



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년08월21일
(11) 등록번호 10-1298164
(24) 등록일자 2013년08월13일

- (51) 국제특허분류(Int. C1..)
H01L 51/54 (2006.01) *H05B 33/20* (2006.01)
H05B 33/22 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7025658(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2005년03월29일
심사청구일자 2012년09월28일
- (85) 번역문제출일자 2012년09월28일
- (65) 공개번호 10-2012-0127527
- (43) 공개일자 2012년11월21일
- (62) 원출원 특허 10-2006-7021102
원출원일자(국제) 2005년03월29일
심사청구일자 2010년03월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/010714
- (87) 국제공개번호 WO 2005/101540
국제공개일자 2005년10월27일
- (30) 우선권주장
10/822,517 2004년04월12일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문현
JP08288069 A*
JP2000268973 A*
JP2002100483 A*
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 추장희

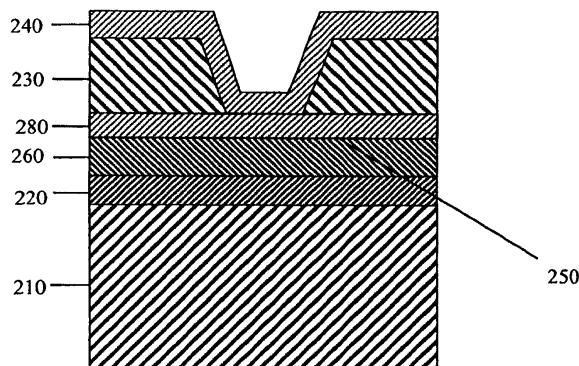
(54) 발명의 명칭 단락이 감소된 유기 발광 다이오드 디스플레이

(57) 요 약

본 발명은 단락이 감소되는 다양한 OLED 디스플레이 및 장치 구조체에 관한 것이다.

대 표 도

200



특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 기판;
- (b) 상기 기판 상에 배치된 제1 전극층;
- (c) 상기 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층;
- (d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및
- (e) 상기 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고,

상기 단락 감소층이 $10\Omega\text{-cm}^2$ 내지 $1500\Omega\text{-cm}^2$ 의 두께 방향 저항률을 갖도록 선택되고,

상기 단락 감소층은 산화인듐, 산화갈륨, 산화아연, 산화주석, 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화안티몬, 산화비스무트, 산화레늄, 산화탄탈, 산화텅스텐, 산화니오브 또는 산화니켈로부터 선택되는 고해상도의 픽셀레이션화된(pixilated) OLED 디스플레이.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

전하 주입층이 상기 무기 단락 감소층과 상기 유기 EL 소자 사이에 배치되는 OLED 디스플레이.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 단락 감소층이 상기 나열된 산화물 중 둘 이상의 혼합물인 OLED 디스플레이.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 단락 감소층이 상기 나열된 산화물 중 적어도 하나와, 전기 절연 물질인 산화물, 플루오르화물, 질화물 또는 황화물 물질의 혼합물인 OLED 디스플레이.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 2개의 전극층 중 하나는 투명한 전도성 산화물층이고, 다른 전극층은 금속인 OLED 디스플레이.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 2개의 전극층이 모두 금속이고, 상기 2개의 전극층 중 적어도 하나가 방출되는 광에 대해 반투명성인 OLED 디스플레이.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 단락 감소층의 두께가 5nm 내지 200nm이고, 상기 유기 EL층의 두께는 100nm 내지 300nm인 OLED 디스플레이.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 단락 감소층의 두께가 20nm 내지 200nm인 OLED 디스플레이.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 단락 감소층의 물질은 상기 산화몰리브덴인 OLED 디스플레이.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 산화몰리브덴의 단락 감소층의 두께가 5nm 내지 300nm인 OLED 디스플레이.

청구항 11

(a) 기판;

(b) 상기 기판 상에 배치된 제1 전극 층;

(c) 상기 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층;

(d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및

(e) 상기 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고,

상기 단락 감소층이 아래 수학식 1의 두께 방향 최소 저항률 ρt 를 갖도록 선택되는 고해상도의 픽셀레이션화된 (pixilated) OLED 디스플레이.

<수학식 1>

$$\rho \cdot t \geq 1000 \times \frac{aV_o}{f_o I_o A}$$

여기서, A는 OLED 디스플레이의 면적, V_o 는 동작 전압(V), I_o 는 동작 전류 밀도(mA/cm^2), f_o 는 단락 결함의 허용가능한 비, a 는 단락 결함의 총면적, ρ 는 상기 단락 감소층의 벌크 저항률($\Omega\text{-cm}$), t 는 단락 감소층의 두께이다.

청구항 12

(a) 기판;

(b) 상기 기판 상에 배치되고 Au, Ag, Mg, Ca 또는 이들의 합금으로부터 선택된 제1 금속 전극층;

(c) 상기 제1 금속 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층;

(d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및

(e) 상기 유기 EL 소자 상에 배치되고 상기 Au, Ag, Mg, Ca 또는 이들의 합금으로부터 선택된 제2 금속 전극층을 포함하고,

상기 2개의 금속 전극층 중 하나는 본질적으로 불투명하면서 광을 반사하고, 다른 전극층은 마이크로캐비티 구조를 형성하기 위하여 반투명이고,

상기 단락 감소층이 $10\Omega\text{-cm}^2$ 내지 $1500\Omega\text{-cm}^2$ 의 두께 방향 저항률을 갖도록 선택된 고해상도의 픽셀레이션화된 (pixilated) OLED 디스플레이.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 단락 감소층은 산화인듐, 산화갈륨, 산화아연, 산화주석, 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화안티몬, 산화비스무트, 산화레늄, 산화탄탈, 산화텅스텐, 산화니오브 또는 산화니켈로부터 선택되는 OLED 디스플레이.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 단락 감소층은 산화물리브텐인 OLED 디스플레이.

청구항 15

삭제

명세서**기술 분야**

[0001] 본 발명은 OLED 장치 및 디스플레이에서의 단락 감소에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유기 전기 발광(electroluminescent; EL) 장치 또는 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode; OLED)는 인가된 전위에 반응하여 광을 방출시키는 전자 장치이다. 문헌[Applied Physics Letters 51, p 913, 1987; Journal of Applied Physics, 65, p 3610, 1989]; 및 통상적으로 양도된 미국 특허 제 4,769,292 호에서 Tang(Tang) 등은 매우 효율적인 OLED를 설명하였다. 그 이후, 중합체 물질을 포함하는 교대하는 층 구조의 다수의 OLED가 개시되었고, 장치 성능이 개선되었다.

[0003] OLED는 애노드, 캐쓰드, 및 애노드와 캐쓰드 사이에 배치된 유기 EL 소자를 포함하는 박막 장치이다. 작동시에는, 애노드와 캐쓰드 사이에 전압이 인가되어 전자가 캐쓰드로부터 주입되고 정공(hole)이 애노드로부터 주입된다. 적절하게 구성된 경우, 주입된 전자와 정공은 유기 EL 소자 내의 발광 층에서 재조합되고, 이를 전하 캐리어의 재조합으로 인해 광이 장치로부터 방출된다. 전형적으로, 유기 EL 소자의 두께는 약 100 nm이고, 전극 사이에 인가되는 전압은 약 3~10 볼트이며, 작동 전류는 약 1~20 mA/cm²이다.

[0004] 애노드와 캐쓰드의 간격이 작기 때문에, OLED 장치는 단락 결함을 갖게 되기 쉽다. 편홀, 균열, OLED 장치의 구조에서의 단(step) 및 코팅의 조도(roughness) 등에 의해 애노드와 캐쓰드가 직접 접촉할 수 있게 되거나 또는 유기층 두께가 이를 결함 구역에서 더 얇아지도록 할 수 있다. 이를 결함 구역은 전류가 흐르도록 하는 저저항 경로를 제공하여, 유기 EL 소자를 통해 전류가 거의 또는 극단적인 경우에는 전혀 흐르지 않도록 한다. 이에 의해, OLED 장치의 발광 출력이 감소되거나 없어지게 된다. 다중-화소 디스플레이 장치에서는, 단락 결함이 광을 방출하지 않거나 또는 평균 광 강도 미만의 광을 방출하는 죽은 화소를 생성시켜 디스플레이 품질을 감소시킬 수 있다. 조명 또는 다른 저해상도 용도에서는, 단락 결함으로 인해 해당 구역 중 상당 부분이 작동하지 않을 수 있다. 단락 결함에 대한 우려 때문에, OLED 장치의 제조는 전형적으로 청정실에서 수행된다. 그러나, 아무리 청정한 환경이라 해도 단락 결함을 없애는데 효과적일 수 없다. 많은 경우에는, 두 전극 사이의 간격을 증가시켜 단락 결함의 수를 감소시키기 위하여, 유기층의 두께를, 장치를 작동시키는데 실제로 필요한 것보다 더 많이 증가시키기도 한다. 이러한 방법은 OLED 장치 제조에 비용을 추가시키게 되고, 심지어 이러한 방법으로는 단락 결함을 완전히 제거할 수 없다.

[0005] 일본 특허 공개 제 2002100483 A 호에는, 결정질 투명 전도성 필름 위에 무정질 투명 전도성 필름을 침착시킴으로써 애노드의 결정질 투명 전도성 필름의 국부적인 돌출부로 인한 단락 결함을 감소시키는 방법이 개시되어 있다. 여기에는 무정질 필름의 매끈한 표면이 결정질 필름으로부터의 국부적인 돌출부가 OLED 장치에서 단락 결함 또는 어두운 반점을 생성시키지 못하게 할 수 있다고 기재되어 있다. 이 방법의 효율은 의심스러운데, 왜냐하면 무정질 투명 전도성 필름을 제조하는데 이용되는 전공 침착 방법이 평탄화 기능을 갖지 않으며, 무정질 투명 전도성 필름의 표면이 아래에 놓인 결정질 투명 전도성 필름의 표면을 그대로 따를 것으로 예측되기 때문이다. 뿐만 아니라, 이 방법은 분진 입자, 박편, 구조적 불연속 또는 OLED 제조 공정에서 만연하는 다른 요인으로 인한 편홀 문제를 다루고 있지 않다.

[0006] 일본 특허 공개 제 2002208479 A 호는 유리 또는 수지로 이루어진 투명 기판상에 형성되는 투명 전극 패턴으로 제조되는 양의 전극 또는 음의 전극상의 발광 구역 전체 또는 일부에 투명 금속 산화물로 이루어진 중간 저항 필름(이의 두께는 10nm 내지 10μm이고, 저항은 0.01 내지 2Ω·cm²이고, 저항 필름 표면에서의 이온화 에너지는 5.1eV 이상임)을 적층시킴으로써 단락 결함을 감소시키는 방법을 개시한다. 이 방

법은 그 나름의 장점을 가지나, 규정된 저항률을 범위는 다수의 OLED 디스플레이 또는 장치에서의 단락으로 인한 누설 전류를 효과적으로 감소시킬 수 없다. 더욱이, 이온화 에너지 조건은 물질의 선택을 심각하게 제한하고, OLED 장치에서 우수한 성능 및 수명을 달성하는데 결정적인 것으로 알려져 있는 적절한 정공 주입을 보장하지 못한다. 뿐만 아니라, 높은 이온화 에너지의 물질은 전자 주입을 제공할 수 없으며, 따라서 캐쓰드와 유기 발광 층 사이에 적용될 수 없다. 종종 캐쓰드 물질과 유기 발광 층 사이에 저항성 필름을 적용시키거나, 또는 캐쓰드와 유기 발광 물질 사이 및 애노드와 유기 발광 물질 사이 둘 다에 저항성 필름을 적용시키는 것이 바람직하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명의 목적은 단락 결함으로 인한 누설 전류가 감소된 개선된 OLED 장치 또는 디스플레이를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적은 (a) 기판; (b) 기판 상에 배치된 제1 전극층; (c) 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층; (d) 무기 단락 감소층 상에 배치된 전하 주입층; (e) 전하 주입층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및 (f) 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고, 단락 감소층이 단락 결함으로 인한 누설 전류 및 그에 관련되는 발광 효율 손실을 감소시키기에 충분한 두께 및 저항률을 갖도록 선택되는 OLED 장치에 의해 달성된다.

[0009] 상기 목적은 (a) 기판; (b) 상기 기판 상에 배치된 제1 전극층; (c) 상기 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층; (d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및 (e) 상기 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고, 상기 단락 감소층이 $10\Omega\text{-cm}^2$ 내지 $1500\Omega\text{-cm}^2$ 의 두께 방향 저항률을 갖도록 선택되고, 상기 단락 감소층은 산화인듐, 산화갈륨, 산화아연, 산화주석, 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화안티몬, 산화비스무트, 산화레늄, 산화탄탈, 산화텅스텐, 산화나이오브 또는 산화나이켈로부터 선택되는 고해상도의 퍽실레이션화된(pixilated) OLED 디스플레이에 의해 달성된다.

[0010] 상기 목적은 (a) 기판; (b) 상기 기판 상에 배치된 제1 전극층; (c) 상기 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층; (d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및 (e) 상기 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고, 상기 단락 감소층이 아래 수학식 1의 두께 방향 최소 저항률 ρt 를 갖도록 선택되는 고해상도의 퍽실레이션화된(pixilated) OLED 디스플레이에 의해 달성된다.

[0011] <수학식 1>

$$\rho \cdot t \geq 1000 \times \frac{aV_o}{f_o I_o A}$$

[0012] 여기서, A는 OLED 디스플레이의 면적; V_o 는 동작 전압(V), I_o 는 동작 전류 밀도(mA/cm^2), f_o 는 단락 결함의 허용가능한 비; a는 단락 결함의 총면적, t는 단락 감소층의 두께이다.

[0014] 상기 목적은 (a) 기판; (b) 상기 기판 상에 배치된 제1 전극층; (c) 상기 제1 전극층 상에 배치된 무기 단락 감소층; (d) 상기 단락 감소층 상에 배치된 유기 EL 소자; 및 (e) 상기 유기 EL 소자 상의 제2 전극층을 포함하고, 상기 단락 감소층이 $100\Omega\text{-cm}^2$ 초과 내지 $1500\Omega\text{-cm}^2$ 사이의 두께 방향 저항률을 갖도록 선택되고, 20nm 내지 200nm 사이의 두께를 갖도록 선택된 고해상도의 퍽실레이션화된(pixilated) OLED 디스플레이에 의해 달성된다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 이점은 단락이 발생되는 경우 그의 영향이 최소화될 수 있다는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 단락 결함을 갖는 종래 기술의 장치의 개략적인 단면도이다.

도 2는 본 발명에 따른 OLED 장치의 개략적인 단면도이다.

도 3은 본 발명에 따른 적층형 OLED 장치의 개략적인 단면도이다.

도 4는 단락 감소층 두께의 함수로서의 우수한 OLED 장치의 수를 보여주는 그래프이다.

도 5는 단락 감소층 두께의 함수로서의 우수한 OLED 장치의 수를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 도 1은 종래 기술의 OLED 장치(100)의 단락 결함을 개략적으로 도시한다. 장치(100)는 기판(110), 제1 전극층(120), 유기 EL 소자(130) 및 제2 전극층(140)을 포함한다. 전극층 중 하나는 애노드이고, 다른 하나의 전극층은 캐쏘드이다. 기계적 보호 또는 다른 목적을 위해 제2 전극층(140) 상에 다른층이 있는 것이 흔하며, 종종 캐쏘드와 유기 EL 소자(130) 사이에 유기 또는 무기 전자 주입층이, 또한 애노드와 유기 EL 소자(130) 사이에 유기 또는 무기 정공 주입층이 있다.

[0018] 하부 발광 OLED 장치의 경우, 기판(110)이 OLED 장치(100)에 의해 방출되는 광에 대해 투명성이다. 기판(110)에 통상적인 물질은 유리 또는 플라스틱이다. 제1 전극층(120)도 방출되는 광에 대해 투명성이다. 제1 전극층(120)에 통상적인 물질은 산화주석인듐(ITO) 또는 산화아연인듐(IZO) 등과 같은 투명 전도성 산화물이다. 다른 계는, 제1 전극층(120)은 Ag, Au, Mg, Ca 또는 이들의 합금 같은 반투명 금속으로 제조될 수 있다. 반투명 금속이 제1 전극층(120)으로서 사용되는 경우, OLED 장치(100)는 미세공동(microcavity) 구조를 갖는다고 한다. 유기 EL 소자(130)는 적어도 발광층(LEL)을 포함하지만, 흔히 전자 수송층(ETL), 정공 수송층(HTL), 전자 차단층(EBL) 또는 정공 차단층(HBL) 등과 같은 다른 기능성 층도 포함한다. 아래 논의는 기능성 층의 수에 무관하며, 유기 EL 소자(130)용 물질 선택에도 무관하다. 제2 전극층(140)은 통상 Al, Ag, Au, Mg, Ca 또는 이들의 합금 같은 반사 금속층이다. 종종 유기 EL 소자(130)와 애노드 사이에 정공 주입층이 부가되고, 유기 EL 소자(130)와 캐쏘드 사이에 전자 주입층이 부가된다. 작동시, 양의 전위가 애노드에 인가되고 음의 전위가 캐쏘드에 인가된다. 전자는 캐쏘드로부터 유기 EL 소자(130) 내로 주입되고, 인가된 전기장에 의해 애노드를 향해 이동하며; 정공은 애노드로부터 유기 EL 소자(130) 내로 주입되고, 인가된 전기장에 의해 캐쏘드를 향해 이동한다. 전자 및 정공이 유기 EL 소자(130)에서 조합될 때, 광이 생성되고 OLED 장치(100)에 의해 방출된다.

[0019] 상부 발광 OLED 장치의 경우에는, 기판(110) 방향에 반대쪽으로 광이 방출된다. 이 경우 기판(110)은 방출되는 광에 대해 불투명성일 수 있고, 금속 또는 Si 같은 물질이 사용될 수 있으며, 제1 전극층(120)은 불투명성이고 반사성이며, 제2 전극층(140)은 투명성 또는 반투명성일 필요가 있다.

[0020] 도 1에는 또한 유기 EL 소자(130)에서 유기 물질이 없는 영역에 의해 생성된 단락 결함(150)이 개략적으로 도시되어 있다. 하기 논의는 또한 장치의 나머지 구역과 비교하여 유기 EL 소자(130)의 유기 물질의 두께가 실질적으로 더 작은 영역에 의해 발생되는 단락 결함에도 관련된다. 단락 결함에 대해 가능한 요인은 많다. 예를 들어, 기판(110)상의 분진 입자 또는 박편이 유기 EL 소자(130)의 침착 동안 물질 흐름을 국부적으로 차단하여, 유기 필름에 틈이 생기도록 하거나 또는 유기 필름의 두께를 실질적으로 더 작게 만들었으나, 제1 전극층(120)과 제2 전극층(140) 침착 사이에 전기 저항을 감소시킬 수 있다. 입자 또는 박편은 기판을 진공 챔버에 넣기 전에 공기로부터 올 수 있거나, 또는 이들은 보트로부터의 공급 물질의 입자가 틈으로써 또는 침착 챔버 벽 및 내부 설비로부터의 침착물 박리에 의해 제1 전극층(120) 또는 유기 침착 공정 동안 생성될 수 있다. 이들 입자 또는 박편은 또한 유기 침착물에서의 기계적 진동 또는 응력에 의해 또는 단순히 중력에 의해 유기층의 침착 동안 또는 침착 후에 떨어질 수도 있다. 유기 침착 공정 동안 기판(110) 상에 존재하다가 떨어지는 입자 또는 박편이 대부분의 손상을 야기할 수 있다. 이들이 유기 물질이 기판(110) 상에 침착되는 것을 차단하는 경우, 또한 이들이 떨어지는 경우, 이들은 제1 전극층(120)의 소정 구역이 제2 전극(140)의 후속 침착에 대해 완전히 노출되도록 한다.

[0021] 단락 결함의 다른 원인은 유기층에 의해 완전히 덮일 수 없는 OLED 장치 구조의 단(step), 예컨대 능동형 매트릭스 OLED 디스플레이 장치의 TFT(박막 트랜지스터) 구조에 수반되는 단, 또는 기판(110) 표면 또는 제1 전극층(120) 표면상의 거친 조직을 포함한다. 단락 결함(150)은 제2 전극층(140)이 직접 또는 훨씬 더 얇은 유기층 두께를 통해 제1 전극층(120)에 접촉하도록 하고, 장치 전류에 대해 저항이 낮은 경로를 제공한다. 전압이 애노드와 캐쏘드 사이에 인가되면, 꽤 큰 전류(이후 누설 전류이라고 함)가 애노드로부터 단락 결함(150)을 통해 캐쏘드로 흘러, 장치의 무결함 구역을 우회할 수 있다. 이에 의해, 단락 결함은 OLED 장치(100)의 방출 출력을 실질적으로 감소시킬 수 있고, 많은 경우 이들은 OLED 장치(100)가 전혀 발광하지 않게 할 수 있다.

[0022] 도 2는 본 발명의 한 실시양태에 따른 OLED 장치(200)를 개략적으로 도시하고 있다. OLED 장치(200)는 기판(210), 제1 전극층(220), 유기 EL 소자(230) 및 제2 전극층(240)을 포함한다. 제1 전극층(220)과 유기 EL 소자(230) 사이에 배치되는 것은 단락 감소층(SRL)(260) 및 전하 주입층(280)이다. 제1 전극층(220)이 애노드인 경우에는, 전하 주입층(280)이 정공 주입층이고; 제1 전극층(220)이 캐쓰드인 경우에는, 전하 주입층(280)이 전자 주입층이다. 도 2에서, 전하 주입층(280)은 단락 결함(250)을 덮는 것으로 도시되어 있다. 많은 경우, 전하 주입층(280)은 또한 단락 결함(250)에 존재하지 않을 수도 있다. 예를 들어 전하 주입층(280)이 유기층 코팅 공정의 일부로서 코팅되거나 또는 단락 결함(250)이 기판(200) 또는 제1 전극층(220)의 표면의 조도에 의해 야기되는 경우에, 단락 결함(250)에 전하 주입층(280)이 존재하지 않을 수 있다. 전하 주입층(280)이 통상 수나노미터 이하 정도로 매우 얇기 때문에, 어느 경우에나 단락을 통한 저항에는 크게 기여하지 않으며, 아래 논의에 영향을 끼치지 않는다.

[0023] OLED 장치가 본 발명에 따라 구성되는 경우(단락 결함(150)이 유기 EL 소자(230)에 존재함), 제2 전극층(240)은 핀홀에서 직접 제1 전극층(220)과 접촉하지 않고 단락 감소층(260)을 통해 접촉한다. 적절하게 선택된 경우 단락 감소층(260)은 단락 결함(250)을 통한 누설 전류를 실질적으로 감소시키는, 제1 전극층(220)과 제2 전극층(240) 사이에 저항 R_{sr1} 을 부가할 수 있다. 본 발명의 효율은 다음과 같이 분석된다: A를 OLED 장치(200)의 면적(cm^2)이라 하고, a 를 OLED 장치(200)의 모든 단락 결함의 총 면적(cm^2)이라 하며, t 를 두께(cm)라 하고, ρ 를 단락 감소층(260)의 벌크 저항률($\Omega\text{-cm}$)이라 하고, I_o 를 작동 전류 밀도(mA/cm^2)라 하며, V_o 를 OLED 장치(200)의 작동 전압(V)이라 할 때, 단락 결함을 통해 흐르는 전류는 하기 수학식 1과 같이 계산될 수 있다:

수학식 1

$$I_o = 1000 \times \frac{V_o}{\rho \cdot \frac{t}{a}} = 1000 \times \frac{aV_o}{\rho t}$$

[0024]

[0025] 단락 감소층(260)은 단락 결함(250)의 부정적인 영향을 감소시키고, 장치 성능을 허용가능한 수준으로 높인다. 단락 결함의 부정적인 영향은 단락 결함을 통해 흐르는 누설 전류 대 총 장치 전류의 비인 매개변수 f 에 의해 측정될 수 있다:

수학식 2

$$f = 1000 \times \frac{aV_o / \rho t}{I_o A} = 1000 \times \frac{aV_o}{\rho t I_o A}$$

[0026]

[0027] 허용가능한 비 f 를 획득하기 위하여, 단락 감소층(260)은 하기 수학식 3의 두께 방향 최소 저항률 ρt 를 가질 필요가 있다:

수학식 3

$$\rho \cdot t \geq 1000 \times \frac{aV_o}{f_o I_o A}$$

[0028]

[0029] 따라서, 효과적인 단락 감소층(260)으로서 사용될 수 있는 물질의 선택은 면적 A; OLED 장치(200)의 작동 조건 V_o 및 I_o ; 허용될 수 있는 성능 손실 수준 f_o ; 단락 결함의 총 면적 a ; 및 장치에 혼입될 수 있는 단락 감소층(260)의 두께 t 에 따라 달라진다.

[0030]

단락 감소층(260)의 두께는 하기 두 가지 고려 사항에 기초하여 선택된다: 1) 전형적인 OLED 장치는 약 100 내지 300nm의 총 유기층 두께를 가지며, 총 두께는 장치의 발광 효율을 최적화하도록 광학적으로 조정된다. 단락

감소층은 장치의 광학 구조중 일부가 되며, 따라서 그의 두께는 약 200nm를 초과해서는 안된다. 지나치게 두꺼우면 단락 감소층이 또한 OLED 장치의 제조 비용을 증가시킨다. 2) 단락 감소층은 단락 결함을 효과적으로 덮기 위해 충분히 두꺼워야 한다. 합당한 하한은 약 20nm이다. 본 발명은 20 내지 200nm 두께의 단락 감소층을 선호한다.

[0031] OLED 장치는 다수의 상이한 용도로 사용된다. 이들 OLED 장치는 광범위하게 상이한 장치 면적 및 작동 조건을 가질 수 있다. 예를 들어, 조명 용도의 경우 OLED 장치는 비교적 적은 수준의 전류 밀도에서 작동되는 1cm^2 보다 큰 발광 구획으로 분할되는 경향이 있다(미국 특허 제 6,693,296 호). 구역 칼라 디스플레이의 경우, 화소는 더 작고 mm^2 수준일 수 있으며, 작동 조건도 그다지 많이 변화하지 않는다. 능동형 매트릭스 또는 수동형 매트릭스 흑색 평면상의 고해상도 픽셀레이션화된(pixilated) OLED 디스플레이의 경우, 화소는 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 이하로 훨씬 더 작고, 또한 OLED 장치는 동적 범위를 제공할 필요가 있다. 8비트 해상도의 경우, 장치 작동 전류는 $1 \times$ 내지 $256 \times$ 의 범위를 가질 필요가 있다. 수학식 3은 이들 상이한 OLED 장치가 단락 감소층으로서 매우 상이한 물질을 필요로 함을 암시한다.

[0032] 대부분의 종래 기술은 $10^{-3}\Omega\text{-cm}$ 이하의 벌크 저항률 값을 갖는 고전도성의 투명한 전도체에 초점이 맞춰져 왔다. 이들 물질은 너무 전도성이어서 단락 감소층으로서 사용될 수 없다. 그러나, 가스 센서, 대전 방지 코팅 등과 같은 용도를 위한, 이들 산화물을 사용하는 저항률이 높은 박막도 예시되어 왔다. 조성 및 침착 조건을 전도성이 높은 투명한 전도체에 대해 최적화된 조성 및 침착 조건으로부터 변화시킴으로써, 더 높은 저항률의 박막을 제조할 수 있다. 특히 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화안티몬, 산화비스무트, 산화레늄, 산화탄탈, 산화텅스텐, 산화니오브 또는 산화니켈을 함유하는 물질을 사용하여서도 더 높은 저항률을 달성할 수 있다. 침착 조건을 적절하게 조절함으로써, 또한 이들 산화물을 조합하고 산화인듐, 산화갈륨, 산화아연, 산화주석 등과 같은 더욱 전도성이인 산화물과 혼합함으로써, 큰 발광 구획을 갖는 OLED 장치 및 고해상도 OLED 디스플레이 장치들 다에 대한 요구를 커버하기 위하여 넓은 저항률 값 범위를 수득할 수 있다.

[0033] 단락 감소층으로서 사용하기 적합한 다른 물질은 보다 높은 전도성의 산화물 물질과 산화물, 플루오르화물, 질화물 및 황화물로부터 선택되는 절연 물질의 혼합물을 포함한다. 이들 두 종류의 물질의 비를 조정함으로써 혼합물 층의 저항률을 목적하는 범위로 조정할 수 있다. 예를 들어, 팔(Pal) 등의 문헌[팔(A.M. Pal), 아도잔(A.J. Adorjan), 햄버거(P.D. Hamburger), 데버(J.A. Dever), 후(H. Fu), American Physics Society, OFM96 회의 초록 CE.07]에는 3×10^{-5} 내지 $3 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$ 의 저항률 범위를 갖는 ITO와 플루오르화마그네슘(MgF_2)의 혼합물로 제조된 박막이 보고되어 있다. 스퍼터링, 증발, 화학적 증착, 플라즈마 향상된 화학적 증착 등과 같은 통상적인 박막 침착 기법에 의해 이들 혼합된 박막을 제조할 수 있다. 산화물 필름의 경우, 산소, 또는 수증기 또는 오존 같은 산소 함유 기체를 침착 공정동안 도입하여 조성 및 필름 특성을 조절할 수 있다.

[0034] 미나미(Minami)(MRS Bulletin 2000년 8월)는 전도성 산화물의 제조 및 특성에 대해 광범위하게 연구하였다. 이 저자는 상기 산화물 물질중 대부분이 약 4.0eV 내지 5.0eV의 일 함수를 가짐을 보여주었다. 이들 값은 정공 주입 층으로서 작용하기에는 너무 낮고 전자 주입 층으로서 작용하기에는 너무 높다. 선택된 단락 감소층 물질이 적절한 전하 주입을 제공하지 않을 때, 본 발명에서는 제 1 전극이 애노드인 경우에는 단락 감소층과 유기 EL 소자 사이에 추가적인 정공 주입 층을 부가하고, 제1 전극층이 캐쏘드인 경우에는 단락 감소층과 유기 EL 소자 사이에 추가적인 전자 주입 층을 부가한다. 전하 주입 층을 부가함으로써, 단락 감소층용 물질의 선택 폭이 넓어지고, 다른 추가적인 조건에 기초하여 선택을 추가로 다듬을 수 있다. 정공-주입 층으로서 사용하기에 적합한 물질은 통상적으로 양도된 미국 특허 제 4,720,432 호에 기재되어 있는 폴피린 화합물, 및 통상적으로 양도된 미국 특허 제 6,208,075 호에 기재되어 있는 플라즈마-침착된 플루오로카본 중합체를 포함하지만, 이들로 국한되지는 않는다. 유기 EL 장치에 유용한 것으로 간주되는 다른 정공-주입 물질은 산화바나듐(VO_x), 산화몰리브덴(MoO_x), 산화니켈(NiO_x) 등을 비롯하여 EP 0 891 121 A1 호 및 EP 1 029 909 A1 호, 및 도키토(Tokito) 등의 문헌[J. Phys. D. Vol. 29, p2750, 1996]에 기재되어 있다. 본원에 참고로 인용된 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 교시되어 있는 것을 비롯한 전자-주입층을 사용할 수 있다. Li, Cs, Ca 또는 Mg 같은, 낮은일 함수의 알칼리금속 또는 알칼리토금속을 함유하는 박막을 사용할 수 있다. 또한, 이들 낮은 일-함수의 금속으로 도핑된 유기 물질을 또한 전자-주입 층으로서 효과적으로 사용할 수 있다. 예로는 Li- 또는 Cs-도핑된 Alq가 있다.

[0035] 본 발명의 다른 실시양태에서, 단락 감소층은 유기 EL 소자와 제2 전극층 사이에 배치된다. 이 실시양태의 단

락 감소 효율은 단락 감소층이 유기 EL 소자와 제1 전극층 사이에 배치되는 실시양태와 유사하다. 유기 EL 소자와 제1 전극 사이 및 유기 EL 소자와 제2 전극 사이 둘 다에 단락 감소층을 사용함으로써 단락 감소 효율을 더욱 개선시킬 수 있다.

[0036] 본 발명의 또 다른 실시양태에서, OLED 장치는 미국 특허 제 6,337,492 호에 기재되어 있는 적층형 OLED 장치이다. 도 3을 참조해보면, OLED 장치(300)는 적층형 OLED 장치이다. 기판(310) 위에 각각 정공 수송층(331c, 332c, 333c), 발광층(331b, 332b, 333b) 및 전자 수송층(331a, 332a, 333a)을 포함하는 3개의 유기 발광 장치(331, 332, 333)가 있다. 유기 발광 장치 사이에는 위에 놓인 정공 수송층에 정공을 제공하고 아래에 놓인 전자 수송층에 전자를 제공하는 커넥터(371, 372)가 있다. 도 3에서, 단락 감소층(360)은 유기 발광 장치(331)와 커넥터(371) 사이에 배치된 것으로 도시되어 있으며, 이는 또한 제1 전극층(320)과 유기 발광 장치(331) 사이에; 커넥터(371)와 유기 발광 장치(332) 사이에; 유기 발광 장치(332)와 커넥터(372) 사이에; 커넥터(372)와 유기 발광 장치(333) 사이에; 또한 유기 발광 장치(333)와 제2 전극층(340) 사이에 배치될 수도 있다. 본 발명에 따라 하나 이상의 단락 감소층을 사용할 수 있다. 또한, 본 발명에 따라, 선택된 단락 감소층이 적절한 전하 주입을 제공하지 않는 경우에는 전하 주입 층이 유리하다.

[0037] 본 발명의 다른 실시양태에서, OLED 장치는 미세공동 구조를 갖는다. 장치는 기판; 바람직하게는 Au, Ag, Mg 또는 Ca, 또는 이들의 합금으로부터 선택되는 금속 제 1 애노드 층; 단락 감소층; 유기 EL 소자; 및 바람직하게는 Au, Al, Ag, Mg 또는 Ca, 또는 이들의 합금으로부터 선택되는 금속 제2 전극층을 포함한다. 금속 전극층 하나는 본질적으로 불투명하고 반사성이며, 다른 하나는 반투명성이다. 두 반사 금속 전극의 존재로 인해, 장치는 미세공동 구조를 갖는다. 이 구조에서의 강력한 광학 간섭 때문에 공명 조건이 생긴다. 공명 파장 근처에서의 방출이 향상되고, 공명 파장에서 멀리 떨어진 방출이 약화된다.

[0038] 종래 기술에서는 전극층과 유기 EL 소자 사이에 무기층이 사용되었으나, 단락 결함 감소 가능성이 확인되지 않았고, 사용된 스페이서층이 너무 전도성이거나 또는 투명하지 않아서 단락 감소층으로서 효과적으로 작용할 수 없었음에 주목한다. 예를 들어, 도키토 등의 문헌[도키토, 노다(K. Noda) 및 다가(Y. Taga), J. Phys. D. Appl. Phys. 29 (1996) 2750-2753]에는 정공 주입층으로서 VO_x , MoO_x 및 RuO_x 의 30nm의 스퍼터링된 필름을 사용하였음이 보고되어 있다. 이들 필름은 방출되는 광의 경로에 배치되었으며, 이들 박막 모두의 투명도는 70% 이하였고, 뒤의 두 필름의 저항률은 너무 높아서 단락 감소층으로서 효과적으로 작용할 수 없었다.

실시예 1:

[0040] 단락 감소층 선택의 예시로서, 고해상도 픽셀레이션화된 OLED 디스플레이의 단일 화소에 대한 단락 결함의 영향을 분석한다. 분석시에는 화소에 특정 크기의 단락 결함이 하나 존재하는 것으로 가정한다. 기판 또는 제1 전극층의 조도에 의해 야기되는 것과 같은 수개의 더 작은 단락 결함(단일 결함과 총 면적이 같음)이 대신 존재하는 경우에도 분석 결과는 동일할 것이다. 화소의 크기는 $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ 로 가정하고, 결함의 크기는 분진 입자 크기로 전형적인 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 이다.

[0041] 최신식 바닥 발광 능동형 매트릭스 OLED 디스플레이는 최대한의 광도(brightness)에서 약 $200\text{cd}/\text{m}^2$ 의 휘도(luminance)를 갖는다. 이러한 광도는 약 0.25의 구경 비를 갖는 OLED 디스플레이로부터 약 50% 투과율의 편광 필름을 통해 달성된다. 따라서, 최대한의 광도에서 OLED 장치 표면에서의 실제 광도는 약 $1600\text{cd}/\text{m}^2$ 이다. 8비트 칼라 깊이에서, OLED 장치는 약 $6.3\text{cd}/\text{m}^2$ 으로 낮추어 작동될 필요가 있다. 최신식 OLED 장치의 효율은 약 $10\text{cd}/\text{A}$ 이고, 작동 전압은 약 10볼트이다. 이는 장치가 약 $0.063\text{mA}/\text{cm}^2$ 내지 약 $16\text{mA}/\text{cm}^2$ 으로 작동되어야 함을 의미한다. 본 실시예 및 이후의 실시예에서, 장치 작동 전압은 작동 전류와 무관한 것으로 가정한다. 대부분의 실제 장치에서, 작동 전압은 작동 전류의 로그에 따라 변한다. 그러므로, 이를 실시예에서 고려되는 약 25 배의 작동 전류 범위에 걸쳐, 일정한 전압 가정치는 타당하고 신중한 고려이다. 약 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 의 결함 크기에 대하여 OLED 디스플레이의 누설 전류를 효과적으로 감소시키는데 필요한 20nm 두께의 단락 감소층 필름의 저항률을 계산하며, 계산된 결과는 표 1에 기재되어 있다. 또한, 단락 감소층에 기인한 직렬 저항의 증가 및 단락 감소층의 사이트 저항률도 표 1에 기재되어 있다. 상기 사이트 저항률 값은 화소 간의 가능한 누화(cross talk)를 평가하는데 필요하다.

표 1

| 광도 cd/m ² | 작동 전 류 밀도 mA/cm ² | 장치의 등가 저항 Ω | SRL을 갖는 단 락을 통한 저항 Ω | SRL의 두께 방향 저항률 Ω-cm ² | 필요한 SRL 의 벌크 저 항률 Ω-cm | SRL에 기인 한 직렬 저 항 Ω | SRL의 사이 트 저항률 Ω/스케어 |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1600 | 16 | 6.25E+06 | 6.25E+07 | 6.25E-01 | 3.13E+05 | 6.25E+03 | 1.56E+11 |
| 800 | 8 | 1.25E+07 | 1.25E+08 | 1.25E+00 | 6.25E+05 | 1.25E+04 | 3.13E+11 |
| 400 | 4 | 2.50E+07 | 2.50E+08 | 2.50E+00 | 1.25E+06 | 2.50E+04 | 6.25E+11 |
| 200 | 2 | 5.00E+07 | 5.00E+08 | 5.00E+00 | 2.50E+06 | 5.00E+04 | 1.25E+12 |
| 100 | 1 | 1.00E+08 | 1.00E+09 | 1.00E+01 | 5.00E+06 | 1.00E+05 | 2.50E+12 |
| 50 | 0.5 | 2.00E+08 | 2.00E+09 | 2.00E+01 | 1.00E+07 | 2.00E+05 | 5.00E+12 |
| 25 | 0.25 | 4.00E+08 | 4.00E+09 | 4.00E+01 | 2.00E+07 | 4.00E+05 | 1.00E+13 |
| 12.5 | 0.125 | 8.00E+08 | 8.00E+09 | 8.00E+01 | 4.00E+07 | 8.00E+05 | 2.00E+13 |
| 6.25 | 0.0625 | 1.60E+09 | 1.60E+10 | 1.60E+02 | 8.00E+07 | 1.60E+06 | 4.00E+13 |

[0042]

첫 번째 칸은 8비트 광도 해상도를 나타내는 몇 가지 광도 수준(cd/m²)을 나타내고; 두 번째 칸은 이들 수준에 서의 OLED 장치의 작동 전류 밀도를 나타내고; 세 번째 칸은 이들 수준에서 OLED 화소의 등가 장치 저항값을 나타내고; 네 번째 칸은 누설 전류가 작동 전류의 10%인 경우 제자리에 위치된 SRL을 갖는 단락 결함의 저항을 나타내는데, 이들 저항값은 세 번째 칸의 상응하는 값의 10배이며; 다섯 번째 칸은 SRL의 상응하는 두께 방향 저항률을 나타내는데, 이들 값은 이 계산시 10⁻⁸cm²인 단락 결함의 면적과 네 번째 칸의 값을 곱함으로써 수득되며; 여섯 번째 칸은 본 실시예에서 사용되는 20nm의 추정되는 SRL 두께에서 다섯 번째 칸의 상응하는 두께 방향 저항률 값을 달성하는데 필요한 벌크 저항률 값을 나타내고; 일곱 번째 칸은 SRL에 의해 OLED 장치에 부가되는 직렬 저항을 나타내고; 여덟 번째 칸은 SRL의 사이트 저항률을 나타내는데, 사이트 저항률이 장치의 등가 저항에 필적하는 경우 누화가 문제가 된다.

[0044]

표 1은 10Ω-cm²의 두께 방향 저항률을 갖는 SRL이 약 100cd/cm² 광도 수준 까지 OLED에 대해 10% 수준 미만으로 누설 전류를 감소시킬 수 있음을 보여준다. 이 저항률의 SRL을 통한 누설 전류는 보다 낮은 광도에서 전류의 더 큰 부분을 차지하지만, 가장 낮은 광도에서 이는 장치 전류의 50% 정도일 수 있다. 이것이 보다 낮은 광도에서 일어나기 때문에, 다수의 용도에서 문제가 되지 않을 수 있다. 누설 전류는 SRL의 저항률이 증가함에 따라 감소된다. 약 160Ω-cm²에서, 누설 전류는 6.25cd/cm²의 가장 낮은 작동 조건까지 장치 전류의 10% 미만이다. 160Ω-cm²은 또한 그 이상에서 SRL에 기인한 직렬 저항이 최대한의 광도에서 OLED 장치의 등가 저항의 상당한 부분을 차지하는 수준이다. 그러므로, 실시예 1에서 고려되는 조건 세트 하에서는, 약 10 내지 약 160Ω-cm²의 두께 방향 저항률을 갖는 단락 감소층을 사용할 수 있다. 10Ω-cm²의 두께 방향 저항률에서도 SRL의 사이트 저항률이 등가 장치 저항보다 훨씬 더 큼에 주목한다. 그러므로, 단락 감소층에 기인한 누화는 문제가 되지 않는다.

[0045]

실시예 2

[0046]

실시예 2에서는 SRL의 선택에 대한 결함 크기의 영향을 조사한다. 실시예 2에서 이용된 모든 매개변수는 단락 결함의 면적이 변화된 것을 제외하고는 실시예 1에서와 동일하다. 표 2는 누설 전류를 상당히 감소시키는데 얼마나 큰 SRL의 두께 방향 저항률이 필요한지, 또한 장치의 직렬 저항을 상당히 증가시키는데 얼마나 많은 두께 방향 SRL 저항률이 예측되는지에 대한 계산된 결과를 보여준다.

표 2

| 결함 면적, cm ² | 100cd/m ² 까지 누설 전류 감소를 제공하는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률, Ω-cm ² | 상당한 직렬 저항을 야기하는 SRL 의 두께 방향 저항률, Ω-cm ² |
|---------------------------|--|---|
| 1.00E-09 | 1 | 160 |
| 1.00E-08 | 10 | 160 |
| 1.00E-07 | 100 | 160 |

[0047]

[0048] 첫 번째 칸은 총 결합 면적(cm^2)을 나타내고; 두 번째 칸은 SRL이 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 광도 수준에서 누설 전류를 10% 미만으로 감소시키는데 가져야 하는 두께 방향 저항률 값을 나타내며; 세 번째 칸은 그 수준 이상에서 OLED 장치에 상당한 직렬 저항을 부가하는 SRL의 두께 방향 저항률을 나타낸다. 표 2는 결합 면적이 증가함에 따라 SRL의 두께 방향 저항률이 비례적으로 증가함을 보여준다. 그러나, 직렬 저항을 상당히 야기하는 두께 방향 저항률은 일정하게 유지된다. 표 2는 SRL의 효율이 두께 방향 저항률의 증가에 따라 증가함을 입증한다. 너무 많은 직렬 저항을 부가하지 않는다는 제약 내에서 가능한 한 큰 두께 방향 저항률을 갖는 SRL 물질을 사용하는 것이 훨씬 바람직하다.

[0049] 실시예 3

[0050] 실시예 3은 OLED 장치 효율을 개선시키기 위하여 많은 연구를 한 이후 SRL의 선택에 대한 장치 효율의 영향을 조사한다. 실시예 3에 사용된 모든 매개변수는 장치 효율을 변화시킨 것을 제외하고는 실시예 1에서와 동일하다. 표 3은 장치의 직렬 저항을 상당히 증가시키는데 얼마나 많은 두께 방향 SRL 저항률이 예측되는지에 대한 계산된 결과를 보여준다.

표 3

| 장치 효율, cd/A | 100 cd/m^2 까지 누설 전류 감소를 제공하는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ | 상당한 직렬 저항을 야기하는 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ |
|-----------------------------|--|--|
| 10 | 10 | 160 |
| 20 | 20 | 320 |
| 40 | 40 | 640 |
| 80 | 80 | 1280 |

[0051]

[0052] 첫 번째 칸은 장치 효율(cd/A)을 나타내고; 두 번째 칸은 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 의 광도 수준에서 누설 전류를 장치 전류의 10% 미만으로 감소시키기 위해 SRL이 가져야 하는 두께 방향 저항률 값을 나타내고; 세 번째 칸은 그 수준 이상에서 OLED 장치에 상당한 직렬 저항이 부가되는 SRL의 두께 방향 저항률을 나타낸다. 표 3은 장치 효율이 개선될 때, $100\text{cd}/\text{m}^2$ 에서 누설 전류를 장치 전류의 10% 미만으로 감소시키는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률이 비례적으로 증가함을 보여준다. 상당한 직렬 저항을 야기하는 두께 방향 저항률도 비례적으로 증가한다. 소정 장치 효율을 갖는 OLED 장치의 경우, 이를 칸의 두 값 사이의 두께 방향 저항률 값을 갖는 SRL 필름을 사용하여 상당한 직렬 저항 문제 없이 누설 전류를 감소시킬 수 있다. 그러나, 실시예 2에서 논의된 바와 같이, 보다 큰 크기의 결합에 대한 SRL의 효율을 증가시키기 위해서는 이 범위 내에서 가능한 한 높은 두께 방향 저항률 값을 사용하는 것이 바람직하다.

[0053] 실시예 4

[0054] 본 실시예는 SRL의 선택에 대한 작동 전압의 영향을 조사한다. 작동 전압이 OLED 장치의 동력 효율에 직접적으로 관련되어 있기 때문에, 작동 전압을 감소시키고자 많은 노력을 해왔다. 실시예 4에 사용되는 모든 매개변수는 장치의 작동 전압이 변화된 것을 제외하고는 실시예 1에서와 동일하다. 수학식 3을 사용하여, 누설 전류를 상당히 감소시키는데 얼마나 많은 SRL 두께 방향 저항률이 필요한지 또한 장치의 직렬 저항을 상당히 증가시키는데 얼마나 많은 두께 방향 SRL 저항률이 추정되는지를 계산하였다. 표 4는 계산된 결과를 보여준다.

표 4

| 장치 작동 전압, 볼트 | 100 cd/m^2 까지 누설 전류 감소를 제공하는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ | 상당한 직렬 저항을 야기하는 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ |
|--------------|--|--|
| 3 | 3 | 48 |
| 4 | 4 | 64 |
| 5 | 5 | 80 |
| 10 | 10 | 160 |

[0055]

[0056] 첫 번째 칸은 장치 작동 전압을 나타내며; 두 번째 칸은 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 광도 수준에서 장치 전류의 10% 미만으로 누설 전류를 감소시키는데 SRL이 가져야 하는 두께 방향 저항률 값을 나타내고; 세 번째 칸은 그 수준 이상에서 상당한 직렬 저항이 OLED 장치에 부가되는 SRL의 두께 방향 저항률을 나타낸다. 표 4는 장치 작동 전압이 감소될 때, $100\text{cd}/\text{m}^2$ 에서 누설 전류를 장치 전류의 10% 미만으로 감소시키는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률도 비례적으로 감소함을 보여준다. 직렬 저항을 상당히 야기하는 두께 방향 저항률도 비례적으로 감소한다. 소정 작동 전압을 갖는 OLED 장치의 경우, 이들 칸의 두 값 사이의 두께 방향 저항률을 갖는 SRL 필름을 사용하여 상당한 직렬 저항 문제 없이 누설 전류를 감소시킬 수 있다. 그러나, 실시예 2에서 입증된 바와 같이, 보다 큰 크기의 결함에 대하여 SRL의 효율을 증가시키기 위하여 이 범위 내에서 가능한 한 높은 두께 방향 저항률 값을 사용하는 것이 바람직하다.

[0057] 실시예 5

[0058] 실시예 5는 SRL의 선택에 대한 OLED 장치 크기의 영향을 조사한다. 고려되는 실시예에서는, 단일 화소가 OLED 장치이다. 실시예 5에 사용되는 모든 매개변수는 장치 크기가 변화됨을 제외하고는 실시예 1에서와 동일하다. 수학식 3을 사용하여, 누설 전류를 상당히 감소시키는데 필요한 SRL 두께 방향 저항률 및 장치의 직렬 저항을 상당히 증가시키는 것으로 예측되는 두께 방향 SRL 저항률을 계산하였다. 표 5는 계산된 결과를 보여준다.

표 5

| 장치 크기, cm^2 | $100\text{cd}/\text{m}^2$ 까지 누설 전류를 감소시키는데 필요한 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ | 상당한 직렬 저항을 야기하는 SRL의 두께 방향 저항률, $\Omega\text{-cm}^2$ |
|----------------------|---|--|
| 1.00E-03 | 1 | 160 |
| 1.00E-04 | 10 | 160 |
| 1.00E-05 | 100 | 160 |

[0059]

[0060] 첫 번째 칸은 장치 크기(cm^2)를 나타내고; 두 번째 칸은 누설 전류를 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 광도 수준에서 장치 전류의 10% 미만으로 감소시키기 위해 SRL이 가져야 하는 두께 방향 저항률 값을 나타내고; 세 번째 칸은 그 수준 이상에서 상당한 직렬 저항이 OLED 장치에 부가되는 SRL의 두께 방향 저항률을 나타낸다. 소정 크기의 OLED 장치의 경우, 이들 칸의 두 값 사이의 두께 방향 저항률을 갖는 SRL 필름을 사용하여 상당한 직렬 저항 문제 없이 누설 전류를 감소시킬 수 있다. 그러나, 실시예 2에서 입증된 바와 같이, 보다 큰 크기의 결함에 대하여 SRL의 효율을 증가시키기 위해서는 이 범위 내에서 가능한 한 높은 두께 방향 저항률을 사용하는 것이 바람직하다. 표 5는 장치 또는 화소 크기가 더 작을수록 누설 전류 감소에 필요한 SRL의 두께 방향 저항률이 더 높아짐을 보여준다.

[0061] 실시예 6

[0062] 실시예 6은 하나 이상의 큰 발광 구획을 갖는 OLED 장치의 단락 감소층 디자인을 조사한다. 본원의 경우, 큰 발광 구획은 0.1cm^2 이상의 면적을 갖는 것이다. 이러한 장치의 일례는 0.1cm^2 이상의 화소 크기를 갖는 대형(large area) 능동형 매트릭스 OLED 장치이다. 다른 한 예는 발광 구획이 0.1cm^2 이상인 미국 특허 제6,693,296 호에 기재된 세분된 모놀리식(monolithic) 직렬 연결 구조를 갖는 OLED 조명 또는 발광 장치이다. 통상적으로 이를 장치는 한정된 광도 수준 범위에 걸쳐서만 작동된다. 수학식 3은 이를 OLED 장치에 똑같이 잘 적용되며, 고해상도 디스플레이에 필요한 두께 방향 저항률 값을 매우 상이한 두께 방향 저항률 조건을 제안한다. 본 실시예에서는, 발광 용도를 위한 큰 발광 구획을 갖는 OLED 장치를 조사한다. 시판중인 소형 형광램프와 경쟁할 수 있기 위해서, OLED 장치는 약 $2000\text{cd}/\text{m}^2$ 에서 작동되는 약 $40\text{lm}/\text{W}$ 의 동력 효율을 가져야 한다. 이러한 종류의 높은 동력 효율 수준은 구동 전압 감소 및 전류 효율 증가를 통해 수득될 수 있다. 구동 전압이 백색광 방출 장치의 이론적인 한계에 근접한 3볼트로 감소되는 경우, OLED 장치가 그의 방출 패턴에서 램버시안(Lambertian)과 유사하기 때문에 장치의 전류 효율은 약 $40\text{cd}/\text{A}$ 이어야 한다. 총 면적 약 10^{-8}cm^2 의 단락 결함으로 인해 10% 누설 전류 손실이 허용되는 경우, 20nm 두께의 단락 감소층의 저항률 조건을 계산할 수 있으며, 그 결과는 표 6에 기재된다.

표 6

| 구획 크기, cm ² | 구획의 등 가 저항, Ω | 10% 누설 전류시 SRL 을 갖는 단 락을 통한 저항, Ω | SRL의 두께 방향 저항 률, Ω-cm ² | SRL의 요구 되는 벌크 저항률, Ω -cm | SRL에 의한 직렬 저항, Ω | 10% Δ에 기초 한 SRL의 최대 두께 방향 저 항률, Ω-cm ² | SRL의 시이 트 저항률, Ω/스퀘어 |
|------------------------------|---------------------------|--|--|-----------------------------------|------------------------|--|----------------------------|
| 0.1 | 6.00E+03 | 6.00E+04 | 6.00E-04 | 6.00E+01 | 6.00E-03 | 6.00E+03 | 6.00E+06 |
| 1 | 6.00E+02 | 6.00E+03 | 6.00E-05 | 6.00E+00 | 6.00E-05 | 6.00E+01 | 6.00E+05 |
| 10 | 6.00E+01 | 6.00E+02 | 6.00E-06 | 6.00E-01 | 6.00E-07 | 6.00E-01 | 6.00E+04 |
| 100 | 6.00E+00 | 6.00E+01 | 6.00E-07 | 6.00E-02 | 6.00E-09 | 6.00E-03 | 6.00E+03 |

[0063]

[0064] 첫 번째 칸은 이 OLED 발광 장치에 사용되는 발광 구획의 크기를 나타내고; 두 번째 칸은 이 OLED 장치의 발광 구획의 등가 장치 저항값을 나타내고; 세 번째 칸은 누설 전류가 작동 전류의 10%인 경우 제 자리에 SRL을 갖는 단락 결합의 저항을 나타내는데, 이 값은 두 번째 칸의 상응하는 값의 10배이고; 네 번째 칸은 SRL의 상응하는 두께 방향 저항률을 나타내는데, 이를 값은 이 계산시 10^{-8} cm^2 인 단락 결합의 면적과 세 번째 칸의 값을 곱함으로서 수득되며; 다섯 번째 칸은 본 실시예에 사용되는 20nm의 추정된 SRL 두께에서 네 번째 칸의 상응하는 두께 방향 저항률 값을 달성하는데 필요한 벌크 저항률 값을 나타내며; 여섯 번째 칸은 SRL에 의해 OLED 발광 구획에 부가되는 직렬 저항을 나타내고; 일곱 번째 칸은 SRL로부터의 직렬 저항 기여분이 발광 구획의 등가 직렬 저항의 10%로 한정되는 경우, 소정 발광 구획 크기에 대해 허용되는 최대 두께 방향 저항률 값을 나타내며; 여덟 번째 칸은 SRL의 시이트 저항률을 나타내는데, 시이트 저항률이 장치의 등가 저항에 필적하는 경우, 누화가 문제가 된다.

[0065] 예로서 1cm^2 발광 구획에 대한 결과를 보여주는 줄로 돌아가보면, 계산치는 누설 전류를 발광 구획 작동 전류의 10% 미만으로 한정하기 위하여 단락 감소층이 약 $6\Omega\text{-cm}$ 의 벌크 저항률 값에 상응하는 약 $6 \times 10^{-5} \Omega\text{-cm}^2$ 의 두께 방향 저항률을 가져야 함을 보여준다. 저항률 값이 더 높을수록 단락 결합에 대해 더욱 우수한 보호력을 제공하지만 OLED 발광 구획의 직렬 저항에 더 많이 부가한다. 그러나, 일곱 번째 칸의 값은 OLED 발광 구획에 상당한 직렬 저항을 부가하지 않으면서 $60\Omega\text{-cm}^2$ 정도로 높은 두께 방향 저항률을 사용할 수 있음을 보여준다. 이 넓은 범위로 인해, 실용적인 OLED 장치를 제조하기 위한 다수의 다른 조건을 충족시킬 수 있는 단락 감소층 물질을 발견 또는 개발하기가 더욱 용이해진다. 본 발명에 따라 장치 구조에 전하 주입 층(280)을 흔입시키면 단락 감소 물질의 탐색 또는 개발이 더 간단해짐을 지적하는 것이 중요하다.

[0066] 표 6은 발광 구획 크기에 대한 저항률 조건의 강한 의존성을 명확하게 입증한다. 10cm^2 발광 구획의 경우, 사용가능한 두께 방향 저항률의 범위는 6×10^{-6} 내지 $6 \times 10^{-1} \Omega\text{-cm}^2$ 으로 감소되고; 100cm^2 발광 구획의 경우, 이 범위는 6×10^{-7} 내지 $6 \times 10^{-3} \Omega\text{-cm}^2$ 으로 더욱 감소된다.

[0067] 상기 실시예는 고해상도 디스플레이의 경우 두께 방향 저항률이 약 10 내지 $1600\Omega\text{-cm}^2$, 가장 바람직하게는 10 내지 $1000\Omega\text{-cm}^2$ 이어야 함을 보여준다. 큰 발광 구획을 갖는 OLED 장치의 경우, 사용가능한 범위는 실시예 6에서 고려되는 작동 매개변수의 범위에서 10^{-7} 내지 $10^3 \Omega\text{-cm}^2$ 으로 훨씬 더 크지만, 작동 매개변수의 다른 세트에서 이 범위 외의 값을 가질 수 있다. 그러나, 적절한 두께 방향 저항률 값의 선택은 수학식 3을 사용하여 용이하게 계산될 수 있다.

[0068] 단락 감소층이 방출되는 광의 경로에 있는 OLED 디스플레이 또는 장치의 경우, 단락 감소층으로서 효과적으로 작용하기 위하여 충은 방출되는 광에 대해 합당하게 투명성이어야 한다. 본원에서, 합당하게 투명성이란 것은 OLED 장치의 방출 대역 폭에 걸쳐 통합된 80% 이상의 투과율을 가지는 것으로 정의된다. 단락 감소층이 방출되는 광의 경로에 있지 않은 경우에, 이는 투명성일 필요가 없다. OLED 디스플레이 장치의 콘트라스트를 개선시키기 위하여 반사 애노드 또는 캐쏘드의 반사 방지 층으로서도 작용하는 단락 감소층을 갖는 것이 더더욱 바람직할 수 있다.

[0069] 단락 감소층용 물질은 산화인듐, 산화갈륨, 산화아연, 산화주석, 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화안티몬, 산화비스무트, 산화레늄, 산화탄탈, 산화텅스텐, 산화니오브 또는 산화니켈 같은 무기 산화물을 포함할 수 있다.

이들 산화물은 비-화학량론성으로 인해 전기 전도성이다. 이들 물질의 저항률은 비-화학량론성 및 이동성의 정도에 따라 달라진다. 침착 조건을 변화시킴으로써 이들 특성 및 광학 투명성을 조절할 수 있다. 불순물 도핑에 의해, 획득 가능한 저항률 및 광학 투명성의 범위를 추가로 연장할 수 있다. 예를 들어, 산화주석 및 산화인듐의 F 도핑, 및 산화아연의 Al, In 또는 Ga 도핑은 이들 산화물의 전도성 및 광학 투명성을 개선시키는 것으로 밝혀졌다. 이들 산화물 둘 이상을 혼합함으로써 더 큰 특성 범위를 수득할 수 있다. 예를 들어, 산화인듐과 산화주석의 혼합물, 산화인듐과 산화아연의 혼합물, 산화아연과 산화주석의 혼합물 또는 산화카드뮴과 산화주석의 혼합물이 가장 통상적으로 사용되는 투명한 전도체이다.

[0070] 실시예 7

[0071] ITO 코팅된 유리 기판 상에 일련의 OLED 장치를 제조하였다. ITO 애노드 층은 두께가 약 42nm였고; ITO 층 위에는 단락 감소층(SRL), HTL 층으로서 작용하는 15nm의 N,N'-다이(나프탈렌-1-일)-N,N'-다이페닐-벤자린(NPB) 층, ETL 층 및 LEL 둘 다로서 작용하는 15nm의 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(III)(Alq) 층, EIL로서 작용하는 1nm 두께의 Li 층, 및 캐쏘드 층으로서 작용하는 100nm 두께의 Ag가 침착되었다. 유리 위에 이미 코팅되어 판매상으로부터 구입한 ITO를 제외한 모든 층은 약 10^{-6} 토르의 배경 진공이 있는 챔버에서 진공 증발에 의해 코팅하였다. 열에 의해 증발된 MoO₃ 층을 SRL로서 사용하였다. 이들 MoO₃ 층은 약 0.1nm/초의 속도로 Ta 보트로부터 2nm 내지 30nm의 두께로 증발되었다. 공급 물질은 99.9998% MoO₃ 분말이었다. 필름의 조성을 점검하지 않았으며, 이는 MoO₃ 조성으로부터 다소 벗어날 수 있다. 필름은 약 90%의 투과율로 가시광에 대해 투명하고, 전기적 저항률은 약 $10^5 \Omega\text{-cm}$ 였다. 이들 층을 침착시킨 후, 장치를 침착 챔버에서 캡슐화를 위한 건조 박스로 옮겼다. 완성된 장치의 구조는 유리/ITO(42)/MoO₃(가변)/NPB(15)/Alq(15)/Li(0.1)/Ag(100)으로 표시된다. 괄호 안의 숫자는 나노미터 단위의 두께이다.

[0072] 각각의 MoO₃ 두께에 대해 2개씩 모두 12개의 기판을 코팅하였다. 각 기판 상에 4개의 0.1cm^2 OLED 장치가 있어, 각 MoO₃ 두께에 대해 총 8개의 OLED 장치가 존재하였다. 이 연구를 위해 총 48개의 OLED 장치가 있었다. 이들 장치를 OLED 성능에 대해 시험하였다. 30nm의 총 유기 두께가 너무 얇아서 장치가 단락 결함을 일으키기가 극도로 쉬웠고 2nm의 MoO₃는 단락 감소층으로서 적절하게 기능하지 못했기 때문에, 2nm MoO₃ 층을 갖는 8개의 장치 중 7개가 예상대로 단락되었다. MoO₃ 두께가 증가함에 따라 단락된 장치의 수는 감소하였다. MoO₃ 층의 두께가 12nm 이상일 때 30개 중 겨우 4개의 장치만이 단락되었다. 이러한 결과는 도 5에 요약되어 있다.

[0073] 그러나, OLED 장치가 단락 결함을 가질 가능성은 유기 EL 층 두께의 강력한 함수임이 지적되어야 한다. 유기 EL 층 두께가 작을수록 단락 결함을 가질 가능성이 더 높다. 전형적인 OLED 장치는 100nm가 넘는 두께를 갖는 유기 EL 층을 사용한다. 흔히, 단락 결함의 수를 최소화하기 위하여 유기 EL 소자의 두께를 300nm 이상까지 높인다. 본 실시예에는, 30nm의 매우 얇은 두께를 사용하여, 단락 감소층의 효율을 입증하기에 적절한 수의 단락 결함을 가졌음을 확실히 하였다. 도 4의 데이터는 단락 감소층이 매우 얇은 유기 EL 층을 갖는 이들 OLED 장치에서 단락 결함을 감소시키는데 효과적임을 입증하였다. 훨씬 더 두꺼운 유기 EL 층을 갖는 OLED 장치에서도 똑같이 유리한 효과가 기대된다.

[0074] 실시예 8

[0075] 단락 감소층의 효율을 추가로 입증하기 위하여 다른 일련의 OLED 장치를 제조하였다. 이들 장치의 제조 조건 및 층 구조는, 이 실시예에서 MoO₃ 단락 감소층 및 NPB HTL 층의 총 두께를 75nm로 일정하게 유지한 것을 제외하고는, 실시예 1에서와 유사하였다. 각 기판 상에 OLED 장치 4개씩 5개의 기판을 사용함으로써, 총 20개의 0.1cm^2 OLED 장치를 제조하였다. 도 5에는, 단락되지 않은 장치의 수를 MoO₃ 단락 감소층 두께에 대해 플롯팅하였다. 다시, 단락되지 않은 장치의 수는 MoO₃ 층 두께가 증가함에 따라 증가함이 분명하다. 이 경우 유기 EL 층의 두께가 MoO₃ 두께의 증가에 따라 실제로 감소되어 단락 가능성이 높아져야 함을 지적해야 한다. 실제 데이터에서 관찰된 반대의 경향은 단락 감소층의 이점이 감소된 유기층 두께로 인한 단락 가능성 증가를 극복하는 것보다 더 큼을 나타내었다.

[0076] 본 발명의 특정한 바람직한 실시양태를 구체적으로 참조하여 본 발명을 기재하였으나, 본 발명의 원리 및 범위 내에서 변화 및 변형시킬 수 있음을 알아야 한다.

부호의 설명

[0077] 100, 200, 300: OLED 장치

110, 210, 310: 기판

120, 220, 320: 제1 전극층

130, 230: 유기 EL 층

140, 240, 340: 제2 전극층

150, 250: 단락 결합

260: 단락 감소층

280: 전하 주입 층

331, 332, 333: 유기 발광 장치

331a, 332a, 333a: 전자 수송 층

331b, 332b, 333b: 발광 층

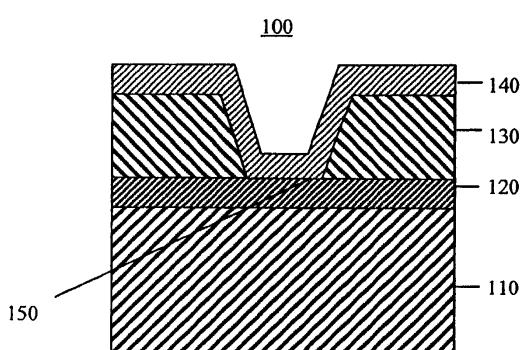
331c, 332c, 333c: 정공 수송 층

360: 단락 감소층

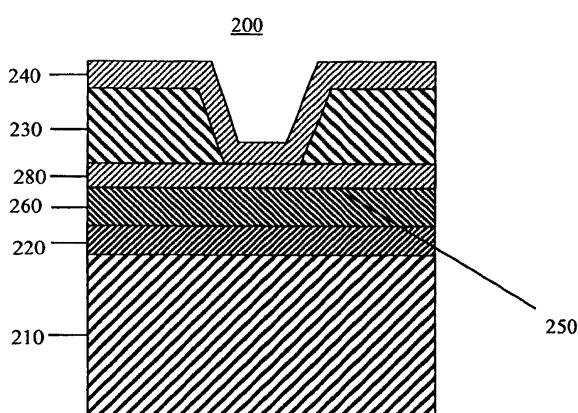
371, 372: 커넥터

도면

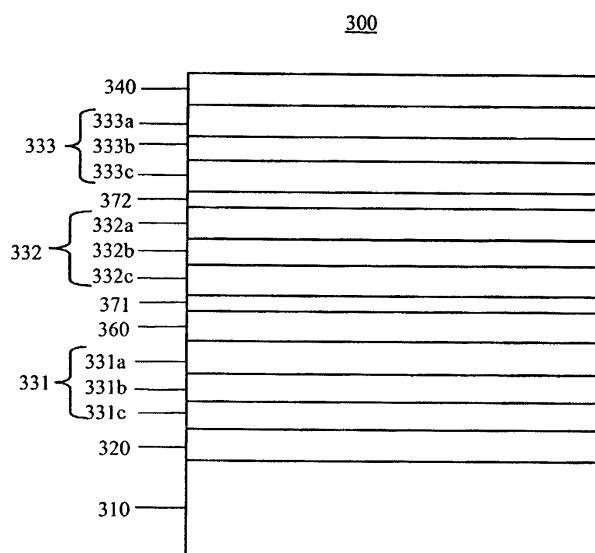
도면1



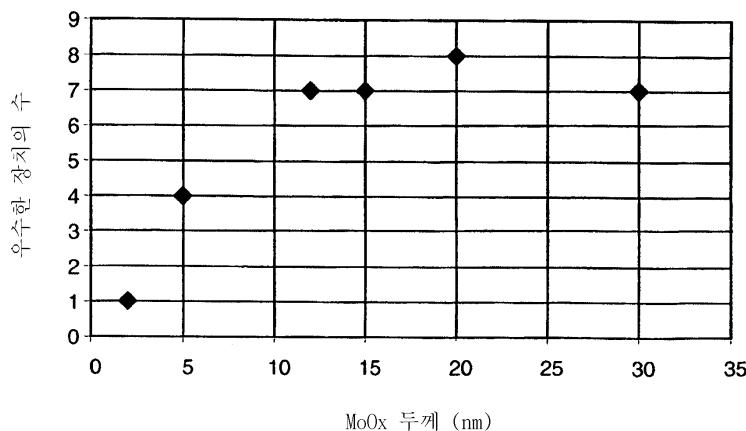
도면2



도면3



도면4



도면5

