



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년12월16일
(11) 등록번호 10-1094736
(24) 등록일자 2011년12월09일

(51) Int. Cl.
H05B 33/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2004-0010395
(22) 출원일자 2004년02월17일
심사청구일자 2009년01월29일
(65) 공개번호 10-2004-0074956
(43) 공개일자 2004년08월26일
(30) 우선권주장
10/368,513 2003년02월18일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP06275381 A*
KR1020010101640 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
글로벌 오엘이디 테크놀러지 엘엘씨
미국 버지니아 20171 헌던 스위트 330 13873 파크
센터 로드
(72) 발명자
타이언유안-헝
미국뉴욕주14580웹스터올드우드드라이브613
파루기아기우세페
미국뉴욕주14580웹스터비숍스레인706
쇼어조엘디
미국뉴욕주14607로체스터옥스퍼드스트리트242
(74) 대리인
김용인, 박영복

전체 청구항 수 : 총 10 항

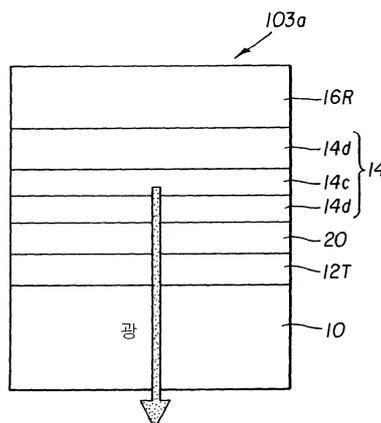
심사관 : 추장희

(54) 튜닝된 미세공동 컬러 OLED 디스플레이

(57) 요약

본 발명은 상이한 소정의 컬러광을 공통의 기판상에 각각 방출하는 2개 이상의 상이한 컬러 픽셀 세트에 분할된 픽셀 어레이를 갖는 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스로서, 상기 어레이내의 각각의 픽셀이, 기판상에 배치된 금속 하부 전극층; 금속 하부 전극층으로부터 이격된 금속 상부 전극층; 상부 전극층과 하부 전극층 사이에 배치되고 광대역 광을 생성하도록 배열된 유기 EL 소자; 및 금속 하부 전극층과 유기 EL 소자의 사이에 배치된 투명 전도성 페이스층(phase layer)을 포함하며; 여기서, 유기 EL 소자는 모든 컬러 픽셀에 대해 공통이고; 투명 전도성 페이스층의 두께는 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀이 상이한 소정의 컬러 광을 발광하도록 개별적으로 선택되고; 금속 전극 층들 중 하나는 반투명하고 다른 하나는 본질적으로 불투명하고 반사성이며; 반사성 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au, Al 또는 이들의 합금을 포함하고, 반투명 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au 또는 이들의 합금을 포함하고; 반투명 금속 전극 층의 두께, 유기 층과 투명 전도성 페이스층의 합계 두께, 및 발광층의 위치는 디스플레이 내의 각 픽셀이 미세공동을 갖지 않는 비교 OLED 디바이스보다 높은 발광 출력 효율을 갖는 튜닝된 미세공동 OLED 디바이스를 형성하도록 선택되는, 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스에 관한 것이다.

대표도 - 도3a



특허청구의 범위

청구항 1

상이한 소정의 컬러광을 공통의 기관상에 각각 방출하는 2개 이상의 상이한 컬러 픽셀세트로 분할된 픽셀 어레이를 갖는 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스로서,

상기 어레이내의 각각의 픽셀이 기관상에 배치된 금속 하부 전극층;

금속 하부 전극층으로부터 이격된 금속 상부 전극층;

상기 상부 전극층과 상기 하부 전극층 사이에 배치되고 광대역 광을 생성하도록 배열된 유기 EL 소자; 및

상기 금속 하부 전극층과 상기 유기 EL 소자의 사이에 배치된 투명 전도성 페이즈층(phase layer)을 포함하며;

여기서, 상기 유기 EL 소자는 모든 컬러 픽셀에 대해 공통이고; 상기 투명 전도성 페이즈층의 두께는 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀이 상이한 소정의 컬러 광을 발광하도록 개별적으로 선택되고; 상기 금속 전극 층들 중 하나는 반투명하고 다른 하나는 본질적으로 불투명하고 반사성이며; 상기 반사성 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au, Al 또는 이들의 합금을 포함하고, 상기 반투명 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au 또는 이들의 합금을 포함하고; 상기 금속 하부 전극층이 애노드이고 상기 금속 상부 전극층이 캐소드이거나, 상기 금속 하부 전극층이 캐소드이고 상기 금속 상부 전극층이 애노드이며; 상기 반투명 금속 전극 층의 두께, 상기 유기 층과 상기 투명 전도성 페이즈층의 합계 두께, 및 상기 유기 EL 소자의 위치는 디스플레이 내의 각 픽셀이 미세공동을 갖지 않는 비교 디바이스보다 높은 발광 출력 효율을 갖는 튜닝된 미세공동 OLED 디바이스를 형성하도록 선택되는, 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

금속 전극층이 둘 다 Ag 또는 이의 합금이고, 반투명 전극층의 두께가 10 내지 30nm인 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

하부 전극층이 반투명하고, 광이 기관을 통해 방출되는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

반투명 금속 하부 전극층과 기관 사이에 배치된 고굴절률의 흡수 감소층을 추가로 포함하는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

흡수 감소층이 1.6보다 큰 굴절률을 갖는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

반투명 전극의 재료가 Al, Cu, 이의 합금, 또는 50% 미만의 Ag를 갖는 MgAg 합금을 추가로 포함하는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상부 전극층이 반투명하고, 광이 반투명 상부 전극층을 통해 방출되는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

반투명 상부 전극층상에 배치된 고굴절률의 흡수 감소층을 추가로 포함하는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

흡수 감소층이 1.6보다 큰 굴절률을 갖는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

반투명 전극의 재료가 Al, Cu, 이의 합금, 또는 50% 미만의 Ag를 갖는 MgAg 합금을 추가로 포함하는 컬러 유기 발광 디스플레이.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0013] 본 발명은 개선된, 튜닝된 미세공동 컬러 OLED 디스플레이 디바이스에 관한 것이다.

[0014] 유기 전기발광(EL) 디바이스 또는 유기 발광 다이오드(OLED)는 인가된 전위에 응답하여 발광하는 전자 디바이스이다. 탕(Tang) 등은 문헌[Applied Physics Letters, 51, 913 (1987)], [Journal of Applied Physics, 65, 3610 (1989)] 및 일반 양도된 미국 특허 제 4,769,292 호에서 고효율 OLED를 설명하였다. 그 이후로, 중합체 재료를 포함하는 교호적인 층 구조를 가진 다수의 OLED가 개시되고 디바이스 성능이 개선되어 왔다. 도 1은 종래기술의 하부-발광 OLED의 개략적 단면도를 도시한다. 종래의 OLED 디바이스(101)는 기관(10), 투명한 하부 전극(12a), 유기 EL 소자(14) 및 반사성 금속 상부 전극(16R)을 포함한다. 유기 EL 소자(14)는 정공 주입층(HIL, 14a)(도시안됨), 정공 수송층(HTL, 14b), 발광층(LEL, 14c), 전자 수송층(ETL, 14d) 및 전자 주입층(EIL, 14e)(도시안됨)을 포함하는 하나 이상의 세부층을 포함할 수 있다. 도 1에서는 투명한 하부 전극(12a)이 애노드이고 반사성 금속 상부 전극(16R)이 캐소드이지만; 그 반대의 경우도 가능하며, 그 경우에는 유기 EL 소자(14)내의 세부층의 순서가 상기와 반대가 된다.

[0015] OLED 디바이스에 대한 가장 유망한 용도 중 하나는 이를 컬러 유기 발광 디스플레이에 사용하는 것이다. 컬러 유기 발광 디스플레이는 1종 보다 많은 색을 방출하는 하나 보다 많은 영역 또는 픽셀을 포함하는 디바이스이다. 개개 영역의 크기가 비교적 크고 개개 영역의 개수가 적은 경우, 이 디스플레이를 일반적으로 영역형(area) 컬러 디스플레이라고 한다. 개개 영역의 크기가 작지만 개수가 많은 경우에는 이 디스플레이를 일반적으로 픽셀형(pixelated) 디스플레이라고 한다. 후자는 고해상도의 풀컬러 이미지를 표시할 것이 요구되는 용도에 바람직한 디바이스이다. 가장 통상적으로는, 픽셀은 청색, 녹색 및 적색의 원색을 각각 방출하는 3개의 상이한 컬러 픽셀 세트르 분할된다. 다양한 조합의 전력을 적용하여 픽셀을 구동시킴으로써 풀컬러 이미지를 표시할 수 있다.

- [0016] 상이한 컬러 픽셀을 제공하기 위해 몇가지 상이한 방법이 시도되어 왔다. 가장 직접적인 방법은 상이한 픽셀에 대해 상이한 컬러 발광층을 배치하는 것이다. 이는 소분자 OLED 디바이스의 경우 기상 증착 공정 동안 새도우 마스크를 사용하여 상이한 픽셀에 대해 상이한 컬러 이미터 재료를 선택적으로 증착시킴으로써 행해진다. 이 방법이 고성능 디바이스의 제조를 보여주었지만, 고해상도 픽셀이 요구되는 경우 공정이 복잡해진다. 새도우 마스크는 비싸고 마스크 정렬이 어렵다. 제안된 다른 방법은 주사 레이저 광선을 이용하는 근접 간격 증기 수송법을 이용하는 것이다. 새도우 마스크의 이용이 배제되었지만, 장비가 복잡하고, 고품질 디바이스가 보고되지 않았다. 중합체에 기초한 OLED를 제작하는데 특히 적합한 다른 방법은 잉크젯 인쇄를 사용하여 이미터 재료를 목적하는 픽셀 위치에 침착시키는 것이다. 이 방법은 흥미롭긴 하지만, 고성능의 안정된 디바이스를 제작하기 어려웠다.
- [0017] 다른 접근으로는, 모든 픽셀에 대한 공통 이미터를 이용하고, 다른 수단을 이용하여 상이한 색을 생성하는 것이 있다. 예를 들면, 백색 발광 OLED는 상이한 픽셀에 대한 색 필터와 조합하여 사용되어 상이한 색을 생성할 수 있다. 색 필터의 제공 비용 외에 주요한 단점으로는, 필터의 흡수에 의한 광의 2/3가 손실되는 것이다. 또 다른 접근으로는, 청색 발광 OLED를 상이한 픽셀에 대한 상이한 형광 물질과 조합하여 사용하여 상이한 색을 생성하는 것이다. 다른 OLDE보다 청색 OLED 디바이스는 일반적으로 덜 안정하고 덜 효율적이기 때문에, 이 방법은 근본적 결함이 있다.
- [0018] 제안된 또 다른 접근법은 픽셀화에 미세공동을 이용하는 것이다. 미세공동 OLED 디바이스(미국 특허 제 6,406,801 B1 호, 미국 특허 제 5,780,174 A1 호 및 JP 11,288,786 A 호)에서, 유기 EL 소자는 2개의 고반사 거울 사이에 배치되며, 이들 거울 중 하나는 반투명하다. 반사 거울은 공동내에 배치된 유기 EL의 발광 특성을 크게 개선시키는 파브리-페롯(Fabry-Perot) 미세공동을 형성한다. 공동의 공명 파장에 상응하는 파장 부근의 발광은 반투명 거울을 통해 향상되고, 공명 파장으로부터 떨어진 파장을 갖는 발광은 억제된다. OLED 디바이스에서의 미세공동의 사용은 발광 대역폭을 감소시키고 발광의 색 순도를 개선시키는 것으로 밝혀졌다(미국 특허 제 6,326,224 호). 미세공동은 또한 OLED 디바이스로부터의 발광의 각도 분포를 크게 변화시킨다. 또한, 휘도 출력이 미세공동의 사용에 의해 향상될 수 있었다고 제안된 바 있다(요코야마(Yokoyama)의 문헌[Science, Vol. 256 (1992) p66], 조단(Jordan) 등의 문헌[Appl. Phys. Lett. 69, (1996) p1997]). 미세공동의 색 선택도를 이용하여 픽셀화를 성취하는 것이 제안되어 왔다. 이 제안은 광대역 이미터를 제공 및 상이한 픽셀에 대해 상이한 미세공동을 제공하는 것이었다(미국 특허 제 5,554,911 호; 제 5,847,506 호; 제 5,969,475 호; 및 제 5,405,710 호). 이 제안이 장점이 있지만, 이 경우 및 다른 종래의 기술에서 미세공동 OLED 디바이스에 대해 개시된 것은 반사 거울 중 하나 이상이 쿼터 웨이브 스택(QWS)이기 때문에, 제안된 컨셉의 실용적 적용은 어렵다. QWS는 각각이 1/4 파장 두께를 갖는 교호하는 고지수 및 저지수 유전체 박막의 다층 스택이다. 이는 목적하는 범위의 파장에 걸쳐 고반사율, 저투과율 및 저흡수율을 갖도록 튜닝될 수 있다.
- [0019] 도 2는 QWS에 기초한 종래기술의 예시적인 미세공동 OLED 디바이스(102)의 개략적 단면도를 도시한다. 이 QWS에 기초한 미세공동 OLED 디바이스(102)는 기관(10), 반투명 반사판으로서의 QWS(18), 투명한 하부 전극(12a), 유기 EL 소자(14) 및 반사성 금속 상부 전극(16R)을 포함한다. 전형적인 QWS(18)는 TiO_2 $n = 2.45$ 및 SiO_2 $n = 1.5$ 인 $TiO_2:SiO_2:TiO_2:SiO_2:TiO_2$ 형태이다(조단(R.H. Jordan) 등의 문헌[Appl. Phys. Lett. 69, 1997 (1996)]에서와 같음). 각 재료의 두께는 각각 550nm의 녹색 발광에 대한 1/4 파장에 상응하는 56nm 및 92nm이다. 작동시, 550nm의 공명 파장에 집중된 좁은 대역의 광만이 QWS 층을 통해 미세공동 OLED 디바이스 밖으로 방출된다.
- [0020] QWS는 구조가 복잡하며 제작 비용이 비싸다. 공명 대역폭은 극히 좁으며, 그 결과 비록 QWS에 기초한 미세공동이 공명 파장에서 발광 피크 높이를 크게 증가시킬 수 있을지라도, 가시 파장 범위에 걸쳐 적분된 총 휘도는 미세공동이 없는 유사 디바이스에 비해 훨씬 덜 개선되며 실제로는 감소될 수도 있다. 또한, 유전체층은 전기전도성이 아니다. OLED 디바이스를 형성하기 위해서는 별도의 투명한 전도성 전극층이 QWS와 유기층 사이에 배치될 필요가 있다. 이 부가된 전도성 전극층은 구조를 더욱 복잡하게 한다. 투명한 전도성 산화물이 전도성 전극으로서 사용되는 경우, 전기전도성이 제한되어 많은 디바이스, 특히 큰 면적을 갖는 디바이스에는 부적절할 수 있다. 금속 박막이 사용되는 경우, 공동 구조가 훨씬 더 복잡해지고 디바이스 성능이 떨어질 수 있다. 따라서, QWS에 기초한 미세공동 OLED 디바이스는 실용적인 컬러 유기 발광 디스플레이에는 적합하지 않다.
- [0021] 그러나, 유용한 미세공동 효과를 달성하는데 있어서 비흡수성 유전체 재료로 구성된 QWS가 필요한 것으로 일반적으로 여겨지고 있다. 요코야마 등(문헌[Science Vol 256, p66 (1992)])은 그의 참고 검토 논문에서 금속 거울 대신에 QWS의 사용을 특별히 권유하였다. QWS를 대체하고자 한 공개된 시도들은 크게 성공적이지 못하였다.

버그렘(Berggrem) 등(문헌[Synthetic Metals 76 (1996) 121])은 Al 거울 및 Ca-Al 반투명 거울을 사용하여 미세공동을 구성한 PLED를 연구하였다. 미세공동 효과를 암시하는 약간의 대역폭 협소화가 관찰되었지만, 미세공동을 갖는 디바이스의 외부 양자 효율은 미세공동이 없는 유사 디바이스보다 3의 인자만큼 적었다. 다카다(Takada) 등(문헌[Appl. Phys. Lett. 63, 2032 (1993)])은 반투명 (36nm) Ag 캐소드 및 250nm MgAg 애노드를 사용한 미세공동 OLED 디바이스를 제조하였다. 각도 분포의 변화 및 발광 대역폭의 감소가 관찰되었지만, 발광 강도는 공동이 없는 경우에 비해 현저히 감소되었다. 다카다 등은 발광 염료와 넓은 방출 스펙트럼 및 단순한 평면 공동의 조합이 미세공동내의 광의 구속에는 만족스럽지 못하였다고 결론지었으며, 새로운 공동 구조의 개발을 권하였다. 진(Jean) 등(문헌[Appl. Phys. Lett. Vol 81, (2002) 1717])은 애노드로서 100nm Al을 사용하고 반투명 캐소드로서 30nm Al을 사용하여 미세공동 구조를 구성한 OLED 구조물을 연구하였다. 강한 미세공동 효과가 발광 대역폭의 협소화를 가져왔고 각도 의존성의 변화가 관찰되었지만, 발광 출력 효율의 개선은 전혀 제안되지 않았다. 실제로 디바이스의 극히 좁은 발광 대역폭으로부터 판단해 보면, 발광 출력 효율은 아마도 감소되었을 것 같다. EP 1,154,676 A1 호에는, 광반사 재료의 하부 전극, 유기 발광층, 반투명 반사층, 및 공동 구조를 형성하는 투명 재료의 상부 전극을 갖는 유기 EL 디바이스가 개시되었다. 이의 목적은 넓은 시야각에 걸쳐 충분한 색 재현 범위를 갖는 OLED 디바이스를 달성하는 것이었다. 이 목적은 미세공동 효과를 본질적으로 감소시켜 넓은 발광 대역폭을 얻음으로써 달성되었다. 다중 반사가 공명 파장 발광을 향상시키는 것으로 주장되었지만, 실제 또는 모의 데이터는 상기 주장을 전혀 뒷받침하지 못하였다. 모든 실시예에서 Cr 반사 애노드를 사용하였다. Cr과 같은 저반사율 애노드를 사용하는 경우 휘도 향상은 거의 달성될 수 없는 것으로 여겨진다.

[0022] 루(Lu) 등(문헌[Appl. Phys. Lett. 81, 3921 (2002)])은 미세공동 효과에 의해 향상된 성능을 갖는다고 본인들이 주장한 상부-발광 OLED 디바이스를 기술하였다. 그러나, 이들 저자의 성능 데이터는 미세공동의 각도 의존성이 매우 적음을 나타내었다. 스펙트럼 데이터가 제시되지는 않았지만, 이들 저자의 비-미세공동 하부-발광 구조와 미세공동 상부-발광 구조 사이의 색 좌표의 유사성은 아마도 미세공동 OLED 디바이스에서 예상되는 대역폭 협소화 효과도 또한 없을 것임을 암시한다. 실제로, 본 출원인의 모델 계산에서는 이들 저자의 구조가 유의적인 미세공동 효과를 생성하지 못함이 확인되었다. 따라서, 관찰된 발광 향상은 아마도 비-미세공동 OLED 디바이스에서 전형적으로 보이는 크지 않은 보통의 광학 간섭 효과의 결과일 것이다. 발광 향상의 크기가 매우 작고 색 품질 개선은 없다. 상기 저자들은 또한 가장 우수한 효과는 고반사율 애노드 및 투명 캐소드를 사용함으로써 달성된다고 제안하였는데, 후자는 본 발명의 교시와는 명확하게 대조된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- [0023] 본 발명의 목적은 용이하게 제조될 수 있는 튜닝된 미세공동 컬러 유기 발광 디스플레이를 제공하는 것이다.
- [0024] 본 발명의 다른 목적은 색 품질 및 발광 출력 효율이 실질적으로 개선된 컬러 유기 발광 디스플레이를 제공하는 것이다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 목적은 낮은 내부 직렬 저항을 가져 전력 손실을 감소시키는 컬러 유기 발광 디스플레이를 제공하는 것이다.
- [0026] 이들 목적은, 상이한 소정의 컬러광을 공통의 기관상에 각각 방출하는 2개 이상의 상이한 컬러 픽셀 세트에 포함된 픽셀 어레이를 갖는 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스로서, 상기 어레이내의 각각의 픽셀이
- [0027] 기관상에 배치된 금속 하부 전극층;
- [0028] 금속 하부 전극층으로부터 이격된 금속 상부 전극층;
- [0029] 상부 전극층과 하부 전극층 사이에 배치되고 광대역 광을 생성하도록 배열된 유기 EL 소자; 및
- [0030] 금속 하부 전극층과 유기 EL 소자의 사이에 배치된 투명 전도성 페이스층(phase layer)을 포함하며;
- [0031] 여기서, 유기 EL 소자는 모든 컬러 픽셀에 대해 공통이고; 상기 투명 전도성 페이스층의 두께는 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀이 상이한 소정의 컬러 광을 발광하도록 개별적으로 선택되고; 상기 금속 전극 층들 중 하나는 반투명하고 다른 하나는 본질적으로 불투명하고 반사성이며; 상기 반사성 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au, Al 또는 이들의 합금을 포함하고, 상기 반투명 금속 전극 층의 재료는 Ag, Au 또는 이들의 합금을 포함하고; 상기 반투명 금속 전극 층의 두께, 유기 층과 투명 전도성 페이스층의 합계 두께, 및 발광층의 위치는 디스플레이 내

의 각 픽셀이 미세공동을 갖지 않는 비교 디바이스보다 높은 발광 출력 효율을 갖는 튜닝된 미세공동 OLED 디바이스를 형성하도록 선택되는, 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스를 제공함으로써 달성된다.

[0032] 본 발명의 다른 양태에서는, 미세공동 OLED 디바이스의 성능을 더욱 개선시키기 위해 미세공동 외측의 반투명 금속 전극층 다음에 고굴절률의 흡수 감소층이 부가된다.

발명의 구성 및 작용

[0033] 본 발명의 바람직한 실시태양에서, 컬러 유기 발광 디스플레이는 상이한 소정의 컬러를 공통의 기관상에 각각 방출하는 2개 이상의 컬러 픽셀 세트로 분할된 픽셀 어레이를 갖는다. 상기 컬러 유기 발광 디스플레이내의 각각의 픽셀은 2개의 금속 전극층을 갖는 미세공동 OLED 디바이스가 되도록 구성된다. 각각의 픽셀은 기관상에 배치된 금속 하부 전극층; 및 금속 하부 전극층으로부터 이격된 금속 상부 전극층을 포함한다. 모든 픽셀에 대한 광대역을 생성하기 위해 배열된 공통 유기 EL 소자는 하부 및 상부 전극층 사이에 배치된다. 또한, 상이한 두께의 투명 전도성 페이스층은 금속 하부 전극층과 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀에 대한 유기 EL 소자 사이에 배치된다. 따라서 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀은 상이한 공동 길이를 갖는 미세공동 OLED 디바이스가 되게 구성된다. 미세공동 OLED의 공동 길이는 컬러 발광을 결정하기 때문에, 상이한 컬러 픽셀 세트 중의 픽셀은 공통 광대역 이미터로부터 상이한 컬러 광을 생성하도록 구성된다. 그러므로, 2개 이상의 상이한 컬러 픽셀 세트로 분할된 픽셀을 갖는 풀 컬러 유기 발광 디스플레이는 상이한 픽셀에 대한 상이한 컬러-발광 유기 EL 소자의 제공 필요성 없이 구성될 수 있다. 따라서 유기 컬러 발광 디스플레이 디바이스의 제조 비용은 감소될 수 있다. 또한, 본 발명의 중요한 특징은 이런 미세공동을 통해 발광 효율의 증가를 성취하는 것이다. 종래의 기술에서 전체-금속 미세공동 OLED 디바이스가 연구 및 보고되어 왔지만, 우리의 지식으로는 대응되는 비-미세공동 디바이스에 대한 발광 출력 효율의 증진에 성공적이지 못했다. 본 발명의 목적을 위해, OLED 디바이스의 발광 출력 효율은 약 $0.95 \lambda_0$ 내지 약 $1.05 \lambda_0$ (λ_0 은 관심 픽셀에서의 의도된 컬러 발광의 피크 파장이다)의 범위의 스펙트럼에 대한 복사 에너지 출력을 적분하여 측정할 수 있다. 예를 들면, 520nm에서 피크 파장을 발광하는 녹색 픽셀에서는, 약 494nm 내지 약 546nm에서의 디바이스 복사 출력을 적분하여 발광 출력 효율을 측정한다. 발광 출력 효율의 이런 정의는 확실하게 목적하는 컬러 출력에 기여하는 발광된 광만이 비교 되도록 이용된다.

[0034] 종래기술의 교시내용 및 성공적이지 못한 시도들을 고려하여, 본 발명자들은 광범위한 모델링 및 실험적 노력을 통해 아주 예기치않게, 발광 출력 효율 및 컬러 선택도를 제공하는 색 품질을 향상시키는 고성능 미세공동 OLED 디바이스가 오로지 금속 거울을 사용하여 실제로 제작될 수 있음을 발견하였다. 반사성 금속 전극 및 반투명 금속 전극 둘 다에 대한 재료 선택이 중요하고 반투명 금속 전극의 두께도 또한 중요함이 발견되었다. Ag, Au, Al 또는 이의 합금(이들 금속 중 1종 이상을 50원자% 이상으로 갖는 합금으로서 정의됨)을 포함하는 소수의 금속만이 반사 전극으로서 사용되는 것이 바람직하다. 다른 금속이 사용되는 경우, 휘도 출력의 이점은 증가하고 미세공동 효과로 인한 색 품질 개선은 크게 감소된다. 유사하게, 반투명 전극에는 Ag, Au 또는 이의 합금을 포함하는 소수의 재료만이 사용되는 것이 바람직하다. 반투명 전극의 두께 범위도 또한 제한된다. 너무 얇은 층은 유의적인 미세공동 효과를 제공하지 못하고, 너무 두꺼운 층은 휘도 출력을 감소시킨다. 또한, 미세공동내의 발광층의 위치도 또한 휘도 출력에 크게 영향을 미치며, 최적화될 필요가 있다. 이들 인자 모두를 적절히 최적화하는 것에 의해서만이, 상응하는 비공동 OLED 디바이스보다 현저히 개선된 발광 출력 효율 및 색 품질을 갖는 미세공동 OLED 디바이스를 달성할 수 있다. 본 발명자들은 미세공동 외측의 투명 전극층 다음에 배치된 흡수 감소층이 미세공동 디바이스의 휘도 성능을 더욱 개선시킴을 추가로 발견하였다.

[0035] 금속 거울은 QWS보다 구조가 더 간단하고 제작이 더 용이하다. 전극으로서도 기능하는 2개의 금속 거울을 사용하면, 별도의 투명한 전도성 전극에 대한 필요성이 없어진다. 반투명 금속 전극의 시이트 전도성은 종래기술에서 사용된 투명한 전도성 전극보다 훨씬 더 높을 수 있다. 증가된 전도성은 OLED 디바이스에서 특히 디바이스 면적이 큰 경우 ω (Ohm) 손실을 감소시킨다. 적절하게 설계된 금속 거울을 사용한 발광 대역폭은 QWS를 사용하여 수득된 것보다 넓으며, 그 결과 휘도 출력이 증가된다. 한편, 발광 대역폭은 우수한 색 품질을 제공하기에 충분할 정도로 여전히 좁다.

[0036] 금속 하부 전극층은 반투명한 것일 수 있고, 이 경우 본 발명에 따른 유기 발광 디스플레이는 하부-발광한다. 다르게는, 금속 상부 전극이 반투명한 것일 수 있고, 이 경우 본 발명에 따른 유기 발광 디스플레이는 상부-발광한다. 하부-발광 디스플레이의 경우, 기관은 디바이스로부터의 발광에 대해 투명하다. 기관은 유리, 플라스틱

틱 또는 기타 적합한 투명 재료로 제조될 수 있다. 상부-발광 디스플레이의 경우, 기판은 발광에 대해 투명할 필요가 없으며 금속, 세라믹 또는 기타 적합한 재료로 제조될 수 있다.

- [0037] 금속 하부 전극은 애노드일 수 있고, 금속 상부 전극은 캐소드일 수 있다. 다르게는, 금속 하부 전극은 캐소드일 수 있고, 금속 상부 전극은 애노드일 수 있다. 어느 경우이든 유기 EL 소자는 정공 주입층 및 정공 수송층이 애노드에 보다 근접하고 전자 주입층 및 전자 수송층이 캐소드에 보다 근접하도록 적절하게 배향된다.
- [0038] 금속 전극에 바람직한 재료 모두가 양호한 전하 주입을 제공하지는 못하기 때문에, 유기 EL 소자는 HTL 다음에 정공 주입층 및/또는 ETL 다음에 전자 주입층을 포함하는 것이 바람직하다. 정공 주입층으로서 사용하기에 적합한 재료는 일반 양도된 미국 특허 제 4,720,432 호에 기술된 바와 같은 포르피린계 화합물 및 일반 양도된 미국 특허 제 6,208,075 호에 기술된 바와 같은 플라즈마 증착된 플루오로카본 중합체를 포함하지만, 이에 한정되지는 않는다. 유기 EL 디바이스에 유용하다고 보고된 다른 정공 주입 재료는 EP 0 891 121 A1 호 및 EP 1 029 909 A1 호와 도키토(Tokito) 등의 문헌[J. Phys. D. Vol 29 (1996) 2750]에 기술되어 있다. 본원에 참고로 인용되어 있는 미국 특허 제 5,608,287 호; 제 5,776,622 호; 제 5,776,623 호; 제 6,137,223 호 및 제 6,140,763 호에 교시된 것을 포함하는 전자 주입층이 사용될 수 있다. 낮은 일함수의 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속, 예를 들어 Li, Cs, Ca 또는 Mg를 함유하는 박막이 사용될 수 있다. 또한, 이러한 낮은 일함수의 금속으로 도핑된 유기 물질도 또한 전자 주입층으로서 효과적으로 사용될 수 있다. 예로는 Li 또는 Cs 도핑된 Alq가 있다.
- [0039] 몇몇의 경우, 금속 전극에 사용되는 재료는 화학적 상호작용, 전자 이동 또는 기타 원인으로 인해 OLED 디바이스에서 불안정성을 초래한다. 적합한 차단 층을 이러한 불안정성을 방지하는데 사용할 수 있다. 또한, 양호한 전자 또는 정공 주입층이 존재하면 이러한 목적을 위한 광범위한 재료의 선택이 가능해진다.
- [0040] 유기 EL 소자는 하나 이상의 발광층을 갖지만, 통상적으로는 수개의 층을 포함한다. 예시적인 유기 EL 소자는 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층 및 전자 주입층을 포함할 수 있다. 유기 EL 소자는 소분자의 OLED 재료에 기초하거나 중합체 OLED 재료에 기초할 수 있다. 중합체 OLED 재료에 기초한 디바이스를 흔히 PLED라고 한다. 발광층은 형광 OLED 물질을 포함하거나 인광 물질을 포함할 수 있다.
- [0041] 풀 컬러 디스플레이를 제공하기 위해, 광대역 유기 EL 소자를 사용한다. 광대역 유기 EL 소자는 가시광선 파장 범위에서의 목적하는 청색, 녹색 및 적색 영역에서 적당한 광 출력을 갖는 발광 스펙트럼을 갖는 것이다. 바람직하게는, 광대역 유기 EL 소자가 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스로부터 목적하는 컬러 출력의 청색, 녹색 및 적색 파장 부근의 피크를 갖는 발광 스펙트럼을 갖는다. 종래 기술에서 보고된 광대역 발광을 성취하기 위한 많은 방법들[방출층에 복수 도판트를 사용하는 것; 상이한 발광 특성을 갖는 방출층을 하나 이상 사용하는 것; 및 강한 엑시머(excimer) 발광을 갖는 도판트를 사용하는 것(미국 특허 제 5,683,823 호; 제 5,405,709 호; 및 JP 07,142,169 호)을 포함함] 중 임의의 것을 본 발명에서 이용할 수 있다.
- [0042] 본 발명에 따르면, 상이한 컬러 픽셀은 상이한 픽셀 세트 중의 픽셀에 미세공동 길이를 상이하게 제공하여 성취된다. 이는 투명 전도성 페이스층의 두께를 상이하게 제공하여 성취될 수 있다. 그 후, 패터닝되지 않은 공통 유기 EL 소자 및 공통 상부 전극층은 모든 픽셀에 대해 사용되어 디스플레이의 제조를 완성할 수 있는데, 이는 유기 발광 디스플레이 제조 공정을 매우 단순화시킨다. 투명 전도성 페이스층은 발광에 대해 투명할 필요가 있고, 금속 하부 전극층과 유기 EL 소자 사이에서 전하 캐리어를 운반하도록 전도성일 필요가 있다. 막 관통(through-film) 전도성만이 중요하기 때문에, 약 $10^7 \Omega\text{-cm}$ 미만의 벌크 저항이 적당하다. 인듐-주석 산화물(ITO), 아연-주석 산화물(ZTO), 주석 산화물(SnO_x), 인듐 산화물(InO_x), 몰리브덴 산화물(MoO_x), 텔루륨 산화물(TeO_x), 안티몬 산화물(SbO_x), 아연 산화물(ZnO_x), 바나듐 산화물(VO_x)과 같은 많은 금속 산화물 및 구리 프탈로시아닌과 같은 유기 물질이 사용될 수 있지만, 이에 한정되지는 않는다. 다른 편리한 선택은 유기 EL 소자에 통상적으로 사용되는 전자 또는 정공 수송층을 사용하는 것이다. 예를 들면, 금속 하부 전극이 애노드인 경우, 상이한 컬러 픽셀이 상이한 두께의 정공 수송층으로 예비-증착될 수 있다. 그 후, 공통 두께의 부가적 정공 수송층이 모든 픽셀에 적용되어 OLED 디바이스 제조를 완성한다. 유사하게, 금속 하부 전극이 캐소드인 경우, 전자 수송층이 투명 전도성 페이스층으로 사용될 수 있다.
- [0043] 전자 또는 정공 수송층 외의 물질이 금속 하부 전극 및 유기 EL 소자 사이의 투명 전도성 페이스층으로서 사용되면, 금속 하부 전극이 캐소드인 경우 투명 전도성 페이스층 및 유기 EL 소자 사이에 전자 주입층; 또는 금속 하부 전극이 애노드인 경우 투명 전도성 페이스층 및 유기 EL 소자 사이에 정공 주입층을 포함하는 것이 유리할 수 있다. 유용한 전자 주입 및 정공 주입 물질은 상기에 기술된 것과 같다.

- [0044] 본 발명의 바람직한 실시태양에서는, 소정 두께의 제 1 투명 전도성 페이스트층이 스퍼터링 또는 증발과 같은 통상적인 박막 증착 기법에 의해 실질적으로 기판 전체에 걸쳐 배치된다. 이어서, 제 1 투명 전도성 페이스트층은 제 1 투명 전도성 페이스트층을 수용하도록 설계된 픽셀에만 이러한 페이스트층을 남기기 위해 종래의 포토-리소그래피 기법을 사용하여 패터닝된다. 이어서, 제 2 투명 전도성 페이스트층이 종래의 박막 증착 방법에 의해 실질적으로 유기 발광 디스플레이 전체에 걸쳐 적용된다. 이어서, 제 2 투명 전도성 페이스트층은 제 2 투명 전도성 페이스트층을 수용하도록 설계된 픽셀과 제 1 및 제 2 투명 전도성 페이스트층 둘 다를 수용하도록 설계된 픽셀에만 제 2 투명 전도성 페이스트층을 남기기 위해 종래의 포토-리소그래피 기법을 사용하여 패터닝된다. 이 공정은 픽셀이 몇가지 상이한 두께의 투명 전도성 페이스트층을 가질 수 있도록 반복될 수 있다. 2개의 투명 전도성 페이스트층을 가짐으로써 3개의 상이한 픽셀이 제조될 수 있는데, 이들 픽셀 중 하나는 두께 0의 투명 전도성 페이스트층을 갖고, 또 다른 하나는 제 2 투명 전도성 페이스트층만을 가지며, 세 번째 것은 제 1 및 제 2 투명 전도성 페이스트층 둘 다를 갖는다. 다르게는, 3개의 컬러 픽셀을 위해 3개의 상이한 투명 전도성 페이스트층 두께가 사용될 수 있다.
- [0045] 다르게는, 투명 전도성 페이스트층은 새도우 마스크를 통해 스퍼터링 및 증발과 같은 종래의 박막 증착 기법에 의해 제조될 수 있다. 투명 전도성 페이스트층은 또한 레이저 또는 플래시 열전사 기법에 의해 픽셀 영역상에 선택적으로 배치될 수도 있다(미국 특허 제 5,937,272 호, 제 5,904,961 호 및 제 5,688,511 호). 본 발명을 실시하기 위한 예시적인 열전사 공정에서는, 표면 중 하나에 에너지 흡수층이 코팅된 얇은 플라스틱 시이트를 포함하는 도너가 제공된다. 전사되는 투명 전도성 페이스트층의 재료는 에너지 흡수층상에 배치된다. 전사 공정 동안 도너는 투명 전도성 페이스트층의 재료가 금속 하부 전극층에 면한 채로 위치된다. 이어서, 복사 에너지가 도너의 얇은 플라스틱 시이트를 통해 도너에 적용된다. 복사 에너지는 투명 전도성 페이스트층의 재료가 승온에 도달되어 전사 물질의 상당한 증기가 현상되도록 에너지 흡수층에 의해 흡수된다. 이로써, 투명 전도성 페이스트층의 재료는 패터닝된 금속 하부 전극에 증기의 증발-응축에 의해 전사되어 투명 전도성 페이스트층을 형성한다. 다르게는, 복사 에너지는 전사 물질이 승온에 도달되어 덜 점성이 되어 금속 하부 전극으로 흐르도록 한다. 상이한 두께의 투명 전도성 페이스트층은 상이한 도너의 사용을 통해 달성된다. 투명 전도성 페이스트층의 패터닝은, 전사 공정 동안 복사 에너지를 차단하거나 고전력 레이저로부터의 복사 에너지 빔과 같은 주사 집속(scanning focused) 복사 에너지 빔을 사용하여 투명 전도성 페이스트층의 목적하는 패턴에 따라 도너로부터 재료의 일부를 선택적으로 전사시킴으로써 달성될 수 있다.
- [0046] 본 발명은 박막 트랜지스터(TFT) 구조가 활성 어드레싱 방식에 사용되는 활성 매트릭스 컬러 유기 발광 디스플레이에 적용될 수 있다(미국 특허 제 5,684,365 호 및 제 5,550,066 호). 활성 매트릭스 컬러 유기 발광 디스플레이에서는 각각의 픽셀이 다수의 박막 트랜지스터, 커패시터와 같은 기타 구성요소, 및 접속 패드(이는 금속 하부 전극과 전기적으로 접촉함)를 구비한다.
- [0047] 금속 하부 전극층은 TFT 구조상의 접속 패드상에 배치되고 패터닝되어 픽셀을 형성한다. 스퍼터링, 전자빔 증발 또는 저항열 증발 등과 같은 통상적인 박막 증착 기법이 금속 하부 전극층의 제조에 사용될 수 있다. 픽셀의 크기 및 형상은 금속 하부 전극의 크기 및 형상에 의해 한정된다. 패터닝은 종래의 포토-리소그래피를 사용하여 행해지거나 레이저 증착 공정 동안 새도우 마스크를 사용하여 행해질 수 있다. 포토-리소그래피 방법을 사용하여 금속 하부 전극의 크기 및 형상을 한정할 수 있기 때문에, 개구 비(활성 발광 면적 대 전체 표시 면적의 비)가 매우 높을 수 있다. 또한, 모든 픽셀의 크기 및 형상이 동일할 필요는 없다. 실제로, 픽셀의 크기 및 형상은 컬러 유기 발광 디스플레이의 화상 품질을 개선시키기 위한 수단으로서 사용될 수 있다.
- [0048] 본 발명은 또한 수동 매트릭스 컬러 유기 발광 디스플레이에서도 실시될 수 있다. 수동 매트릭스 컬러 유기 발광 디스플레이에서는 금속 상부 전극 및 금속 하부 전극이 둘 다 패터닝된다. 픽셀은 금속 하부 전극과 금속 상부 전극 사이의 교차물로서 형성된다. 픽셀은 상이한 소정의 색광을 방출하도록 선택되고, 각각의 픽셀과 결합된 미세공동은 미세공동 효과 없이 달성될 수 있는 것에 비해 특정 색광의 방출을 개선시키도록 튜닝된다.
- [0049] 도 3a는 본 발명에 따른 컬러 유기 발광 디스플레이 디바이스내의 단일 픽셀을 나타내는, 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스(103a)의 개략적 단면도를 도시한다. 미세공동 OLED 디바이스(103a)는 기판(10), 반투명 금속 하부 전극(12T), 투명 전도성 페이스트층(20), 유기 EL 소자(14) 및 반사성 금속 상부 전극(16R)을 포함한다. 반투명성 금속 하부 전극(12T) 아래에서 기판(10)상에 존재할 수 있는 TFT 회로 구조물 및 반사성 금속 상부 전극(16R)상에 존재할 수 있는 보호 오버코트 또는 캡슐화 구조물과 같은 다른 가능한 특징부는 도 3a에 도시되어 있지 않다. 2개의 금속 전극은 미세공동의 반사 거울로서 기능한다. 발생된 광은 반투명 금속 하부 전극(12T) 및 기판(10)을 통해 방출되기 때문에, 기판(10)은 투명할 필요가 있으며 유리 또는 플라스틱으로부터 선택될 수 있다. 반사성 금속 상부 전극(16R)은 Ag, Au, Al 또는 이의 합금에서 선택되고, 반투명 금속 하부 전극(12T)은

Ag, Au 또는 이의 합금에서 선택된다. 반사성 금속 상부 전극(16R)의 두께는 1.5 이상의 광학 밀도를 갖도록 선택되어 반사성 금속 상부 전극이 본질적으로 불투명하고 반사성하도록 한다. 반투명 금속 하부 전극(12T)의 두께는 미세공동 OLED 디바이스(103a)로부터의 소정 파장에서의 휘도 광 출력을 최적화하도록 선택된다. 바람직한 두께는 애노드 및 캐소드가 되도록 선택된 재료에 좌우된다. 유기 EL 소자(14)는 적어도 발광층(14c)을 포함하며, 정공 주입층(14a)(도시안됨), 정공 수송층(14b), 전자 수송층(14d) 및 전자 주입층(14e)(도시안됨)과 같은 하나 이상의 추가 층을 포함할 수 있다. 도 3에 도시된 순서에서, 반투명 금속 하부 전극(12T)은 애노드이고, 반사성 금속 상부 전극(16R)은 캐소드이다. 유기 EL 소자(14)와 투명 전도성 페이스층(20)의 합계 두께는 미세공동 OLED 디바이스(103a)를 튜닝하여 디바이스로부터 방출되는 소정의 파장에서 공명을 갖도록 선택된다. 두께는 하기 수학적 식 1을 충족시킨다:

수학적 식 1

[0050]
$$2 \sum n_i L_i + 2 n_s L_s + (Q_{m1} + Q_{m2}) \lambda / 2\pi = m \lambda$$

[0051] 상기 식에서,

[0052] n_i 는 굴절률이고,

[0053] L_i 는 유기 EL 소자(14)내의 i 번째 세부층의 두께이고,

[0054] n_s 는 굴절률이고,

[0055] L_s 는 투명 전도성 페이스층(20)의 두께로서 0일 수 있고,

[0056] Q_{m1} 및 Q_{m2} 는 각각 2개의 유기 EL 소자-금속 전극 계면에서의 라디안의 상 이동(phase shift)이고,

[0057] λ 는 디바이스로부터 방출되는 소정의 파장이고,

[0058] m 은 음(-)이 아닌 정수이다.

[0059] 제조 용이성 및 색 순도를 위해, m 을 청색 픽셀의 경우 1로 하고 녹색 및 적색 픽셀의 경우 0 또는 1로 하는 것이 바람직하다.

[0060] 금속 전극들 사이의 총 두께는 미세공동 공명 파장을 결정하는데 가장 중요한 인자이다. 그러나, 공명 파장 및 더욱 구체적으로는 공명의 강도(및 따라서 디바이스의 결과적인 효율)는 또한 발광층(14c)과 2개의 전극 각각 사이의 거리에 좌우된다. 특히, 최적의 디바이스 성능을 위해, 반사성 금속 상부 전극(16R)과 발광층(14c)(의 중심) 사이의 거리는 하기 수학적 식 2를 대략 충족시켜야 한다:

수학적 식 2

[0061]
$$2 \sum n_i L_i + Q_{m1} \lambda / 2\pi = m_D \lambda$$

[0062] 상기 식에서,

[0063] n_i 는 굴절률이고,

[0064] L_i 는 유기 EL 소자(14)내의 i 번째 세부층의 두께이고,

[0065] Q_{m1} 은 유기 EL 소자-금속 캐소드 계면에서의 라디안의 상 이동이고,

[0066] λ 는 디바이스로부터 방출되는 소정의 파장이고,

[0067] m_D 는 음(-)이 아닌 정수이다.

[0068] 수학적 식 1과는 대조적으로, 수학적 식 2에서의 합계는 단지 발광층(의 중심)과 반사성 금속 상부 전극(16R) 사이에 놓여진 층들에 대한 것임을 주의한다. 반투명 금속 하부 전극(12T)과 발광층(14c) 사이의 거리에 대한 유사한 수학적 식을 작성할 수 있다. 그러나, 수학적 식 1 및 2의 충족은 이러한 제 3 수학적 식의 충족을 보장하기 때문에, 제 3 수학적 식은 임의의 추가적인 제한을 제공하지 않는다.

[0069] 반투명 금속 하부 전극(12T)에 의한 광 흡수가 가능한 한 낮은 것이 바람직하기 때문에, 반투명 금속 하부 전극

(12T)과 기관(10) 사이에 고굴절률의 흡수 감소층(22)을 부가하는 것이 유용하다(이는 하기 실시예에서 추가로 예시될 것이다). 이 층의 목적은 반투명 금속 하부 전극(12T) 자체내에서 광파에 의해 생성되는 전계(및 따라서 광파의 흡수)를 감소시키는 것이다. 양호한 근사값까지, 이러한 결과는 흡수 감소층(22)과 기관(10) 사이의 계면으로부터 후방으로 반사되는 광파의 전계를 가져, 디바이스 밖으로 통과하는 광의 전계를 파괴적으로 간섭하여 부분적으로 상쇄시킴으로써 가장 잘 달성된다. 그러므로, 기본적인 광학적 고려사항은 하기 수학적 3이 대략 충족되는 경우 이러한 결과가 (기관(10)보다 높은 굴절률을 갖는 흡수 감소층(22)에 대해) 발생할 것임을 의미한다:

수학적 3

$$2n_A L_A + n_T L_T = (m_A + 1/2) \lambda$$

상기 식에서,

n_A 및 L_A 는 각각 흡수 감소층의 굴절률 및 두께이고,

n_T 및 L_T 는 각각 반투명 금속 하부 애노드의 굴절률 및 두께의 실제 부분이고,

m_A 는 음(-)이 아닌 정수이다.

m_A 를 실용적인 정도로 작게, 일반적으로는 0, 전형적으로는 2 미만으로 하는 것이 바람직하다. 흡수 감소층의 유리한 효과는 고굴절률의 재료가 사용되는 경우 일반적으로 더 높다. 실용적인 용도를 위해서는 1.6 이상의 굴절률 값이 바람직하다.

디바이스의 다른 형태에서는, 반투명 금속 하부 전극(12T)이 캐소드일 수 있고, 금속 상부 전극(16R)이 애노드일 수 있다. 이러한 경우, 유기 EL 소자(14)는 정공 주입층 및 정공 수송층이 애노드에 보다 근접하고 전자 주입층 및 전자 수송층이 캐소드에 보다 근접하도록 적절하게 배향된다.

상기 논의는 하부 방출 OLED 디바이스에 기초한 것이지만, 적당히 변형시킨 유사한 고려사항 및 수학적식이 상부 방출 디바이스에도 또한 적용된다.

미세공동을 사용하여 OLED 디바이스 출력을 향상시키는 본 발명의 효과는 하기 실시예에서 예시된다. 이론적 예측에 기초한 실시예에서, 주어진 디바이스에 의해 생성된 전기발광(EL) 스펙트럼은, 평면 다층 디바이스에서 랜덤한 배향의 쌍극자를 방출시키기 위한 맥스웰 방정식(Maxwell's Equation)을 푸는 광학 모델을 사용하여 예측된다(크러포드(O.H. Crawford)의 문헌[J. Chem. Phys. 89, 6017 (1988)]; 카헨(K.B. Kahen)의 문헌[Appl. Phys. Lett. 78, 1649 (2001)]). 쌍극자 방출 스펙트럼은 많은 경우에 파장에 의존하지 않아서 미세공동 특성 자체를 조사할 수 있도록 하는 것으로 가정된다. 다른 경우, 쌍극자 방출 스펙트럼은 몇 nm의 작은 청색 이동을 포함시키는 이미터 재료의 측정된 포토루미네스스(photoluminescence, PL) 스펙트럼에 의해 제공되는 것으로 가정된다. 이러한 방출은 정공 수송층에 접해 있는 발광층의 최초 10nm내에서는 균일하게 발생하는 것으로 가정된다. 각 층에서, 모델은 분광 엘립소메트리(ellipsometry)에 의해 측정되거나 문헌[Handbook of Optical Constants of Solids, ed. by E.D. Palik (Academic Press, 1985)]; [Handbook of Optical Constants of Solids II, ed. by E.D. Palik (Academic Press, 1991)]; [CRC Handbook of Chemistry and Physics, 83rd ed., edited by D.R. Lide (CRC Press, Boca Raton, 2002)]으로부터 얻어진 파장 의존성 복합 굴절률을 사용한다. EL 스펙트럼이 일단 유도되었으면, 이 스펙트럼의 휘도(일정 인자까지) 및 CIE 색도의 추정이 수월하다. 예측된 EL 스펙트럼과 측정된 EL 스펙트럼의 많은 비교에 의해 상기 모델 예측이 매우 정확한 것으로 확인되었다. 모든 이론적 실시예에 대해서, 340nm 내지 780nm의 전체 가시광선 파장 영역에 대해 적분된 총 휘도 출력은 상이한 디바이스 배열을 비교하기 위한 FOM(figure-of-merit)으로서 이용하였다. 이 휘도 수치는 본 발명이 개선의 목적으로 발광 출력 효율 수치를 대신하는 간편하고 신뢰할 수 있는 것이다. 휘도 수치는 관심 파장 영역 외부의 광의 기여를 포함하기 때문에 미세공동의 이점을 실제로 저평가한다. 이 여분의 광은 비-미세공동 디바이스에 있어 보다 큰 발광 대역폭으로 인해 미세공동 디바이스에 비해 비-미세공동 디바이스의 출력의 보다 많은 부분을 구성한다.

실시예 1

실시예 1은, 2개의 비교용 디바이스, 즉 (a) 미세공동이 없는 OLED 디바이스(103b) 및 (b) 미세공동을 위한 거

울의 하나로서 QWS를 사용한 미세공동 OLED 디바이스(103c)와 대비하여, 본 발명에 따른 도 3a에 도시된 바와 같은 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스(103a)의 이론적으로 예측된 휘도 출력을 비교한다.

[0081] 도 3b에 도시된 OLED 디바이스(103b)는 Ag 애노드인 반투명 금속 하부 전극(12T)이 ITO 투명 하부 전극(12a)으로 치환된 점을 제외하고는 미세공동 OLED 디바이스(103a)와 구조가 유사하였다. 이 디바이스는 미세공동이 없는 OLED 디바이스를 대표하지만, 다층 디바이스에는 항상 약간의 광학 간섭 효과가 존재한다.

[0082] 도 3c에 도시된 미세공동 OLED 디바이스(103c)는 QWS 반사 거울(18)이 기관(10)과 ITO 투명 하부 전극(12a) 사이에 배치된 점을 제외하고는 OLED 디바이스(103b)와 구성이 유사하였다. QWS 반사 거울(18)은 TiO_2 $n = 2.45$ 및 SiO_2 $n = 1.5$ 인 $TiO_2:SiO_2:TiO_2:SiO_2:TiO_2$ 형태이었다. 각 재료의 두께는 TiO_2 가 56nm이고 SiO_2 가 92nm이었다 (조단 등의 문헌[Appl. Phys. Lett. 69, 1997 (1996)]에서와 같음). 이 디바이스는 전형적인 QWS에 기초한 미세공동 OLED 디바이스를 대표한다.

[0083] 3개의 모든 디바이스에서 기관(10)은 유리이었다. 반사성 금속 상부 전극(16R)은 400nm Ag 층이었다. 유기 EL 소자(14)는 NPB 정공 수송층(14b), 10nm 발광층(14c) 및 Alq 전자 수송층(14d)을 포함하는 것으로 가정하였다. 발광층(14c)은 파장에 의존하지 않는 출력을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가정은 이미터의 특정 특성에 관계없이 미세공동 특성 자체의 평가를 용이하게 하여 결론을 임의의 이미터에 총체적으로 적용할 수 있도록 하였다. 그러나, 파장 비의존성 이미터를 사용하면 미세공동의 유리한 효과가 저평가된다. 투명 전도성 페이스트층(20)의 두께는 3개의 디바이스 모두에 대해 0인 것으로 가정하였다. 상기 층 모두의 두께는 각각의 디바이스로부터의 최대 휘도 출력을 달성하도록 최적화하였다. 휘도 출력은 380 내지 780nm의 전체 가시 파장 범위에 걸쳐 적분하였다.

[0084] 계산된 결과를 표 1에 요약한다. 이들 결과는, 반투명 거울로서 QWS를 사용한 미세공동 OLED 디바이스(103c)가 미세공동이 없는 OLED 디바이스(103b)와 비교할 때 실제로 휘도 출력을 향상시키고 발광 대역폭(full-width-half-max, FWHM)을 좁혔음을 나타내었다. 휘도 값은 0.239(임의 단위)로부터 0.385로 개선되었다. 그러나, 놀랍게도 오로지 Ag 거울을 사용한 미세공동 OLED 디바이스(103a)는 피크 휘도 높이가 미세공동 OLED 디바이스(103c)보다 2보다 큰 인자만큼 낮긴 하였지만 보다 양호한 휘도 출력(0.425)을 나타내었다. 전체-Ag 미세공동 OLED 디바이스(103a)의 발광 대역폭은 QWS를 사용한 OLED 디바이스(103c)보다 훨씬 더 컸지만, 양호한 색 순도를 획득하기에 충분할 정도로 여전히 작았다.

표 1

디바이스	설명	기관	QWS	애노드 (ITO) nm	애노드 (Ag) nm	NPB nm	평탄 대역 이미터 nm	Alq nm	캐소드 (Ag) nm	휘도 임의 단위	피크 위치 nm	피크 높이 임의 단위	FWHM nm
103b	공동 없음	유리		100.7		43.1	10	53.1	400	0.239	547	2.4	N.A.
103c	QWS	유리	있음	50.0		26.6	10	54.9	400	0.385	564	16.8	17
103a	오로지 Ag	유리			17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73

[0085]

실시예 2

[0086]

[0087] 실시예 2는 하부-발광 디바이스용 흡수 감소층(22)의 이점을 설명한다.

[0087]

[0088] 도 3d는 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스(103d)의 개략적 단면도를 도시한다. 미세공동 OLED 디바이스(103d)는 흡수 감소층(22)이 기관(10)과 반투명 금속 하부 전극(12T) 사이에 배치된 점을 제외하고는 미세공동 OLED 디바이스(103a)와 구조가 유사하였다. 이 실시예에서는 ITO를 흡수 감소층(22)으로서 선택하였다. 이 계산은, 휘도 출력을 향상시키는 흡수 감소층(22)의 효율은 보다 높은 굴절률의 재료를 사용한 경우에 향상됨을 보여 주었다. 실시예 4로부터 명백해지는 바와 같이, 휘도 출력은 또한 흡수 감소층(22)이 유리 대신에 공기와 직접 접촉한 경우에도 증가될 수 있었다. 모든 층의 두께는 실시예 1에서와 같이 최적화하였다. 계산의 결과를 표 2에 요약한다. 흡수 감소층(22)의 삽입이 전체-Ag 미세공동 OLED 디바이스(103a)의 휘도 출력을 약 0.425로부터 약 0.453로 증가시켰음을 알 수 있다.

[0088]

표 2

디바이스	설명	기판	흡수 감소층 (ITO) nm	애노드 (Ag) nm	NPB nm	평탄 대역 이미터 nm	Alq nm	캐소드 (Ag) nm	휘도 임의 단위	피크 위치 nm	피크 높이 임의 단위	FWHM nm
103a	흡수 감소층 없음	유리		17.5	45.9	10	54.3	400	0.425	567	6.6	73
103d	흡수 감소층 있음	유리	82.2	18.5	48.1	10	54.3	400	0.453	565	7.0	75

[0089]

[0090] 실시예 3

[0091] 실시예 3은, 2개의 비교용 디바이스, 즉 (a) 미세공동이 없는 OLED 디바이스(104b) 및 (b) 미세공동을 위한 반사 거울의 하나로서 QWS를 사용한 미세공동 OLED 디바이스(104c)와 대비하여, 본 발명에 따른 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스(104a)의 이론적으로 예측된 휘도 출력을 비교한다.

[0092] 도 4a는 본 발명에 따른 예시적인 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스(104a)의 개략적 단면도를 도시한다. 미세공동 OLED 디바이스(104a)는 유리 기판(10), Ag 반사성 금속 하부 전극(12R), 투명 전도성 페이스층(20), 유기 EL 소자(14) 및 Ag 반투명 금속 상부 전극(16T)을 포함한다.

[0093] 도 4b에 도시된 OLED 디바이스(104b)는 Ag 반투명 금속 상부 전극(16T)을 ITO 투명 상부 전극(16a)(이는 50nm 이상의 두께를 가질 것이 요구되었음)으로 치환한 점을 제외하고는 미세공동 OLED 디바이스(104a)와 구조가 유사하였다. 디바이스에 단지 하나의 반사 거울만이 존재하였기 때문에, OLED 디바이스(104b)는 미세공동이 없는 OLED 디바이스를 대표하지만, 다층 디바이스에는 특히 ITO 캐소드와 공기 사이의 계면에 항상 약간의 광학 간섭 효과가 존재한다.

[0094] 도 4c에 도시된 OLED 디바이스(104c)는 QWS 반사 거울(18)이 전도성 ITO 투명 상부 전극(16a)(이는 50nm 이상의 두께를 가질 것이 요구되었음)의 상부에 배치된 점을 제외하고는 OLED 디바이스(104b)와 구조가 유사하였다. QWS 반사 거울(18)은 TiO₂ n = 2.45 및 SiO₂ n = 1.5인 TiO₂:SiO₂:TiO₂:SiO₂:TiO₂ 형태이었다. 각 재료의 두께는 TiO₂가 56nm이고 SiO₂가 92nm이었다(조단 등의 문헌[Appl. Phys. Lett. 69, 1997 (1996)]에서와 같음). 이 디바이스는 전형적인 QWS에 기초한 미세공동 OLED 디바이스를 대표한다.

[0095] 3개의 디바이스 모두에서, 반사성 금속 하부 전극(12R)은 400nm Ag 층이었다. 유기 EL 소자(14)는 NPB 정공 수송층(14b), 10nm 발광층(14c) 및 Alq 전자 수송층(14d)을 포함하는 것으로 가정하였다. 발광층(14c)은 과장에 의존하지 않는 출력을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가정은 이미터의 특정 특성에 관계없이 미세공동 특성 자체의 평가를 용이하게 하여 결론을 임의의 이미터에 총체적으로 적용할 수 있도록 한다. 투명 전도성 페이스층(20)은 ITO로 제조하였다. 모든 층의 두께를 각각의 디바이스로부터의 최대 휘도 출력을 달성하도록 최적화하였다. 휘도 출력은 380 내지 780nm의 전체 가시 파장 범위에 걸쳐 적분되었다.

표 3

디바이스	애노드	ITO	NPB	평탄 대역 이미터	Alq	캐소드	캐소드	휘도	피크 위치	피크 높이	FWHM
	Ag	nm	nm	nm	nm	재료	nm	임의 단위	nm	임의 단위	nm
104b	400	19.7	30	10	67.0	ITO	86.8	0.318	555	3.8	141
104c	400	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50	0.335	568	19.4	13
104a	400	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	0.411	568	6.2	75

[0096]

[0097] 표 3은 3개의 디바이스의 계산된 특징을 나타낸다. 반사 거울의 하나로서 QWS를 사용한 미세공동 OLED 디바이스(104c)는 매우 큰 미세공동 효과를 나타내었다. 휘도 피크 높이는 미세공동이 없는 OLED 디바이스에 대한 3.4의 값과 비교할 때 18.9(임의 단위)로 크게 증가하였다. 그러나, 크게 좁아진 FWHM 때문에 총 휘도 출력은 실제로는 조금만 더 컸을 뿐이었다. 캐소드에 필요한 전기전도성을 수득하기 위해 ITO 캐소드의 최소 두께를 50nm 보다 큰 값(즉, 100nm)으로 설정하면, 실제로 QWS는 QWS가 없는 디바이스보다 낮은 휘도를 갖는 것으로 밝혀지는데, 이는 QWS 경우에 대한 공동 두께가 최저의 차수 최대값에서 최적화될 수 없기 때문이다. 반면, 두 전극 모두에 Ag를 사용한 미세공동 OLED 디바이스(14a)는 다른 2개의 비교용 디바이스에 비해 휘도 출력의 유의

적인 개선을 나타내었다.

[0098] 실시예 4

[0099] 실시예 4는 상부-발광 디바이스용 흡수 감소층의 이점을 설명한다. 도 4d는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스(104d)의 개략적 단면도를 도시한다. 미세공동 OLED 디바이스(104d)는 흡수 감소층(22)이 반투명 금속 상부 전극(16T)상에 배치된 점을 제외하고는 미세공동 OLED 디바이스(104a)와 구조가 유사하였다. 이 실시예에서는 예시적인 흡수 감소층(22)으로서 ZnS:20%SiO₂(n = 2.15, k = 0.003)를 선택하였다. 이 계산은, 휘도 출력을 향상시키는 흡수 감소층의 효율은 보다 높은 굴절률의 재료를 사용한 경우에 개선됨을 보여 주었다. 모든 층의 두께는 실시예 1과 같이 최적화되었다. 계산의 결과를 표 4에 요약한다. 흡수 감소층(22)의 삽입이 미세공동 OLED 디바이스의 휘도 출력을 약 0.411로부터 약 0.504로 증가시켰음을 알 수 있다. 또한, 최적 반투명 Ag 캐소드층의 두께는 13.7nm에서 20.3nm로 증가되었다. Ag 두께의 증가는 반투명 전극층의 전기 전도성을 크게 증가시키기 때문에 유용하다.

표 4

디바이스	애노드	ITO	NPB	Alq	캐소드	캐소드	ZnS:SiO ₂	휘도	피크 위치	피크 높이	FWHM
	Ag	nm	nm	nm	재료	nm	nm	임의 단위	nm	임의 단위	nm
104a	400	20.2	30	44.6	Ag	13.7	0	0.411	568	6.2	75
104d	400	19.6	30	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9.0	58

[0100]

[0101] 실시예 5

[0102] 실시예 5는 반사성 금속 전극층으로서 사용하기 위한 상이한 재료들을 비교한다.

[0103] 표 5는 반사성 금속 하부 전극(12R)에 상이한 재료를 사용하는 점을 제외하고는 도 4d에 따라 제조된 디바이스의 계산된 휘도 출력을 나타낸다. 모든 디바이스에서, 반투명 금속 상부 전극(16T)은 얇은 Ag 층이었다. 유기 EL 소자(14)는 NPB 정공 수송층(14b), 10nm 발광층(14c) 및 Alq 전자 수송층(14d)을 포함하는 것으로 가정하였다. 발광층(14c)은 파장에 의존하지 않는 출력을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가정은 이미터의 특정 특성에 관계없이 미세공동 특성 자체의 평가를 용이하게 하여 결론을 임의의 이미터에 총체적으로 적용할 수 있도록 한다. ITO 층을 투명 전도성 페이스트층(20)으로서 사용하고, ZnS:(20%)SiO₂ 유전체층을 흡수 감소층(22)으로서 사용하였다. NPB 정공 수송층(14b)의 두께를 제외한 모든 층의 두께는 최대 휘도 출력을 제공하도록 최적화하였다. 정공 수송층(14b)의 두께는 모든 디바이스에 대해 30nm로 고정시켰다.

표 5

애노드	ITO	NPB	이미터	Alq	캐소드	캐소드	ZnS:SiO ₂	휘도	피크 λ	피크 높이	FWHM
	nm	nm	nm	nm	재료	nm	nm	임의 단위	nm	임의 단위	nm
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9.0	58
Al	29.4	30	10	58.0	Ag	19.7	60.8	0.481	558	8.0	63
Au	16.2	30	10	60.8	Ag	19.0	63.8	0.435	558	7.7	70
MgAg	23.7	30	10	56.1	Ag	15.7	65.8	0.429	558	6.7	72
Cu	16.5	30	10	63.5	Ag	14.5	62.3	0.310	593	4.9	96
Cr	29.2	30	10	62.7	Ag	10.0	60.6	0.239	555	2.8	160
Mo	29.8	30	10	71.8	Ag	0	71.3	0.199	565	2.2	186
Zr	7.9	30	10	10.0	Ag	0	0	0.096	588	0.9	N.A.

[0104]

[0105] 표 5는 상이한 반사성 애노드 재료를 사용하여 제조된 디바이스의 계산된 특징을 나타낸다. 애노드 재료의 선택은 디바이스의 휘도 효율에 큰 영향을 미쳤다. 애노드 재료의 반사율과 휘도 출력 사이에 직접적인 상관관계가 있는 것으로 보인다. 최저 반사율의 Zr 애노드와 최고 반사율의 Ag 애노드 사이에 5의 인자를 초과하는 휘도 출력의 차이가 존재하였다. Mo 또는 Zr과 같은 최저 반사율의 애노드의 경우, 반투명 캐소드가 존재하지 않은 경우에 최적의 휘도가 얻어졌다. Ag, Al, Au 및 MgAg를 애노드로서 사용하지 않으면, FWHM이 매우 컸으며

비-미세공동 바셀린 수치(0.318)에 대한 휘도 향상은 거의 없었다.

[0106] 실시예 6

[0107] 실시예 6은 디바이스 성능에 미치는 상이한 반투명 캐소드 재료의 영향을 설명한다.

[0108] 표 6은 반투명 금속 상부 전극(16T)에 상이한 재료를 사용하는 점을 제외하고는 도 4a에 따라 제조된 디바이스의 계산된 휘도 출력을 나타낸다. 모든 디바이스에서, 반사성 금속 하부 전극(12R)은 400nm Ag 층이었다. 유기 EL 소자(14)는 NPB 정공 수송층(14b), 10nm 발광층(14c) 및 Alq 전자 수송층(14d)을 포함하는 것으로 가정하였다. 발광층은 파장에 의존하지 않는 출력을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가정은 발광층의 특정 특성에 관계없이 미세공동 특성 자체의 평가를 용이하게 하여 결론을 임의의 발광층에 총체적으로 적용할 수 있도록 한다. ITO 층을 투명 전도성 페이스층(20)으로서 사용하고, 흡수 감소층(22)은 사용하지 않았다. NPB 정공 수송층(14b)의 두께를 제외한 모든 층의 두께는 최대 휘도 출력을 제공하도록 최적화하였다. 정공 수송층(14b)의 두께는 모든 디바이스에 대해 30nm로 고정시키고, 전자 수송층(14d)의 두께는 20nm 이상으로 한정하였다. 후자의 한정이 없으면, 최적화 알고리즘은 전자 수송층(14d)에 대해 비현실적으로 작은 두께를 선택한다.

표 6a

애노드	ITO 투명 전도성 페이스층 nm	NPB 두께 nm	이미터 두께 nm	Alq 두께 nm	캐소드	캐소드 두께 nm	휘도 임의 단위	피크 파장 nm	피크 높이 임의 단위	FWHM nm
Ag	20.2	30	10	44.6	Ag	13.7	0.411	567.5	6.2	75
Ag	21.5	30	10	44.5	Au	21.3	0.385	582.5	5.9	94
Ag	11.4	30	10	20.0	MgAg	0	0.345	567.5	3.4	N.A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Al	0	0.345	567.5	3.4	N.A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Cu	0	0.345	567.5	3.4	N.A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Cr	0	0.345	567.5	3.4	N.A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Mo	0	0.345	567.5	3.4	N.A.
Ag	11.4	30	10	20.0	Zr	0	0.345	567.5	3.4	N.A.

[0109]

[0110] 표 6a는 반투명 금속 상부 전극(16T) 재료의 선택이 디바이스 성능에 유의적인 영향을 미침을 나타낸다. 반투명 금속 상부 전극(16T)으로서 Au 및 Ag를 사용한 디바이스만이 미세공동 향상 효과를 나타내었다. 캐소드로서 다른 모든 재료를 사용하면, 캐소드 두께를 사용하지 않은 경우에 최적의 성능이 얻어졌다. 물론, 이는 캐소드가 전지를 완성시키는데 필요하기 때문에 현실적인 것이 아니다.

[0111]

흡수 감소층(22)이 사용되는 경우, 반투명 금속 상부 전극(16T)으로서 보다 많은 재료가 사용될 수 있다. 표 6b는 반투명 금속 상부 전극(16T)상에 부가된 ZnS:(20%)SiO₂의 흡수 감소층(22)을 갖는 점을 제외하고는 표 6a에 대한 디바이스와 유사하게 제조된 디바이스의 계산된 휘도 출력을 나타낸다. 모든 디바이스에서, 반사성 금속 하부 전극(12R)은 400nm Ag 층이었다. 유기 EL 소자(14)는 NPB 정공 수송층(14b), 10nm 발광층(14c) 및 Alq 전자 수송층(14d)을 포함하는 것으로 가정하였다. 발광층은 파장에 의존하지 않는 출력을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가정은 발광층의 특정 특성에 관계없이 미세공동 특성 자체의 평가를 용이하게 하여 결론을 임의의 발광층에 총체적으로 적용할 수 있도록 한다. ITO 층을 투명 전도성 페이스층(20)으로서 사용하고, ZnS:(20%)SiO₂ 유전체층을 흡수 감소층(22)으로서 사용하였다. NPB 정공 수송층(14b)의 두께를 제외한 모든 층의 두께는 최대 휘도 출력을 제공하도록 최적화하였다. 정공 수송층(14b)의 두께는 30nm로 고정시켰다. MgAg 합금은 OLED 용도에 통상적으로 사용되는 90% Mg:10% Ag 합금이었다. 50% 미만의 Ag를 갖는 기타 MgAg 합금도 유사한 거동을 나타낼 것으로 예상된다.

표 6b

애노드	ITO	NPB	이미터	Alq	캐소드	캐소드	ZnS:SiO ₂	휘도	피크 λ	피크 높이	FWHM
	nm	nm	nm	nm	재료	nm	nm	임의 단위	nm	임의 단위	nm
Ag	19.6	30	10	58.3	Ag	20.3	61.4	0.504	560	9	58
Ag	19.9	30	10	56.5	Au	21.5	62.7	0.486	565	8.3	62
Ag	20.4	30	10	60.1	MgAg	12.3	67.2	0.470	558	7.3	66
Ag	19.5	30	10	65.0	Al	5.5	69.1	0.440	558	7.3	63
Ag	18.9	30	10	63.8	Cu	14.7	64.0	0.418	565	5.9	95
Ag	19.6	30	10	77.3	Cr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Mo	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	19.6	30	10	77.3	Zr	0	64.9	0.396	560	5.3	101
Ag	23.1	30	10	29.8	ITO+QWS	50.0		0.335	568	19.4	13

[0112]

[0113]

표 6b는 반투명 금속 상부 전극(16T) 재료의 선택이 흡수 감소층의 존재에 의해 넓어짐을 나타낸다. Al, Cu, 이의 합금, 또는 50% 미만의 Ag를 갖는 MgAg 합금을 포함하는 재료를 사용하여 유리한 미세공동 효과를 생성할 수 있다. 또한, Ag, Au, MgAg 및 Al과 같은 보다 높은 반사율의 금속이 가장 우수한 결과를 나타내었지만, 반사율과의 상관관계는 크지 않는데, 이는 보다 높은 반사율의 Al이 Au 및 MgAg보다 불량한 결과를 제공하였기 때문이다(이는 금속의 광학 흡수성도 또한 반투명 전극에 대한 중요한 파라미터라는 사실에 기인하는 것으로 이해된다. Al은 그의 굴절률의 특히 큰 가상적 일부를 가지며 따라서 높은 흡수성을 갖는다). 또한, 반투명 거울로서 QWS를 사용한 미세공동 OLED 디바이스도 연구에 포함시켰다. 실제로 이는 조사한 다른 모든 재료보다 낮은 총 휘도를 산출하였다. 피크 높이는 다른 모든 재료보다 현저히 높았지만, 극히 작은 FWHM 때문에 휘도 출력은 최소였다.

[0114]

실시예 7a(종래의 OLED - 비교용)

[0115]

종래의 비-미세공동 OLED의 제조는 다음과 같다. 투명 ITO 전도성 층으로 코팅된 1mm 두께의 유리 기판을, 시판중인 유리 스크러버(scrubber) 도구를 사용하여 세정하고 건조시켰다. ITO의 두께는 약 42nm이고, ITO의 시트 저항은 약 68Ω/스퀘어(square)이다. 후속적으로, ITO 표면을 산화성 플라즈마로 처리하여 상기 표면을 애노드로 만들었다. RF 플라즈마 처리실내에서 CHF₃ 기체를 분해시켜 깨끗한 ITO 표면상에 1nm 두께의 CF_x(중합된 플루오로카본)층을 정공 주입층으로서 증착시켰다. 이어서, 기판의 상부에 다른 모든 층을 증착시키기 위해 기판을 진공 증착실내로 옮겼다. 하기 층들을 하기 순서로 약 10⁻⁶Torr의 진공하에서 가열 보트(heated boat)로부터 승화시켜 증착시켰다:

[0116]

(1) N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진 65nm 두께의 정공 수송층;

[0117]

(2) 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(III)(Alq)으로 이루어진 75nm 두께의 전자 수송층(발광층으로서도 작용함);

[0118]

(3) Li로 이루어진 1nm 두께의 전자 주입층; 및

[0119]

(4) Ag로 이루어진 약 50nm 두께의 캐소드.

[0120]

이들 층의 증착 후, 디바이스를 증착실로부터 캡슐화를 위한 드라이 박스내로 옮겼다. 완성된 디바이스 구조물을 유리/ITO(42)/CF_x(1)/NPB(65)/Alq(75)/ Li(1)/Ag(50)으로서 나타낸다.

[0121]

이 하부-발광 디바이스는 20mA/cm²를 통과시키기 위해 7.7V의 구동 전압을 필요로 하며, 그의 휘도 효율은 3.3cd/A이고, FWHM 대역폭은 104nm이고, 색 좌표는 CIE-x = 0.346, CIE-y = 0.550이다. 20mA/cm²에서의 방출 스펙트럼은 도 5에서 곡선 a로서 나타낸다. 552nm의 피크 방출 파장 부근에서 측정된 발광 출력 효율은 0.68 W/Sr/m²이었다.

[0122]

실시예 7b(본 발명 실시예)

[0123]

미세공동 OLED를 다음과 같이 제작하였다. 약 4mTorr의 Ar 압력에서 DC 스퍼터링 공정에 의해 Ag로 이루어진 72nm 두께의 애노드층으로 유리 기판을 코팅하였다. 깨끗한 Ag 표면상에 2nm 두께의 MoO_x 층을 정공 주입층으

로서 증발시켜서 증착시켰다. 하기 층들을 하기 순서로 약 10^{-6} Torr의 진공하에서 가열 보트로부터 승화시켜 증착시켰다.

- [0124] (1) N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진 45nm 두께의 정공 수송층,
- [0125] (2) 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(III)(Alq)으로 이루어진 65nm 두께의 전자 수송층(발광층으로서도 작용함),
- [0126] (3) Li로 이루어진 1nm 두께의 전자 주입층,
- [0127] (4) Ag로 이루어진 약 22.5nm 두께의 캐소드, 및
- [0128] (5) Alq로 이루어진 약 85nm 두께의 흡수 감소층.

[0129] 이들 층의 증착 후, 디바이스를 증착실로부터 캡슐화를 위한 드라이 박스내로 옮겼다. 완성된 디바이스 구조물을 유리/Ag(93)/MoOx(2)/NPB(45)/Alq(65)/ Li(1)/Ag(22.5)/Alq(85)로서 나타낸다.

[0130] 20mA/cm²에서 이 디바이스는 7.0V의 구동 전압을 필요로 하며, 그의 발광 출력 효율은 9.3cd/A이고, FWHM 대역폭은 36nm이고, 색 좌표는 CIE-x = 0.351, CIE-y = 0.626이다. 20mA/cm²에서의 방출 스펙트럼은 도 5에서 곡선 b로서 나타낸다. 비교 실시예 7a의 결과와 비교할 때, 본 발명에 따른 미세공동 디바이스는 휘도 출력의 유의적인 개선, FWHM 대역폭의 감소 및 색의 유의적인 개선을 나타내었다.

[0131] 이 실험 결과를, 실시예 1 내지 6을 실시하는데 사용된 광학 모델로부터 취득된 이론적 예측값과 비교하는 것은 유익하다. 본 실시예에서 관찰된 2.8의 인자만큼의 휘도 출력의 실제 이득은 이들 두 구조물의 광학 모델링으로부터 취득되는 2.57의 예측 인자와 잘 일치하고 있다. 이들 두 구조물 간의 FWHM 대역폭의 변화 및 CIE 색 좌표의 변화도 또한 광학 모델에 의해 상당한 정확도로 예측된다.

[0132] 실시예 8

[0133] 실시예 8은 전체-금속 미세공동을 이용한 픽셀화를 보여준다. 4개의 OLED 디바이스를 제조하였다: 디바이스 #8-1은 하부-발광 구조에서 광대역 이미터를 이용하는 통상적인 비-미세공동 OLED이고; 디바이스 #8-2는 청색 광을 방출하도록 튜닝된 동일한 광대역을 이용하는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스이고; 디바이스 #8-3는 녹색 광을 방출하도록 튜닝된 동일한 광대역을 이용하는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스이고; 디바이스 #8-4는 적색 광을 방출하도록 튜닝된 동일한 광대역을 이용하는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스이었다.

[0134] 디바이스 #8-1의 경우, 투명 ITO 전도성 층으로 코팅된 1mm 두께의 유리 기판을, 시판중인 유리 스크러버 도구를 사용하여 세정하고 건조시켰다. ITO의 두께는 약 42nm이고, ITO의 시이트 저항은 약 68Ω/스퀘어이다. 후속적으로, ITO 표면을 산화성 플라즈마로 처리하여 상기 표면을 애노드로 만들었다. RF 플라즈마 처리실내에서 CHF₃ 기체를 분해시켜 깨끗한 ITO 표면상에 1nm 두께의 CF_x(중합된 플루오로카본)층을 정공 주입층으로서 증착시켰다. 이어서, 기판의 상부에 다른 모든 층을 증착시키기 위해 기판을 진공 증착실내로 옮겼다. 하기 층들을 하기 순서로 약 10^{-6} Torr의 진공하에서 가열 보트(heated boat)로부터 승화시켜 증착시켰다.

- [0135] (1) N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진 86.7nm 두께의 비도핑 정공 수송층;
- [0136] (2) 2.5% 루브렌으로 도핑된 N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진 20nm 두께의 정공 수송층;
- [0137] (3) 1.5%의 4-(디-p-톨릴아미노)-4'-[(디-p-톨릴아미노)스티릴]스티렌으로 도핑된 TBADN으로 이루어진 30nm 두께의 발광층;
- [0138] (4) 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(III)(Alq)으로 이루어진 32.1nm 두께의 전자 수송층(발광층으로서도 작용함);
- [0139] (5) Li로 이루어진 1nm 두께의 전자 주입층, 및
- [0140] (6) Ag로 이루어진 약 50nm 두께의 캐소드.

[0141] 이들 층의 증착 후, 디바이스를 증착실로부터 캡슐화를 위한 드라이 박스내로 옮겼다. 완성된 디바이스 구조물을 유리/ITO(42)/CF_x(1)/NPB(86.7)/TBADN:2.5% 루브렌(20)/TBADN:1.5% 4-(디-p-톨릴아미노)-4'-[(디-p-톨릴아미노)스티릴]스티렌 (30)/Alq(32.1)/Li(1)/Ag(50)으로서 나타낸다.

- [0142] 이 하부-발광 디바이스는 20mA/cm²를 통과시키기 위해 7.9V의 구동 전압을 필요로 하며, 그의 휘도 효율은 6.7cd/A이고, 색 좌표는 CIE-x = 0.376, CIE-y = 0.461이다. 20mA/cm²에서의 방출 스펙트럼은 도 6에서 곡선 a로서 나타낸다.
- [0143] 디바이스 #8-2, #8-3 및 #8-4의 경우, 약 4mTorr의 Ar 압력에서 DC 스퍼터링 공정에 의해 Ag로 이루어진 93nm 두께의 애노드층으로 유리 기판을 코팅하였다. 깨끗한 Ag 표면 상에 3nm 두께의 MoO_x층을 증발시켜 증착시켰다. 하기 층들을 하기 순서로 약 10⁻⁶Torr의 진공하에서 가열 보트로부터 승화시켜 증착시켰다.
- [0144] (1) N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진, 각각 139nm(디바이스 8-2), 194.5nm(디바이스 8-3), 217nm(디바이스 8-4) 두께의 비도핑 정공 수송층;
- [0145] (2) 2.5% 루브렌으로 도핑된 N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(NPB)으로 이루어진 20nm 두께의 정공 수송 및 발광층;
- [0146] (3) 1.5%의 4-(디-p-톨릴아미노)-4'-[(디-p-톨릴아미노)스티릴]스틸벤으로 도핑된 TBADN으로 이루어진 20nm 두께의 발광층,
- [0147] (4) 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(III)(Alq)으로 이루어진 20nm 두께의 전자 수송층,
- [0148] (5) Li로 이루어진 1nm 두께의 전자 주입층, 및
- [0149] (6) Ag로 이루어진 약 22.5nm 두께의 캐소드.
- [0150] 이들 층의 증착 후, 디바이스를 증착실로부터 캡슐화를 위한 드라이 박스내로 옮겼다. 완성된 디바이스 구조물을 유리/Ag(93)/MoO_x(3)/NPB(가변)/NPB:2.5% 루브렌(20)/TBADN:1.5%4-(디-p-톨릴아미노)-4'-[(디-p-톨릴아미노)스티릴]스틸벤(20)/Alq(20)/Li(1)/Ag(22.5)로서 나타낸다. 측정된 성능 파라미터를 표 7에 열거하였고, 발광 스펙트럼들을 도 6에서 곡선 b, 곡선 c 및 곡선 d로 나타낸다.

표 7

	전압 (볼트)	휘도 (Cd/m ²)	전류 효율 (Cd/A)	CIE-x	CIE-y	피크 파장 (nm)	발광출력효율 (W/Sr/m ²) 공동 있음	발광출력효율 (W/Sr/m ²) 공동 없음
디바이스 #8-1	7.9	1339	6.70	0.376	0.461	NA		
디바이스 #8-2	6.6	262	1.31	0.145	0.079	460	2.46	0.41
디바이스 #8-3	7.0	1914	9.57	0.336	0.647	544	2.61	1.26
디바이스 #8-4	9.0	811	4.06	0.546	0.312	608	1.98	0.99

- [0151]
- [0152] 비공동 OLED 구조의 디바이스 #8-1에서의 광대역 이미터로부터, 광대역 발광(도 6, 곡선 a)를 얻었다. 상이한 공동 길이를 갖는 미세공동 구조 #8-2, #8-3, #8-4를 제조하여, 우수한 품질을 갖으며 각각 청색, 녹색 및 적색을 발광하는 디바이스를 수득하였다. 디바이스 #8-2(도 6, 곡선 b)는 460nm의 피크 파장 및 2.46W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는데, 이는 이 파장에서 0.41W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는 바셀린 비-미세공동 디바이스 #8-1의 약 6 배이다. 디바이스 #8-3(도 6, 곡선 c)은 544nm의 피크 파장 및 2.46W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는데, 이는 이 파장에서 1.26W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는 바셀린 비-미세공동 디바이스 #8-1의 약 2 배이다. 디바이스 #8-4(도 6, 곡선 d)는 608nm의 피크 파장 및 1.98W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는데, 이는 이 파장에서 0.99W/Sr/m²의 발광 출력 효율을 갖는 바셀린 비-미세공동 디바이스 #8-1의 약 2 배이다. 디바이스 #8-2, #8-3 및 #8-4를 개별적인 OLED 디바이스이었지만, 이들 디바이스가 유기 발광 디스플레이의 픽셀이라면 유사한 컬러 선택도 및 효율 증진이 기대된다. HTL 두께를 변화시켜 디바이스 #8-2, #8-3 및 #8-4에 대한 미세공동의 공동 길이를 조정하였지만, 투명 전도성 페이스트층을 이들 디바이스에 이용하고 투명 전도성 페이스트층의 두께만을 변화시키면 유사한 결과가 기대된다.

발명의 효과

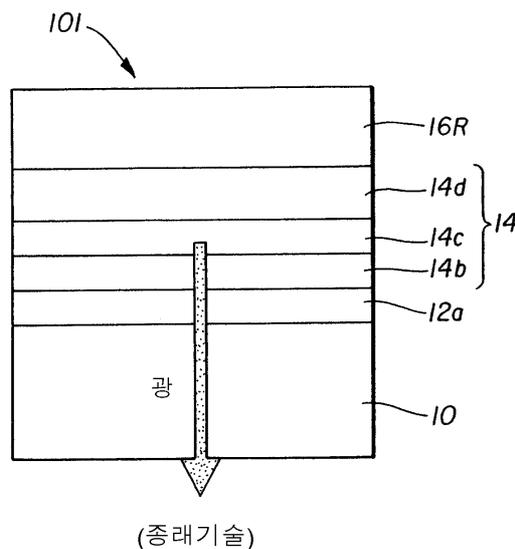
[0153] 본 발명의 튜닝된 미세공동 컬러 유기 발광 디스플레이는 색 품질 및 발광 효율이 높고, 용이하게 제조가능하며, 전력 손실을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

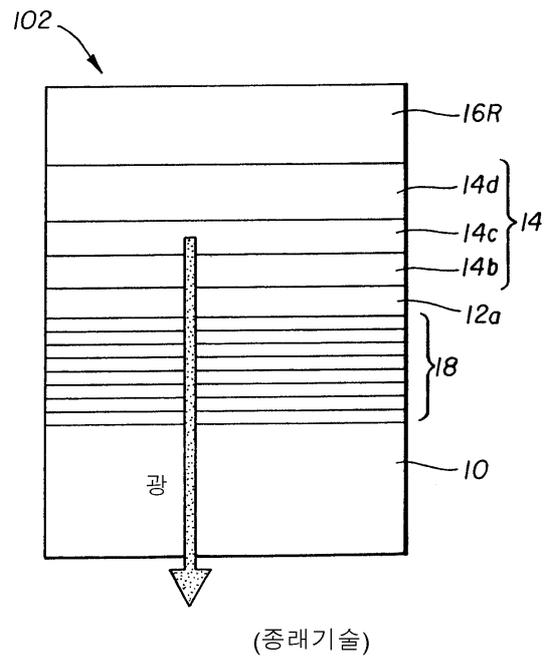
- [0001] 도 1은 종래기술의 유기 발광 다이오드(OLED) 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0002] 도 2는 쿼터 웨이브 스택(Quarter Wave Stack, QWS)에 기초한 종래기술의 미세공동(microcavity) OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0003] 도 3a는 오로지 Ag 전극을 사용한 본 발명에 따른 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0004] 도 3b는 미세공동이 없는 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0005] 도 3c는 QWS에 기초한 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0006] 도 3d는 본 발명에 따른 흡수 감소층을 갖는 하부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0007] 도 4a는 모두 Ag 전극을 사용한 본 발명에 따른 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0008] 도 4b는 미세공동이 없는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0009] 도 4c는 QWS에 기초한 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0010] 도 4d는 본 발명에 따른 흡수 감소층을 갖는 상부-발광 미세공동 OLED 디바이스의 개략적 단면도이다.
- [0011] 도 5는 미세공동이 없는 OLED 디바이스와 본 발명에 따른 미세공동 OLED 디바이스 간의 방출 스펙트럼의 비교도이다.
- [0012] 도 6은 광대역 이미터를 갖는 비-공동 OLED 디바이스 및 각각 청색, 녹색 및 적색을 방출하도록 튜닝된 동일한 광대역 이미터를 사용한 3개의 미세공동 OLED 디바이스의 방출 스펙트럼의 비교도이다.

도면

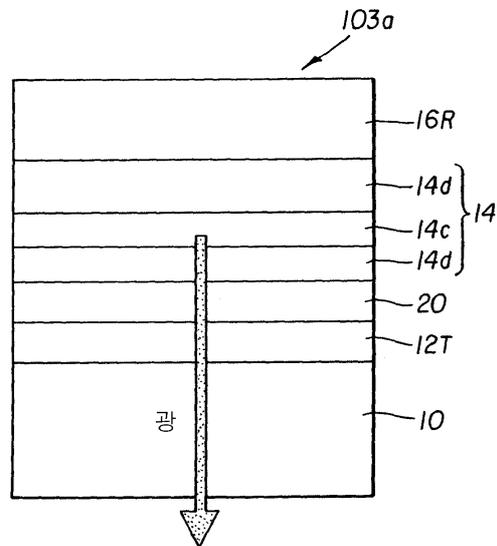
도면1



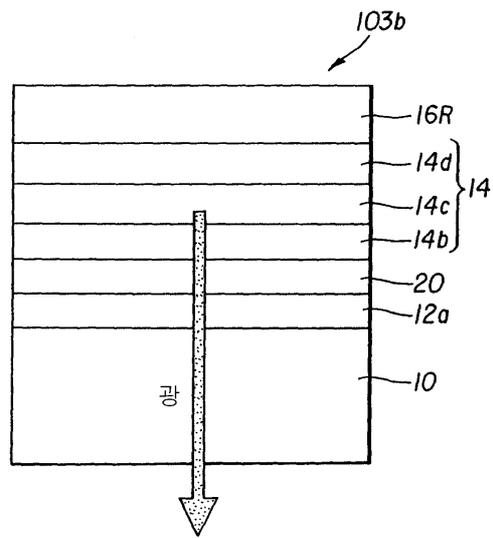
도면2



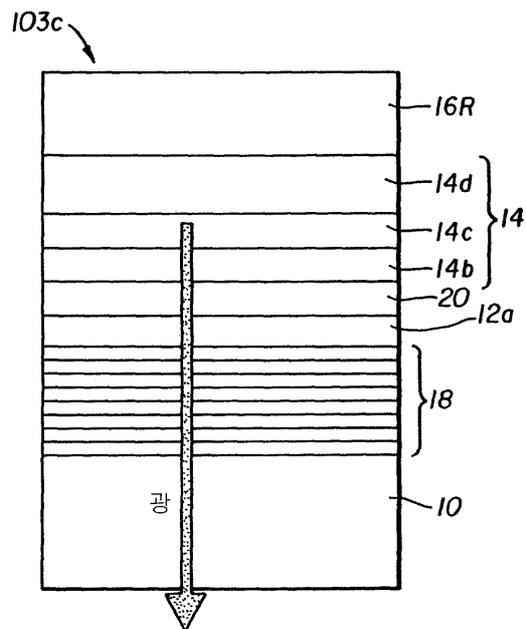
도면3a



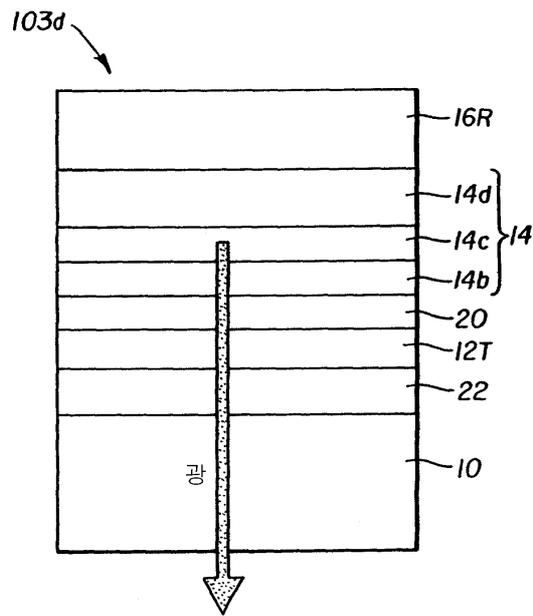
도면3b



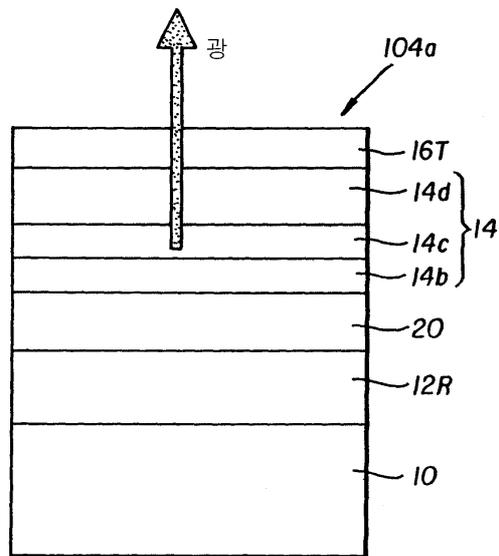
도면3c



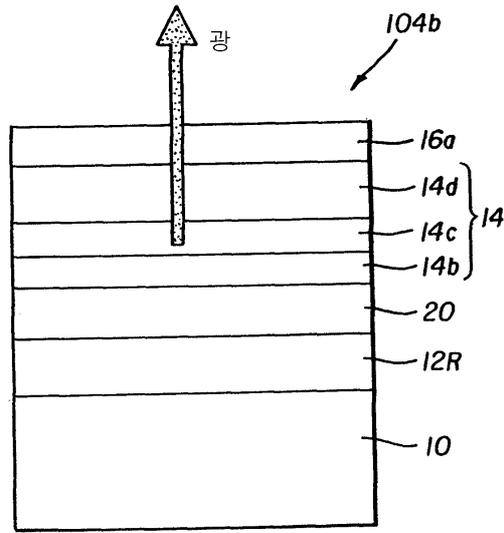
도면3d



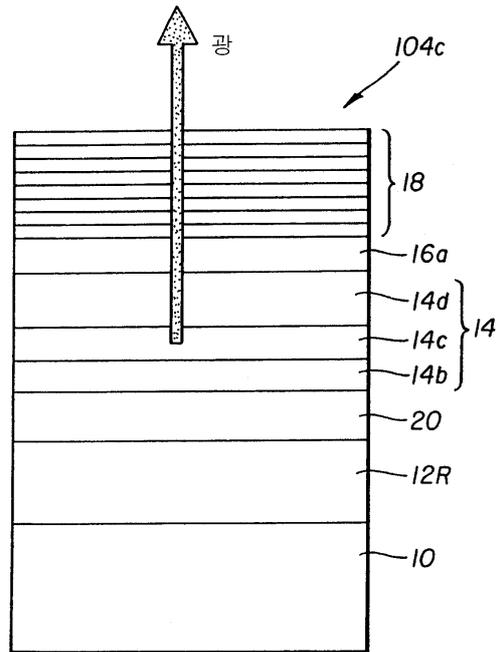
도면4a



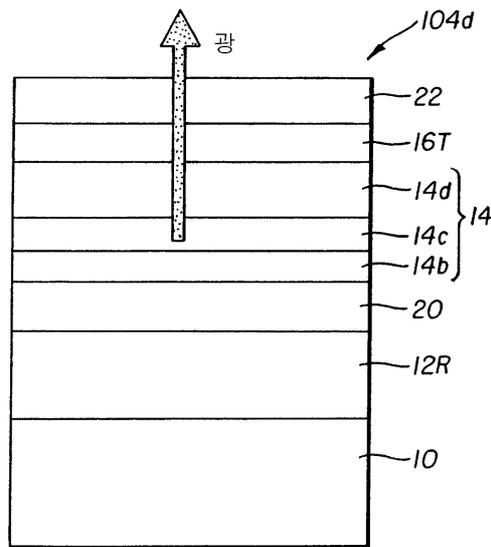
도면4b



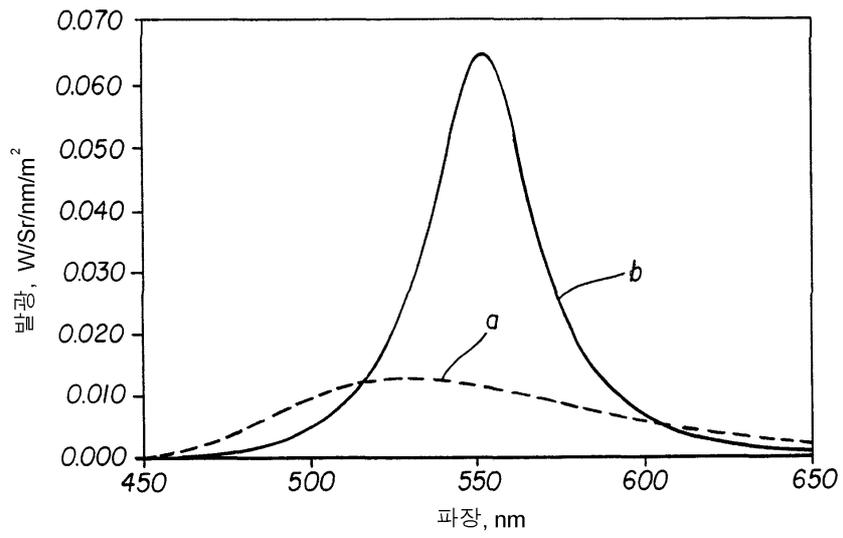
도면4c



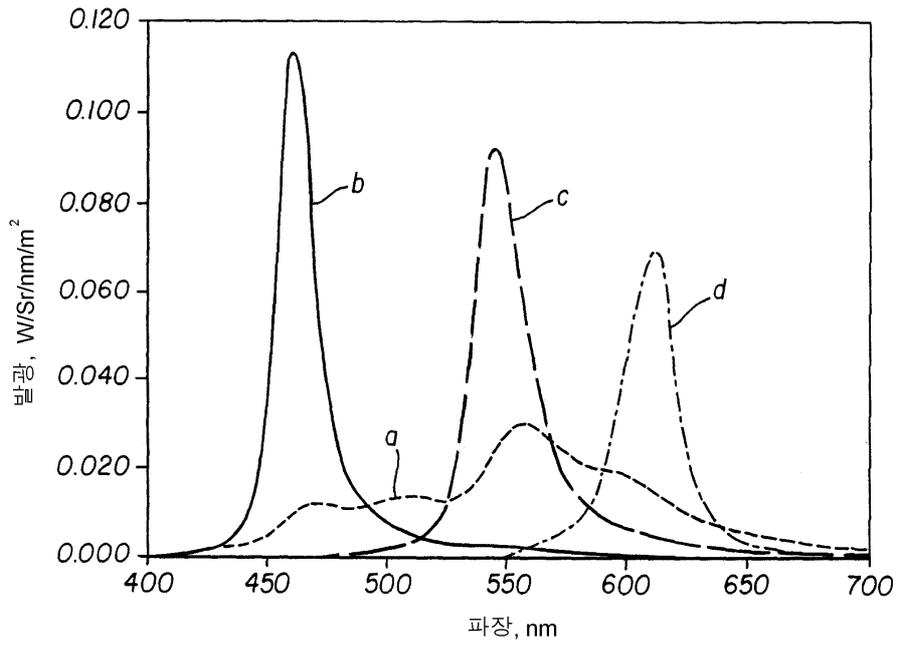
도면4d



도면5



도면6



专利名称(译)	调谐微腔彩色OLED显示屏		
公开(公告)号	KR101094736B1	公开(公告)日	2011-12-16
申请号	KR1020040010395	申请日	2004-02-17
[标]申请(专利权)人(译)	全球OLED TECH		
申请(专利权)人(译)	글로벌오엘이디테크놀로지엘씨		
当前申请(专利权)人(译)	글로벌오엘이디테크놀로지엘씨		
[标]发明人	TYAN YUAN SHENG 타이언유안셴 FARRUGGIA GIUSEPPE 파루기아기우세페 SHORE JOELD 쇼어조엘디		
发明人	타이언유안 셴 파루기아기우세페 쇼어조엘디		
IPC分类号	H05B33/26 H01L51/50 H05B33/28 H01L51/52 H05B33/24 H01L27/32 H05B		
CPC分类号	H01L51/5275 H01L51/5206 H01L51/5221 H01L51/5265 H01L27/3211 H01L27/3206 H01L51/5218 H01L51/5234		
代理人(译)	金勇 年轻的小公园		
优先权	10/368513 2003-02-18 US		
其他公开文献	KR1020040074956A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明涉及一种具有由不同的预定颜色的光划分像素的阵列分成两个或更多不同颜色的集合，其在共同的基板上分别发射像素的颜色的有机发光显示装置，并设置在每个像素中，所述阵列中的基板下金属电极层；金属上电极层，与金属下电极层隔开；有机EL元件，设置在上电极层和下电极层之间，并设置成产生宽带光；透明导电相层设置在金属下电极层和有机EL元件之间；这里，有机EL元件对于所有彩色像素是共同的；分别选择透明导电面层的厚度，使得不同颜色像素组中的像素发出不同的预定颜色光；其中一个金属电极层是半透明的，另一个是基本上不透明和反射的；半透明金属电极层的反射金属电极层材料，和包括银，金，铝，或它们的合金包括Ag，Au或它们的合金，和；半透明金属电极层的厚度，有机层和透明导电面层，和发光层的总厚度的位置是一个微腔的OLED器件调用比比较OLED器件的发光输出功率高效率，每个像素具有在显示没有分钟空隙到彩色有机发光显示装置。

