



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2007-0042186  
H05B 33/22 (2006.01) (43) 공개일자 2007년04월20일

(21) 출원번호	10-2007-7004035	(87) 국제공개번호	WO 2006/033312
(22) 출원일자	2007년02월21일	(43) 공개일자	2007년04월20일
심사청구일자	2007년02월21일		
번역문 제출일자	2007년02월21일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2005/017236	(87) 국제공개번호	WO 2006/033312
국제출원일자	2005년09월13일	국제공개일자	2006년03월30일

(30) 우선권주장 JP-P-2004-00276034 2004년09월22일 일본(JP)

(71) 출원인 도시바 마쯔시타 디스플레이 테크놀로지 컴퍼니, 리미티드  
일본 도쿄도 미나토꾸 4쵸메 고난 1-8

(72) 발명자 오쿠따니, 사또시  
일본 108-0075 도쿄도 미나토꾸 고난 4쵸메 1-8 도시바 마쯔시타디스플레이 테크놀로지 컴퍼니, 리미티드 지적재산부 내

(74) 대리인 장수길  
구영창  
이중희

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 유기 EL 디스플레이

(57) 요약

유기 EL 디스플레이(1)는, 제1 및 제2 전극(41, 43)과 그들 사이에 개재되고 발광층(42a)을 포함하는 활성층(42)을 포함하는 유기 EL 소자(40), 및 상기 제1 전극(41)에 대향하는 아웃커플링층(30)을 포함한다. 유기 EL 소자(40)는 제1 전극(41)과 활성층(43)을 포함하는 도파층을 형성하고 여기서 발광층(42a)으로부터의 광 컴포넌트들은 면내 방향으로 전파하는 한편 다중-빔 간섭을 야기한다. 상기 아웃커플링층과 도파층 사이의 거리는 유기 EL 소자로부터의 광의 파장보다 짧

다. 가이드 길이  $x$ , 반사수  $m$ , 흡수 계수  $\alpha$ , 및 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 부등식 
$$\beta \sum_{M=1}^m \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}} > 0.1$$
 로 표현되는 관계를 만족한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

**청구항 1.**

유기 EL 디스플레이로서,

제1 전극, 상기 제1 전극에 대항하는 제2 전극, 및 상기 제1 및 제2 전극 사이에 개재되고 발광층을 포함하는 활성층을 포함하는 유기 EL 소자; 및

상기 제1 전극에 대항하는 아웃커플링층(outcoupling layer)

을 포함하며,

상기 유기 EL 소자는 상기 제1 전극과 상기 활성층을 포함하는 도파층을 형성하고 상기 발광층으로부터의 광 컴포넌트들은 상기 도파층의 주면에 평행한 면내(in-plane) 방향으로 전파하는 한편 다중-빔 간섭을 야기하고,

상기 아웃커플링층과 상기 도파층 사이의 거리는 상기 유기 EL 소자로부터의 광의 파장보다 짧고,

수학적식  $x = \frac{L}{\cos\theta_i}$  를 사용하여 계산되는 단위가  $\mu\text{m}$ 인 가이드 길이  $x$ 와, 수학적식  $m = \frac{1}{2} \left( \frac{\ln 100}{\alpha x} + 1 \right)$  를 사용하여 계산되는 반사수  $m$ 과, 단위가  $\mu\text{m}^{-1}$ 인 상기 도파층의 흡수 계수  $\alpha$ 와, 상기 아웃커플링층의 아웃커플링 계수인  $\beta$ 는 부등식

$\beta \sum_{M=1}^m \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}} > 0.1$  로 표현된 관계를 만족하는데, 여기서,  $L$ 은 단위가  $\mu\text{m}$ 인 상기 도파층의 두께이고,  $\theta_i$ 은 상기 발광층에 의해 방출되어 상기 도파층에서 면내 방향으로 전파하는 한편 다중-빔 간섭을 야기하는 최고 강도를 갖는 광 컴포넌트가 상기 아웃커플링층에 대항하는 상기 도파층의 주면에 입사하는 입사각이고, 상기 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 상기 아웃커플링층에 대항하는 상기 도파층의 상기 주면 상에서 상기 최고 강도를 갖는 상기 광 컴포넌트의 단일 반사를 위한 입사 광에 대한, 상기 도파층으로부터 추출된 광 컴포넌트의 발광 에너지 비율인 유기 EL 디스플레이.

**청구항 2.**

제1항에 있어서, 상기 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 0.05 이상인 유기 EL 디스플레이.

**청구항 3.**

제1항에 있어서, 상기 반사수  $m$ 은 5 이상인 유기 EL 디스플레이.

**청구항 4.**

제1항에 있어서, 상기 반사수  $m$ 은 12 이하인 유기 EL 디스플레이.

**청구항 5.**

제1항에 있어서, 상기 디스플레이는 전면 발광형 디스플레이(top emission display)이고, 상기 아웃커플링층은 상기 유기 EL 소자의 후방(back side)에 배치되는 유기 EL 디스플레이.

**청구항 6.**

제1항에 있어서, 상기 디스플레이는 전면 발광형 디스플레이이고, 상기 아웃커플링층은 상기 유기 EL 소자의 전방(front side)에 배치되는 유기 EL 디스플레이.

**청구항 7.**

제5항에 있어서, 상기 제2 전극은 전도성 산화층, 상기 전도성 산화층과 상기 활성층 사이에 개재되는 합금층, 및 상기 전도성 산화층과 상기 합금층 사이에 개재되고 상기 합금층보다 흡수율이 작은 금속층을 포함하는 유기 EL 디스플레이.

**청구항 8.**

제6항에 있어서, 상기 제2 전극은 전도성 산화층, 상기 전도성 산화층과 상기 활성층 사이에 개재되는 합금층, 및 상기 전도성 산화층과 상기 합금층 사이에 개재되고 상기 합금층보다 흡수율이 작은 금속층을 포함하는 유기 EL 디스플레이.

**청구항 9.**

제5항에 있어서, 상기 제2 전극은 전도성 산화층을 포함하고, 상기 활성층은 상기 발광층과 상기 전도성 산화층 사이에 개재되고 알칼리 금속 원소 및/또는 알칼리 토금속 원소로 도핑된 유기층을 더 포함하는 유기 EL 디스플레이.

**청구항 10.**

제6항에 있어서, 상기 제2 전극은 전도성 산화층을 포함하고, 상기 활성층은 상기 발광층과 상기 전도성 산화층 사이에 개재되고 알칼리 금속 원소 및/또는 알칼리 토금속 원소로 도핑된 유기층을 더 포함하는 유기 EL 디스플레이.

**명세서****기술분야**

본 발명은 유기 전기발광(EL) 디스플레이에 관한 것이다.

**배경기술**

유기 EL 디스플레이는 자발광형(self-emission type)이므로, 넓은 시야각과 높은 응답 속도를 갖는다. 또한, 이들은 백라이트를 필요로 하지 않아, 낮은 프로파일과 경량이 가능하다. 이러한 이유로, 유기 EL 디스플레이는 액정 표시 장치를 대체하는 디스플레이로서 주의를 끌고 있다.

유기 EL 디스플레이의 주요 부분인 유기 EL 소자는 광-송신 전면 전극, 상기 전면 전극에 대향하는 광-반사 혹은 광-송신 후면 전극, 및 상기 전극들 사이에 개재되고 발광층을 포함하는 유기층을 포함한다. 유기 EL 소자는 유기층을 통해 전류가 흐를 때 광을 방출하는 전하-주입형 발광 소자이다.

한편, 유기 EL 소자의 휘도는 EL 소자를 통해 흐르는 전류의 크기와 더불어 증가한다. 그러나, 전류 강도가 증가하면, 전력 소모가 커지고 유기 EL 소자의 수명이 상당히 감소한다. 따라서, 고 휘도, 저 전력 소모, 및 긴 수명 시간을 달성하기 위해, 유기 EL 디스플레이로부터 유기 소자에 의해 방출된 광을 보다 효율적으로 추출하는 것, 즉, 아웃커플링 효율(outcoupling efficiency)을 향상시키는 것이 중요하다.

**발명의 상세한 설명**

본 발명의 목적은 유기 EL 디스플레이의 아웃커플링 효율을 향상시키기 위한 것이다.

본 발명의 일 양태에 따르면, 제1 전극, 상기 제1 전극에 대항하는 제2 전극, 및 상기 제1 및 제2 전극 사이에 개재되고 발광층을 포함하는 활성층을 포함하는 유기 EL 소자와, 상기 제1 전극에 대항하는 아웃커플링층(outcoupling layer)을 포함하는 유기 EL 디스플레이가 제공되는데, 여기서, 유기 EL 소자는 제1 전극과 활성층을 포함하는 도파층(waveguide layer)을 형성하고, 발광층으로부터의 광 컴포넌트들은 도파층의 주면(main surface)에 평행한 면 방향(in-plane direction)으로 전파하는 한편 다중 빔 간섭을 야기하며, 아웃커플링층과 도파층 사이의 거리는 유기 EL 소자로부터의 광의 파장보다 짧고, 다음 수학식 1을 사용하여 계산된 단위가  $\mu\text{m}$ 인 가이드 길이  $x$ , 다음 수학식 2를 사용하여 계산된 반사수  $m$ , 단위가  $\mu\text{m}^{-1}$ 인 도파층의 흡수 계수  $\alpha$ , 및 아웃커플링층의 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 다음 부등식 3에 의해 표현된 관계를 만족하는데,  $L$ 은 단위가  $\mu\text{m}$ 인 도파층의 두께이고,  $\theta_i$ 는 발광층에 의해 방출되고 최고 강도를 가지며 도파층 내의 면내(in-plane) 방향으로 전파하는 한편 다중 빔 간섭을 야기하는 광 컴포넌트가 아웃커플링층에 대항하는 도파층의 주면에 입사하는 입사각이고, 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 아웃커플링층에 대항하는 도파층의 주면 상에서 최고 강도를 갖는 광 컴포넌트의 단일 반사를 위한 입사광에 대한, 도파층으로부터 추출된 광 컴포넌트의 발광 에너지 비율(luminous energy ratio)이다.

$$x = \frac{L}{\cos \theta_i}$$

$$m = \frac{1}{2} \left( \frac{\ln 100}{\alpha x} + 1 \right)$$

$$\beta \sum_{M=1}^m \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}} > 0.1$$

### 실시예

본 발명의 실시예는 첨부 도면을 참조하여 아래 상세히 설명될 것이다. 도면 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호는 동일하거나 유사한 구성 요소를 나타내고, 그에 대한 반복적인 설명은 생략될 것이다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 EL 디스플레이를 개략적으로 도시하는 단면도이다. 도 1에서, 유기 EL 디스플레이(1)는, 그 디스플레이 표면, 즉, 전면(front surface)은 아래로 향하고 후면(back surface)은 위로 향하는 것으로 도시되어 있다.

유기 EL 디스플레이(1)는 능동 매트릭스 구동 방법을 채택하는 전면 발광형(top emission type) 유기 EL 디스플레이이다. 유기 EL 디스플레이(1)는 유기 기관과 같은 절연 기관(10)을 포함한다.

투명 기관(10) 위에, 화소들이 매트릭스 형태로 배치된다. 각 화소는 화소 회로 및 유기 EL 소자(40)를 포함한다.

화소 회로는, 예를 들어, 한 쌍의 전원 단말 사이에서 유기 EL 소자(40)와 직렬로 접속된 구동 제어 소자(도시되지 않음)와 출력 제어 스위치(20), 및 화소 스위치(도시되지 않음)를 포함한다. 구동 제어 소자는 화소 스위치를 통해 비디오 신호선(도시되지 않음)에 접속된 제어 단말을 구비하고 전류를 출력하며, 그 크기는 비디오 신호선으로부터, 출력 제어 스위치(20)를 통해 유기 EL 소자(40)에 공급된 비디오 신호에 대응한다. 화소 스위치의 제어 스위치는 주사 신호선(도시되지 않음)에 접속되고, 제어 스위치의 스위칭 동작은 주사 신호선으로부터 공급된 주사 신호에 의해 제어된다. 화소들을 위한 다른 구조들이 채택될 수도 있다는 것에 유의한다.

기관(10) 위에는 언더코트층(12)으로서, 예를 들어,  $\text{SiN}_x$  층과  $\text{SiO}_x$  층이 이 순서로 배치된다. 언더코트층(12) 위에는, 채널, 소스 및 드레인이 형성된 폴리실리콘층 등의 반도체층(13)과, 예를 들어 TEOS(tetraethyl orthosilicate)를 이용하여 형성될 수 있는 게이트 절연체(14)와, 예를 들어 MoW로 만들어진 게이트 전극(15)이 이 순서로 배치되고, 이 층들은 탑 게이트형(top gate-type) 박막 트랜지스터(이후에, TFT로 칭함)를 형성한다. 이 예에서, TFT는 화소 스위치 ST, 출력 제어 스위치 및 구동 제어 소자의 TFT로서 사용된다. 또한, 게이트 절연체(14) 위에는, 게이트 전극(15)에 대한 것과 동일한 단계를 형성될 수 있는 주사 신호선(도시되지 않음)이 배치된다.

플라즈마 CVD 방법에 의해 퇴적되는, 예컨대,  $\text{SiO}_x$ 로 만들어진 층간 절연막(17)이 게이트 절연체(14)와 게이트 전극(15)을 피복한다. 층간 절연막(17) 위에는 소스 및 드레인 전극(21)이 배치되고, 이들은, 예컨대,  $\text{SiN}_x$ 로 만들어진 패시베이션막(18)에 매립된다. 소스 및 드레인 전극(21)은, 예를 들어, Mo/Al/Mo의 3층 구조를 갖고, 층간 절연막(17)에 형성된 접촉홀을 통해 TFT의 소스 및 드레인에 전기적으로 접속된다. 또한, 층간 절연막(17) 위에는, 소스 및 드레인 전극(21)에 대한 것과 동일한 단계로 형성될 수 있는 비디오 신호선(도시되지 않음)이 배치된다.

패시베이션막(18) 위에는 평탄화층(flattening layer; 19)이 형성된다. 평탄화층(19) 위에는 반사층(70)이 배치된다. 평탄화층(19)의 재료로는, 예를 들어, 경질의 수지(hard resin)가 사용될 수 있다. 반사층(70)의 재료로는, 예컨대, Al 등의 금속 재료가 사용될 수 있다.

평탄화층(19)과 반사층(70)은 아웃커플링층(outcoupling layer; 30)으로 피복된다. 여기서, 예로서, 아웃커플링층(30)은 광-투과 속성을 갖는 제1 부분(31), 및 제1 부분에 산재한 제2 부분(32)을 포함한다. 예를 들어, 제2 부분(32)은 광-투과 속성을 갖고, 제1 부분과는 굴절률이 다르다.

아웃커플링층(30)이 그 막 표면에 수직인 방향에서 관찰될 때 제2 부분(32)의 배치가 실질상 격자(lattice)를 형성한다면, 아웃커플링층(30)은 회절 격자(diffraction grating)로서의 역할을 한다. 대안적으로, 아웃커플링층(30)이 그 막 표면에 수직인 방향에서 관찰될 때 제2 부분(32)이 랜덤하게 배치되어 있다면, 아웃커플링층(30)은 광-산란층으로서의 역할을 한다.

아웃커플링층(30)은 도 1에 도시된 구조를 갖지 않을 수도 있다. 예를 들어, 아웃커플링층(30)은 그 주면 상에 다수의 오목부(recesses) 혹은 볼록부(protrusions)가 설치된 광-투과 속성을 갖는 막일 수도 있다.

아웃커플링층(30) 상에, 광-투과 속성을 갖는 제1 전극들(41)이 서로 이격되어 배치된다. 각각의 제1 전극(41)은 반사층(70)에 대향한다. 또한, 각각의 제1 전극(41)은 패시베이션막(18), 평탄화층(19), 및 아웃커플링층(30)에 형성된 관통홀을 통해 드레인 전극(21)에 접속된다.

제1 전극(41)은 이 예에서는 애노드(anode)이다. 제1 전극(41)의 재료로서, 예를 들어, ITO(indium tin oxide)와 같은 투명한 전도성 산화물(transparent conductive oxide)이 사용될 수 있다.

아웃커플링층(30) 위에는 분배 절연층(partition insulating layer; 50)이 위치한다. 분배 절연층(50)에서, 제1 전극들(41)에 대응하는 위치에 관통 홀들이 형성된다. 분배 절연층(50)은 예를 들어 유기 절연층이고, 포토리소그래피 기법을 사용하여 형성될 수 있다.

발광층(42a)을 포함하는 활성층(42)은 분배 절연층(50)의 관통-홀 내의 공간에 노출되어 있는 각각의 제1 전극(41) 상에 위치한다. 발광층(42a)은, 예를 들어, 적색, 녹색, 또는 청색을 생성할 수 있는 발광성 유기 화합물을 포함하는 박막이다. 활성층(42)은 발광층(42a) 이외의 층을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 활성층(42)은 전극 전극(front electrode; 41)으로부터 발광층(42a)으로의 홀의 주입을 중재하는 역할을 하는 버퍼층(42b)을 더 포함할 수 있다. 활성층(42)은 홀 수송층(hole transporting layer), 홀 저지층(hole blocking layer), 전자 수송층, 전자 주입층 등을 더 포함할 수 있다.

분배 절연층(50) 및 활성층(42)은 광-투과 속성을 갖는 제2 전극(43)으로 피복된다. 제2 전극(43)은 캐소드(cathode)이며 이는 연속적으로 형성되고 모든 화소에 공통이다. 제2 전극(43)은 전극 배선에 전기적으로 접속되는데, 이 전극 배선은 패시베이션막(18), 평탄화층(19), 아웃커플링층(30), 및 분배 절연층(50)에 형성된 접촉 홀(도시되지 않음)을 통해, 비디오 신호선이 형성되어 있는 층 위에 형성된다. 각각의 유기 EL 소자(40)는 제1 전극(41), 활성층(42) 및 제2 전극(43)을 포함한다.

일반적으로, 도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이(1)는, 유기 EL 소자(40)가 습기나 산소 등과의 접촉으로 인해 열화되는 것을 막기 위해 유리 밀봉(glass sealing) 혹은 보호막 밀봉(protective film sealing)에 의해 밀봉된다. 또한, 일반적으로, 유기 EL 소자(40)의 전측에 편광판이 위치한다.

도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이(1)는 전면 발광형(top emission type)이지만, 유기 EL 디스플레이(1)는 배면 발광형(bottom emission type)일 수도 있다. 예를 들어, 반사층(70)이 생략될 수도 있고, 제2 전극(43)이 광-반사 속성을 가질 수도 있다.

상술한 바와 같이, 유기 EL 디스플레이(1)에서, 아웃커플링층(30)은 유기 EL 소자(40)에 인접하도록 위치한다. 그러한 구조가 채택되면, 후술하는 바와 같이, 유기 EL 소자(40)의 발광층(42a)에 의해 방출된 광은 보다 높은 효율로 유기 EL 디스플레이(1)로부터 추출될 수 있다.

발광층(42a)에 의해 방출된 광 컴포넌트들의 일부는 유기 EL 소자(40)의 제1 전극(41) 및 활성층(42)을 포함하는 영역, 이 예에서는, 제1 전극(41)과 활성층(42)으로 이루어진 계층 구조에서, 반사(반사 혹은 전반사)를 반복하는 한편 면내 방향으로 전파된다. 즉, 발광층(42a)에 의해 방출된 광 컴포넌트들의 일부는 제1 전극(41)과 활성층(42)을 포함하는 도파층에서 반사를 반복하는 한편 면내 방향으로 전파된다. 면내 방향으로 전파하는 광 컴포넌트들은 도파층의 주면 상의 입사각이 크면 도파층으로부터 추출될 수 없다.

아웃커플링층(30)이 유기 EL 소자(40)에 인접하게 위치할 때, 발광층(42a)에 의해 방출된 광의 방향이 바뀔 수 있다. 따라서, 보다 높은 효율을 갖는 유기 EL 디스플레이(1)로부터 발광층(42a)에 의해 방출된 광 컴포넌트들을 추출하는 것이 가능하게 된다.

상술한 바와 같이, 아웃커플링층(30)이 사용되면, 유기 EL 디스플레이(1)의 발광 효율이 향상될 수 있다. 그러나, 도파층에서 면내 방향으로 전파하는 광 컴포넌트들 중 일부는 도파층 자체에 흡수된다.

따라서, 본 실시예에서, 유기 EL 디스플레이(1)는 아래와 같이 설계된다. 즉, 첫째로, 가이드 길이  $x(\mu\text{m})$ 는 다음 수학식 1에 따라 계산되는데, 여기서,  $L$ 은 도파층의 두께( $\mu\text{m}$ )이고,  $\theta_i$ 는 발광층(42a)에 의해 방출되고 도파층에서 면내 방향으로 전파되는 한편 다중빔 간섭을 야기하는 최고 강도를 갖는 광 컴포넌트가 아웃커플링층(30)에 대항하는 도파층의 주면에 입사하는 입사각이다. 둘째로, 반사수  $m$ 는 가이드 길이  $x(\mu\text{m})$ 와 도파층의 흡수 계수  $\alpha(\mu\text{m}^{-1})$ 를 사용하여 다음의 수학식 2에 따라 계산된다. 셋째로, 유기 EL 디스플레이는, 반사수  $m$ , 흡수 계수  $\alpha(\mu\text{m}^{-1})$ , 가이드 길이  $x(\mu\text{m})$ , 및 아웃커플링층의 아웃커플링 효율  $\beta$ 가 다음 부등식 3으로 표현되는 관계를 만족하도록 설계되는데, 여기서, 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 아웃커플링층(30)에 대항하는 도파층의 주면 상에서 최고 강도를 갖는 광 컴포넌트의 단일 반사를 위한 입사광에 대한, 도파층으로부터 추출된 광 컴포넌트의 발광 에너지 비율(luminous energy ratio)이다.

[수학식 1]

$$x = \frac{L}{\cos \theta_i}$$

[수학식 2]

$$m = \frac{1}{2} \left( \frac{\ln 100}{\alpha x} + 1 \right)$$

[수학식 3]

$$\beta \sum_{M=1}^m \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}} > 0.1$$

아웃커플링 효율  $\beta$ 와 반사수  $m$ 은 도 2 및 3을 참조하여 설명될 것이다.

도 2는 아웃커플링층이 도파층으로부터 대기로 어떻게 광을 추출하는지를 개략적으로 도시하는 도면이고, 여기서, 광은 면내 방향으로 전파하는 한편 다중빔 간섭을 야기한다.

도 2에서, 제1 전극(41)과 활성층(42)으로 이루어진 계층 구조는 도파층(140)으로 정의된다. 또한, 도 2에서,  $L_{1i}$  및  $L_{1r}$ 은 도파층(140)에서 면내 방향으로 전파하는 한편 다중빔 간섭을 야기하는 최고 강도를 갖는 광을 나타내고,  $L_2$ 는 광  $L_{1i}$ 가 도파층과 아웃커플링층 사이의 인터페이스에 입사할 때 도파층(140)으로부터 아웃커플링층(30)을 통해 대기로 추출된 광을 나타낸다.

도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에 광  $L_{1i}$ 가 입사할 때, 광의 일부는 광  $L_2$ 로서 도파층(140)으로부터 대기로 추출되고, 다른 일부는  $L_{1r}$ 로서 반사된다. 아웃커플링 효율  $\beta$ 는 광  $L_{1i}$ 와 광  $L_2$ 에 관한 다음 수학식 4로부터 계산된 값이다.

$$\beta = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} i(\theta, \phi) d\theta d\phi}{I_0}$$

위의 수학식 4에서,  $I_0$ 는 입사 광  $L_{1i}$ 의 발광 에너지를 나타낸다. 또한,  $i(\theta, \phi)$ 는 극축(polar axis)이 막 표면에 평행할 때 극각(polar angle)  $\theta$ 와 원주각(cone angle)  $\phi$ 에 의해 정의된 방향으로 진행하는 광  $L_2$ 의 광 컴포넌트의 발광 에너지를 나타낸다.

도 3은 상기 광이 어떻게 도파층 내에서 면내 방향으로 전파되는 한편 다중빔 간섭을 야기하는지를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 3에서,  $L_1$ 은 도파층(140) 내에서 면내 방향으로 전파되는 한편 다중빔 간섭을 야기하는 광의 최고 강도를 갖는 광 컴포넌트를 나타낸다.

가이드 거리  $x(\mu\text{m})$ 는, 도 3에 도시된 바와 같이, 광  $L_1$ 의 진행 방향에 평행하고 도파층(140)의 하나의 주면에서 다른 주면으로 연장하는 선분(line segment)의 길이이다. 반사로 인한 광  $L_1$ 의 발광 에너지에 있어서의 감소를 무시하는 경우에, 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서  $M$ 번 반사된 광  $L_1$ 의 발광 에너지  $I_{1M}$ 는 다음 수학식 5로부터 계산될 수 있는데, 여기서,  $M$ 은 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서 광  $L_1$ 의 반사수이고,  $\alpha(\mu\text{m}^{-1})$ 는 광  $L_1$ 에 관한 도파층(140)의 흡수 계수이고,  $I_0$ 는 광  $L_1$ 의 초기 발광 에너지이다.

$$I_{1M} = \frac{I_0}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}}$$

반사수  $m$ 은 발광 에너지  $I_{1M}$ 가 발광 에너지  $I_0$ 의 1/100일 때, 수학식 5에서 수  $M$ 에 대응한다. 즉, 반사수  $m$ 은 광  $L_1$ 의 발광 에너지가 초기 발광 에너지의 1/100로 감소할 때까지 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서의 총 반사수이다.

도 4는 가이드층의 흡수 계수  $\alpha$ 와 반사수  $m$  간의 관계에 대한 일례를 도시하는 그래프이다. 도면에서, 가로 좌표는 흡수 계수  $\alpha$ 를 나타내고, 세로 좌표는 반사수  $m$ 을 나타낸다.

도 4는 도파층의 두께  $L$ 이  $0.21\mu\text{m}$ 이고, 입사각  $\theta_1$ 가  $60^\circ$ 인 경우의 데이터를 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 흡수 계수  $\alpha$ 가  $0.5\mu\text{m}^{-1}$ 인 경우에, 반사수  $m$ 은 12이다.

전술한 내용에 기초할 때, 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서 광  $L_1$ 의  $M$ 번째 반사시에, 도파층(140)에서 대기로 추출된 광  $L_2$ 의 발광 에너지  $I_{2M}$ 는 다음 수학식 6으로부터 계산될 수 있다.

$$I_{2M} = \frac{I_0\beta(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}}$$

따라서, 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서 광 L1이 n번 반사될 때 도파층(140)에서 대기로 추출된 광 L2의 총 발광 에너지  $\sum I_{2M}$ 는 다음 수학적 식 7로부터 계산될 수 있다.

$$\sum_{M=1}^n I_{2M} = I_0 \beta \sum_{M=1}^n \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}}$$

따라서, 초기 발광 에너지  $I_0$ 에 대한, 도파층(140)과 아웃커플링층(30) 사이의 인터페이스에서 광 L1이 n번 반사되었을 때 광 L2의 총 발광 에너지  $\sum I_{2M}$ 의 비율, 즉, 아웃커플링 효율,  $\sum I_{2M}/I_0$ 은 다음 수학적 식 8로부터 계산될 수 있다.

$$\sum_{M=1}^n I_{2M}/I_0 = \beta \sum_{M=1}^n \frac{(1-\beta)^{M-1}}{\exp\{\alpha(2M-1)x\}}$$

도 5는 반사수 n과 아웃커플링 효율  $\sum I_{2M}/I_0$  간의 관계에 대한 예들을 도시하는 그래프이다. 도면에서, 가로 좌표는 반사수 n을 나타내고, 세로 좌표는 아웃커플링 효율  $\sum I_{2M}/I_0$ 을 나타낸다. 또한, 도 5는 도파층의 두께 L이 0.21 $\mu\text{m}$ 이고, 입사각  $\theta_1$ 가 60°이고, 흡수 계수  $\alpha$ 가 0.5 $\mu\text{m}^{-1}$ 이고, 아웃커플링 효율  $\beta$ 가 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 또는 0.3인 경우의 데이터를 도시한다.

도 5에 도시된 바와 같이, 반사수 n의 증가에 따른 아웃커플링 비율  $\sum I_{2M}/I_0$ 에 있어서의 변화는 반사수 n이 5 이상일 때 둔화되고, 반사수 n이 약 12일 때 실질적으로 포화된다.

또한, 아웃커플링 효율  $\beta$ 이 증가함에 따라, 아웃커플링 비율  $\sum I_{2M}/I_0$  또한 증가한다. 특히, 아웃커플링 효율  $\beta$ 가 0.05 이상인 경우에, 반사수 n이 5 이상이라면, 10% 이상의 아웃커플링 비율  $\sum I_{2M}/I_0$ 이 달성될 수 있다.

전술한 바로부터 명백하듯이, 유기 EL 디스플레이(1)가 부등식 3으로 표현된 관계를 만족하도록 설계될 때, 도파층(140)으로부터 면내 방향으로 전파하는 광을 보다 효율적으로 추출하는 것이 가능하게 된다. 즉, 유기 EL 디스플레이(1)의 광 아웃커플링 효율은 개선될 수 있다.

전술한 설명에서는 단지 도파층(140)의 흡수로 인한 광 L1의 감쇠에 대해서만 고려하지만, 사실상, 광 L1은 도파층(140)과 제2 전극(43) 사이의 인터페이스에서 반사되는 것에 의해 감쇄한다. 상기 인터페이스에서의 반사에 의해 야기된 광 L1의 감쇄가 제한될 때, 유기 EL 디스플레이(1)의 아웃커플링 효율은 더 개선될 수 있다.

도 6은 도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이의 유기 EL 소자에 채택될 수 있는 구조의 일례를 개략적으로 도시하는 단면도이다. 도 7은 도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이의 유기 EL 소자에 채택될 수 있는 구조의 또 다른 예를 개략적으로 도시하는 단면도이다. 도 6에 도시된 유기 EL 소자(40) 및 도 7에 도시된 유기 EL 소자(40)는 캐소드로서의 제2 전극(43)을 제외하면 동일한 구조를 갖는다.

도 6 및 7의 각 유기 EL 소자에서, 애노드인 제1 전극(41)은 ITO층(41a) 및 비결정성 탄소층(41b)을 포함한다. ITO 층(41)의 두께는, 예컨대, 50nm이고, 비결정성 탄소층(41b)의 두께는, 예컨대, 3nm이다.

도 6 및 7의 유기 EL 소자(40)에서, 활성층(42)은 발광층(42a), TPT 층(42b), BAlq 층(42c), 및 Alq3 층(42d)을 포함한다. "TPT"는 테트라페닐티오펜(tetraphenylthiophene)이고, Alq3은 3개의 옥신이 알루미늄 원자와 배위결합하는 알루미늄 복합체이고, BAlq는 Alq3의 퀴놀레이트 리간드(quinolate ligands) 중 하나를 페놀레이트(phenolate)로 대체함으로써 얻어진다는 것에 유의한다. 예를 들어, 발광층(42a)의 두께는 30nm이고, TPT 층(42b)의 두께는 90nm이다. 또한, 예를 들어, BAlq 층의 두께는 10nm이고, Alq3 층의 두께는 40nm이다.

도 6의 유기 EL 소자(40)에서, 캐소드인 제2 전극(43)은 ITO 층(43a), MgAg 층(43b), 및 LiF 층(43c)을 포함한다. 예를 들어, ITO 층(43a)의 두께는 50nm, MgAg 층(43b)의 두께는 10nm, 및 LiF 층의 두께는 1nm이다.

이에 반해, 도 7의 유기 EL 소자(40)에서, 캐소드인 제2 전극(43)은 ITO 층(43a), Ag 층(43d), MgAg 층(43b), 및 LiF 층(43c)을 포함한다. 도 7의 유기 소자(40)에서, 예를 들어, ITO 층(43a)의 두께는 50nm이고, Ag 층(43d)의 두께는 5nm이고, MgAg 층(43b)의 두께는 5nm이고, LiF 층의 두께는 1nm이다. 이렇게, 도 7의 유기 EL 소자(40)는, Ag 층(43d)이 제2 전극(42)에 추가되고 MgAg 층(43b)이 더 얇다는 점에서 도 6의 유기 EL 소자(40)와 다르다.

MgAg 합금은 전자 주입층으로서 우수하다. 그러나, MgAg 합금은 광 흡수에 있어서 비교적 크다.

도 6의 유기 EL 소자(40)에서, MgAg 층(43b)이 더 얇다면, 제2 전극(43)에 의한 광 흡수는 줄어들 수 있다. 그러나, MgAg 층(43b)이 얇다면, ITO 층(43a)이 MgAg 층 위에 형성될 때 MgAg 층(43b) 아래 있는 하층이 손상된다.

도 7의 유기 EL 소자(40)에서, Ag 층(43d)은 MgAg 층(43b)과 ITO 층(43a) 사이에 위치한다. Ag는 광 흡수에 있어서 MgAg 합금에 비해 작다. 또한, Ag 층(43d)은 ITO 층(43a)이 퇴적될 때 언더코트(undercoat)가 손상되는 것을 막는다. 즉, 도 7의 구조가 채택되면 도 6의 구조가 채택된 경우에 비해 제2 전극(43)에 의한 광 흡수를 줄일 수 있다. 게다가, ITO 층(43a)이 퇴적될 때 언더코트가 손상되는 것을 막는 것이 가능하게 된다.

그러한 효과들은 또 다른 방법으로도 얻어질 수 있다. 예를 들어, 도 6의 유기 EL 소자(40)에서, MgAg 층(43b) 내의 Ag 함유량이 증가할 수도 있다. 예를 들어, Ag 함유량은 7%에서 50%로 증가할 수도 있다. 이렇게 함으로서, 제2 전극(43)에 의한 광 흡수를 감소시킬 수 있다.

비결정성 탄소는 광 흡수가 상대적으로 큰 재료임에 유의한다. 따라서, 비결정성 탄소층(41b)은 얇게 형성되는 것이 바람직하다.

또한, 예를 들어, MgAg 층 대신, 예컨대, 알칼리 금속 원소 및/또는 알칼리 토금속 원소로 도핑된 유기 물질층이 사용될 수도 있다. 예를 들어, Cs로 도핑된 Alq3의 층이 사용될 수도 있다. 이러한 방식으로, 광 투과 전극의 투명도를 확보하는 것이 가능하게 된다.

상기 실시예에서는 예로서 아웃커플링층을 유기 EL 소자의 후방(back side)에 위치하는 경우에 대해 설명했지만, 아웃커플링층은 유기 EL 소자의 전방(front side)에 위치할 수도 있다.

아웃커플링층은 또 다른 구조를 채택할 수도 있다. 예를 들어, 아웃커플링층은 회절 격자 구조를 채택할 수도 있다. 디스플레이는 아웃커플링층의 표면의 요철들(irregularities)을 평탄화하기 위한 평탄화막을 더 포함할 수도 있다.

상기 실시예는 전면 발광 구조(top emission structure)에 대해 설명했지만, 배면 발광 구조(bottom emission structure)가 채택될 수도 있다. 배면 발광 구조가 채택되면, 광 반사 상위 전극의 재료로 Ag를 사용함으로써, 재료로 Al가 사용된 경우에 비해 도파층에 인접한 층에 의한 광의 흡수를 감소시킬 수 있다.

상술한 바와 같이, 도파층에 인접한 층이 낮은 광 흡수를 갖는 재료로 이루어질 때, 도파층에서 광의 감쇄가 억제될 수 있다.

또한, 반사층을 이용하는 디스플레이에서, 유기층이나 투명 전극에 비해 굴절률이 낮고 반사층과 투명 전극 사이에서 흡수가 적은 재료를 위치시킴으로써, 도파층에서 광의 감쇄를 억제할 수 있다.

또한, 유기층에 포함된 흡수 계수가 큰 층의 두께를 감소시키거나, 흡수 계수가 큰 층을 투명층으로 대체함으로써, 도파층 내에서 광의 감쇄를 억제할 수 있다.

당업자는 추가 이점들 및 변형들이 쉽게 발견할 것이다. 따라서, 보다 광범위한 양상에서의 본 발명은 여기 도시되고 설명된 특정 상세 및 대표적인 실시예들에 한정되지 않는다. 따라서, 첨부된 특허 청구 범위 및 그의 등가물에 의해 정의되는 바와 같은 일반적인 발명적 개념의 의도 혹은 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변형들이 실시될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 유기 EL 디스플레이를 개략적으로 도시하는 단면도.

도 2는 아웃커플링층이 도파층으로부터 대기로 어떻게 광을 추출하는지를 개략적으로 도시하는 도면 - 상기 광은 면내 방향으로 전파되는 한편 다중빔 간섭을 야기함 - .

도 3은 상기 광이 어떻게 도파층 내에서 면내 방향으로 전파되는 한편 다중빔 간섭을 야기하는지를 개략적으로 도시하는 도면.

도 4는 도파층의 흡수 계수와 반사수 간의 관계에 대한 일례를 도시하는 그래프.

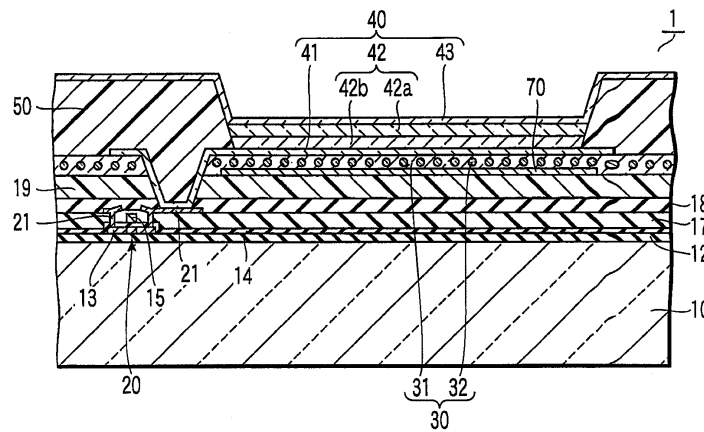
도 5는 반사수와 아웃커플링 효율 간의 관계에 대한 예들을 도시하는 그래프.

도 6은 도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이의 유기 EL 소자에 채택될 수 있는 구조의 일례를 개략적으로 도시하는 단면도.

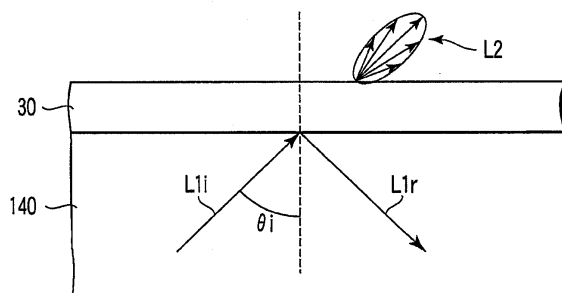
도 7은 도 1에 도시된 유기 EL 디스플레이의 유기 EL 소자에 채택될 수 있는 구조의 또 다른 예를 개략적으로 도시하는 단면도.

도면

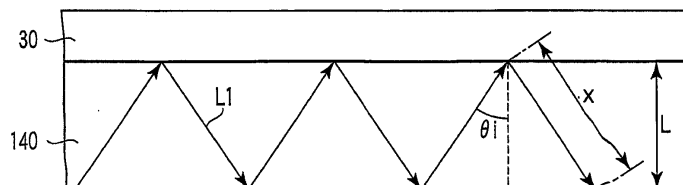
도면1



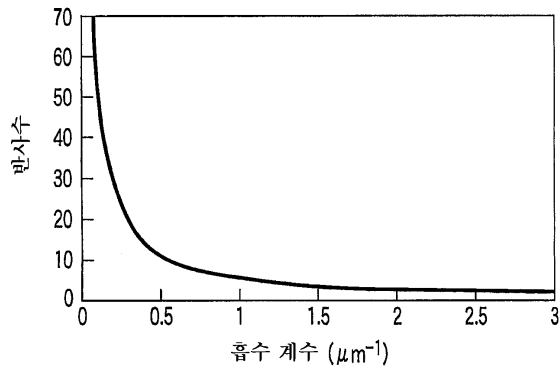
도면2



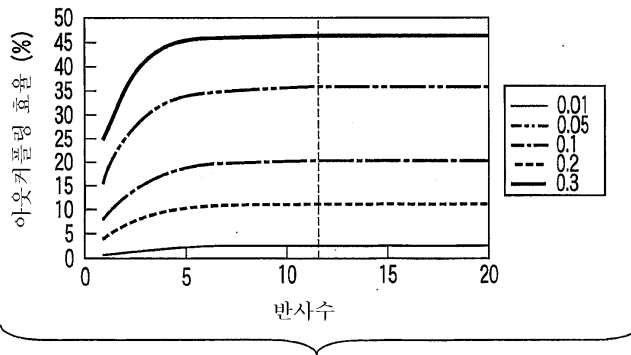
도면3



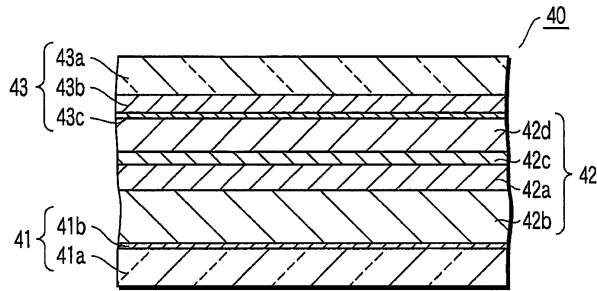
도면4



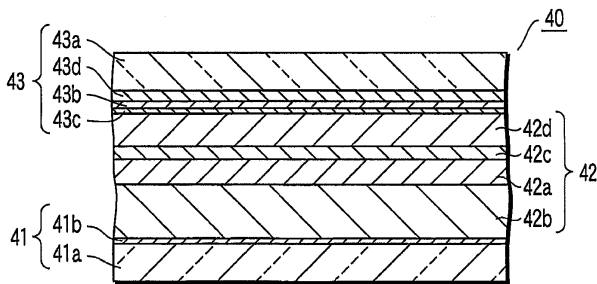
도면5



도면6



도면7



专利名称(译)	有机EL显示屏		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020070042186A</a>	公开(公告)日	2007-04-20
申请号	KR1020077004035	申请日	2005-09-13
申请(专利权)人(译)	可否让我这个小粉丝展示中心		
当前申请(专利权)人(译)	可否让我这个小粉丝展示中心		
[标]发明人	OKUTANI SATOSHI		
发明人	OKUTANI, SATOSHI		
IPC分类号	H05B33/22		
CPC分类号	H01L51/5262 H01L51/5268 H01L51/5275 H01L2251/5315 H01L51/5234		
代理人(译)	CHANG, SOO KIL LEE, JUNG HEE		
优先权	2004276034 2004-09-22 JP		
其他公开文献	KR100885579B1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

有机EL显示器 ( 1 ) 包括第一和第二电极 ( 41,43 ) , 有机电致发光显示器 ( 40 ) 包括在其间的有源层 ( 42 ) 并包括发光层 ( 42a ) , 以及外耦合层 ( 30 ) 面向第一电极 ( 41 ) 。包括有机电致发光显示器 ( 40 ) 的波导层是第一电极 ( 41 ) 和有源层 ( 43 ) , 并且这里来自发光层 ( 42a ) 的光学元件传播到面内方向上。另一方面造成了多光束干扰。波导层和外耦合层之间的距离短于来自有机电致发光显示器的光的波长。引导方式满足 $x$ , 反射数 $m$ , 吸收计数 $\alpha$ 和外耦合效率 $\beta$ 在不等式中表示的关系。有机EL显示器, 外耦合层, 波导层, 引导长度, 反射次数, 吸收系数, 外耦合效率。

