



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0018151  
(43) 공개일자 2013년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/52 (2006.01) H05B 33/22 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0087083  
(22) 출원일자 2012년08월09일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
JP-P-2011-176583 2011년08월12일 일본(JP)  
(뒷면에 계속)

(71) 출원인  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고  
(72) 발명자  
카지모토 노리후미  
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방  
2고 캐논 가부시끼가이샤 나이  
(74) 대리인  
권태복

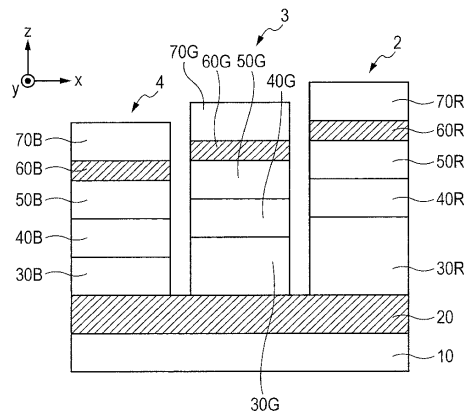
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 유기 일렉트로루미네스스 소자, 및 이 소자를 각각 사용한 발광장치, 화상형성장치, 발광소자 어레이, 표시장치 및 촬상장치

(57) 요약

$\lambda/4$ 간섭 조건을 충족시키는 강 캐비티에 있어서도 S-P 손실을 억제하여서, 발광 효율이 개선된 유기 일렉트로루미네스스 소자를 제공한다. 이 유기 일렉트로루미네스스 소자는, 각각의 반사전극과 투명전극에서 발생한 표면 플라즈몬간의 파수 차이  $\delta k(\text{Re})$ 가 특정 범위 내에 속하는, 피크 파장이 440 nm 이상 470 nm 이하의 광을 방출한다.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

JP-P-2012-021715 2012년02월03일 일본(JP)

JP-P-2012-158263 2012년07월17일 일본(JP)

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

금속층으로 형성된 제1전극, 제1전하수송층과, 발광층, 제2전하수송층, 금속층으로 형성된 제2전극 및 아웃-커플링층의 순서로 구비하고, 상기 제2전극측에서 발광층이 방출한 광을 사출하고, 발광스펙트럼의 최대 피크 파장이 440 nm 이상 470 nm 이하의 광을 방출하는 유기 일렉트로루미네스스 소자로서,

상기 제1전하수송층은, 상기 제1전극과 접하여 있고,

상기 제2전하수송층과 상기 아웃-커플링층은 각각, 상기 제2전극과 접하여 있고,

상기 제1전극과 상기 제1전하수송층과의 제1 계면과, 상기 제2전극과 상기 제2전하수송층과의 제2 계면과의 사이의 광로길이L은, 상기 최대 피크 파장을  $\lambda$ , 상기 제1 계면 및 제2 계면에서 상기 최대 피크 파장  $\lambda$ 의 광이 반사할 때의 위상쉬프트의 합을  $\phi$  [rad]이라고 하면,

$(-1 - \phi / \pi) \times (\lambda / 4) < L < (1 - \phi / \pi) \times (\lambda / 4)$ 의 관계를 충족시키고,

상기 제1 계면에서 발생한 표면 플라즈몬의 파수의 실수부를  $k_r$  [rad/m], 상기 제2 계면에서 발생한 표면 플라즈몬의 파수의 실수부를  $k_s$  [rad/m]이라고 하면,

$$-4.5 \times 10^6 \leq k_r - k_s \leq 2.1 \times 10^6$$

의 관계를 충족시키는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제2전극의 표면 플라즈몬은 장거리 표면 플라즈몬(LRSP)을 포함하는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제2전극의 표면 플라즈몬의 파수는,  $2.2 \times 10^7$  내지  $3.5 \times 10^7$  [rad/m]인, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 아웃-커플링층의 유전률은 상기 제2전하수송층의 유전률보다도 큰, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제1전하수송층의 유전률과 상기 제2전하수송층의 유전률은, 상기 발광층의 유전률 이하인, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 발광층은, 천이 다이폴 모멘트가 상기 발광층의 두께방향에 수직인 방향으로 기울어진 배향상태를 갖는 발광 분자를 포함하는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 광로길이L은,  $(-1-2\phi/\pi)\times(\lambda/8)\leq L\leq(1-2\phi/\pi)\times(\lambda/8)$ 의 관계를 충족시키는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 광로길이L은,  $\lambda/4 < L < 3\lambda/4$ 의 관계를 충족시키는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제1 계면과 상기 제2 계면과의 물리적 거리는, 58 nm 이상 186 nm 이하인, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 광로길이L은,  $3\lambda/8\leq L\leq 5\lambda/8$ 의 관계를 충족시키는, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제1 계면과 상기 제2 계면과의 물리적 거리는, 87 nm 이상 155 nm 이하인, 유기 일렉트로루미네스스 소자.

#### 청구항 12

청구항 1에 따른 유기 일렉트로루미네스스 소자; 및

상기 유기 일렉트로루미네스스 소자의 발광을 제어하는 제어회로를 구비한, 발광장치.

#### 청구항 13

청구항 12에 따른 발광장치;

상기 발광장치에 의해 잠상이 형성되는 감광체; 및

상기 감광체를 대전하는 대전수단을 구비한, 화상형성장치.

#### 청구항 14

청색을 방출하는 유기 일렉트로루미네스스 소자;

녹색을 방출하는 유기 일렉트로루미네스스 소자; 및

적색을 방출하는 유기 일렉트로루미네스스 소자를 구비한 발광소자 어레이로서,

상기 청색을 방출하는 상기 유기 일렉트로루미네스스 소자가 청구항 1에 따른 유기 일렉트로루미네스스 소자를 포함하는, 발광소자 어레이.

**청구항 15**

청구항 14에 따른 발광소자 어레이; 및

상기 발광소자 어레이의 발광면 위 이외의 위치에 배치된 활상소자를 구비한, 활상장치.

**청구항 16**

청구항 14에 따른 발광소자 어레이; 및

외부에서 입력된 화상신호를 기초로 상기 발광소자 어레이에 원하는 화상을 표시하기 위한 제어회로를 구비한, 표시장치.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은, 유기 일렉트로루미네스스(EL)소자에 관한 것으로서, 또한, 그 유기EL소자를 각각 사용한 발광장치, 화상형성장치, 표시장치 및 활상장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근, 수볼트정도의 저구동 전압으로 자기 발광하는 유기EL소자가 주목을 모으고 있다. 유기EL소자는, 금속반사층을 가지는 반사 전극과 발광층과 투명전극과가 적층된 구성이다. 유기EL소자는, 금속반사층을 갖는 반사 전극과, 발광층과, 투명전극이 적층된 구성이다. 이 유기EL소자는, 면발광 특성, 경량 및 시인성 등의 뛰어난 특징으로 인해, 박형 디스플레이, 조명 기구, 헤드 마운트 디스플레이, 또는 전자사진방식 프린터의 프린트 헤드용 광원의 발광장치로서 실용화가 진행되고 있다.

[0003] 유기EL소자를 사용해서 구성된 표시장치의 저소비 전력화의 요구에 따라, 유기EL소자의 발광 효율의 개선이 기대되고 있다. 발광 효율을 비약적으로 개선시키는 소자 구조의 하나는, 마이크로캐비티 방식이 있다. 발광 분자는, 광의 "강화하는 간섭"이 일어나는 공간을 향해서 광을 강하게 방사하는 성질이 있다. 구체적으로, 광학간섭을 사용하여 여기자의 방사 속도를 증가시키고, 그 방사패턴을 제어하는 것이 가능하다. 마이크로캐비티 방식에서는, 발광 분자에서 본 광 추출 방향으로 "강화하는 간섭"이 생기도록, 소자 파라미터(막두께와 굴절률)를 설계한다. 특히, 금속반사층과 발광층간의 거리 $d_0$ 이  $d_0 = \lambda / (4n_0)$ 의 조건(이후,  $\lambda/4$ 의 간섭 조건)을 충족시킬 경우, 간섭 효과에 의한 방사강도 증가가 가장 커지는 것이 알려져 있다. 여기에서,  $\lambda$ 는 발광 분자의 PL스펙트럼의 피크 파장(진공중)이며,  $n_0$ 은 발광점과 금속반사층간의 유효 굴절률에 해당한다. 마이크로 캐비티 방식에 의하면, 마이크로렌즈와 같은 요철의 구조물을 사용할 필요가 없고, 저비용으로 발광 효율의 증대를 기대할 수 있다.

[0004] 또한, 마이크로캐비티는, 광추출층의 반사율의 대소에 의거해 약(weak) 마이크로 캐비티와 강(strong) 마이크로 캐비티로 분류된다. 보통, 약 캐비티에 있어서는, 유리/투명산화물반도체 등의 투과율이 높은 전극구조를 사용하고, 캐비티의 간섭 효과는 주로 금속반사층과 발광층간의 간섭 조건으로 결정된다. 한편, 강 캐비티에 있어서는, 광추출층의 투명전극으로서, 반사율이 높은 반투과성의 금속박막을 사용한다. 그 때문에, 강 캐비티는, 금속반사층과 발광층간에 얻어진 간섭 효과뿐만 아니라, 발광층과 광추출층의 금속박막간에 얻어진 간섭

효과도 포함한다. 이 경우에, 간섭 효과가 최대가 되도록 발광층과 상기 광추출층의 금속박막간의 광학거리가  $\lambda/4$ 의 간섭 조건을 충족시키도록 설계된다. 그러므로, 강 캐비티에서는, 약 캐비티보다 큰 간섭 효과가 이용될 수 있고, 비약적으로 발광 효율이 개선될 수 있다.

[0005] 그렇지만,  $\lambda/4$ 의 간섭 조건에서는, 발광층과 금속반사층간의 거리가 약 60 nm이하가 되기 때문에, 표면 플라즈몬(SP)손실이 커지는 것이 알려져 있다. SP손실은, 발광 분자의 여기에너지에 의해 금속의 SP가 여기되는 결과, 그 여기에너지가 줄(Joule) 열로 전환되는 현상이다. 그 때문에,  $\lambda/4$ 간섭 구조를 이용한 마이크로캐비티는, 큰 광학간섭 효과에 대해 발광 효율이 개선되지 않는다고 하는 과제가 있다. 구체적으로,  $\lambda/4$ 간섭 조건하에서 마이크로캐비티의 발광 효율을 한층 더 개선하기 위해서는, SP 손실을 억제하는 방법이 필수가 된다.

[0006] 지금까지, SP 손실을 억제하는 방법으로서, 금속반사층과 발광층간의 거리를 증대시키는 간섭 효과를 희생시키는 방법(일본국 특표 2008-543074호)이 제안되어 왔다. 최근의 연구에서, 발광 분자의 천이 다이폴 모멘트를 수평 배향시키는 방법(J. Frischeisen et al., Organic Electronics 12, (2011), 809-817.)과 같이,  $\lambda/4$ 의 간섭 효과와 SP 손실억제 양쪽을 충족시키는 방법이 제안되기 시작하고 있다. 상기의 SP 손실을 억제하는 제안들의 각각은, 금속과 유전체 계면에 1개밖에 없는 약 캐비티에서 검토되고 있다. 달리 말하면,  $\lambda/4$ 의 간섭 조건을 충족시키는 강 캐비티에 있어서의 SP 손실 억제안은, 아직 이루어지지 않고 있다.

### 발명의 내용

[0007] 본 발명의 목적은,  $\lambda/4$ 간섭 조건을 충족시키는 강 캐비티 구성에 있어서도 SP 손실을 억제하여서, 발광 효율이 개선된 유기EL소자, 및 상기유기EL소자를 각각 사용한 각종 장치를 제공하는데 있다.

[0008] 본 발명의 유기EL소자는, 금속층으로 형성된 제1전극, 제1전하수송층과, 발광층, 제2전하수송층, 금속층으로 형성된 제2전극 및 아웃-커플링층의 순서로 구비하고, 상기 제2전극측에서 발광층이 방출한 광을 사출하고, 발광스펙트럼의 최대 피크 파장이 440 nm 이상 470 nm 이하의 광을 방출하는 유기 일렉트로루미네스 소자로서, 상기 제1전하수송층은, 상기 제1전극과 접하여 있고, 상기 제2전하수송층과 상기 아웃-커플링층은 각각, 상기 제2전극과 접하여 있고, 상기 제1전극과 상기 제1전하수송층과의 제1 계면과, 상기 제2전극과 상기 제2전하수송층과의 제2 계면과의 사이의 광로길이L은, 상기 최대 피크 파장을  $\lambda$ , 상기 제1 계면 및 제2 계면에서 상기 최대 피크 파장  $\lambda$ 의 광이 반사할 때의 위상쉬프트의 합을  $\phi$  [rad]이라고 하면,

[0009]  $(-1-\phi/\pi) \times (\lambda/4) < L < (1-\phi/\pi) \times (\lambda/4)$

[0010] 의 관계를 충족시키고, 상기 제1 계면에서 발생한 표면 플라즈몬의 파수의 실수부를  $k_r$  [rad/m], 상기 제2 계면에서 발생한 표면 플라즈몬의 파수의 실수부를  $k_s$  [rad/m]이라고 하면,

[0011]  $-4.5 \times 10^6 \leq k_r - k_s \leq 2.1 \times 10^6$

[0012] 의 관계를 충족시킨다.

[0013] 본 발명에서는, 광추출에 기여하는 발광 분자의 다이폴 성분은, 표면 플라즈몬에 흡수되지 않고, 전파광으로서 외부에 추출되기 때문에, 광추출 효율을 향상시킨 유기EL소자를 제공할 수 있다. 따라서, 유기EL소자를 사용해서 각각 구성된, 발광장치, 화상형성장치, 표시장치 및 촬상장치의 특성을 향상할 수 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 특징들은 첨부도면을 참조하여 이하의 예시적 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 유기EL소자의 구성을 모식적으로 나타내는 단면도다.

도 2는 본 발명의 표시장치의 일 실시예의 구성을 모식적으로 나타내는 사시도다.

도 3은 본 발명의 실시예에 있어서의 청색발광의 유기EL소자 101b와 102b의 각각의 x성분의 SP 에너지 산일(dissipation)을 도시한 도면이다.

도 4는 도 3에 나타낸 S P 모드101b-1의 전장 프로파일이다.

도 5는 도 3에 나타낸 S P 모드102b-1의 전장 프로파일이다.

도 6a 및 6b는 본 발명의 실시예에 있어서의 청색발광의 유기E L 소자 101b와 102b의 애노드 및 캐소드의 S P 에너지 산일을 도시한 도면이다.

도 7은 아웃-커플링층의 굴절률 n이 1.88일 때, 애노드와 캐소드간의 S P의 파수 차이  $\delta k(R e)$ 와 발광 효율과의 관계를 도시한 도면이다.

도 8은 아웃-커플링층의 굴절률n이 1.88일 때, 캐비티 강도와 발광 효율간의 관계를 도시한 도면이다.

도 9는 아웃-커플링층의 굴절률n이 2.4일 때, 애노드와 캐소드간의 S P의 파수차이  $\delta k(R e)$ 와 발광 효율과의 관계를 도시한 도면이다.

도 10은 소자구성L과 도 9의 소자구성L' 각각의 x 성분의 S P 에너지 산일을 도시한 도면이다.

도 11은 갭(gap) 플라즈몬의 파수와 발광 효율과의 관계를 도시한 도면이다.

도 12는 도펀트-1과 2,8-디아미노크리센(D A C)의 P L 스펙트럼을 도시한 도면이다.

도 13은 발광 분자가 도펀트-1인 경우에 있어서, 아웃-커플링층의 굴절률n이 1.88일 때 파수차이  $\delta k(R e)$ 와 발광 효율간의 관계를 도시한 도면이다.

도 14는 발광 분자가 도펀트-1인 경우에 있어서, 아웃-커플링층의 굴절률n이 2.4일 때 파수차이  $\delta k(R e)$ 와 발광 효율간의 관계를 도시한 도면이다.

도 15는 본 발명의 각 예시에 있어서의 유기E L 소자의 실험에 의해 구한 색도-효율곡선을 도시한 도면이다.

도 16은 본 발명의 각 예시에 있어서의 유기E L 소자의 시뮬레이션에 의해 구한 색도-효율곡선을 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명의 유기E L 소자는, 광반사성의 제1전극과, 광 투과성의 제2전극과, 이것들 전극의 사이에 위치하는 발광층을 구비한 유기E L 소자로서, 상기 소자는  $\lambda/4$ 간섭 조건을 충족시키는 강(strong) 캐비티 구성을 구비하고, 상기 소자는 최대 피크 파장이 440nm 이상 470nm 이하의 범위에 있는 청색광을 방출한다. 본 발명의 특징은, 상기 제1전극 및 상기 제2전극 각각이 금속막을 갖고, 상기 제1 및 제2전극의 각각에서 발생한 표면 플라즈몬(이하, "S P"라고 함)의 파수차이  $\delta k(R e)[r a d/m]$ 이 하기식 (III)을 충족시키도록 설정한 것에 있다.

[0017] 
$$-4.5 \times 10^6 \leq \delta k(R e) \leq 2.1 \times 10^6 \quad \text{식 (III)}$$

[0018] 이하, 본 발명의 유기E L 소자에 대해서, 실시예를 들어서 설명한다. 도 1은, 본 발명의 표시장치의 일 실시예의 구성을 모식적으로 나타내는 단면도다. 도 2는, 본 발명의 표시장치의 일 실시예의 사시도이며, 도 1에 해당하는 도 2의 선1-1을 따라 그려진 단면을 나타낸다.

[0019] 본 발명의 표시장치는, 화소(500)가 매트릭스 모양으로 배치된 표시 영역(600)을 구비하고 있고, 각 화소(500)가 유기E L 소자를 갖고 있다. 풀컬러(full-color) 화상을 표시하는 표시장치는, 통상, 적색(R), 녹색(G) 또는 청색(B)광을 각각 방출하는 유기E L 소자를 갖는다. 도 1에 있어서, 적색발광의 유기E L 소자(2), 녹색발광의 유기E L 소자(3), 및 청색발광의 유기E L 소자(4) 각각은, 기관(10) 위에 형성되어 있다. 이하, 편의상, 적색발광의 유기E L 소자를 R 소자라고 기술하고, 녹색발광의 유기E L 소자를 G 소자라고 기술하며, 청색발광의 유기E L 소자를 B 소자라고 기술한다. 도 1에서, 기관(10) 위에 광반사성의 제1전극인 반사 전극(20)이 각 소자에 배치되고, 상기 반사 전극(20)과는 발광층 40R, 40G 또는 40B를 가로질러서 반대측에 광 투과성의 제2전극인 투명전극 60R, 60G 또는 60B가 배치되어 있다. 도 1에서, 참조부호 30R, 30G, 30B 각각은 제1전하수송층, 50R, 50G, 50B 각각은 제2전하수송층, 70R, 70G, 70B 각각은 아웃-커플링층이다. 이때, 각 부호의 R, G, B는 각각 R 소자(2), G 소자(3) 및 B 소자(4)에 상기 부호들로 나타낸 층들이 존재하는 것을 의미한다. 이하의 설명에 있어서, 각 소자에 공통되는 설명에서는 편의상 R, G, B를 생략한다. 도 1의 예는, 투명전극(60)측(기관(10)과는 반대측)으로부터 유기E L 소자에서 방출된 광을 추출하는 톱 이미션형이다. 본 발명은, 기관(10)측으로부터

유기 E L 소자에서 방출된 광을 출사하는 구성에도 적용 가능하다. 이때, 반사 전극(20)과 투명전극(60) 사이에 끼워진 유기 화합물로 형성된 적층체를, 통상, "유기 화합물층"이라고 말한다. 또한, 도 1에서는, 반사 전극(20)이 R소자, G소자, B소자마다 형성되고, 투명전극 60R, 60G 또는 60B가 R소자, G소자, B소자에 공통되도록 형성되어 있어도 된다. 반사 전극(20)은 R소자, G소자, B소자로 공통되도록 형성되고, 투명전극 60R, 60G, 60B는 R소자, G소자, B소자마다 형성되어 있다.

[0020] 도 1의 기관(10)으로서, 플라스틱 기관, 각종의 유리 기관, 및 Poly-Si나 a-Si(아모퍼스(amorphous) 실리콘)등의 반도체로 트랜지스터 등의 구동회로를 형성한 유리 기관을 사용할 수 있다. 또한, 실리콘 웨이퍼 위에 구동회로를 형성한 유리 기관, 실리콘 웨이퍼 위에 구동회로를 설치한 것 등도 사용될 수 있다.

[0021] 제1전하수송층(30) 또는 제2전하수송층(50)으로서, 반사 전극(20) 및 투명전극(60) 중 한쪽이 양극이 될지 또는 음극이 될지, 한층 더 발광층(40)과의 위치 관계에 따라, 정공주입층, 정공수송층, 전자블록층, 정공블록층, 전자수송층 또는 전자주입층등이 적당하게 사용된다. 또한, 전하수송층은 발광층과 전극과의 사이에 2층이상 배치되어 있어도 된다.

[0022] 본 발명에 있어서, 각 층에서의 유기재료에는 한정되지 않는다. 예를 들면, 발광층(40)을 구성하는 발광 재료로서, 형광재료와 인광재료 각각이 사용되어도 된다. 호스트 재료는, 발광 재료로 도핑되어도 된다. 또한, 그 발광 재료의 이외에 적어도 1종류의 화합물이 소자성능 향상을 위해 함유되어도 된다. 추가로, 정공수송층이 전자블록층이나 정공주입층으로서 기능해도 되고, 전자수송층이 정공블록층이나 전자주입층으로서 기능해도 된다.

[0023] 본 발명의 유기 E L 소자에 있어서는, 강 캐비티에 의한 간섭 효과를 얻기 위해서, 발광 위치부터 반사 전극(20)의 반사면(제1반사면)까지의 광로길이  $L_r$ , 발광 위치부터 투명전극(60)의 반사면(제2반사면)까지의 광로길이  $L_s$ 가 적당하게 조정된다. 구체적으로는, 발광층(40)이 방출한 광의 스펙트럼의 최대 피크 파장을  $\lambda$ , 제1반사면 및 제2반사면에서 파장  $\lambda$ 의 광이 반사할 때의 위상쉬프트를  $\phi_r, \phi_s$  [rad]로 나타낸다. 이때,  $\phi_r < 0, \phi_s < 0$ 이다. 간섭 효과가 가장 높아지는 광로길이  $L_r, L_s$ 는 이하의 식(1), (2)로 표시된다. 이때, 광로길이  $L_r, L_s$  각각은, 발광 위치와 반사면의 사이에 포함된 유기 화합물층의 각 층의 굴절률  $n$ 과, 그 층의 두께  $d$ 의 적(product)의 총 합계다.

[0024] 
$$L_r = (-\phi_r / \pi) \times (\lambda / 4) \quad (1)$$

[0025] 
$$L_s = (-\phi_s / \pi) \times (\lambda / 4) \quad (2)$$

[0026] 정리하면, 제1반사면과 제2반사면과의 사이의 광로길이  $L$ 은,  $\phi = \phi_r + \phi_s$ 이면, 하기식 (A)를 충족시키고 있다. 또한, 제1반사면은, 제1전극인 반사 전극(20)과 제1전하수송층 30R, 30G 또는 30B와의 계면(제1 계면)이다. 아울러, 제2반사면은, 제2전극인 투명전극 60R, 60G 또는 60B와 제2전하수송층 50R, 50G 또는 50B와의 계면(제2 계면)이다.

[0027] 
$$L = (-\phi / \pi) \times (\lambda / 4) \quad (A)$$

[0028] 이때, 실제의 유기 E L 소자에서는, 정면의 추출 효율과 트레이드오프의 관계에 있는 시야각 특성 등도 고려하면, 상기 길이를 반드시 상기 두께와 엄밀하게 일치시킬 필요는 없다. 구체적으로는,  $L_r, L_s$ 가 각각 식(1) 또는 (2)를 충족시키는 값으로부터  $\pm \lambda / 8$ 의 값의 범위내의 오차가 있어도 된다. 따라서, 본 발명의 유기 E L 소자에 있어서, 하기식 (I), (I I)를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0029] 
$$(-1 - 2\phi_r / \pi) \times (\lambda / 8) < L_r < (1 - 2\phi_r / \pi) \times (\lambda / 8) \quad \text{식(I)}$$

[0030] 
$$(-1 - 2\phi_s / \pi) \times (\lambda / 8) < L_s < (1 - 2\phi_s / \pi) \times (\lambda / 8) \quad \text{식(I I)}$$

[0031] 식(I), (I I)의 조합으로서, 본 발명의 유기 E L 소자에 있어서, 하기식 (B)를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0032] 
$$(-1 - \phi / \pi) \times (\lambda / 4) < L < (1 - \phi / \pi) \times (\lambda / 4) \quad \text{식(B)}$$

[0033] 더 구체적으로는,  $\phi_r, \phi_s$ 의 값이 각각 대략  $-\pi$ 이기 때문에,  $\phi = \phi_r + \phi_s = (-\pi) + (-\pi) = -2\pi$ 이라고

하면, 본 발명의 유기EL소자에 있어서, 하기식 (B')를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0034]  $\lambda/4 < L < 3\lambda/4$  식(B')

[0035] 이 식을 충족시키면, 유기EL소자의 제1 계면과 제2 계면과의 물리적 거리는, 58 nm 이상 186 nm 이하이다.

[0036] 더 바람직하게는,  $L_r$ ,  $L_s$  각각은, 식 (1) 또는 (2)를 충족시키는 값으로부터  $\pm \lambda/16$ 의 값의 범위내이면 되고, 본 발명의 유기EL소자에 있어서, 하기식 (I') 및 (I I')를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0037]  $(-1-4\phi_r/\pi) \times (\lambda/16) \leq L_r \leq (1-4\phi_r/\pi) \times (\lambda/16)$  식(I')

[0038]  $(-1-4\phi_s/\pi) \times (\lambda/16) \leq L_s \leq (1-4\phi_s/\pi) \times (\lambda/16)$  식(I I')

[0039] 식(I'), (I I')의 조합으로서, 본 발명의 유기EL소자에 있어서, 하기식 (C)를 충족시키는 것이 바람직하다.

[0040]  $(-1-2\phi/\pi) \times (\lambda/8) \leq L \leq (1-2\phi/\pi) \times (\lambda/8)$  식(C)

[0041] 더 구체적으로는,  $\phi_r$ ,  $\phi_s$ 의 값이 각각 대강  $-\pi$ 이므로,  $\phi = \phi_r + \phi_s = (-\pi) + (-\pi) = -2\pi$ 이라고 하면, 본 발명의 유기EL소자에 있어서, 하기식 (C')을 충족시키는 것이 바람직하다.

[0042]  $3\lambda/8 \leq L \leq 5\lambda/8$  식(C')

[0043] 이 식을 충족시키는 경우, 유기EL소자의 제1 계면과 제2 계면과의 물리적 거리는, 87 nm 이상 155 nm 이하가 된다.

[0044] 상기(I), (I I)의 조건을 충족시키는 소자구조의 경우, 유기 화합물층의 두께는 100 nm 정도가 되기 때문에, 반사 전극(20)의 SP와 투명전극(60)의 SP와의 상호작용이 현저해진다. 본 발명에서는, 피크 파장이 440 nm 이상 470 nm 이하의 광을 방출하는 청색  $\lambda/4$  강 캐비티의 기관면내 방향의 다이폴 성분의 SP손실을 억제함에 의해 B소자의 발광 효율을 향상시킨다. 더 구체적으로는, 반사 전극(20)과 투명전극(60)에서 발생하는 SP의 파수가 대강 일치하도록, 반사 전극(20) 및 투명전극(60)의 구성 재료, 상기 전극에 각각 접합하고 있는 정공수송층, 전자수송층 및 아웃-커플링층의 복소유전률(또는 복소굴절률)을 선택한다.

[0045] 이하, SP손실억제의 형태의 구체적인 조합에 대해서,  $\lambda/4$  강 캐비티에 있어서의 반사 전극종과 투명 전극종의 조합, 전극과 접합하는 전자수송층 또는 아웃-커플링층의 유전률(굴절률) 의존성의 해석 결과를 나타내면서, 본 발명의 실시예에 관하여 설명한다.

[0046] 본 발명은 전극의 극성에는 따르지 않고, 반사 전극(20)이 음극이고 투명전극(60)이 양극인 경우에도 성립하면, 이후의 설명에서는, 반사 전극(20)이 양극(투명전극(60)이 음극)이고, 제1전자수송층(30)이 정공수송층(제2전자수송층(50)이 전자수송층)의 경우에 관하여 설명한다.

[0047] 우선, B소자에서 식(I), (I I)를 충족시키는 소자구조에 있어서, 발광 효율이 가장 높은 재료의 조합이, 어떠한 다른 발광색 및 구성에서의 그것과 다른 것을 나타낸다. 표 1에는 각 소자구성에 있어서의 발광 효율  $\eta$  및 캐비티 강도  $\Psi_{cav}$ , 및 SP손실비  $\xi$  간의 관계에 대한 양극종 의존성을 나타낸다. 여기에서는, 가시광선 전역에 있어서 양호한 반사율(> 87%)을 각각 갖는 대표적 금속인 Al과 Ag를 비교한다. 여기서 검토한 유기EL소자는, 도 1에 나타나 있는 바와 같은 튜 이미지형이며, "기관/애노드/정공수송층(HTL)/발광층(EML)/전자수송층(ETL)/캐소드/아웃-커플링층(OCCL)"의 구조다. 유기EL소자(101,102)의 애노드는, 각각 Ag, Al이다. 또한, 101 또는 102의 뒤의 b는 B소자를, r은 R소자를, g는 G소자를 나타내고, 후술하는 유기EL소자(103) 이후의 유기EL소자도 같다.

[0048] 시뮬레이션은 S. Nowy et. al., Journal of Applied Physics, Vol. 40, (2008), 123109와 같은 수법으로 실시했다. 계산에 사용한 PL스펙트럼은, R소자, G소자, B소자에서 각각, 하기의  $Ir(piq)_3$ ,  $Alq_3$  및 DAC의 PL스펙트럼이다.  $Ir(piq)_3$ : 트리스(tris)[1-페닐이소퀴놀린-C2,N]이리듐(I I I)  $Alq_3$ : 트리스(8-퀴놀리노라토)알루미늄

[0049] DAC: 2,8-디아미노크리센

[0050] 이후, 특별히 언급되지 않으면, B소자에서는 DAC의 PL스펙트럼을 사용한다. 또한, (여기자 생성

효율, 내부 양자효율)은, R소자, G소자, B소자에서 각각 (75%,50%), (25%,85%), (25%,80%)로 하여 계산을 행했다. 시뮬레이션에 있어서의 발광 분포는 균일한 분포라고 가정하고 있다. 또한, 모든 소자구성에 있어서, 발광층의 두께를 20 nm로 고정하고, 발광 효율이 최대가 되도록 정공수송층, 전자수송층 및 아웃-커플링층의 두께를 각 색의 소자에 대해 최적화시키고 있다. 정공수송층과 전자수송층의 두께는 식(I), (I I)의 관계를 충족시키고 있다. 또한, 표에 있어서의 n 및 d는, 각각  $\lambda$ 에 있어서의 굴절률과 두께[nm]를 나타낸다.

표 1

소자	에노드	HTL		ETL		캐소드		OCL		$I_n$ [cd/A]	CIE <sub>xy</sub> [Arbit. Unit]	$\Psi_{cav}$ [10 <sup>-6</sup> ]	$\xi$ [Arbit. Unit]
		n	d [nm]	n	d [nm]	재료	d [nm]	n	d [nm]				
101b	Ag	1.88	23	1.88	35	Ag	26	1.88	65	3.2	(0.136,0.065)	1.27	3.00
102b	Al	1.88	31.5	1.88	35	Ag	26	1.88	65	4.1	(0.137,0.066)	1.17	1.94
101r	Ag	1.74	59.5	1.74	50	Ag	26	1.74	110	45.2	(0.666,0.333)	2.52	2.06
102r	Al	1.74	67	1.74	50	Ag	26	1.74	110	29.1	(0.666,0.334)	1.73	1.94
101g	Ag	1.78	42.5	1.78	45	Ag	26	1.78	75	33.9	(0.294,0.670)	2.50	1.48
102g	Al	1.78	50.3	1.78	45	Ag	26	1.78	75	30.9	(0.295,0.664)	2.09	1.23
103b	Ag	1.88	152	1.88	35	Ag	26	1.88	65	3.2	(0.128,0.066)	0.76	2.16
104b	Al	1.88	161	1.88	35	Ag	26	1.88	65	2.9	(0.129,0.066)	0.70	2.22

[0051]

[0052]

여기에서 정의한 캐비티 강도  $\Psi_{cav}$ 는, 다중간섭 효과에 의한 PL스펙트럼의 증폭 정도를 나타내고 있다. 즉, SP손실을 고려하지 않은 경우, 캐비티 강도가 커질수록 정면휘도가 증가하게 된다. 캐비티 강도  $\Psi_{cav}$ 는 하기식 (3)의 관계를 가진다.

$$\Psi_{c=av} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X(\lambda) \cdot \Omega(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

$$X(\lambda) = \left| \frac{1 + \sqrt{R_1} e^{i(\frac{\phi_1}{2\pi} + \frac{4\pi n_s L_r}{\lambda})}}{1 + \sqrt{R_1} \sqrt{R_2} e^{i(\frac{(\phi_1 + \phi_2)}{2\pi} + \frac{4\pi(n_r L_r + n_s L_s)}{\lambda})}} \right|^2 T_c \quad (4)$$

[0053]

[0054]

상기 식에서, X는 캐비티내에서 발생한 광의 전장이 광추출측에서 증폭되는 정도를 나타내고, 상기 식(4)으로 정의된다. 식(4)의 절대치 기호의 성분은, 발광 영역에 있어서의 광추출 방향으로의 강화하는 간섭의 정도를 나타내고, T<sub>c</sub>는 발광층으로부터 보았을 때의 광추출 방향의 투과율을 나타낸다. 식(4)의 절대치 기호의 성분에 있어서, R<sub>1</sub> 및 R<sub>2</sub>는 각각 제1전극, 제2전극의 반사율을 각각 나타내고, φ<sub>1</sub> 및 φ<sub>2</sub>는 제1전극, 제2전극에 있어서의 위상 쉬프트량을 각각 나타내고 있다. n<sub>r</sub>, n<sub>s</sub>는 각각, 정공수송층과 발광층간의 유효 굴절률이고, 전자수송층과 발광층간의 유효 굴절률이다. Ω는 피크 강도가 1이 되도록 규격화된 발광스펙트럼 강도다.

[0055]

또한, SP손실비ξ는 SP흡수에 의한 발광 효율 저하를 나타내는 성능지수(figure of merit)다. SP손실비ξ는 광원뿔내에 방사되는 광의 에너지W<sub>lc</sub> [W](혹은 방사 속도Γ<sub>lc</sub>)에 대한 표면 플라즈몬과 결합하는 에너지 W<sub>sp</sub> [W](결합 속도Γ<sub>sp</sub>)의 비율이고, 하기식(5)로서 정의된다.

$$\xi = \frac{W_{sp}}{W_{lc}} = \frac{\gamma_{sp}}{\gamma_{lc}} \quad (5)$$

[0056]

[0057]

식(I), (II)를 충족시키는 소자구조를 갖는 유기EL소자 101 또는 102로, 애노드층의 효과를 바라보면, B소자(101b 또는 102b)만 경향이 다른 것을 안다. 구체적으로는, R소자 101r과 102r(또는 G소자 101g와 102g)로 비교하면, 발광 효율η과 SP손실비ξ는 상관이 작고, 캐비티 강도가 큰 구조가 보다 발광 효율이 높은 큰 상관이 확인되었다. 한편, B소자 101b와 102b간의 비교는 다음의 결과를 제공하였다. G 또는 R소자에서 보여진 것 같은 정면발광 효율과 캐비티 강도간의 상관은 작고, SP손실이 보다 작은 소자102b에서 발광 효율이 증대하였다.

[0058]

또한, 비교 예로서 하기식(6)을 충족시키도록 정공수송층의 두께를 최적화시킨 B소자 103b 또는 104b도 검토했다.

[0059]

$$L_r = (2 - (\phi_r/\pi)) \times (\lambda/4) \quad (6)$$

[0060]

B소자 103b와 104b간의 비교 결과, 발광 효율과 캐비티 강도간의 명확한 상관이 보여져, 캐비티 강도가 보다 높은 소자103b에서 발광 효율이 향상되었다.

[0061]

이상으로부터, B소자 101b 또는 102b에서 보여진 것 같은 발광 효율과 SP손실비간의 관계는, 식(I), (II)를 충족시키는 소자구조에 기인 가능하다고 할 수 있다. 상기와 같이, 식(I), (II)를 충족시키는 소자구조를 갖는 B소자에 있어서는, SP손실이 그 발광 효율을 결정하는 중요한 파라미터인 것을 안다. 즉, 발광 효율이 가장 높은 재료의 조합이, 어떠한 다른 구성 및 어떠한 다른 발광 색의 그것과 다른 것을 시사하고 있다.

[0062]

본 발명은, 식(I), (II)를 충족시키는 소자구조를 갖는 B소자에 독특한, SP손실 억제에 의한 발광 효율 향상을 위한 소자 파라미터에 관한 제안이다. 이후, 본 발명의 SP손실억제의 메커니즘에 대해서, 본 발명에서 규정하는 요건을 충족시키는 소자구조의 B소자 102b와 그 요건을 충족시키지 않는 소자구조의 B소자 101b로 비교를 행하면서, 자세하게 설명한다.

[0063]

일반적으로, SP의 여기속도는, 이하의 식(7)의 관계가 있는 것이 알려져 있다(I. Gontijo et al., Physical Review B, Vol. 60,(1999), 11,564. 참조).

$$\Gamma_{sp} \propto \langle \vec{p} \cdot \vec{E}_{sp} \rangle^2 \rho(\omega) \quad (7)$$

[0064]

[0065]

이 식에서, p는 천이 다이폴 모멘트, E<sub>sp</sub>는 SP가 발생한 전장 벡터, ρ는 SP의 상태밀도(DOS)다.

< >는 열역학 평균을 나타낸다. 식(7)로부터, SP의 여기의 쉬움은, SP의 전장  $E_{s,p}$ 과 천이 다이폴 모멘트  $p$ 의 내적의 2승에 비례하는 것을 알 수 있다.

[0066] 여기에서, z방향을 기관 법선방향(광추출 방향)으로서 정의한다. 상기 기관의 면내방향의 성분 중, x방향은 천이 다이폴 모멘트의 진동축에 평행한 방향으로서 정의되고, y방향은 상기 진동축에 수직한 방향으로서 정의된다. 상기 정의에 의하면, 파의 전파 방향으로 어떠한 자장성분도 갖지 않는 도파로 모드인 TM모드(Transverse Magnetic mode)의 전장 벡터는, x방향과 z방향의 2개의 성분으로 구성된다. SP모드는, TM모드에 포함되므로, SP의 전장벡터는, x방향과 z방향의 성분이다. TE모드(Transverse Electric mode)는, 파의 전파 방향으로 어떠한 전장성분도 갖지 않는 도파로 모드다. 즉, TE모드의 전장은, x방향 성분으로 구성되고, y 방향으로 전파된다.

[0067] 한편, 천이 다이폴의 방사패턴의 성질상, 외부에 전파 광으로서 추출되는 성분은, 천이 다이폴 모멘트의 기관의 면내방향(발광층의 두께방향에 수직한 방향)의 성분뿐이다. 이에 따라서, SP 흡수 억제에 의한 발광 효율개선에는, 천이 다이폴 모멘트의 x 성분에 대한 SP 흡수를 억제하는 것이 효과적이다. 본 발명의 개념은, 발광층에서 SP가 발생한 전장의 면내방향성분(즉, x성분)이 작도록 애노드와 캐소드의 표면 플라즈몬을 최적화하는 것이다.

[0068] 도 3은, 각 유기EL소자가 방출한 광의 피크 파장에서의 진동수( $4.12 \times 10^{15}$  [rad/sec])에서의, B 소자 101b와 102b에 있어서의 x성분의 SP에너지 산일의 관계를 나타낸다. 소자구조는 표 1에 나타낸다. 도 3으로부터 B소자 101b 또는 102b에서 발생한 SP에서 2개의 모드가 발생하는 것을 알 수 있다. 그 모드 중 하나는,  $3.0 \times 10^7$  [rad/m] 부근에 발생하는 모드(101b-1 또는 102b-1), 또 하나는  $5.6 \times 10^7$  [rad/m]에 발생하는 모드(101b-2 또는 102b-2)이다. 모드101b-1과 102b-1을 비교하면, 명확한 양극종 의존성이 보여졌다. 동 도면과 표 1에 있어서의 SP 손실비를 대응시키면, B소자 101b에서 보여진 큰 SP 손실은 모드 101b-1에 기인한 것을 안다. 도 4 및 도 5는 각각 모드 101b-1, 102b-1의 전장 프로파일을 나타낸다. 계산은 전송행렬법으로 행해졌다. 도 4와 도 5의 각각에서, 애노드와 캐소드의 SP가 서로 독립적이지 않고, 믹싱(mixing) 상태다. 여기에서는, 이 믹싱을 일으키고 있는 상태의 SP를, "갭 플라즈몬"이라고 부르기로 한다. 갭 플라즈몬에 의한 흡수(도 3의 모드 101b-1)가 큰 소자101b와 그 흡수가 작은 소자102b(도 3의 모드 102b-1)를 비교하면, B 소자 102b에 있어서는 갭 플라즈몬이 발생한 전장의 x성분이 거의 0인 것을 안다. 즉, B소자 102b는,  $p_x$ 와  $E_{s,p}$ 의 내적이 0이 되는 소자구조라고 말할 수 있다.

[0069] 다음에, 애노드와 캐소드의 SP간의 관계가 도 5와 같이 갭 플라즈몬에 의한 흡수를 억제할 수 있는 것에 관하여 설명한다.

[0070] 일반적으로, 두께가 광학적으로 무한히 두꺼운 금속과 유기 화합물층과의 계면에서 발생한 SP의 파수는, 하기식 (8)의 관계를 갖는다.

[0071] 
$$k_{s,p} = \sqrt{\frac{\epsilon_a \cdot \epsilon_{org}^r}{\epsilon_a + \epsilon_{org}^r}} k_0 \cong \sqrt{\frac{\epsilon_a \cdot (n_{org}^r)^2}{\epsilon_a + (n_{org}^r)^2}} k_0 \quad (8)$$

[0072] 이 식에서,  $\epsilon_a$ 는 금속(애노드)의 복소유전률,  $\epsilon_{org}^r$ 은 유기 화합물층의 실효적인 복소유전률,  $k_0$ 은 공기중의 광의 파수다. 여기에서는, 간단함을 기하기 위해 유기 화합물층의 소광계수는 0으로 한다. 즉, 유기 화합물층의 굴절률을  $n_{org}^r$ 이라고 나타낼 때에,  $\epsilon_{org}^r \cong (n_{org}^r)^2$ 의 관계가 성립한다. 즉, 애노드에서 발생한 SP의 파수는, 애노드의 복소유전률  $\epsilon_a$ , 실효적인 복소유전률  $\epsilon_{org}^r$ 에 의해 결정된다. 덧붙여서 말하면, 정공수송층, 발광층, 전자수송층등의 유전률 또는 각 층의 두께에 의해 결정된 실효적인 복소유전률  $\epsilon_{org}^r$ 은, 애노드와 접합하는 정공수송층의 유전률이 지배적이다.

[0073] 한편, 광학적으로 유한한 두께를 갖는 금속일 경우에는, 금속(캐소드)의 복소유전률  $\epsilon_c$ 와 두께d, 전자수송층층의 유기 화합물층의 실효적인 복소유전률  $\epsilon_{org}^s$ , 아웃-커플링층층의 실효적인 복소유전률  $\epsilon_{oc1}^s$ 에 의해 결정된다(상세한 것은, J. J. Burke et. al., Physical Review B, Vol. 33,(1986),5186의 식(6), 식(7)참조). 애노드의 경우와 같이, 전자수송층층의 유기 화합물층의 실효적인 복소유

전류  $\epsilon_{org}^s$ , 아웃-커플링층의 실효적인 복소유전률  $\epsilon_{oc1}^s$ 은 각각 캐소드에 접하는 전자수송층과 아웃-커플링층의 유전률이 지배적이다.

[0074] 또한, 복소유전률(혹은 복소굴절률)은, 물질의 표면에서 광이 반사할 때의 편광상태의 변화를 관측하고, 그 물질의 광학정수를 결정하는 방법인 주지의 엘립소메트리를 사용한 시판의 분광 엘립소미터로 측정될 수 있다. 그 후, 반사 전극(20)이나 투명전극(60)의 SP의 피크 파수를 산출할 수 있다. 일 패널에서, 그들은 단면 주사 전자 현미경(SEM), 2차이온 분광분석법(SIMS), X선 반사성법 등과 조합하여 상기 엘립소메트리를 사용하여 결정된다. 애노드, 캐소드 및 이들 해석에 의해 결정된 유기 화합물층의 두께와 유전률에 의거하여, 상기 애노드와 상기 캐소드의 SP의 파수간의 관계를 특정할 수 있다.

[0075] 도 6a 및 6b는, B소자 101b, 102b를 구성하는 Ag 캐소드, Ag 애노드 및 Al 애노드의 SP간의 관계를 각각 나타낸다. 이때, 도 6b는 도 6a의 부분 확대도다. 이 계산은, 포토루미네스스 스펙트럼의 피크 파장의 진동수( $4.12 \times 10^{15}$  [rad/sec])에서 행했다. 애노드의 SP의 파수 계산에 있어서, 캐소드의 영향을 배제하기 위해서 전자수송층의 두께를 무한대로 했다. 마찬가지로, 캐소드의 SP의 파수를 계산하는 경우에는 정공수송층의 두께를 무한대로 했다. 도 6a 및 6b에 나타난 세로축은, 애노드 및 캐소드의 피크 파수를 강조할 때 편의상, 캐소드의 SP의 파수가 커지도록 각각 규격화되어 있다. 도 6a 및 6b로부터, 굴절률이 1.88인 정공수송층과 Ag 기판 계면에서 발생하는 SP의 파수(도면 중의 101b-a)는, 상기 정공수송층과 Al 사이의 계면에서 발생하는 SP의 파수(도면 중의 102b-a)보다 큰 것을 알 수 있다. 이것은, Ag의 플라즈마 주파수가 Al보다 작기 때문에, Ag의 복소유전률의 실수부가 Al보다 절대치가 작은 것에 기인하고 있다. 한편, Ag 캐소드의 SP(도면 중의 b-c)는, 2개의 SP로 분할되고,  $2.8 \times 10^7$ 과  $5.7 \times 10^7$  [rad/m]에서 발생된다. 전자는 LRSP, 후자는 SRSP라고 불리고, 상기 SP는, 2개의 계면, 즉 Ag 캐소드와 아웃-커플링층간의 계면과, 상기 캐소드와 전자수송층간의 계면의 SP사이의 상호작용의 결과로서의 모드다(L. H. Smith et. al., Journal of Modern Optics, Vol. 55, (2008), 2929. 또는 J. J. Burke et. al., Physical Review B, Vol. 33, (1986), 5186. 참조). "LRSP"란, Long-Range Surface Plasmon을 의미하고, "SRSP"는 Short-Range Surface Plasmon을 의미한다. 도 6a 및 6b로부터, Al 애노드의 SP와 Ag 캐소드의 LRSP의 파수가 일치하고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 애노드와 캐소드의 파수를 대략 일치시킴으로써 도 5와 같이 발광층에 있어서의 면내 방향의 전장을 0으로 설정하는 것이 가능한 것을 시사하고 있다. 후술하는 것처럼, 애노드의 SP를 대략 일치시킨 캐소드의 SP는, SRSP보다 LRSP가 보다 바람직하다. LRSP와 SRSP가 갖는 파수는, 각각  $2.2 \times 10^7$  내지  $3.5 \times 10^7$  [rad/m]와  $4.5 \times 10^7$  내지  $2.5 \times 10^8$  [rad/m]이다. 그러므로, 갭 플라즈몬의 파수는, 애노드의 SP를 상기 캐소드의 LRSP와 대략 일치시키도록 설계를 채용함으로써 저감될 수 있다. 갭 플라즈몬의 파수의 저감은, DOS의 저감과 갭 플라즈몬의 여기 밀도의 저감에 기여할 수 있다. 도 11은 효과를 나타낸다. 이후, 캐소드의 SP는 특별히 언급하지 않으면 LRSP라고 한다.

[0076] 다음에, 갭 플라즈몬이 애노드와 캐소드간의 파수차이의 범위에서 쉽게 억제되고, 갭 플라즈몬이 쉽게 억제되는 애노드와 캐소드의 조합에 관하여 설명한다.

[0077] 도 7은 애노드와 캐소드간의 SP의 파수차이  $\delta k(Re)$ 와 발광 효율간의 관계를 나타내고, 도 8은 식 (3)으로 정의한 캐비티 강도와 발광 효율간의 관계를 나타낸다. 여기에서, 파수차이  $\delta k(Re)$ 는, 애노드와 캐소드의 SP 파수의 실수부를 각각  $k_{sp}^a(Re)$ ,  $k_{sp}^c(Re)$ 이라고 하는 경우에,  $\delta k(Re) = k_{sp}^a(Re) - k_{sp}^c(Re)$ 의 관계를 충족시킨다. 애노드(혹은 캐소드)의 SP 파수의 값은, 도 6a 및 6b에서 구한 것처럼, 전자수송층(캐소드의 경우, 정공수송층)의 두께를 충분히 큰 조건으로, 전송행렬법에 의해 구해진다. 여기서 검토한 각 소자구성은, "기판/애노드/정공수송층(HTL)/발광층(EML)/전자수송층(ETL)/캐소드/아웃-커플링층(OCCL)"이라고 하는 구조다. 이 검토에서의 유기 화합물층 및 아웃-커플링층의 유전률(또는 굴절률)과 그 분산 특성은 표 1의 B소자 101b 및 102b와 동일하다. 또한, 정공수송층, 전자수송층, 캐소드 및 아웃-커플링층의 두께는, 식(I), (II)를 충족시키는 범위내에서, 색도 좌표 CIE<sub>x,y</sub>(0.136, 0.66)에 있어서의 발광 효율이 최대가 되도록 최적화된다.

[0078] 여기에서 사용한 Mg의 광학정수는 Handbook of Optical Constants of Solids(Academic Orlando FL 1985)에 기재된 값을 참조하고, 스퍼터링법으로 제작된 Mg 애노드를 상정하고 있다(증착법(저항가열)과 스퍼터링으로 형성된 Mg 애노드의 광학특성간의 차이에 대해

서는, 미국 특허 제5,022,726호 참조). 금속 적층 애노드의 SP 파수는, 상부의 금속의 두께에 따라 제어될 수 있다. Ag/Mg 적층 애노드의 SP 파수는, 그 반사율을 유지한 채, Mg의 두께를 증가시킴으로써 Ag의 SP 파수보다 작게 할 수 있다. 캐소드에서 사용된 Mg:Ag 합금은, 소량의 전과 광을 흡수하는 Ag 리치 (rich)(10:1)의 것을 사용했다(일본국 공개특허공보 특개2003-109775호 참조). 여기에서는, Mg Ag 캐소드, Mg Ag 캐소드→Mg Ag/Ag 캐소드→Ag 캐소드라고 하는 것처럼 캐소드에 포함되는 Mg의 함유량을 변화시켜서 그 SP 파수를 제어한다.

[0079] 우선, 도 7로부터 알 수 있듯이, 발광 효율과 파수차이  $\delta k(Re)$ 의 명확한 상관성이 있었고,  $\delta k(Re)$ 가 작을수록 발광 효율이 보다 높아지는 경향을 얻었다. 한편, 도 8은 발광 효율과 캐비티 강도간에 상관성이 없는 것을 나타낸다. 즉, B소자의 발광 효율을 결정하는 주요 인자는, 캐비티 강도가 아니고, 애노드와 캐소드간의 SP 파수차이  $\delta k(Re)$ 라고 말할 수가 있다. 도 7 및 도 8에 있어서의 구성A 내지 E간의 비교는, 애노드의 SP 파수를 변화시켰을 경우에 해당한다. 우선, 구성A 내지 C간의 비교에서 애노드종 의존성을 바라보면, 애노드의 플라즈마 주파수  $\omega_p$ 가 중요한 인자인 것을 안다. 즉, 플라즈마 주파수가 작은 Ag ( $\omega_p=14.0 \times 10^{15} s^{-1}$ )은, Mg ( $\omega_p=16.1 \times 10^{15} s^{-1}$ ), Al ( $\omega_p=23.2 \times 10^{15} s^{-1}$ )과 비교하여,  $\delta k(Re)$ 가 크고 발광 효율이 낮다. 다음에, 구성A, D 및 E간을 비교하면, Mg의 두께가 커질수록,  $\delta k(Re)$ 가 보다 작아지고, 발광 효율이 보다 증가된다는 것을 안다. 상술한 것처럼, 구성B와 구성C간의 관계를 제외하고,  $\delta k(Re)$ 가 저감할수록 발광 효율이 보다 높아지는 경향을 얻었다. 덧붙여서 말하면, 구성C의 발광 효율이 구성B의 그것보다도 큰 것은, 구성C의 캐비티 강도가 구성B의 그것보다도 큰 것에 기인하고 있다. 다음에, A1 애노드에 있어서의 캐소드 의존성(구성B, I 내지 K간의 비교)으로부터 알 수 있듯이,  $\delta k(Re)$ 를 저감하는 것이 바람직하다고 말할 수 있다. 구체적으로, 구성B는, 캐비티 강도가 보다 큰 구성K보다도 발광 효율이 높다. 캐비티 강도가 가장 높은 구성H의 발광 효율은, 캐비티 강도가 최소인 구성I의 그것보다도 낮은 사실로부터도 상기 결정을 할 수 있다.

[0080] 본 발명에 있어서의 바람직한  $\delta k(Re)$ 의 상한은, 그 값에서의 발광 효율이 최대발광 효율보다 15%이상 낮도록 구체적으로 설정된다. 따라서, 구체적인 값은, 도 7의 파선으로 나타낸 바와 같이,  $\delta k(Re) \leq 2.1 \times 10^6 [rad/m]$ 인 것이 바람직하다. 이것은, 도 8에 점선으로 둘러싸여진 영역에 해당한다. 이 영역내에서는, 종래의 설계 지침에서처럼 캐비티 강도를 높도록 재료를 선택하면 된다.

[0081] 다음에,  $\delta k(Re)$ 의 하한에 관하여 설명한다. 보통의 경우, 캐소드에서 발생한 LRSPP의 파수는, 애노드에서 발생한 SP의 파수보다 작은 경우가 많다. 그것은, 애노드로서 Al과, 캐소드로서 Ag의 조합에서  $\delta k(Re)$ 가 최소이다는 사실로부터 알 수 있다.

[0082] 그렇지만, 아웃-커플링층에 ZnSe와 같은 고유전률 재료를 사용하는 경우에는, 캐소드의 LRSPP의 파수가 증가하기 때문에,  $\delta k(Re)$ 가 부(negative)가 될 수 있다. 도 9는, 고굴절률 아웃-커플링층을 사용한  $\lambda/4$  장 캐비티 구성에 있어서의  $\delta k(Re)$ 와 발광 효율간의 관계를 나타낸다. 여기에서 사용한 아웃-커플링층의  $\lambda$ 에 있어서의 굴절률은 2.4이며, 그 파장분산성은 도 7의 그것과 같다. 여기에서는, 간략함을 기하기 위해서, 그 층의 소광계수는 0으로 한다. 도 9의 구성A' 내지 N'의 유기 화합물층, 애노드, 캐소드의 구성은 도 7의 구성A 내지 N의 것과 같고, 정공수송층, 전자수송층 및 아웃-커플링층의 두께는, 색도 좌표 CIE\_Yxy (0.136,0.66)에 있어서의 발광 효율이 최대가 되도록 최적화된다. 또한, 구성B와 C 각각의 Ag 두께 의존성도 나타낸다(구성L' 내지 N'). 상기한 바와 같이, 캐소드의 두께에 의해 LRSPP의 파수가 변화된다. 이에 따라서, 구성M'이 가장  $\delta k(Re)$ 의 값이 최소가 되는 구성이다.

[0083] 큰 캐비티 강도를 예상할 수 있는 구성B', C', K', L' 내지 N'의 각 구성에 있어서,  $\delta k(Re)$ 가 저감할수록 발광 효율이 보다 높아지는 경향 유지되어 있는 것을 안다면, 도 9의 고유전률 아웃-커플링층을 사용한 소자의  $\delta k(Re)$ 는, 도 7의 소자의 그것과 비교하여 부방향으로 쉬프트한다. 이에 따라서, A1 애노드(혹은 Mg 애노드)에서 최적의 Ag 두께는, 26nm 내지 22nm(Mg의 경우 24nm)다.

[0084] 덧붙여서 말하면, 도 9의 고유전률 아웃-커플링층을 사용한 소자는, 도 7의 소자의 그것과 비교하여 발광 효율이 향상된다. 고유전률 아웃-커플링층은, 캐소드에 있어서의 전과 광의 흡수를 억제할 수 있는 것이 알려져 있다(H. Rielet. al., Appl. Phys. Lett. 82,466-468(2003).). 추가로, 캐소드에 국재하고 있는 SRSPP도 억제할 수 있다. 도 10은, x성분의 SP에너지 산일에 대한 고유전률 아웃-커플링층의 효과를 나타낸다. 구성L과 L'(도 9) 양쪽은, 색도 좌표 CIE\_Yxy (0.136,0.66)에 있어서의 발광 효율이 최대가 되도록 유기 화합물층의 두께가 각각 최적화되어 있다. 도 10에 나타낸 SRSPP 모드(L-2 및 L'-2)를 비교

하면, L'-2의 흡수가 저감하고 있는 것을 안다.

[0085] 상술한 것을 고려하여, 식(I), (I I)를 충족시키는 B소자에 있어서는,  $\delta k(Re)$ 이 작도록, 소자 파라미터(재료 및 두께)를 설정하는 것이 바람직하다. 본 발명에 있어서의 바람직한  $\delta k(Re)$  [rad/m]의 범위는, 도 9의 파선으로 나타나 있는 바와 같이, 하기식 (I I I)의 관계를 구체적으로 충족시킨다. 이때, 본 발명에 있어서는, 최대 피크 파장  $\lambda$ 에서의 진동수  $\omega = 2\pi C_0/\lambda$  ( $C_0$ 는 광의 진공중의 위상속도)에 있어서의, 제1전극과 제2전극에서 각각 발생한 SP 파수의 실수부를,  $k_r(Re)$ ,  $k_s(Re)$ 로 해서,  $\delta k(Re) = k_r(Re) - k_s(Re)$ 이라고 한다.

[0086]  $-4.5 \times 10^6 \leq \delta k(Re) \leq 2.1 \times 10^6$  식(I I I)

[0087] 보통 사용될 수 있는 전하수송층의 굴절률을 감안하면, 반사 전극(20)의 재료는, B영역에 있어서 공기에 대한 반사율이 85%이상이며, 또한, 플라즈마 주파수  $\omega_p$ 가  $16.0 \times 10^{15} [s^{-1}]$ 이상의 재료가 바람직하다. 특히, Al 혹은 (스퍼터)Mg, 혹은 광학특성이 변화되지 않는 정도로 임의의 다른 금속이 첨가된 Al 합금 혹은 Mg 합금이 바람직하다. 또한, 전하주입성 향상을 위해, 상기의 반사율 및 SP 분산 특성을 충족시키는 정도로, Al(합금) 및 Mg(합금) 각각의 위에 금속박막을 적층해도 된다. 캐소드에 관해서는, 상기와 같은 임의의 재료가 캐비티 강도를 높일 수 있기 때문에, Ag 혹은 Al, 혹은 광학특성이 변화되지 않는 정도로 임의의 다른 금속이 첨가된 Ag 합금 혹은 Al 합금이 바람직하다. 또한, 전하주입성 향상을 위해, 상기 SP 분산 특성을 충족시키는 정도로, Al(합금) 및 Ag(합금) 각각에 금속박막을 적층해도 된다.

[0088] 이후, 식(8)을 충족시키는 소자구조의 예를 든다. 상기 소자로부터 방출된 EL스펙트럼의 피크 파장에서 OCL, ETL 및 HTL의  $\lambda = 450nm$ 에서의 굴절률을, 각각  $n_{ocl}$ ,  $n_{etl}$  및  $n_{htl}$ 로서 정의한다. Al 애노드와 Ag 캐소드의 조합에 있어서,  $n_{ocl} = 2.4$ ,  $n_{etl} = 1.9$ 의 경우에,  $n_{htl}$  및 Ag막두께 범위(nm)는, 각각 (1.9, 및 8 내지 29nm); (1.7, 및 6 내지 26nm); 및 (1.5 및 4 내지 27nm)다.  $n_{ocl} = 1.9$ ,  $n_{etl} = 1.9$ 의 경우에,  $n_{htl}$  및 Ag막두께 범위(nm)는, 각각 (1.9, 및 8 내지 38nm); (1.7, 및 7 내지 34nm); 및 (1.5 및 3 내지 32nm)다. Al 애노드 위에 6nm 두께의 Mo를 적층한 애노드와 Ag 캐소드의 조합에 있어서,  $n_{ocl} = 1.9$ ,  $n_{etl} = 1.9$ 의 경우에,  $n_{htl}$  및 Ag막두께 범위(nm)는, 각각 (1.9, 및 18 내지 40nm); (1.7, 및 8 내지 38nm); 및 (1.5 및 4 내지 34nm)다.

[0089] 상기와 같이, 식(8)의 조건을 충족시키는 범위에서 캐비티 강도를 향상시키도록 상기 소자구조를 결정한다.

[0090] 단, 아웃-커플링층의 두께 및 굴절률을 조정하는 것이 바람직하고, 캐소드 상부에 적어도 하나의 반사면을 형성하는 것이 바람직하다. 표 2는, 비교 예로서 반사면이 없는 B소자 105b, 106b 각각의 발광 효율을 나타낸다. 표 2에서 기호 " $\infty$ "는, 두께가 광의 간섭 길이보다도 큰 것을 의미하고 있다. B소자 105b, 106b의 캐소드상의 매질로서는 각각 SiN, 공기를 상정하고 있다. B소자 105b는, 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키고 있는 사실에도 불구하고, 발광 효율은 상기 소자 102b보다 낮다. 그것은, 캐비티 강도가 현저하게 저하하는 것(식(4)의 분자의 감소)에 기인하고 있다. 또한, 표 2는 캐소드 상부가 공기인 소자 106b를 나타낸다. 아울러, 소자 105b에 비교해도, 한층 더 발광 효율이 저하한다. 이것은, 아웃-커플링층이 공기의 경우, 캐소드의 L R S P 모드가 소실하기 때문에, 갭 플라즈몬 억제 조건이 더 이상 충족되지 않기 때문이다.

표 2

소자	에노드		HTL		ETL		캐소드		OCL		$\eta$ [cd/A]	CIE <sub>xy</sub> [Arb. Uni.]	$\delta k(\text{Re})$ [rad/m]
	재료	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	재료	d [nm]	n	d [nm]			
102b	Al	200	1.88	31.5	1.88	35	Ag	26	1.88	65	4.1	(0.137, 0.066)	-1.7 × 10 <sup>8</sup>
105b	Al	200	1.88	28.8	1.88	35	Ag	26	1.99	∞	3.3	(0.135, 0.068)	-2.6 × 10 <sup>8</sup>
106b	Al	200	1.88	27.5	1.88	35	Ag	26	1	∞	3.0	(0.133, 0.066)	-

[0091]

[0092]

본 발명에서는, 캐소드와 접합하는 아웃-커플링층과 전자수송층의 유전률을 각각  $\epsilon_{ocl}$ ,  $\epsilon_{etl}$  이라고 했을 때에,  $\epsilon_{ocl} \geq \epsilon_{etl}$ 의 관계가 되도록 설계하는 것이 바람직하다.

[0093]

표 3은, 비교 예로서 아웃-커플링층을 고굴절률화한 B소자 107b, 전자수송층을 고굴절률화한 B소자 108b, 아웃-커플링층을 저굴절률화한 B소자 109b, 전자수송층을 저굴절률화한 B소자 110b의 발광 효율을 각각 나타낸다. 여기에서는, 간략함을 기하기 위해, 각 유기 화합물층의 소광계수는 0으로 설정한다. 각 소자의 구성은, "기판/에노드/정공수송층(HTL)/발광층(EML)/전자수송층(ETL)/캐소드/아웃-커플링층(OCL)"이라고 하는 구조다. 또한, 모든 소자구조에 있어서, 발광층의 두께를 20 nm로 고정하고, 정공수송층, 전자수송층 및 아웃-커플링층은 상기 식 (I), (II)를 충족시키도록 각 색의 소자에 대해 최적화된다. 또한, 표 3에 있어서의 n 및 d는, 각각  $\lambda_{max}$ 에 있어서의 굴절률과 두께[nm]다. 표 3으로부터  $n_{ocl} \geq n_{etl}$ 의 관계를 충족시키는 B소자 102b, 107b, 110B는, 소자 108b, 109b에 비교해 발광 효율이 개선되는 것을 알 수 있다. 이 관계를 충족하는 경우, 캐비티 강도의 증가와 캐소드 유래의 흡수를 완화할 수 있고, 따라서, 겹 플라즈몬 억제체의 효과를 추가로 효과적으로 이끌어낼 수 있다.

표 3

소자	애노드		HTL		ETL		캐소드		OCL		$\eta$ [cd/A]	CIE <sub>x,y</sub> [A:bi:Uni.]	$\delta$ (Re) [rad/m]
	재료	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	재료	d [nm]	n	d [nm]			
102b	Al	200	1.88	31.5	1.88	35	Ag	26	1.88	65	4.1	(0.137, 0.066)	-1.7 × 10 <sup>5</sup>
107b	Al	200	1.88	27.5	1.88	35	Ag	26	2.19	50	4.3	(0.137, 0.066)	-2.1 × 10 <sup>6</sup>
108b	Al	200	1.88	28.8	2.19	30	Ag	26	1.88	65	3.0	(0.137, 0.067)	-1.4 × 10 <sup>6</sup>
109b	Al	200	1.88	27.5	1.88	35	Ag	26	1.75	72.5	4.0	(0.136, 0.066)	1.2 × 10 <sup>6</sup>
110b	Al	200	1.88	28.8	1.75	36.7	Ag	26	1.88	65	4.7	(0.136, 0.065)	8.6 × 10 <sup>5</sup>

[0094]

[0095]

상기한 갭 플라즈몬 억제 조건이 성립하고 있는 정도로, 갭 플라즈몬의 파수는 가능한 한 작은 쪽이 바람직하다. 이것은, 갭 플라즈몬의 파수를 저감시킴에 의해, 갭 플라즈몬의 DOS를 저감시킬 수 있고, z방향의 S P의 여기속도를 저하시킬 수 있기 때문이다(상태밀도의 정의식은, I. Gontijo et. al., Physical Review B, Vol. 60,(1999),11564.참조).

[0096]

갭 플라즈몬의 파수를 저감시키는 방법은, 애노드와 접합하는 정공수송층 및 캐소드와 접합하는 전자수송층의 복소유전률을 감소시킴과 아울러, 애노드의 SP와 캐소드의 LRSP를 대략 일치시키는 것이 효과적이다. 도 11은, 갭 플라즈몬의 파수와 발광 효율간의 관계를 나타낸다. 여기에서는, 소자구성은, "기관/Al 애노드/정공수송층(HTL)/발광층(EML)/전자수송층(ETL)/Ag 캐소드/아웃-커플링층(OCL)"이라고 하는 구조다. 또한, 모든 소자구조에 있어서, 발광층 및 Ag 캐소드의 두께를 각각 20 nm, 26 nm로 고정하고, 정공수송층, 전자수송층 및 아웃-커플링층은 상기 식 (I), (II)를 충족시키도록 각 색의 소자에 대해 최적화된다. 이 검토에서는, 정공수송층 및 전자수송층의 굴절률을 감소시킴으로써 애노드 및 캐소드의 SP 파수를 조정하고 있다. 여기에서는, 간략함을 기하기 위해 각 유기 화합물층의 소광계수를 0으로 설정한다.

[0097]

도 11로부터, 정공수송층 및 전자수송층의 굴절률을 감소시키면, 갭 플라즈몬의 파수가 저감시키고, 발광 효율이 향상하는 것을 알 수 있다. 덧붙여서 말하면, 구성P와 R의 비교를 하면, 구성P의 갭 플라즈몬의 파수

가 구성R의 그것보다도 작다는 사실에도 불구하고, 발광 효율은 구성R이 구성P보다 높다. 이것은, 전자수송층의 저굴절률화가, 캐소드에 국재하고 있는 S R S P의 억제도 겹하고 있기 때문이다. 정공수송층과 전자수송층의 굴절률을 모두 감소시킨 구성S에서는, 갭 플라즈몬의 파수를 대폭 저감할 수 있어서, 비약적으로 발광 효율을 향상할 수 있다.

[0098] 이점과 관련하여, 상기의 갭 플라즈몬 억제 조건에 있어서, 전하수송층의 적어도 하나의 굴절률은, 발광층의 굴절률이하인 것이 바람직하다.

[0099] 표 4는, 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 소자에 있어서 유기 화합물의 굴절률과 발광 효율, SP 결합비  $W_{sp}$  및 갭 플라즈몬의 파수간의 관계를 나타낸다. 여기에서, 소자구성은, "지지 기판/A 1 애노드/정공수송층/발광층/전자수송층/A g 캐소드(22nm)/아웃-커플링층(45nm)"이라고 하는 구조다. 또한, 모든 소자구조에 있어서, 그 두께는, 정면방향으로의 스펙트럼이 색도 좌표 C I E<sub>Yxy</sub>(0.139, 0.66)를 갖도록 최적화된다. 추가로, 캐소드에 국재하고 있는 S R S P의 영향을 저감시키기 위해서, 아웃-커플링층의 굴절률을 2.4로 설정하였다. 소자 111b와 소자 112b를 비교하면, 발광층의 굴절률이 2개의 전하수송층의 것들보다 작은 소자 112b에서 발광효율이 저감된다는 것을 안다. 소자 112b에서는, 갭 플라즈몬의 파수가 소자 111b보다 작지만, SP결합비  $W_{sp}$ 가 증가한다. 이렇게 SP결합비의 증가는, z방향으로의 SP의 전장이 증가한다는 사실에 기인한다. 즉, z방향의 전속밀도 D가 연속적이기 때문에, 발광층의 유전률  $\epsilon_{eml}$ 이 보다 작아질수록, 전장  $E_{sp}=D/\epsilon_{eml}$ 이 보다 커진다. 이 때문에, 식(7)의 표면 플라즈몬 여기속도(excitation rate)는 증가한다.

[0100] 표 4는, 발광층뿐만 아니라, 제1 전하수송층과 제2 전하수송층도 각각의 굴절률이 저감된 소자 113b 및 114b를 나타낸다. 소자 113b 및 114b의 양쪽의 발광효율이 소자 111b보다 높다. 상기 전극과 접하여 있는 상기 전하수송층의 굴절률이 감소되면, 캐비티 밀도는 증가될 수 있다. 따라서, 발광층의 굴절률이 작은 경우에도, 발광 효율  $\eta$ 을 향상시킬 수 있다. 또한, 소자 113b 및 114b 각각의 SP결합비  $W_{sp}$ 는, 소자 112b와 비교하여 작다. 상기 전극과 접하여 있는 상기 전하수송층의 굴절률이 감소되면, 갭 플라즈몬의 파수는 쉽게 감소될 수 있다. 즉, 식(7)으로 나타낸 갭 플라즈몬의 DOS가 감소될 수 있고, 그 SP의 여기속도가 상기 소자 112b와 비교하여 감소될 수 있다.

[0101] 즉, 갭 플라즈몬 억제 조건에 있어서, 상기 전하수송층의 적어도 하나의 굴절률은, 발광층의 굴절률이 하가 되도록 설계되는 것이 바람직하다. 가장 바람직한 경우는, 소자 115b에 나타낸 바와 같이, 제1 전하수송층과 제2 전하수송층의 굴절률 양쪽은 갭 플라즈몬의 파수가 감소되는 상태에서 상기 발광층의 굴절률보다 작은 경우다. 이 경우에, 상기 SP결합 효율은 저감되고 발광 효율은 비약적으로 증가한다.

표 4

소자	HTL		EML		ETL		CIE <sub>Yxy</sub>	$\eta$ [cd/A]	$W_{sp}$ [%]	Kgap (Re) [ $10^7$ rad/m]
	n	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]				
111b	1.88	33.6	1.88	20	1.88	35	(0.139, 0.066)	4.5	46.9%	3.17
112b	1.88	36	1.65	23	1.88	35	(0.140, 0.066)	4.1	56.3%	3.06
113b	1.65	37	1.65	23	1.88	35	(0.140, 0.066)	5.0	53.7%	2.91
114b	1.88	37	1.65	23	1.65	35	(0.139, 0.066)	5.1	50.3%	2.86
115b	1.65	37	1.88	20	1.65	40	(0.138, 0.065)	7.3	28.2%	2.75

[0102]

[0103] 상기 갭 플라즈몬 억제 조건에 있어서, 천이 다이폴이 발광층의 두께방향에 수직한 방향(기판면내 방향)으로 배향상태를 갖는 발광 분자를, 발광층에서의 발광분자로서 사용하는 것이 바람직하다. 기지의 재료인 4,40-비스[4-(디페닐아미노)스티릴]비페닐(BDASBi) 등을 사용함으로써, 기판면내 방향으로 천이 다이폴의 배향 분포 상태를 한쪽으로 치우치게 한다. J. Frischeisen et. al., Organic Electronics 12, (2011), 809-817.에 기재된 것과 같은 잘 알려진 방법인 스펙트럼 각도 의존성에 의거하여, 천이 다이폴의 배향상태를 평가할 수 있다.

[0104] 표 5는 3종류의 B소자에서 천이 다이폴의 배향분포 상태가 완전 수평인 경우에 정면방향으로의  $W_{oc}^{para}$ ,  $W_{sp}^{para}$ , 및 색도 좌표 및 발광 효율을 나타낸다. 여기에서,  $W_{oc}^{para}$ 는 제조 여기 에너지에 대한 외부 추출 에너지

의 비율에 해당하고,  $W_{sp}^{para}$ 는 제조 여기 에너지에 대한 SP와 결합된 에너지의 비율에 해당한다. 외부 추출 에너지의 비율인  $W_{oc}^{para}$ 에 캐리어 균형인자 및 여기자 생성 효율을 곱하여 얻어진 값은, 외부양자효율에 해당한다. 추가로, 표 5의  $W_{sp}^{para}$ 에서 괄호안에 둘러싸인 값은, 천이 다이폴의 수평배향을 통해 SP 에너지 결합시의 저하의 비율  $\delta W_{sp}$ 이다. 즉, 천이 다이폴의 배향분포가 무작위인 경우에, SP 에너지 결합비가  $W_{sp}^{iso}$ 로서 정의될 때, 방정식  $W_{sp} = (W_{sp}^{para}/W_{sp}^{iso}) - 1$ 이 성립된다. 여기에서 검토한 구성은, "지지 기판/제1전극/제1전하수송층/발광층(20nm)/제2전하수송층/제2전극/아웃-커플링층"이라고 하는 구조다. EML의 굴절률과 분산곡선은, 상기 전하수송층의 것들과 같다. 도 12는 도펀트-1의 PL스펙트럼을 나타내고, 상기 여기자 생성 효율 및 발광 양자 효율을 각각 0.25 및 0.8로 하였다. 상기 B소자 116b와 117b에서 상기 제1전하수송층과 제2전하수송층의 두께가 상기 식(I), (III)를 충족시키고 정면 스펙트럼이 색도 좌표 C I E\_Y x y (0.138, 0.60)를 갖는 상기 설계를 채용한다. 또한, 상기 표는 비교예로서 하부 발광구조를 갖는 소자 118b를 나타낸다. 상기 소자 118b의 제1전하수송층의 두께는, 상기 소자 117b와 같았다.

[0105]

이 표에 의해 밝혀진 것은, 상기 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 상기 소자 117b의  $\delta W_{sp}$ 가 -87.2%로, 임의의 다른 구성과 비교하여 가장 크다는 것이다. 즉, 상기 소자 117b는, 표면 플라즈몬 손실을 상기 천이 다이폴을 수평 배향함으로써 억제하는 큰 효과를 갖는다. 이 때문에, 상기 소자 117b의  $W_{sp}^{para}$ 가 5%정도로, 임의의 다른 구성과 비교하여 가장 작다. 이것은, 상기 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시킬 경우, 도 5에서 보여진 것처럼, 상기 SP에서 발생한 전장의 x성분이 EML에서 0이 된다는 사실에 기인한다. J. Frischeisen et. al., Organic Electronics 12,(2011),809-817에 기재된 것과 같은 하부 발광 구성은 하나의 유전성/금속 계면만을 가짐에 따라서, 상기 계면에서 발생한 SP의 전장이 반루프형의 전장이다. 즉, SP의 전장이 인가되는 영역에 있어서, SP의 전장의 x성분이 0으로 설정될 수 없다. 이것은, 상기 소자 117b보다 작은 상기 소자 118b의  $\delta W_{sp}$ 가 -77.5%이라는 사실로부터 알 수 있다. 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족하고 상기와 같이 천이 다이폴이 발광층의 면내방향으로 배향순서를 갖는 발광분자를 사용함으로써, 표면 플라즈몬 손실을 상당히 억제하고, 정면 발광 효율과 외부 양자효율을 현저하게 향상할 수 있다. J. Frischeisen et. al., Organic Electronics 12,(2011),809-817등에 기재된 것과 같이 잘 알려진 방법인 스펙트럼 각도 의존성에 의거하여 천이 다이폴의 배향상태가 평가될 수 있다.

표 5

소자	제 1 전극		1st CTL		2nd CTL		제 2 전극		OCL		W <sub>part oc</sub> [%]	W <sub>part sp</sub> [%] (3W <sub>sp</sub> [%])	CIE <sub>x,y</sub>	η [cd/A]
	재료	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	재료	d [nm]	n	d [nm]				
116b	Ag	200	1.88	29.4	1.88	35	Ag	22	2.4	45	18.6%	41.2% (-38.8%)	(0.138, 0.060)	4.6
117b	Al	200	1.88	37	1.88	35	Ag	22	2.4	45	36.6%	5.1% (-87.2%)	(0.138, 0.060)	8.0
118b	Al	200	1.88	37	1.88	35	IZO	73	1.5	∞	30.3%	9.9% (-77.5%)	(0.136, 0.089)	7.4

[0106]

[0107]

식(I), (I I)를 충족시키는 B소자를 사용해서 구성된 표시장치에 있어서, 반사 전극 및 투명전극이 R, G, B소자에서 공통일 경우, B소자에서 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 조합을 선택하는 것이 바람직하다. 표 6은, 유기EL소자(101, 102)로 구성된 표시장치의 250 cd/m<sup>2</sup>에 있어서의 소비 전력을 나타낸다. 그 계산은, 3인치, 3:4의 "수직:수평" 비율, 개구율 25%, 및 구동전압 8.7V의 조건에서 실행된다.

[0108]

또한, 표시장치 101r g b는 B소자 101b, G소자 101g 및 R소자 101r로 구성되고, 표시장치 102r g b는 B소자 102b, G소자 102g, R소자 102r로 구성되어 있다. 표 6으로부터 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 B소자 102b로 구성된 표시장치 102r g b는, 표시장치 101r g b보다 소비 전력이 낮다는 것을 알 수 있다.

[0109]

또한, 수율과 프로세스 간이성의 관점에서, 전자수송층, 캐소드, 또는 아웃-커플링층 등의 발광층보다 상부의 층을 공통층으로서 형성하는 것이 많다. 그러한 경우에 있어서도, B소자에서 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 조합을 선택하는 것이 바람직하다. 표 6은, 표시장치 103r g b와 104r g b간의 비교를 나타낸다. 여기에서 사용된 "103r g b"란, 유기EL소자(101)와 같은 종류의 재료로 구성되고, R소자 및 G소자 각각의 전자수송층 두께, 캐소드 두께, 및 아웃-커플링층의 두께가 B소자 101b의 그것과 같은 경우에 해당한다(R소자 103r, G소자 103g). 마찬가지로, "104r g b"란, R소자 및 G소자 각각의 정공수송층 및 아웃-커플링층의 두께가

B소자 102b의 그것과 같은 경우에 해당한다(R소자 104r, G소자 104g). 표시장치 101r g b와 102r g b 간의 관계와 같이, B소자에서 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 조합으로서의 표시장치 104r g b의 소비 전력은 표시장치 103r g b의 그것보다 작은 것을 안다.

표 6

	$\eta$ [cd/A]			소비전력 [mW]
	R	G	B	
101rgb	45.2	33.9	3.2	296.8
102rgb	29.1	30.9	4.1	292.0
103rgb	29.6	29.9	3.2	326.6
104rgb	22.2	26.9	4.1	324.4
105rgb	45.2	33.9	4.1	265.2
106rgb	29.6	29.9	4.1	295.2

[0110]

[0111]

또한, R, G 및 B소자마다 다른 반사 전극을 채용할 경우에는, R소자와 G소자 각각에서 캐비티 강도를 최대로 하는 조합을 선택하는 것이 바람직하고, B소자에서는 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 조합을 선택하는 것이 바람직하다. 표 6은, 표시장치 105r g b, 106r g b의 소비 전력을 나타낸다. 표시장치 105r g b는 R, G, B소자(101r, 101g, 102b)로 구성되고, 표시장치 106r g b는 R, G, B소자(103r, 103g, 102b)로 구성되어 있다. 표시장치 105r g b의 소비 전력은, 표시장치 102r g b의 그것과 비교하여 저감되고, 표시장치 106r g b의 소비 전력은, 표시장치 104r g b의 그것과 비교하여 저감되어 있다.

[0112]

본 발명의 유기 EL소자는, 상기한 바와 같이, 금속전극에 있어서의 SP손실이 저감되어, 발광 효율이 높다. 따라서, 유기 EL소자를 각각 사용한 각종 장치에 본 발명을 적용함으로써, 보다 높은 특성을 얻는다. 구체적인 예시는, 본 발명의 유기 EL소자와, 그 유기 EL소자의 발광을 제어하는 제어회로를 구비한 발광장치다. 발광장치의 예시들은, 조명장치와 전자사진방식의 화상형성장치의 노광 광원과, 액정표시장치의 백라이트를 포함한다. 화상형성장치는, 노광 광원(상기 발광장치)과, 그 노광 광원에 의해 잠상이 형성되는 감광체와, 그 감광체를 대전하는 대전수단을 구비한다.

[0113]

또한, 청색을 방출한 유기 EL소자와, 녹색을 방출한 유기 EL소자와, 적색을 방출한 유기 EL소자가 배열된 발광소자 어레이에 있어서, 본 발명의 유기 EL소자를 청색을 방출한 유기 EL소자로서 사용할 수 있다.

[0114]

이 발광소자 어레이는, 표시장치에 사용될 수 있다. 구체적으로는, 표시장치는, 발광소자 어레이와, 외부에서 입력된 화상신호를 기초로 발광소자 어레이에 원하는 화상을 표시하기 위한 제어회로를 구비하고 있다. 표시장치의 예들은, TV수신기, 퍼스널 컴퓨터, 휴대전화, 휴대 게임기, 휴대 음악재생장치, 휴대 정보단말(PDA), 및 카 네비게이션 시스템을 포함한다.

[0115]

또한, 본 실시예의 발광소자 어레이는, 디지털 카메라나 디지털 비디오카메라등의 촬상장치의 표시부나 전자 뷰파인더에 배치되어도 된다. 촬상장치는, 촬상하기 위한 촬상광학계나 CMOS 센서등의 촬상소자를 더욱 구비한다. 또한, 촬상소자는, 상기 발광소자 어레이의 발광면의 상부이외의 위치에 배치되어 있다.

[0116]

이하, 본 발명의 구체적인 예시에 관하여 설명한다.

[0117]

(예시 1)

[0118]

예시 1에서는, 다른 PL스펙트럼에 있어서도 갭 플라즈몬 억제 조건 (식 (I I I))이 성립하는 것을 나타낸다.

[0119]

도 12는, 본 검토에서 사용한 도펀트-1의 PL스펙트럼을 나타낸다. 도펀트-1의 PL스펙트럼은 피크 파장이 451nm이며, 더블 피크를 가진다.

[0120]

도 13 및 도 14는, 발광 분자가 도펀트-1인 경우에, 애노드와 캐소드의 SP의 파수차이  $\delta k(Re)$ 와 발광 효율간의 관계를 각각 나타낸다. 도 13 및 도 14의 아웃-커플링층의  $\lambda_{max}$ 에서의 굴절률은 각각, 1.88, 2.4이다. 여기서 검토한 각 소자구성은, "기판/애노드/정공수송층(HTL)/발광층(EML)/전자수송층(ETL)/캐소드/아웃-커플링층(OCCL)"이라고 하는 구조다. 이 검토에서의 유기 화합물층의 유전률(또는 굴절률)과 그 분산 특성은, 도 7과 동일하다. 또한, 정공수송층, 전자수송층, 캐소드 및 아웃-커플링층의 두께는, 식(I), (I I)를 충족시키는 정도로, 색도 좌표  $CIE_{Yxy}(0.137, 0.60)$ 에 있어서의 발광 효율이 최대가 되도록 최적

화되어 있다.

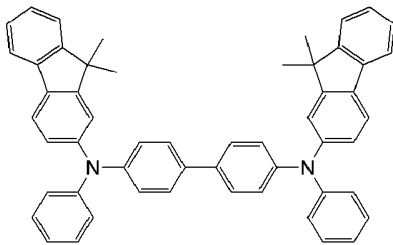
[0121] 도 13 및 도 14 각각에 있어서의  $\delta k(Re)$ 와 발광 효율간의 관계는, DAC에서 얻어진 그것(도 7 또는 도 9)과 같은 경향을 나타냄에 따라서, 갭 플라즈몬 억제 조건(식 (I I I))을 충족시키고 있는 것을 나타내었다.

[0122] (예시 2)

[0123] 도 7에 나타낸 시뮬레이션으로 얻어진 결과에 있어서의 구성A와 B의 효과에 대해서 확인한다.

[0124] 본 예시에서는, AlNd와 Ag/ITO 애노드를 사용했다. AlNd 애노드는, 유리 기판 위에, 알루미늄합금(AlNd)을 100nm 두께의 막으로 스퍼터링법에 의해 형성하여서, 형성했다. Nd의 첨가율은 2.0질량%이다.

[0125] Nd의 첨가율은, Al의 광학특성에 영향이 미치지 않는 것을 확인하였다. 또한, Ag/ITO 애노드는, 유리 기판 위에 Ag를 100nm 두께의 막으로 형성하고, 이 막 위에 ITO를 10nm 두께의 막으로 형성하여서 얻어졌다. 스퍼터링법은 Ag와 ITO 모두를 상기 막으로 형성하는데 이용된다. 이러한 애노드 위에 순차로, 진공증착법으로 유기 화합물층을 형성했다. 성막순서는 아래와 기재된 것과 같다. 정공수송층으로서 아래에 기재된 화합물 1을, AlNd 애노드 위에 20nm의 두께로 성막하고, 또한 Ag/ITO 애노드 위에 5nm의 두께로 성막했다.

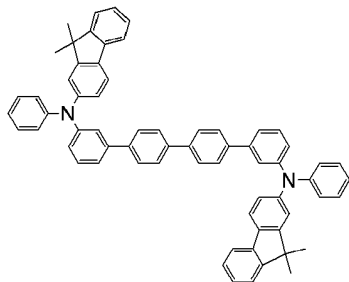


화합물 1

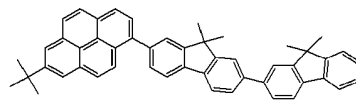
[0126]

[0127] 다음에, 전자블록층으로서 하기에 나타내는 구조의 화합물 2를 10nm의 두께로 성막했다. 다음에, 발광층으로서 하기에 나타내는 구조의 화합물 3과 화합물 4를 각각 성막 속도 0.98Å/s, 0.02Å/s로 공증착하였다. 이렇게 하여, 두께 20nm의 발광층을 형성했다. 다음에, 전자수송층으로서 하기 구조의 화합물 6을 20nm의 두께로 성막했다. 다음에, 전자주입층으로서 하기에 나타내는 구조의 화합물 6과 Cs를 각각 성막 속도 3.0Å/s, 0.3Å/s로 공증착해 10nm의 두께로 성막했다. 캐소드로서는 Ag(24nm)의 광 투과성의 금속박막을 형성했다. 이때, 팔호내의 수치는, 대응한 금속의 두께다.

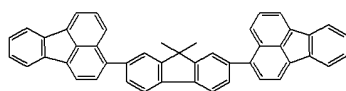
[0128] 또한, 아웃-커플링층으로서, 전자수송층으로서 하기에 나타낸 구조의 화합물 5를 70nm의 두께로 성막했다.



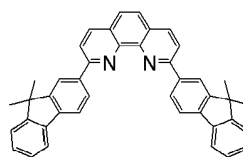
화합물 2



화합물 3



화합물 4



화합물 5

[0129]

[0130]            최후에, 질소분위기중의 글로브 박스에서, 건조제를 함유하는 밀봉 유리(도면에 나타내지 않는다)와 유리 기관의 성막면을 UV경화 수지를 사용해서 봉지했다.

표 7

	에노드		ITO		HTL		ETL		EIL		캐소드		OCL		$n$ [cd/A]	CIE <sub>xy</sub> [A/bi Unit.]	$\delta k(Re)$ [rad/m]
	재료	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]	n	d [nm]					
예시 1-1	AlNd	100	-	-	1.88	20	1.86	20	1.81	10	Ag	24	1.86	70	4.1	(0.146, 0.056)	$1.53 \times 10^5$
예시 1-2	Ag	100	1.96	10	1.88	5	1.86	20	1.81	10	Ag	24	1.86	70	2.5	(0.140, 0.057)	$6.43 \times 10^6$

[0131]

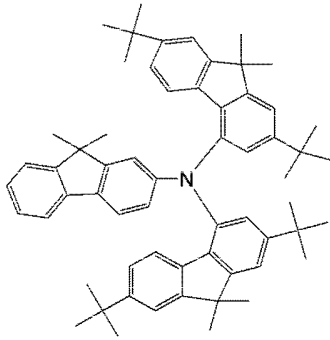
[0132]            표 7은, 실험으로 얻어진 유기EL소자의 발광 효율을 나타낸다. 또한, 표 7의 유기 화합물층의 굴절률의 값은, 분광 엘립소미터로 측정되어, 광의 피크 파장  $\lambda$ 가 450nm일 때의 값이다.  $\delta k(Re)$ 는, 상기한 시물레이션법으로부터 구했다. 갭 플라즈몬 억제 조건을 충족시키는 Al:Nd에노드를 사용한 예시 1-1의 발광 효율이, Ag/ITO에노드를 사용한 예시 1-2의 그것보다도 높은 것이 확인되었다.

[0133]            (예시 3)

[0134]            진술한 시물레이션 결과로 높은 효율을 제공한 갭 플라즈몬의 저파수화의 효과를 확인한다. 이번은, 에노드에 접한 정공수송층을 저굴절률화했을 경우를 검토했다.

[0135]            본 실시예는, 굴절률이 다른 2개의 정공수송층을 사용했다. 정공수송층의 한쪽은 상술한 화합물 1( $\lambda$

=450 nm에 있어서 굴절률 $n=1.88$ )이며, 또 한쪽은 화합물 1의 것보다 저굴절률의 화합물 6( $\lambda=450$  nm에 있어서 굴절률 $n=1.65$ )이었다.



화합물 6

[0136]

[0137]

본 예시의 소자는 다음과 같이 제작하였다. 우선, 유리 기판 위에, 알루미늄합금(A1Nd)을 100 nm 두께의 막으로 스퍼터링법으로 형성하여, 애노드를 형성했다. Nd의 첨가율은 2.0질량%이다. 이 애노드 위에 차례차례, 진공증착법으로 유기 화합물층을 형성했다. 성막순서를 아래에 기술된 것과 같다. 정공수송층으로서 상기의 화합물 1을 18 nm 두께의 막 혹은 화합물 6을 21 nm 두께의 막으로 형성하였고, 전자블록층으로서 상기한 구조의 화합물 2를 10 nm 두께의 막으로 형성했다. 다음에, 발광층으로서, 상기한 구조의 화합물 3과 화합물 4를 각각 성막 속도 0.98 Å/s 및 0.02 Å/s로 공증착하였다. 그리고, 두께 20 nm의 발광층을 형성했다. 이어서, 전자수송층으로서, 상기한 구조의 화합물 5를 30 nm 두께의 막으로 형성했다. 그 후, 캐소드로서는, AgCs(6 nm)/Ag(20 nm)의 광 투과성의 적층 금속박막을 형성했다. 여기에서, 캐소드의 전자수송층과 접한 층에 Ag과 Cs로 이루어진 Ag합금을 배치함으로써, 전자수송층에의 전자주입을 용이하게 한다. 이때, 괄호내의 수치는 대응한 금속의 두께다. 이 Cs 농도에 있어서는, Cs도핑에 의한 Ag의 광특성에 대한 영향은 보여지지 않았다. 또한, 아웃-커플링층으로서, 상기 구조의 화합물 5를 70 nm 두께의 막으로 형성했다.

[0138]

최후에, 질소분위기중의 글로브박스에서, 건조제를 함유한 밀봉 유리(도면에 나타내지 않는다)와 유리 기판의 성막면을, UV경화 수지를 사용해서 봉지했다.

[0139]

한편, 본 예시에서 제작한 어떠한 유기EL소자도  $\lambda/4$ 구성을 갖는다. 또한, 화합물 1, 화합물 2에 있어서의 애노드와 캐소드간의 SP파수차이는, 각각  $1.5 \times 10^5$ ,  $7.4 \times 10^5$  [rad/m]이기 때문에, 각 소자는 상기식(III)을 충족시킨다.

[0140]

도 15는 실험으로 얻어진 유기EL소자의 색도-발광 효율 곡선을 나타내며, 도 16은 각 유기EL소자에 대응하는 충구성을 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 도 15중의 개방 원 플롯으로 표시된, 정공수송층에 화합물 1을 사용한 유기EL소자는, 0.065의 CIEy에서 4.1 cd/A 정도의 발광효율을 갖는다. 한편, 도 15의 채워진 원과 곡선으로 표시된 굴절률이 낮은 화합물 2를 사용한 유기EL소자는 0.065의 CIEy에서 5.3 cd/A 정도로 높은 발광 효율을 나타낸다. 그래서, 저굴절률화에 의한 화합물 2를 사용한 유기EL소자의 발광 효율 증가율은 화합물 1을 사용한 유기EL소자의 것에 1.3배다. 또한, 도 16에서, 실선은 화합물 2를 사용한 소자를 나타내고, 파선은 화합물 1을 사용한 소자를 나타낸다. 화합물 2의 시뮬레이션에서 얻어진 증가율은, 화합물 1의 약 1.3배가 되고, 그 시뮬레이션 결과는 실험 결과와 일치된다는 것이 확인되었다.

[0141]

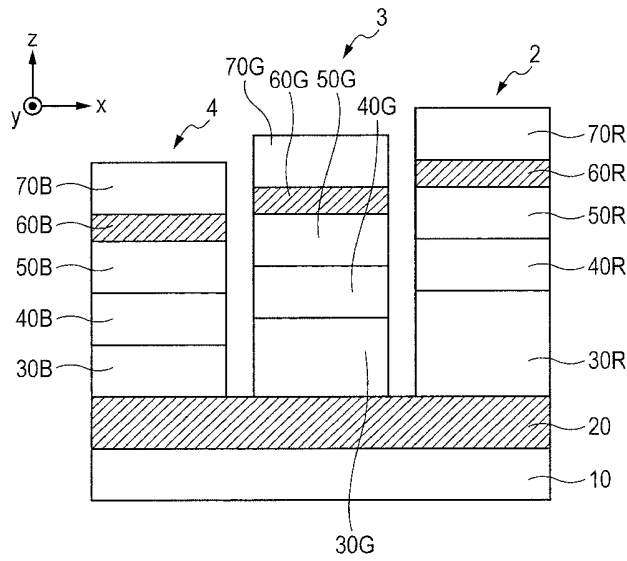
구체적으로, 본 예시에서는, 시뮬레이션 결과가 실험 결과와 일치된다는 것이 확인되고, 애노드와 접하는 정공수송층(3)의 굴절률을 저하시켜, 갭 플라즈몬의 파수를 저감시킴으로써, 발광 효율이 개선되는 것이 표시되었다.

[0142]

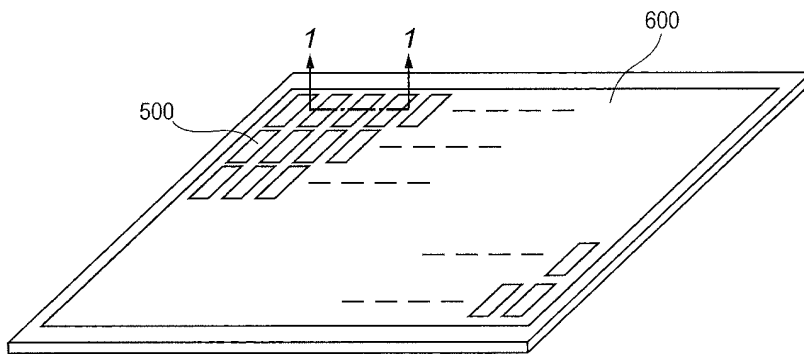
본 발명을 예시적 실시예들을 참조하여 기재하였지만, 본 발명은 상기 개시된 예시적 실시예들에 한정되지 않는다는 것을 알 것이다. 아래의 청구항의 범위는, 모든 변형, 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 아주 넓게 해석해야 한다.

도면

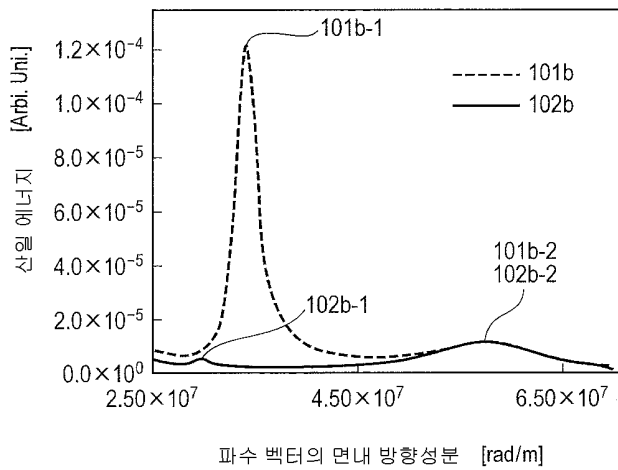
도면1



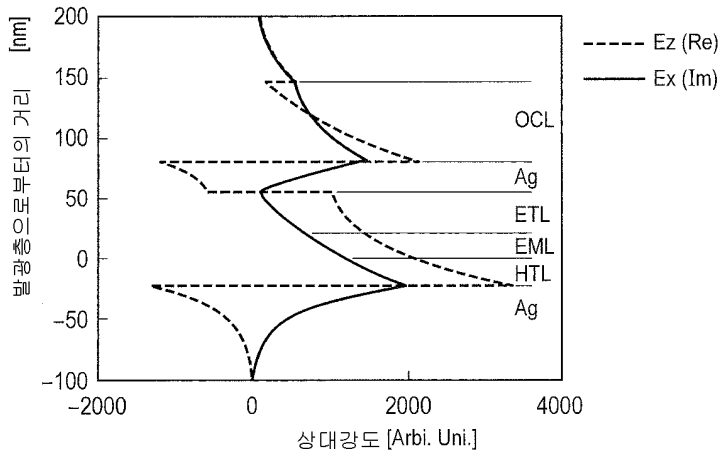
도면2



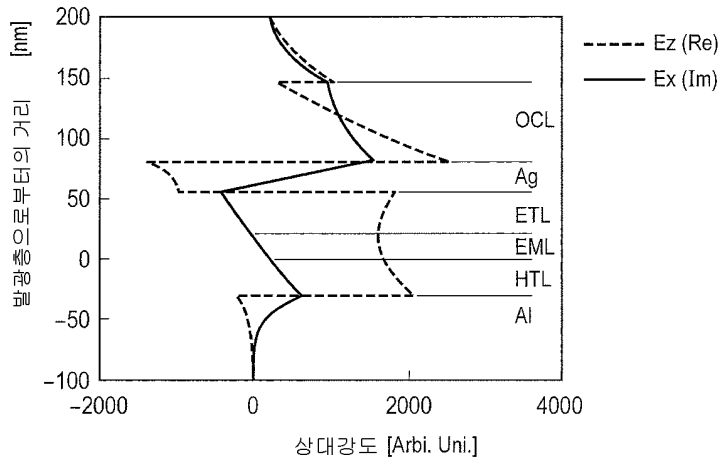
도면3



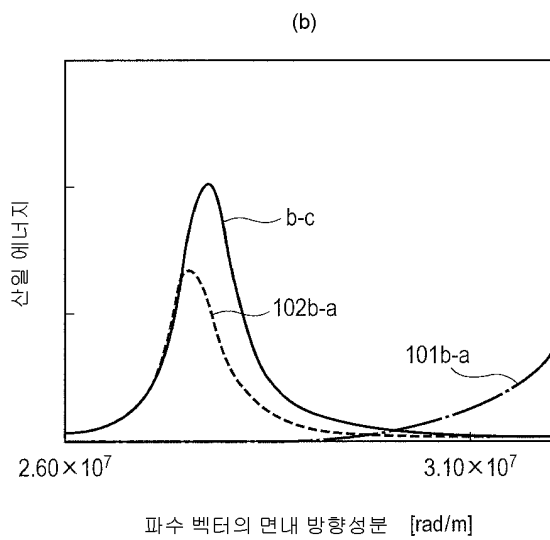
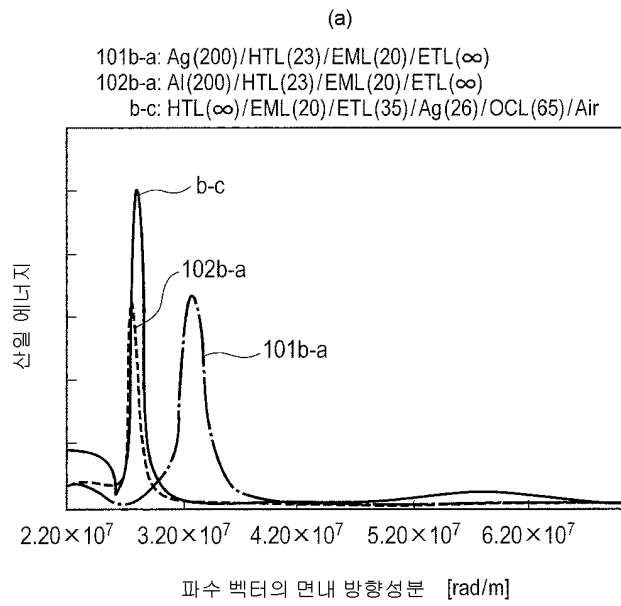
도면4



도면5

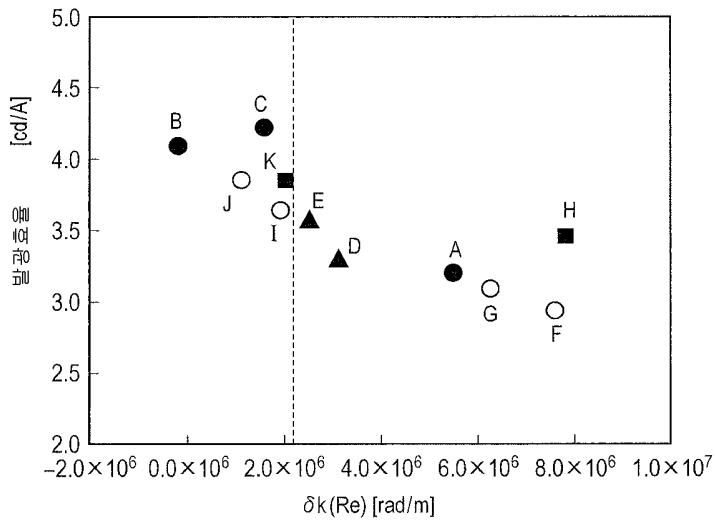


도면6



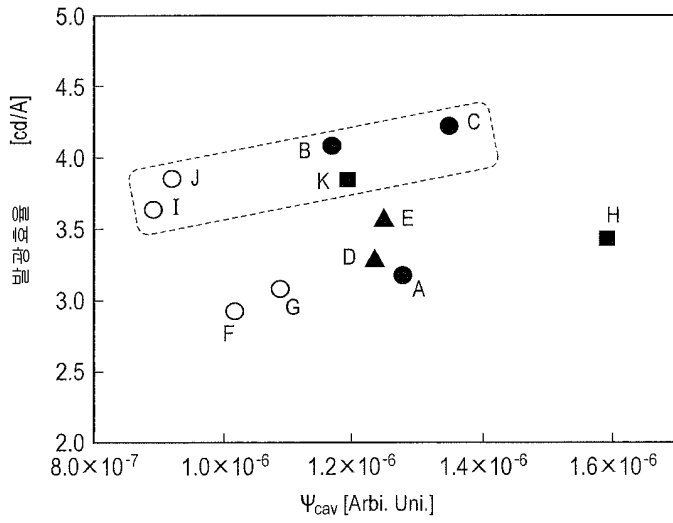
도면7

	애노드	캐소드
A	Ag	Ag(26)
B	Al	Ag(26)
C	Mg	Ag(26)
D	Ag/Mg(5)	Ag(26)
E	Ag/Mg(8)	Ag(26)
F	Ag	MgAg(18)
G	Ag	MgAg(7.7)/Ag(14.5)
H	Ag	Al(10)
I	Al	MgAg(19.5)
J	Al	MgAg(8.1)/Ag(13)
K	Al	Al(7)



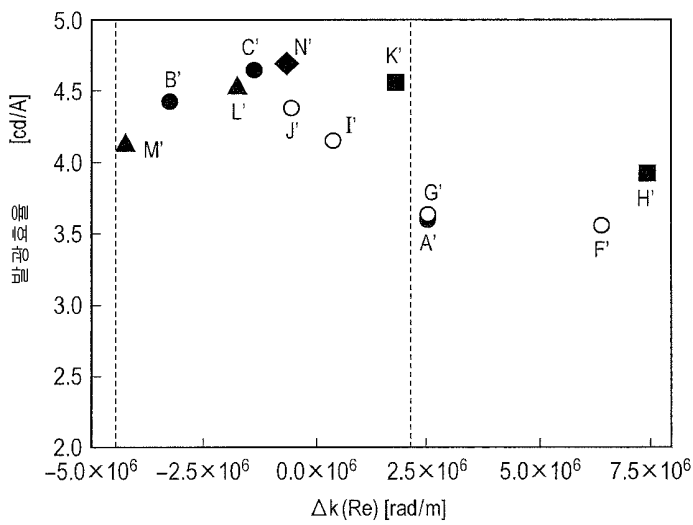
도면8

	애노드	캐소드
A	Ag	Ag(26)
B	Al	Ag(26)
C	Mg	Ag(26)
D	Ag/Mo(5)	Ag(26)
E	Ag/Mo(8)	Ag(26)
F	Ag	MgAg(18)
G	Ag	MgAg(7.7)/Ag(14.5)
H	Ag	Al(10)
I	Al	MgAg(19.5)
J	Al	MgAg(8.1)/Ag(13)
K	Al	Al(7)



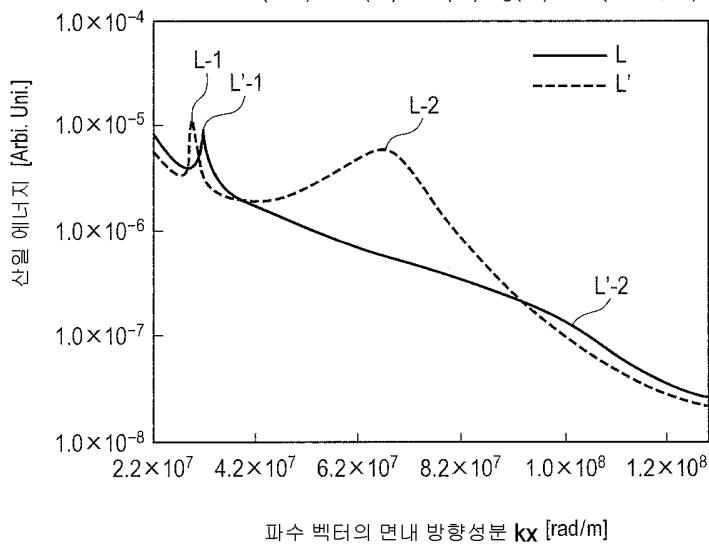
도면9

	애노드	캐소드
A'	Ag	Ag (26)
B'	Al	Ag (26)
C'	Mg	Ag (26)
F'	Ag	MgAg (18)
G'	Ag	MgAg (7.7)/Ag (14.5)
H'	Ag	Al (10)
I'	Al	MgAg (19.5)
J'	Al	MgAg (8.1)/Ag (13)
K'	Al	Al (7)
L'	Al	Ag (22)
M'	Al	Ag (30)
N'	Mg	Ag (24)



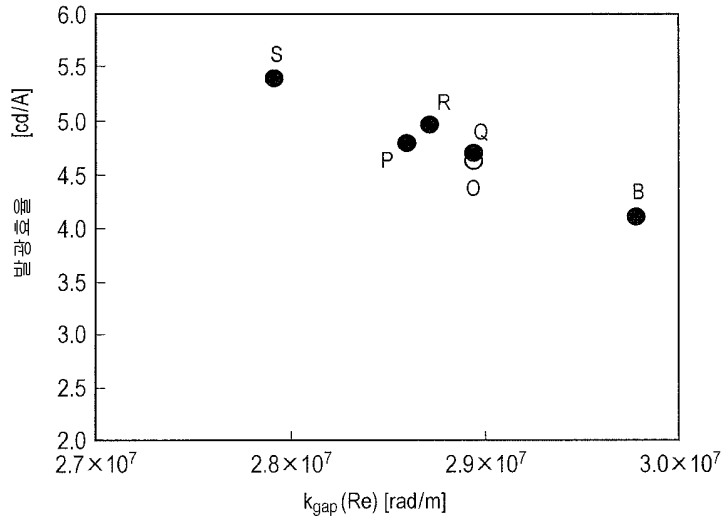
도면10

L: Al/HTL(30)/EML(20)/ETL(35)/Ag(22)/OCL( $n=1.88$ , 65)  
 L': Al/HTL(33.6)/EML(20)/ETL(35)/Ag(22)/OCL( $n=2.4$ , 45)

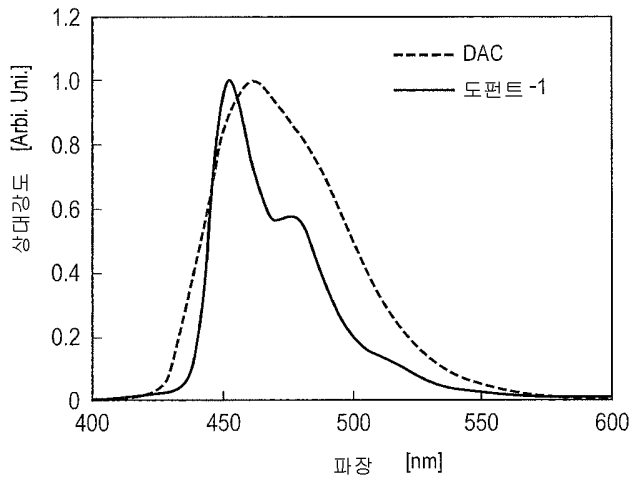


도면11

	HTL	ETL	$\delta k(\text{Re})$ [rad/m]
B	1.88	1.88	$-2.0 \times 10^5$
O	1.75	1.88	$-6.4 \times 10^5$
P	1.69	1.88	$-8.2 \times 10^5$
Q	1.88	1.75	$-1.5 \times 10^5$
R	1.88	1.69	$1.1 \times 10^6$
S	1.75	1.75	$-5.3 \times 10^5$

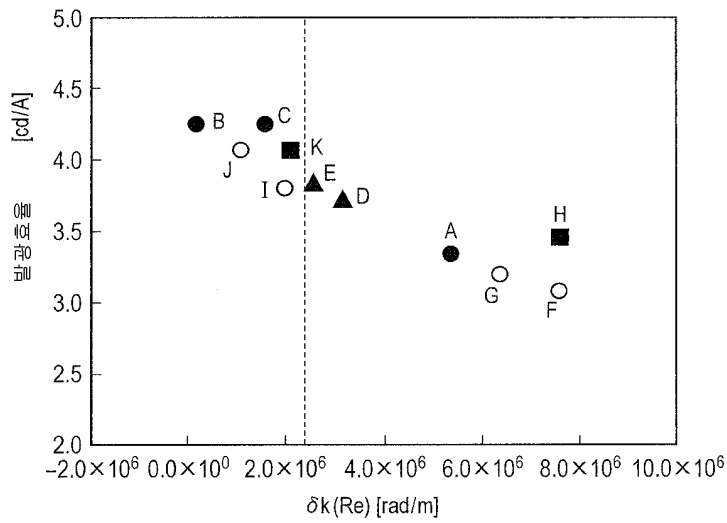


도면12



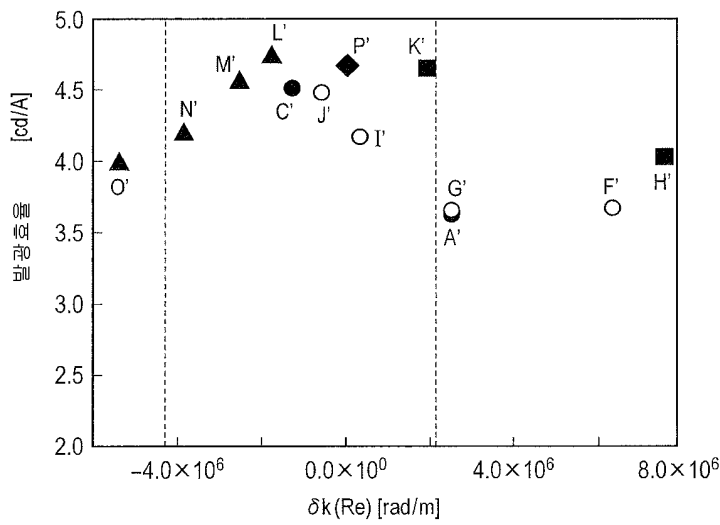
도면13

	애노드	캐소드
A	Ag	Ag (26)
B	Al	Ag (26)
C	Mg	Ag (26)
D	Ag/Mg (5)	Ag (26)
E	Ag/Mg (8)	Ag (26)
F	Ag	MgAg (18)
G	Ag	MgAg (7.7)/Ag (14.5)
H	Ag	Al (10)
I	Al	MgAg (19.5)
J	Al	MgAg (8.1)/Ag (13)
K	Al	Al (7)

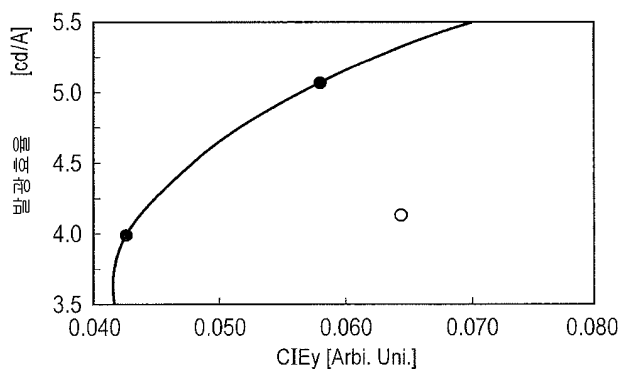


도면14

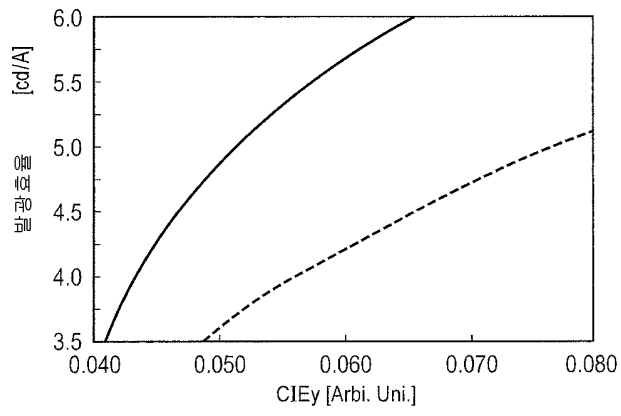
	애노드	캐소드
A'	Ag	Ag (26)
C'	Mg	Ag (26)
F'	Ag	MgAg (18)
G'	Ag	MgAg (7.7)/Ag (14.5)
H'	Ag	Al (10)
I'	Al	MgAg (19.5)
J'	Al	MgAg (8.1)/Ag (13)
K'	Al	Al (7)
L'	Al	Ag (22)
M'	Al	Ag (24)
N'	Al	Ag (28)
O'	Al	Ag (30)
P'	Mg	Ag (22)



도면15



도면16



专利名称(译)	标题：有机电致发光装置和使用该装置的发光装置，图像形成装置，发光装置		
公开(公告)号	<a href="#">KR1020130018151A</a>	公开(公告)日	2013-02-20
申请号	KR1020120087083	申请日	2012-08-09
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能sikki有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	佳能sikki有限公司		
[标]发明人	KAJIMOTO NORIFUMI		
发明人	KAJIMOTO, NORIFUMI		
IPC分类号	H01L51/52 H05B33/22		
CPC分类号	H01L51/5275 H01L51/5218 H01L2251/558 H01L51/5265 H01L51/5203 H01L27/3216 H01L51/5212 H01L51/5228 H01L51/5262		
代理人(译)	权泰BOK		
优先权	2012158263 2012-07-17 JP 2011176583 2011-08-12 JP 2012021715 2012-02-03 JP		
其他公开文献	KR101451099B1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

对于满足 $\lambda/4$ 干涉条件的钢腔，控制具有提高的发光效率S P loss的有机电致发光器件。在该有机电致发光器件中产生的表面等离子体之间的波数差 $\delta k (Re)$  的每个反射电极和透明电极属于特定范围的峰值波长在440nm上发射小于470nm的光。

