펀트의 특성 차는 크게 HOMO, LUMO 에너지 준위 값에서 차이를 갖는다. 즉, BH1의 HOMO 에너지 준위는 5.83eV이고, LUMO 에너지 준위는 2.79eV에 해당하며, BH2의 HOMO 에너지 준위는 5.95eV이고, LUMO 에너지 준위는 2.93eV에 해당하며, BD1의 HOMO 에너지 준위는 5.60eV이고, LUMO 에너지 준위는 2.90eV에 해당하며, BD2의 HOMO 에너지 준위는 5.78eV이고, LUMO 에너지 준위는 3.08eV에 해당한다. 이 경우, BH2와 BD2의 조합으로 형성되는 B2~B4의 경우에서 HOMO-LUMO 밴드갭이 상대적으로 BH1와 BD1의 조합으로 형성되는 B1에 비해 작게 되며, 이에 따라 양자 효율이나 휘도면에서 B1에 비해 향상된 특성을 얻는다.

[0071] 그리고, B1, B2는 모두 전자 수송층을 전자 수송층 A(ETL A)와 금속을 7% 함량으로 포함한 전자 수송 촉매층(ETL B)의 적층으로 형성하였고, B3의 경우 전자수송층은 두께가 두꺼운 전자수송층 A (ETL A)에 전자주입층(LiF)의 적층으로 형성하였고, B4의 경우 전자 수송층은 전자수송층 A(ETL A)와 전자 수송층 B (ETL B)에, 전자 주입 기능을 갖는 전자주입층(LiF)의 삼중 적층으로 형성하였다. B1, B2의 경우에는 상기 전자수송층 A와 금속을 도핑한 전자수송층 B 모두 동일한 150Å의 두께로 형성하였다.

[0072] 여기서, B3와 같이, 전자수송층 A만을 구비할 때는 300Å의 두께로, B4와 같이, 전자 수송층을 A, B로 구비할 때는 각각 150Å로 동일 두께 구비하며 전자수송이 가능한 유기물 성분으로 이루어진다.

[0073] 여기서, 상기 전자주입층(LiF)는 20Å 이하의 두께로 형성되는 LiF 성분의 물질층이다.

[0074] 또한, B2~B4에 대해서 상기 양극의 두께, 제 1 전자 수송층 및 이에 인접층의 함유 성분을 제외하여서는 나머지 층들에 대해 동일 조건(두께 및 성분)을 유지하여 각각 전류 밀도 10.0mA/cm²를 인가하여 전압, 휘도, 양자 효율 및 색좌표를 표 3과 같이, 측정하였다.

표 3

[0075]

장치	발광층	ETL	Volt(V)	Cd/A	QE(%)	CIE _x	CIE _y
B1(ITO/H)	BH1+BD1	ETL A(150Å)_ETL B:Li(7%, 150Å)	4.5	7.6	7.4	0.133	0.152
B2	BH2+BD2	ETL A(150Å)_ETL B:Li(7%, 150Å)	4.7	10.3	9.2	0.126	0.175
B3	BH2+BD2	ETL A(300Å)_LiF(10Å)	4.8	11.3	9.9	0.127	0.179
B4	BH2+BD2	ETL A(150Å)_ETL B(150Å)_LiF(10Å)	4.3	11.4	10.0	0.127	0.182

[0076] 표 3과 같이, 전자수송층 A와 금속을 도핑한 전자수송 촉매층(ETL B)을 구비한 B2의 경우, 10.3 Cd/A 이상의 휘도와, 내부 양자 효율이 9.2% 이상 유지됨을 알 수 있다.

[0077] 또한, 전자수송층 A외에 전자주입 기능을 하며, 전자 수송 촉매의 기능을 병행하는 B3의 경우도 11.3Cd/A 이상

의 휘도와, 내부 양자 효율이 9.9% 정도 유지됨을 알 수 있었다. 또한, 전자 수송층 A, B로 이중으로 형성한 B4가 B3보다 향상된 휘도와 양자효율을 가짐을 알 수 있었다. 그러나, B4의 경우는 삼중으로 층을 적층하여야 하는 공정적 부담이 있고 수명이 떨어지는 문제점이 있다. 또한, B3의 경우는 B2에 비해 상대적으로 구동 전압이 늘어나기 때문에, 내부 효율, 수명 및 공정 등을 모두 고려하여 B2와 같이, 전자수송 촉매층을 전자수송층 상에 위치시키는 구조를 택하여, 원하는 수명 및 발광효율을 얻는다.

- [0078] 또한, 전자 수송층을 동일하게 이중층으로 구성하는 B1, B2의 경우 HOMO-LUMO 밴드갭이 상대적으로 작은 B2의 경우에, 휘도 및 양자 효율이 크게 향상되는 결과를 가짐을 알 수 있었다.
- [0079] 도 5의 그래프를 통해 B1-B4의 파장별 강도를 살펴보면, 발광층을 청색 호스트, 청색 도펀트를 포함하였기에, 청색 파장인 약 470nm 부근에서 피크치를 가짐을 알 수 있다.
- [0080] 각 B1-B4의 크기를 살펴보면, B1, B2, B3, B4로 가며 점차 강도가 커지는 특성을 보임을 알 수 있으며, B3, B4는 거의 파장별 강도 특성이 동일한 스펙트럼을 그리고 있으며, B2의 경우는 약 480~500nm의 파장대에서 B3, B4과 다른 특성을 보이고 나머지는 거의 B3, B4와 유사함을 알 수 있으며, B1는 파장별 강도의 피크치를 포함하여 전체적으로 스펙트럼의 위치가 B2-B4들보다는 하측에 위치하여, 상술한 B2-B4에 비해 강도가 눈에 띄게 낮아짐을 알 수 있다.
- [0081] 도 6을 통해 B1-B4에 대한 구동시간별 초기 휘도(L0)에 대한 휘도(L) 비 변화를 측정하였을 때, L/L0 값이 80% 인 지점을 각각 B1-B4에서 살펴보면, B1의 경우, 약 60시간 소요됨에 비해, B2-B4의 경우는 약 111시간 소요되는 것으로 나타나, B2-B4의 경우에서 B1에 비해 20%의 휘도 감소를 겪는 시간이 약 85% 상승함을 알 수 있었다.
- [0082] 즉, 수명은, 전자수송층에 금속을 포함하거나 이에 전자수송 촉매층과 전자 주입층을 더 포함한 경우에 청색 발광 효율과 수명이 보다 향상됨을 확인할 수 있었다.
- [0083] 도 7은 본 발명의 백색 유기 발광 소자를 구체적으로 나타낸 단면도이다.
- [0084] 도 7과 같이, 본 발명의 백색 유기 발광 소자는, 기판(100) 상에 서로 대향된 양극(110)과 음극(130)과, 상기 양극(110)과 음극(130) 사이에 제 1 스택(300)과 제 2 스택(200)이 포함되어 형성된다.
- [0085] 여기서, 상기 제 1 스택(300)과 제 2 스택(200)의 경계부에는 전하 생성층(CGL: Charge Generation Layer)이 형성되며, 여기서는 제 1 스택(300)의 제 1 전자수송 촉매층(125)과 제 2 스택과, 제 2 정공 주입층(133)이 상기 전하 생성층으로 작용한다.
- [0086] 제 1 스택(300)을 구체적으로 살펴보면, 아래서부터 차례로 제 1 정공 주입층(113), 제 1 정공 수송층(115), 청색을 형광 또는 인광 발광하는 제 1 발광층(120), 제 1 전자 수송층(123) 및 제 1 전자수송 촉매층(125)이 적층되어 이루어진다. 상술한 도 4~6의 실험 및 이하의 실험에서 상기 제 1 발광층(120)은 형광의 청색 호스트에 청색 형광 도펀트를 포함하는 발광 재료에서 선택하였다.
- [0087] 그리고, 제 2 스택(200)을 구체적으로 살펴보면, 아래서부터 차례로, 제 2 정공 주입층(133), 제 2 정공 수송층(135), 하나의 녹색 호스트에 인광의 그리니쉬 옐로우(greenish yellow) 도펀트와 인광의 적색 도펀트를 함께 도핑한 제 2 발광층(140), 제 2 전자 수송층(137) 및 전자 주입층(139)이 적층되어 이루어진다.
- [0088] 여기서, 상기 제 2 정공 수송층(135)은 에너지 준위를 상기 제 2 발광층(140)의 삼중항(triplet) 여기 상태 에너지 준위보다 높게 설정한 제 2 스택을 포함하여 이루어진다. 바람직하게는 상기 제 2 정공 수송층(135)은 상기 제 2 발광층(140)의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0089] 이 때, 상기 제 2 발광층(140)보다 상기 제 2 정공 수송층(135)의 에너지 준위가 높기 때문에, 상기 제 2 발광층(140)의 삼중항 여기자(triplet exciton)가 상기 제 2 정공 수송층(135)으로 넘어가 발광 효율이 떨어지는 것을 방지할 수 있다. 즉, 여기서, 상기 제 2 정공 수송층(135)은 고유의 상기 제 2 발광층(140)으로부터의 정공의 수송 기능을 함과 동시에 삼중항 여기자가 넘어오는 것을 방지하는 여기자 저지층(exciton blocking layer)로 기능하는 것이다.
- [0090] 또한, 여기자 저지층의 기능을 위해 상기 제 1 정공 수송층(115) 또한, 상기 제 1 발광층(120)의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4 eV 높은 에너지 준위로 설정할 수 있다.

- [0091] 또한, 마찬가지로, 상기 제 1 전자 수송층(123)도 상기 제 1 발광층(120)의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정하며, 상기 제 2 전자 수송층(137)도 상기 제 2 발광층(140)의 삼중항 여기 상태의 에너지 준위보다 0.01~0.4eV 높은 에너지 준위로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0092] 그리고, 양극(111)은 ITO(Indium Tin Oxide)와 같은 투명 전극으로 이루어지며, 상기 음극(130)은 Al(알루미늄)과 같이 반사성 금속으로 이루어지며, 이러한 배치에 의해 각각의 제 1, 제 2 스택(300, 200)에서 이루어지는 발광효과로 도시된 도면을 기준으로 하측으로 이미지가 출사되게 된다.
- [0093] 이 경우, 백색 유기 발광 소자의 구동시 상기 제 1 발광층(120)과 제 2 발광층(140)에서 발광되는 광의 혼합 효과의 의해 백색광이 구현될 수 있다.
- [0094] 여기서, 상기 제 1 발광층(120)은 형광, 상기 제 2 발광층(140)은 인광 발광이 이루어진다.
- [0095] 구분하여 보면 인광이 이루어지는 제 2 발광층(140)의 경우, 그린 호스트, 그리니쉬 옐로우 도펀트, 적색 도펀트의 순으로 에너지 전달이 있으며, 제 2 발광층(140) 내의 삼중항들이 여기되어 인광 발광이 이루어진다.
- [0096] 제 1 발광층(120)에서는 내부의 캐리어 중 약 25%의 일중항이 여기하여 형광 발생이 이루어지며, 나머지 75%의 반응하지 않은 삼중항들 중 TTA(Triplet-Triplet Annihilation)을 거쳐 일중항 여기자를 생성하여 에너지를 방사하는 지연 형광 과정(Delayed fluorescence)으로 발광 효율 수준을 높일 수 있다.
- [0097] 그리고, 상기 전자수송 촉매층(125)은 하부의 제 1 전자수송층(123)과 유사한 두께로 Li과 같은 금속을 소량(7% 내외) 포함하여 형성하며, 이로써, 전자의 주입이 용이하게 이루어지며, 그 하부에 제 1 전자수송층(123)은 하부의 상기 제 1 발광층(120)으로의 전자 수송 효율을 보다 높게 하고, 제 1 발광층(120)으로의 금속의 확산을 막아준다.
- [0098] 이 때, 상기 제 1 전자 수송층(123)은 상기 제 1 발광층(120)으로의 금속 확산을 최소화하는 재료에서 선택한다. 또한, 상기 전자 수송 촉매층(125)은 금속의 도핑을 통한 전자 주입이 가능한 유기물에서 선택하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 이 때 이용되는 유기물은 bphen 계열의 유기물일 수 있다.
- [0099] 한편, 상기 제 1 전자수송 촉매층(125)에 도핑된 금속은, Li 등과 같은 알칼리 금속, 혹은 MoOx, WOx, V₂O₅ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0100] 그리고, 앞서 도 1, 2에서 설명한 바와 같이, 상기 제2 발광층(140)의 인광의 그리니쉬 옐로우 도펀트와 인광의 적색 도펀트 사이의 LUMO(Lowest Un-occupied Molecular Orbital) 에너지 준위 갭은 0.54eV 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0101] 한편, 상술한 도 7의 예를 W3라 하고, 이와 비교하여 일반적으로 제 2 발광층을 적색, 녹색 인광 발광층을 갖는 W1, W2와 특성을 비교하여 살펴본다. 여기서, W1, W2의 차이는, W1의 경우는 제 1 스택의 제 1 전자 수송층에 인접하여 유기물의 제 1 전자수송촉매층을 포함하지 않고, Li의 금속층을 갖고, 제 2 스택의 제 2 발광층에 인접한 제 2 정공 수송층의 에너지 준위 조건이 상술한 바와 같지 않고 대신 여기자 블로킹 층(EBL: Exciton Blocking Layer)을 구비한 것이 차이점이다. W2와 W3의 차이는 제 2 발광층의 성분이 W2의 경우 적색 및 녹색 인광 도펀트를 포함한 점이다.
- [0102] 표 4와 같이, 1000nit를 유지한다고 하였을 때, 본 발명의 백색 유기 발광 소자인 W3의 경우 구동 전압이 6.5 V로 약간 높지만, 안정적인 휘도 59.1 Cd/A를 확보함을 알 수 있었다. W2의 경우는 구동 전압이 상대적으로 6.9V로 크고, 휘도도 낮고, W1의 경우는 부가적으로 여기자 블로킹 층을 더 구비하여야 하는 공정 부단과 휘도가 상대적으로 낮은 문제점이 있었다.

표 4

Device	1st stack	2nd stack	Volt (V)	Cd/A	CIEx	CIEy
W1	B0	Y1	5.9	56.5	0.368	0.385
W2	B1	Y1	6.9	54.5	0.322	0.345
W3	B2	Y2	6.5	59.1	0.363	0.325

- [0103]
- [0104] 도 8은 본 발명의 백색 유기 발광 소자와 이와 비교되는 실험예들의 파장별 강도를 나타낸 그래프이다.
- [0105] 도 8과 같이, W1~W3의 실험예별 파장별 강도를 살펴보면 W3의 경우, 피크 값의 상승이 있음을 알 수 있으며,

상대적으로 R, B 도펀트를 갖는 W1, W2에 비해 그린인 아닌 그리니쉬 옐로우에서 피크치를 가짐을 확인할 수 있다.

[0106] 도 9는 본 발명의 백색 유기 발광 소자와 이와 비교되는 실험예들에 있어서, 구동 시간에 따라 휘도 데이터를 나타낸 그래프이다.

[0107] 도 9와 같이, 전류 밀도를 50mA/cm²로 하였을 때, 구동시간별 휘도 감소 정도를 보면 보다 확연히 확인할 수 있는 것으로, 구동시간별 초기 휘도(L0)에 대한 휘도(L) 비 변화를 측정하였을 때, L/L0 값이 80%인 지점을 각각 W1~W3에서 살펴보면, W3의 경우 75시간, W2의 경우 51.7시간, W1의 경우, 약 20시간 소요됨을 확인할 수 있었다. 제 2 발광층의 구성요소만 상이한 W2에 비해 W3의 경우, 약 47% 이상의 구동시간 향상이 있음을 확인할 수 있었다.

[0108] 한편, 상술한 값들은 초기 휘도 및 휘도 비 변화에 대해 가속조건을 주어 실험한 것으로, 이와 달리, 백색 유기 발광 소자의 휘도 조건을 1000니트로 하였을 때는, W1의 경우 17000시간, W2의 경우 55000 시간, W3의 경우 81000시간의 수명을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0109] 도 10은 본 발명의 백색 유기 발광과 이와 비교되는 실험예들 및 각 R, G, B 컬러 필터의 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

[0110] 도 10은, 컬러 필터 R, G, B 필름의 각각의 스펙트럼과 W1 내지 W3의 스펙트럼을 오버랩하여 나타낸 것으로, 본 발명의 백색 유기 발광 소자인 W3의 경우, 각각 청색, 그리니쉬 옐로우, 적색에서 모두 높은 피크치를 나타냄을 알 수 있으며, 더불어, 적색 파장대에서 상대적으로 W1, W2에 비해 높은 강도를 가짐을 알 수 있다. 이는 제 2 발광층에 옐로우 그리니쉬 도펀트의 인광 발광의 효율이 상대적으로 그린 도펀트보다 높고, 상기 옐로우 그리니쉬 도펀트의 여기 에너지 준위와 적색 도펀트의 에너지 준위 차가 적게 나기 때문에, 발광 효율이 양쪽 파장대에서 모두 높아지는 것이다.

표 5

특이사항		인형광 Hybrid		
		W1	W2	W3
White 효율 색좌표		56.5Cd/A (0.37, 0.38)	54.5Cd/A (0.32, 0.345)	59 cd/A (0.36,0.32)
NTSC	u'v'	103%	106%	106%
CF 투과율	R	14.1%	12.3%	16.6%
	G	31.5%	32.5%	25.2%
	B	3.4%	4.8%	4.3%
표준동영상 기준소비전력 (500nit, 9000K) 회로 14W		80 W	67 W	65.7 W
수명 1000nit (hrs)		30000	60000	81,000

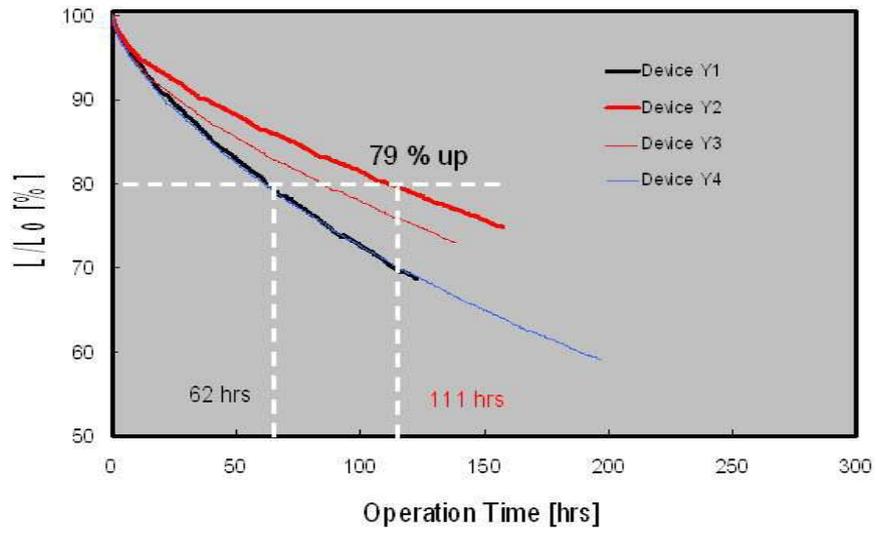
[0111]

[0112] 표 5는 W1, W2, W3의 백색 효율 색좌표와, NTSC 좌표계에서 효율, CF 투과율 및 표준 동영상 기준 조건(500nit, 9000K)으로 하였을 때의 소비전력, 및 1000nit의 휘도 조건으로 하였을 때의 수명을 나타낸 것이다.

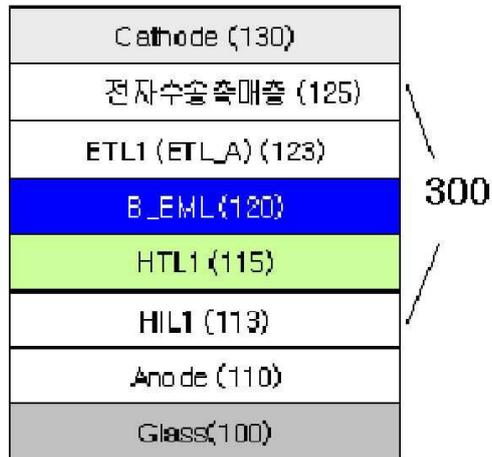
[0113] 표 5에서 확인할 수 있는 바와 같이, 상대적으로 녹색 컬러 필터의 투과율만 낮은 점 외에 W3의 소자를 구현했을 때, 백색 효율 색좌표, NTSC 좌표계에서 효율, 적색 및 청색 컬러 필터의 투과율, 표준 동영상 소비전력 및 수명이 모두 개선됨을 확인할 수 있었다.

[0114] 여기서, 상기 녹색 컬러 필터의 투과율에서 투과율 저하 부분은 제 2 발광층이 녹색(그린) 도펀트를 포함하지

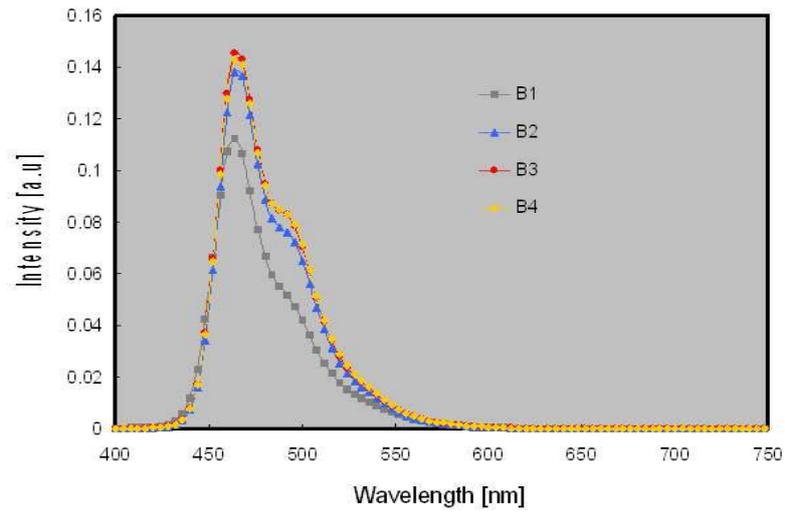
도면3



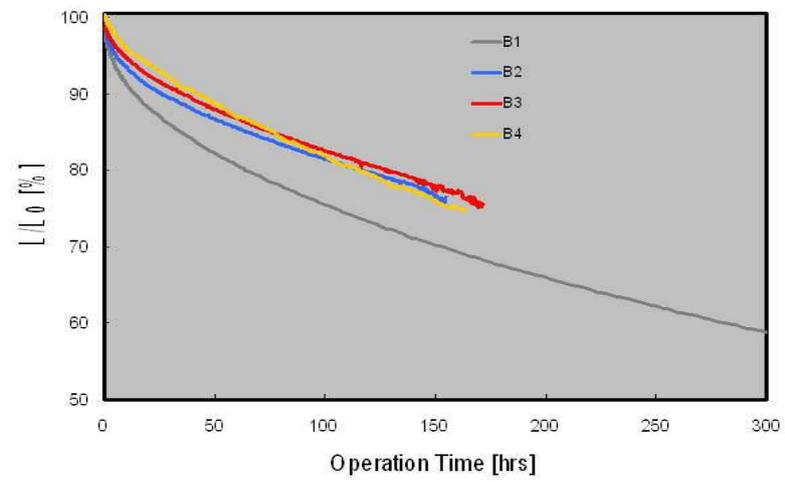
도면4



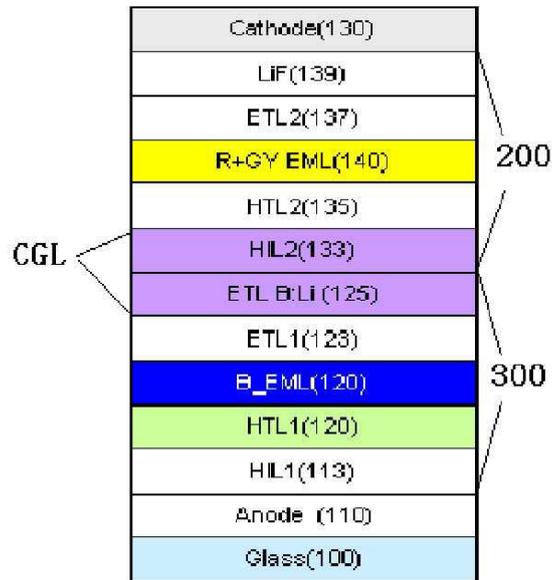
도면5



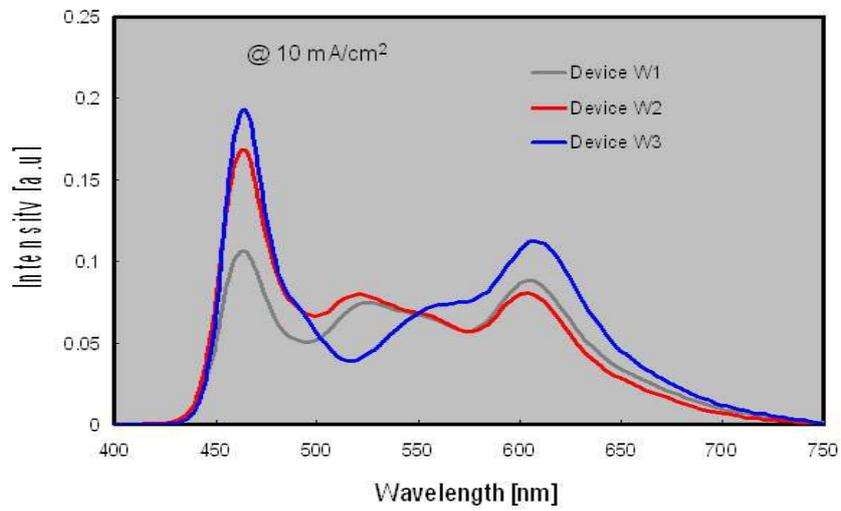
도면6



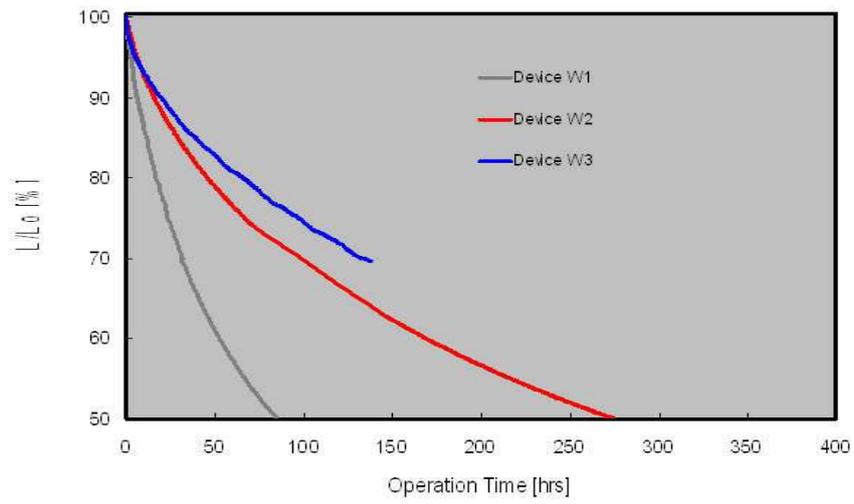
도면7



도면8



도면9



도면10

