



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월06일

(11) 등록번호 10-2417945

(24) 등록일자 2022년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 51/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 51/5016 (2013.01)

H01L 51/5024 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7043176(분할)

(22) 출원일자(국제) 2013년02월28일

심사청구일자 2021년12월29일

(85) 번역문제출일자 2021년12월29일

(65) 공개번호 10-2022-0003654

(43) 공개일자 2022년01월10일

(62) 원출원 특허 10-2021-7013408

원출원일자(국제) 2013년02월28일

심사청구일자 2021년06월02일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/056212

(87) 국제공개번호 WO 2013/137089

국제공개일자 2013년09월19일

(30) 우선권주장

JP-P-2012-057241 2012년03월14일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

Y.Fang et al., Polymer Journal (2010) 42,
pp.327-335

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼

일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자

야마자키 슌페이

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

세오 사토시

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 9 항

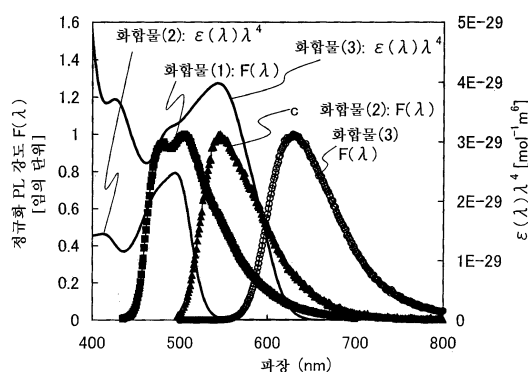
심사관 : 윤난영

(54) 발명의 명칭 발광 소자

(57) 요약

본 발명의 목적은, 복수종의 발광 도펀트를 사용하고 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 하나의 실시형태에서는, 각각 상기 발광 소자를 사용함으로써 감소된 전력 소비를 갖는, 발광 장치, 발광 모듈, 발광 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치가 제공된다. 분자간 에너지 전달의 메커니즘 중 하나인 포스터 메커니즘에 주목한다. 에너지를 공여하는 분자의 발광 파장과, 에너지를 수용하는 분자의 흡수 스펙트럼에 파장의 4제곱을 곱하여 얻은 그래프의 최장파장측의 극대값이 오버랩되게 함으로써 포스터 메커니즘에 의한 효율적인 에너지 전달이 달성된다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

히라카타 요시하루

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

이시소네 다카히로

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내

(56) 선행기술조사문헌

KR1020040012843 A

JP2010129252 A

JP2012028318 A

KR1020150008859 A

JP2007250296 A

명세서

청구범위

청구항 1

발광 소자로서,

제1 전극;

제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 제1 발광층으로서, 제1 화합물 및 제1 호스트 재료를 포함하는 상기 제1 발광층;

상기 제1 발광층과 상기 제2 전극 사이의 제2 발광층으로서, 제2 화합물 및 상기 제1 호스트 재료를 포함하는 상기 제2 발광층; 및

상기 제2 발광층과 상기 제2 전극 사이의 제3 발광층으로서, 제3 화합물과 제2 호스트 재료를 포함하는 상기 제3 발광층

을 포함하고,

상기 제3 화합물의 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측 피크는 상기 제2 화합물의 발광 스펙트럼과 중첩하고,

λ 는 파장을 나타내고,

$\varepsilon(\lambda)$ 는 상기 파장 λ 에서의 몰 흡광 계수를 나타내고,

상기 발광 소자의 발광 스펙트럼에서 상기 제3 화합물로부터 방출되는 발광 피크는 상기 제2 화합물로부터 방출되는 발광 피크보다 긴 파장인, 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 화합물, 상기 제2 화합물, 및 상기 제3 화합물은 각각 상이한 발광색을 나타내는, 발광 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 화합물, 상기 제2 화합물, 및 상기 제3 화합물 각각은 인광성 화합물인, 발광 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 발광층은 상기 제2 발광층과 접하는, 발광 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 발광층은 상기 제3 발광층과 접하는, 발광 소자.

청구항 6

발광 소자로서,

제1 전극;

제2 전극;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이의 제1 발광층으로서, 제1 화합물 및 제1 호스트 재료를 포함하는 상기 제1 발광층;

상기 제1 발광층과 상기 제2 전극 사이의 제2 발광층으로서, 제2 화합물 및 상기 제1 호스트 재료를 포함하는 상기 제2 발광층; 및

상기 제2 발광층과 상기 제2 전극 사이의 제3 발광층으로서, 제3 화합물과 제2 호스트 재료를 포함하는 상기 제3 발광층

을 포함하고,

상기 제1 화합물, 상기 제2 화합물, 및 상기 제3 화합물 각각은 인광성 화합물이고,

상기 제3 화합물의 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측 피크는 상기 제2 화합물의 발광 스펙트럼과 중첩하고,

λ 는 파장을 나타내고,

$\varepsilon(\lambda)$ 는 상기 파장 λ 에서의 몰 흡광 계수를 나타내고,

상기 제2 발광층은 상기 제1 발광층 및 상기 제3 발광층과 접하는, 발광 소자.

청구항 7

제1항 또는 제6항에 있어서,

상기 제2 화합물은 520 nm 내지 600 nm의 파장 범위 내에서 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 8

제1항 또는 제6항에 있어서,

상기 제3 화합물은 600 nm 내지 700 nm의 파장 범위 내에서 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 9

제1항 또는 제6항에 있어서,

상기 제2 전극은 주석을 함유하는 산화인듐을 포함하는, 발광 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 각각 유기 화합물을 발광 물질로서 사용하는 발광 소자, 표시 장치, 발광 장치, 전자 기기, 조명 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 일렉트로루미네센스 (EL)를 사용하는 발광 소자에 대한 연구 및 개발이 널리 수행되고 있다. 이러한 발광 소자의 기본적인 구조에서는, 한 쌍의 전극 사이에 발광 물질을 함유하는 층이 삽입되어 있다. 이 소자에 전압을 인가함으로써, 발광 물질로부터 발광을 얻을 수 있다.

[0003] 이러한 발광 소자는 자기 발광형 소자이고, 예를 들어, 액정 디스플레이에 비해 높은 화소 시인성을 갖고 백라이트에 대한 필요성이 없다는 점에서 이점을 갖고; 따라서, 이러한 발광 소자는 평판 디스플레이 소자에 적합한 것으로 고려된다. 이러한 발광 소자를 포함하는 디스플레이는 또한, 이들이 박형이고 경량일 수 있다는 점에서 매우 유리하다. 또한, 매우 높은 응답 속도가 이러한 소자의 특징 중 하나이다.

[0004] 이러한 발광 소자의 발광 층은 필름 형태로 형성될 수 있기 때문에, 이들은 평면 발광을 제공하는 것을 가능하게 한다. 따라서, 대면적 소자가 용이하게 형성될 수 있다. 이는 백열 전구 및 LED로 대표되는 점 광원 또는 형광등으로 대표되는 선 광원으로는 얻어지기 어려운 특징이다. 따라서, 발광 소자는 또한 조명 등에 응용가능한 평면 광원으로서 높은 가능성을 갖는다.

- [0005] 발광 물질로서 사용되는 유기 화합물을 함유하는 층이 한 쌍의 전극 사이에 제공된 유기 EL 소자의 경우, 한 쌍의 전극 사이에 전압을 인가함으로써 캐소드(cathode)로부터 전자 및 애노드(anode)로부터 정공이 발광성을 갖는 유기 화합물을 함유하는 층에 주입되고, 따라서 전류가 흐른다. 주입된 전자 및 정공의 재결합에 의해, 발광성을 갖는 유기 화합물이 여기 상태에 있게 되어 발광을 제공한다.
- [0006] 유기 화합물에 의해 형성된 여기 상태는 일중항 여기 상태 및 삼중항 여기 상태를 포함하고, 일중항 여기 상태(S^*)로부터의 발광은 형광으로서 언급되며, 삼중항 여기 상태(T^*)로부터의 발광은 인광으로서 언급된다는 것을 인지한다. 또한, 발광 소자에서의 그의 통계적 생성 비율은 하기와 같이 되는 것으로 여겨진다: $S^*:T^* = 1:3$.
- [0007] 일중항 여기 상태로부터 발광하는 화합물 (이하, 형광성 화합물로서 언급됨)에서는, 실온에서, 일반적으로 삼중항 여기 상태로부터의 발광 (인광)이 관찰되지 않으며, 일중항 여기 상태로부터의 발광 (형광)만이 관찰된다. 따라서, 형광성 화합물을 사용한 발광 소자의 내부 양자 효율 (주입된 캐리어에 대한 생성된 광자의 비율)은, S^* 대 T^* 의 비율이 1:3인 것에 기초하여 25%의 이론적 한계를 갖는 것으로 여겨진다.
- [0008] 한편, 삼중항 여기 상태로부터 발광하는 화합물 (이하, 인광성 화합물로서 언급됨)에서는, 삼중항 여기 상태로부터의 발광 (인광)이 관찰된다. 또한, 인광성 화합물에서는, 항간 교차 (즉, 일중항 여기 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이)가 쉽게 일어나기 때문에, 내부 양자 효율이 이론적으로 100%까지 증가할 수 있다. 즉, 형광성 화합물을 사용하는 것보다 높은 발광 효율이 달성될 수 있다. 이러한 이유로, 매우 효율적인 발광 소자를 얻기 위해 현재 인광성 화합물을 사용한 발광 소자가 활발한 개발 중에 있다.
- [0009] 특허 문헌 1에 개시된 백색 발광 소자는, 인광을 발하는 복수종의 발광 도펀트를 함유하는 발광 영역을 포함한다.
- [0010] [참조 문헌]
- [0011] [특허 문헌]
- [0012] [특허 문헌 1] PCT 국제 특허 출원 번호 2004-522276의 일문 번역문

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 인광성 화합물에서 100%의 내부 양자 효율이 이론적으로 가능하지만, 이러한 높은 효율은 소자 구조 또는 또 다른 재료와의 조합의 최적화 없이는 달성하기 어려울 수 있다. 특히 상이한 밴드 (상이한 발광색)를 갖는 복수종의 인광성 화합물을 발광 도펀트로서 포함하는 발광 소자에서는, 에너지 전달을 고려할 뿐만 아니라 에너지 전달의 효율을 최적화하지 않고는 매우 효율적인 발광을 얻기 어렵다. 실제로, 특허 문헌 1에서는, 발광 소자의 모든 발광 도펀트가 인광성 화합물인 경우에도, 외부 양자 효율이 대략 3% 내지 4%이다. 따라서, 광 추출 효율을 고려하는 경우에도, 내부 양자 효율이 20% 이하인 것으로 여겨지고, 이는 인광 발광 소자에 대해서는 낮은 값이다.
- [0014] 발광 효율의 향상 이외에도, 상이한 발광색을 나타내는 도펀트를 사용한 다색 발광 소자 (예를 들어, 청색, 녹색, 및 적색의 조합에 의한 백색 발광 소자)에서는, 상이한 발광색을 나타내는 도펀트에 의한 발광들 사이에 우수한 밸런스를 얻는 것이 또한 필수적이다. 도펀트에 의한 발광 사이의 밸런스를 유지하고, 동시에 높은 발광 효율을 달성하는 것은 쉽지 않다.
- [0015] 이러한 관점에서, 본 발명의 하나의 실시형태의 목적은, 복수종의 발광 도펀트를 사용하고 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이다. 본 발명의 하나의 실시형태의 또 다른 목적은, 상기 발광 소자를 사용함으로써 각각 감소된 전력 소비를 갖는, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명에서는 단지 상기 목적 중 적어도 하나를 달성하는 것이 필수적이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명의 하나의 실시형태에서는, 분자간 에너지 전달의 메커니즘 중 하나인 포스터(Förster) 메커니즘에 주목하여, 에너지를 공여하는 분자의 발광 스펙트럼의 정점과, 에너지를 수용하는 분자의 흡수 스펙트럼에 파장

의 4제곱을 곱하여 얻은 특성 곡선의 최장파장측의 극대값을 포함하는 정점 사이의 오버랩을 얻을 수 있게 하는 분자의 조합을 이용함으로써 포스터 메커니즘에 의한 효율적인 에너지 전달이 달성된다. 여기서, 상기 에너지 전달의 특징 중 하나는, 에너지 전달이 호스트로부터 도펀트로의 일반적 에너지 전달이 아니라, 도펀트로부터 도펀트로의 에너지 전달이라는 점이다. 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자는, 에너지가 매우 효율적으로 전달될 수 있는 도펀트들의 이러한 조합을 이용하고 도펀트 분자가 적절히 분리되도록 하는 소자 구조를 설계함으로써 얻어질 수 있다.

[0018] 즉, 본 발명의 하나의 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에, 제1 호스트 재료 중에 제1 인광성 화합물이 분산되어 있는 제1 발광 층; 제2 호스트 재료 중에 제2 인광성 화합물이 분산되어 있는 제2 발광 층; 및 제3 호스트 재료 중에 제3 인광성 화합물이 분산되어 있는 제3 발광 층을 포함하는 발광 소자이다. 제1 인광성 화합물은 청색광을 방출한다. 제2 인광성 화합물은, 440 nm 내지 520 nm의 범위 내에서, 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 A를 갖는다. 제2 인광성 화합물은 제1 인광성 화합물로부터 방출된 청색광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출한다. 제3 인광성 화합물은, 520 nm 내지 600 nm의 범위 내에서, 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 B를 갖는다. 제3 인광성 화합물은 제2 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출한다. 제1 내지 제3 발광 층은 이 순서로 적층된다. $\varepsilon(\lambda)$ 는 각각의 인광성 화합물의 몰 흡광 계수를 나타내고, 이는 파장 λ 의 함수라는 것을 인지한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시형태는, 한 쌍의 전극 사이에, 제1 호스트 재료 중에 제1 인광성 화합물이 분산되어 있는 제1 발광 층; 제2 호스트 재료 중에 제2 인광성 화합물이 분산되어 있는 제2 발광 층; 및 제3 호스트 재료 중에 제3 인광성 화합물이 분산되어 있는 제3 발광 층을 포함하는 발광 소자이다. 제1 인광성 화합물은 청색광을 방출한다. 제2 인광성 화합물은, 440 nm 내지 520 nm의 범위 내에서, 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 A를 갖는다. 제2 인광성 화합물은 520 nm 내지 600 nm의 범위 내에서 인광의 피크 파장을 갖는다. 제3 인광성 화합물은, 520 nm 내지 600 nm의 범위 내에서, 함수 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 B를 갖는다. 제3 인광성 화합물은 제2 인광성 화합물의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출한다. 제1 내지 제3 발광 층은 이 순서로 적층된다. $\varepsilon(\lambda)$ 는 각각의 인광성 화합물의 몰 흡광 계수를 나타내고, 이는 파장 λ 의 함수라는 것을 인지한다.

[0020] 본 발명의 추가의 실시형태는, 극대값 B가 극대값 A보다 큰, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0021] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제1 발광 층이 전자-수송성을 갖고, 제2 발광 층 및 제3 발광 층이 각각 정공-수송성을 갖는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0022] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제1 호스트 재료가 전자-수송성을 갖고, 제2 호스트 재료 및 제3 호스트 재료가 각각 정공-수송성을 갖는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0023] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제1 발광 층이 정공-수송성을 갖고, 제2 발광 층 및 제3 발광 층이 각각 전자-수송성을 갖는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0024] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제1 호스트 재료가 정공-수송성을 갖고, 제2 호스트 재료 및 제3 호스트 재료가 각각 전자-수송성을 갖는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0025] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제1 내지 제3 발광 층이 이 순서로 적층되고, 서로 접하여 있는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0026] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 제2 발광 층이 5 nm 이상 및 20 nm 이하, 바람직하게는 5 nm 이상 및 10 nm 이하의 두께를 갖는 것인, 상기 구조를 갖는 발광 소자이다.

[0027] 본 발명의 또한 추가의 실시형태는, 각각 상기 구조를 갖는 발광 소자를 포함하는, 발광 장치, 발광 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치이다.

[0028] 본 명세서에서 발광 장치는, 발광 소자를 사용한 화상 표시 장치를 그의 카테고리 내에 포함한다는 것을 인지한다. 추가로, 본 명세서에서 발광 장치의 카테고리는, 발광 소자에 커넥터, 예컨대 이방성 도전성 필름 또는 TCP (테이프 캐리어 패키지)가 제공된 모듈; TCP의 상단에 프린트 배선판이 제공된 모듈; 및 COG (칩 온 글래스) 방법에 의해 발광 소자에 IC (집적 회로)가 직접 장착된 모듈을 포함한다. 추가로, 카테고리는 조명 기구 등에 사용되는 발광 장치를 포함한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명의 하나의 실시형태는 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자를 제공한다. 발광 소자를 사용함으로써, 본 발명의 또 다른 실시형태는, 각각 감소된 전력 소비를 갖는, 발광 장치, 발광 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1의 (A) 내지 1의 (C)는 발광 소자의 개념도이다.

도 2는 발광 층에서의 에너지 전달을 나타낸다.

도 3의 (A) 및 도 3의 (B)는 청색 인광성 화합물로부터의 포스터 에너지 전달을 설명한다.

도 4의 (A) 및 도 4의 (B)는 청색 인광성 화합물로부터의 포스터 에너지 전달을 설명한다.

도 5는 청색 인광성 화합물로부터의 포스터 에너지 전달을 설명한다.

도 6의 (A) 및 도 6의 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 7의 (A) 및 도 7의 (B)는 패시브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 8의 (A) 및 도 8의 (B)는 액티브 매트릭스 발광 장치 구조의 개념도이다.

도 9는 액티브 매트릭스 발광 장치의 개념도이다.

도 10의 (A) 및 도 10의 (B)는 조명 장치의 개념도이다.

도 11의 (A), 도 11의 (B1), 도 11의 (B2), 도 11의 (C), 및 도 11의 (D)는 각각 전자 기기를 나타낸다.

도 12는 전자 기기를 나타낸다.

도 13은 조명 장치를 나타낸다.

도 14는 조명 장치 및 표시 장치를 나타낸다.

도 15는 자동차-장착 표시 장치 및 조명 장치를 나타낸다.

도 16의 (A) 내지 도 16의 (C)는 전자 기기를 나타낸다.

도 17은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 18은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 19는 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 전압-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 20은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 휘도-색도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 21은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 휘도-전력 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 22는 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 23은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 24는 청색 인광성 화합물로부터의 포스터 에너지 전달을 설명한다.

도 25는 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 26은 발광 소자 3의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 27은 발광 소자 3의 전압-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 28은 발광 소자 3의 휘도-색도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 29는 발광 소자 3의 휘도-전력 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 30은 발광 소자 3의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내는 그래프이다.

도 31은 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

도 32는 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 33은 발광 소자 4의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 34는 발광 소자 4의 전압-휘도 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 35는 발광 소자 4의 휘도-색도 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 36은 발광 소자 4의 휘도-전력 효율 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 37은 발광 소자 4의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내는 그래프이다.
 도 38은 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
 도 39는 발광 소자 4의 시간-정규화 휘도 특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] **발명을 실시하기 위한 최선의 형태**
- [0032] 이하, 본 발명의 실시형태를 도면을 참조로 하여 상세히 설명할 것이다. 본 발명은 하기에 기재된 설명으로 제한되지 않음을 인지하며, 당업자는 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어나지 않는 다양한 변화 및 변형이 이루어질 수 있음을 용이하게 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 하기에 제공되는 실시형태의 기재 내용으로 제한되는 것으로 해석되어선 안된다.
- [0033] (실시형태 1)
- [0034] 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자의 동작 원리를 설명할 것이다. 본 발명의 요점은, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물 (구체적으로, 440 nm 내지 520 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 화합물, 또는 CIE 색도 (x, y)가 $0.12 \leq x \leq 0.25$ 및 $0.05 \leq y \leq 0.5$ 인 색 영역의 색을 발광하는 인광성 화합물) 및 제1 인광성 화합물로부터 방출된 청색광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광 (예를 들어, 녹색광 또는 적색광)을 방출하는 제2 및 제3 인광성 화합물이 사용되고, 제1 내지 제3 인광성 화합물 모두 효율적으로 광을 방출시킴으로써, 고효율을 갖는 다색 발광 소자가 얻어진다는 것이다.
- [0035] 인광성 화합물을 포함하는 다색 발광 소자를 얻기 위한 일반적 방법으로는, 상이한 발광색을 갖는 복수종의 인광성 화합물을 적절한 비율로 일부 호스트 재료 중에 분산시키는 방법이 제공될 수 있다. 그러나, 이러한 방법에서는, 최장파장을 갖는 광을 방출하는 인광성 화합물이 쉽게 발광하고, 따라서 다색광을 얻기 위한 구조 (특히 호스트 재료 중의 인광성 화합물의 농도)의 설계 및 제어가 극히 어렵다.
- [0036] 다색 발광 소자를 얻기 위한 또 다른 기술로서는, 상이한 발광색을 갖는 발광 소자를 직렬로 적층시킨, 소위 탠덤(tandem) 구조가 제공될 수 있다. 예를 들어, 청색 발광 소자, 녹색 발광 소자, 및 적색 발광 소자를 직렬로 적층시켜 동시에 발광시킴으로써, 다색광 (이 경우, 백색광)을 용이하게 얻을 수 있다. 청색 발광 소자, 녹색 발광 소자, 및 적색 발광 소자가 독립적으로 최적화될 수 있기 때문에 소자 구조가 비교적 용이하게 설계 및 제어될 수 있다. 그러나, 3개 소자의 적층에는 층수의 증가가 수반되고 제작이 복잡해진다. 또한, 소자들간의 접촉부 (소위, 중간 층)에서 전기적 접촉에 문제가 발생하는 경우, 구동 전압의 증가, 즉, 전력 손실이 초래될 수 있다.
- [0037] 한편, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서는, 한 쌍의 전극 사이에, 제1 호스트 재료 중에 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물이 분산되어 있는 제1 발광 층, 제2 호스트 재료 중에 제1 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출하는 제2 인광성 화합물이 분산되어 있는 제2 발광 층, 및 제3 호스트 재료 중에 제2 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출하는 제3 인광성 화합물이 분산되어 있는 제3 발광 층이 제공된다. 제1 내지 제3 발광 층은 이 순서로 적층된다. 여기서는, 탠덤 구조의 경우와 달리, 제1 내지 제3 발광 층이 서로 접하여 제공될 수 있다.
- [0038] 상기에 기재된 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자의 소자 구조를 도 1의 (A) 내지 도 1의 (C)에 개략적으로 나타내었다. 도 1의 (C)에는, 제1 전극 (101), 제2 전극 (102), 및 EL 층 (103)이 나타나 있다. EL 층 (103)은 적어도 발광 층 (113)을 포함하고, 적절한 경우 다른 층이 제공될 수 있다. 도 1의 (C)에 나타난 구조에서는, 정공-주입 층 (111), 정공-수송 층 (112), 전자-수송 층 (114), 및 전자-주입 층 (115)이 제공되는 것으로 고려된다. 제1 전극 (101)은 애노드로서 기능하고, 제2 전극 (102)은 캐소드로서 기능하는 것으로 고려된

다는 것을 인지한다.

[0039] 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)는 각각 발광 소자 내의 발광 층 (113)의 확대도이다. 도 1의 (A) 및 도 1의 (B) 각각에는, 제1 발광 층 (113B), 제2 발광 층 (113G), 제3 발광 층 (113R), 3개 층의 조합인 발광 층 (113), 제1 인광성 화합물 (113Bd), 제2 인광성 화합물 (113Gd), 제3 인광성 화합물 (113Rd), 제1 호스트 재료 (113Bh), 제2 호스트 재료 (113Gh), 제3 호스트 재료 (113Rh), 및 재결합 영역 (113ex)이 나타나 있다. 도 1의 (A)는 제1 발광 층 (113B)이 캐소드측에 제공된 경우를 나타내는 개략도이고, 도 1의 (B)는 제1 발광 층 (113B)이 애노드측에 제공된 경우를 나타내는 개략도이다. 어느 경우에도, 인광성 화합물 (제1 내지 제3 인광성 화합물)은 호스트 재료 중에 분산되어 있어, 인광성 화합물은 호스트 재료에 의해 서로 분리된다. 제1 내지 제3 호스트 재료는 서로 동일하거나 상이할 수 있다는 것을 인지한다.

[0040] 그러한 경우, 인광성 화합물들 사이에서, 전자 교환 상호작용 (소위, 텍스터(Dexter) 메커니즘)에 의한 에너지 전달이 억제된다. 즉, 제1 인광성 화합물 (113Bd)이 여기된 후, 여기 에너지가 텍스터 메커니즘에 의해 제2 인광성 화합물 (113Gd) 또는 제3 인광성 화합물 (113Rd)로 전달되는 현상이 방지될 수 있다. 추가로, 제2 인광성 화합물 (113Gd)이 여기된 후, 여기 에너지가 텍스터 메커니즘에 의해 제3 인광성 화합물 (113Rd)로 전달되는 현상 또한 방지될 수 있다. 따라서, 최장파장의 광을 방출하는 제3 인광성 화합물 (113Rd)이 주로 발광하는 현상이 억제될 수 있다. 제3 발광 층 (113R)에서 직접 여기자가 생성되는 경우에도 제3 인광성 화합물 (113Rd)이 주로 발광하고; 따라서, 캐리어의 재결합 영역 (113ex)이 제1 발광 층 (113B) 내에, 또는 제1 발광 층 (113B)과 제2 발광 층 (113G) 사이의 계면 근처에 있는 것 (즉, 제1 인광성 화합물 (113Bd)이 주로 여기되는 것)이 바람직하다는 것을 인지한다.

[0041] 제1 인광성 화합물 (113Bd)로부터의 에너지 전달이 완전히 억제되면, 또한 제3 인광성 화합물 (113Rd)로부터의 발광이 얻어질 수 없다는 것을 인지한다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태에서, 소자 설계는, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물 (113Bd)의 여기 에너지가 제2 인광성 화합물 (113Gd)로 부분적으로 전달되고, 제2 인광성 화합물 (113Gd)의 여기 에너지가 제3 인광성 화합물 (113Rd)로 부분적으로 전달되도록 수행된다. 이러한 분리된 분자들간의 에너지 전달은 쌍극자-쌍극자 상호작용 (포스터 메커니즘)을 이용함으로써 가능해진다.

[0042] 여기서, 포스터 메커니즘을 설명한다. 여기 에너지를 공여하는 분자 및 여기 에너지를 수용하는 분자를 이하에서는 각각 에너지 공여체 및 에너지 수용체로서 언급한다. 즉, 본 발명의 하나의 실시형태에서, 에너지 공여체 및 에너지 수용체는 둘 다 인광성 화합물이고, 호스트 재료에 의해 서로 분리된다.

[0043] 포스터 메커니즘에서는, 에너지 전달을 위해 직접적 분자간 접촉이 필수적이다. 에너지 공여체와 에너지 수용체간의 쌍극자 진동의 공명 현상에 의해 에너지 전달이 일어난다. 쌍극자 진동의 공명 현상은 에너지 공여체가 에너지를 에너지 수용체에게 공여하게 하고; 따라서, 여기 상태의 에너지 공여체가 기저 상태로 이완되고, 기저 상태의 에너지 수용체가 여기된다. 포스터 메커니즘에 의한 에너지 전달의 속도 상수 k_F 는 하기 수학식 1로 나타내어진다.

수학식 1

$$k_F = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{F(\nu)\epsilon(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

[0044]

[0045] 수학식 1에서, ν 는 진동수를 나타내고, $F(\nu)$ 는 에너지 공여체의 정규화 발광 스펙트럼 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 전달에서는 형광 스펙트럼, 또한 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 전달에서는 인광 스펙트럼)을 나타내고, $\epsilon(\nu)$ 는 에너지 수용체의 몰 흡광 계수를 나타내고, N 은 아보가드로수를 나타내고, n 은 매체의 굴절률을 나타내고, R 은 에너지 공여체와 에너지 수용체 사이의 분자간 거리를 나타내고, τ 는 여기 상태의 측정 수명 (형광 수명 또는 인광 수명)을 나타내고, c 는 광속을 나타내고, ϕ 는 발광 양자 수율 (일중항 여기 상태로부터의 에너지 전달에서는 형광 양자 수율, 또한 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 전달에서는 인광 양자 수율)을 나타내고, K^2 는 에너지 공여체와 에너지 수용체 사이의 전이 쌍극자 모멘트의 배향에 대한 계수 (0 내지 4)를 나타낸다. 랜덤 배향에서는 $K^2 = 2/3$ 이라는 것을 인지한다.

- [0046] 수학식 1이 시사하는 바와 같이, 포스터 메커니즘에 의한 에너지 전달 (포스터 에너지 전달)을 위한 필수적 조건으로서 하기의 것들이 주어질 수 있다: 1. 에너지 공여체 및 에너지 수용체가 서로 지나치게 멀리 떨어져 있지 않을 것 (이는 거리 R 에 관련됨); 2. 에너지 공여체는 광을 방출할 것 (이는 발광 양자 수율 ϕ 과 관련됨); 및 3. 에너지 공여체의 발광 스펙트럼이 에너지 수용체의 흡수 스펙트럼과 오버랩될 것 (이는 적분항에 관련됨).
- [0047] 여기서, 도 1의 (A) 내지 도 1의 (C)를 참조로 하여 이미 설명한 바와 같이, 인광성 화합물 (제1 내지 제3 인광성 화합물)은 각각의 호스트 재료 중에 분산되고, 호스트 재료에 의해 서로 분리되며; 따라서, 거리 R 은 적어도 1 분자 길이 이상 (즉, 1 nm 이상)이다. 따라서, 제1 인광성 화합물에서 생성된 여기 에너지가 전적으로 포스터 메커니즘에 의해 제2 또는 제3 인광성 화합물로 전달되지는 않는다. 한편, R 이 대략 10 nm 내지 20 nm 이하인 경우에는 거리 R 까지의 포스터 에너지 전달이 일어날 수 있고, 이는, 예를 들어, 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)에서 제2 발광 층 (113G)의 두께를 20 nm 이하로 설정하는 것이 에너지가 부분적으로 전달될 수 있게 하고, 따라서 제1 인광성 화합물 (113Bd), 제2 인광성 화합물 (113Gd), 및 제3 인광성 화합물 (113Rd) 모두가 발광되도록 할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0048] 도 2는, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물 (113Bd), 제1 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광 (예를 들어, 녹색광)을 방출하는 제2 인광성 화합물 (113Gd), 및 제2 인광성 화합물 (113Gd)로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광 (예를 들어, 적색광)을 방출하는 제3 인광성 화합물 (113Rd)이 포함된, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서의 인광성 화합물들간의 포스터 에너지 전달을 개략적으로 나타낸다. 도 2에는, 제1 발광 층 (113B), 제2 발광 층 (113G), 및 제3 발광 층 (113R)이 전극 (10)과 전극 (11) 사이에 적층되어 있는 구조가 나타나 있다. 전극 (10) 및 전극 (11) 중 하나는 애노드로서 기능하고, 다른 것은 캐소드로서 기능한다는 것을 인지한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 먼저, 제1 인광성 화합물 (113Bd)에서 형성된 일중항 여기 상태 (S_B)는 항간 교차에 의해 삼중항 여기 상태 (T_B)로 변환된다. 즉, 제1 발광 층 (113B)에서 여기자는 기본적으로 T_B 로 집약된다.
- [0049] 이어서, T_B 상태의 여기자의 에너지 (그의 일부는 청색 발광으로 변환됨)는, 부분적으로 포스터 메커니즘에 의해 제2 인광성 화합물 (113Gd)의 삼중항 여기 상태 (T_G)로 전달된다. 이는, 제1 인광성 화합물 (113Bd)이 발광성이라는 (높은 인광 양자 수율 ϕ 을 갖는다는) 사실, 및 제2 인광성 화합물 (113Gd)에서 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전자 전이에 상응하는 직접적 흡수가 나타난다는 (삼중항 여기 상태의 흡수 스펙트럼이 존재한다는) 사실에 기인한다. 이들 조건이 만족되면, T_B 로부터 T_G 로의 삼중항-삼중항 포스터 에너지 전달이 가능하다. 추가로, T_B 로부터 제3 인광성 화합물 (113Rd)의 일중항 여기 상태 (S_R)로의 에너지 전달도, 그 기여는 작지만, 포스터 에너지 전달에 대한 조건이 만족되는 한 일어날 수 있다. 이러한 에너지 전달은, 후술하는 바와 같이, 제3 인광성 화합물 (113Rd)이 적색 발광 재료인 경우에 용이하게 일어난다. 항간 교차에 의해, S_R 이 제3 인광성 화합물 (113Rd)의 삼중항 여기 상태 (T_R)로 변환되어, 제3 인광성 화합물 (113Rd)에 의한 발광에 기여한다. 포스터 메커니즘에서 에너지 공여체 (여기서는, 제1 인광성 화합물 (113Bd))는 발광성을 가져야 하기 때문에, 제1 인광성 화합물 (113Bd)의 인광 양자 수율은 바람직하게는 0.1 이상이라는 것을 인지한다.
- [0050] 많은 경우에 제2 인광성 화합물 (113Gd)의 일중항 여기 상태 (S_G)는 제1 인광성 화합물 (113Bd)의 삼중항 여기 상태 (T_B)보다 높은 에너지를 갖고, 따라서 많은 경우에 상기 에너지 전달에 그다지 기여하지 않는다는 것을 인지한다. 이러한 이유로, 여기서는 설명을 생략한다.
- [0051] 추가로, 제2 인광성 화합물 (113Gd)에서 삼중항 T_G 상태의 여기자의 에너지 (그의 일부는 발광 (예를 들어, 녹색 발광)으로 변환됨)는, 부분적으로 포스터 메커니즘에 의해 제3 인광성 화합물 (113Rd)의 삼중항 여기 상태 (T_R)로 전달될 수 있다. 이는, 제2 인광성 화합물 (113Gd)이 발광성이라는 (높은 인광 양자 수율 ϕ 을 갖는다는) 사실, 및 제3 인광성 화합물 (113Rd)에서 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전자 전이에 상응하는 직접적 흡수가 나타난다는 (삼중항 여기 상태의 흡수 스펙트럼이 존재한다는) 사실에 기인한다. 이들 조건이 만족되면, T_G 로부터 T_R 로의 삼중항-삼중항 포스터 에너지 전달이 가능하다. 포스터 메커니즘에서 에너지 공여체 (여기서는, 제2 인광성 화합물 (113Gd))는 발광성을 가져야 하기 때문에, 제2 인광성 화합물 (113Gd)의 인광 양자 수율은 바람직하게는 0.1 이상이라는 것을 인지한다.

- [0052] 이러한 에너지 전달에 의해 생성된 T_R 은 제3 인광성 화합물 (113Rd)에 의한 발광 (예를 들어, 적색 발광)으로 변환된다. 이러한 방식으로, 제1 내지 제3 인광성 화합물 각각으로부터 발광이 얻어질 수 있다.
- [0053] 상기 포스터 에너지 전달이 도펀트로서 작용하는 인광성 화합물들 사이에서 효율적으로 발생하게 하고, 호스트 재료로는 발생하지 않도록 하기 위해서는, 제1 내지 제3 호스트 재료의 흡수 스펙트럼이 청색 파장 범위에 있지 않는 것이 바람직하다는 것을 인지한다. 구체적으로, 흡수 스펙트럼의 흡수단이 바람직하게는 440 nm 이하에 있다. 이러한 방식으로, 에너지가 호스트 재료 (구체적으로, 제2 또는 제3 호스트 재료)를 통해 전달되지 않으면서 도펀트들 사이에서 직접적으로 전달되고, 따라서 여분의 에너지 전달 경로의 형성이 억제되고, 높은 발광 효율이 달성될 수 있다.
- [0054] 추가로, 제1 호스트 재료는 바람직하게는, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물을 소광시키지 않도록 제1 인광성 화합물의 경우보다 높은 삼중항 여기 에너지를 갖는다.
- [0055] 상기에 기재된 바와 같이, 본 발명의 하나의 실시형태의 기본 개념은, 제1 내지 제3 인광성 화합물이 호스트 재료 및 적층 구조의 사용에 의해 서로 분리된 상태에서, 최단파장을 갖는 광을 방출하는 제1 인광성 화합물이 주로 여기되는 소자 구조이다. 이러한 소자 구조에서는 에너지가 포스터 메커니즘에 의해 특정 거리 (20 nm 이하)까지 부분적으로 전달되기 때문에, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물의 여기 에너지가 부분적으로 제2 인광성 화합물로 전달되고, 추가로, 제2 인광성 화합물의 여기 에너지가 부분적으로 제3 인광성 화합물로 전달된다. 그 결과, 제1 내지 제3 인광성 화합물 각각으로부터의 발광을 얻을 수 있다.
- [0056] 여기서, 본 발명의 하나의 실시형태에서 더욱 중요한 것은, 재료 및 소자 구조가 상기 에너지 전달을 고려하여 결정된다는 것이다.
- [0057] 포스터 에너지 전달을 발생시키기 위해, 에너지 공여체는 높은 발광 양자 수율 ϕ 을 가져야 한다. 발광 양자 수율과 관련하여, 본 발명의 하나의 실시형태에서는 인광성 화합물 (구체적으로, 인광 양자 수율이 0.1 이상인 발광 화합물)이 사용되기 때문에 문제가 없다. 중요한 점은, 수학적 1의 적분항을 크게 하는 것, 즉 에너지 공여체의 발광 스펙트럼 $F(\nu)$ 이 에너지 수용체의 물 흡광 계수 $\epsilon(\nu)$ 와 적절히 오버랩되게 하는 것이다.
- [0058] 일반적으로, 단지 에너지 수용체의 물 흡광 계수 $\epsilon(\nu)$ 가 큰 파장 영역과 에너지 공여체의 발광 스펙트럼 (ν)이 오버랩되어야 (즉, 단지 $F(\nu)$ 와 $\epsilon(\nu)$ 의 곱을 크게 해야)하는 것으로 여겨진다. 그러나, 이것이 포스터 메커니즘에 반드시 적용되는 것은 아닌데, 이는 수학적 1의 적분항이 진동수 ν 의 4제곱에 반비례하여 파장 의존성을 갖기 때문이다.
- [0059] 보다 쉽게 이해하기 위해, 여기서는, 수학적 1을 변형한다. $\nu = c/\lambda$ (여기서, λ 는 광의 파장을 나타냄)이기 때문에, 수학적 1은 하기 수학적 2로 변형될 수 있다.

수학적 2

$$k_F = \frac{9000K^2\phi\ln 10}{128\pi^5 n^4 N\tau R^6} \int F(\lambda)\epsilon(\lambda)\lambda^4 d\lambda \quad \dots (2)$$

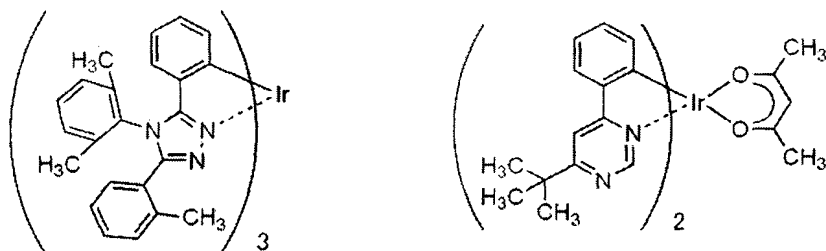
- [0060]
- [0061] 즉, 파장 λ 가 길어질수록 적분항이 커진다는 것을 알 수 있다. 단적으로는, 에너지 전달이 장파장측에서 보다 쉽게 일어난다는 것을 나타낸다. 즉, 이는, 물 흡광 계수 $\epsilon(\lambda)$ 이 큰 파장 영역과 $F(\lambda)$ 가 오버랩되어야 한다는 단순한 것이 아니다. $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 가 큰 영역과 $F(\lambda)$ 가 오버랩되는 것이 필수적이다.
- [0062] 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서, 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물 (113Bd) (구체적으로, 440 nm 내지 520 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 화합물)로부터의 에너지 전달 효율을 증가시키기 위해서는, 440 nm 내지 520 nm의 범위 내에서, 함수 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 A 를 갖고, 제1 인광성 화합물 (113Bd)로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장의 광을 방출하는 인광성 화합물 (구체적으로는 520 nm 내지 600 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 화합물)을 제2 인광성 화합물 (113Gd)로서 사용한다. 추가로, 제2 인광성 화합물 (113Gd)로부터의 에너지 전달 효율을 증가시키기 위해서는, 520 nm 내지 600 nm의 범위 내에서, 함수 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 B 를 갖고, 제2 인광성 화합물 (113Gd)로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을

갖는 광을 방출하는 인광성 화합물을 제3 인광성 화합물 (113Rd)로서 사용한다. 상기 방식으로 발광하는 인광성 화합물의 사용은, 조명이 높은 연색성을 갖는 광을 제공하고, 디스플레이가 높은 색도를 갖는 광을 효율적으로 방출할 수 있게 한다.

[0063]

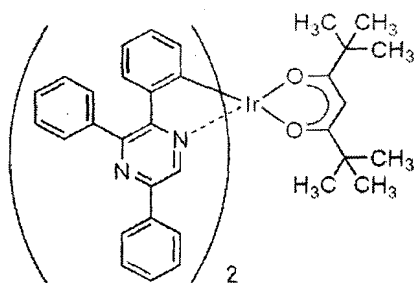
인광성 화합물의 이러한 구조 (특히 극대값 A 및 B)를 더 잘 이해하기 위해, 하기에 구체적 예를 들어 설명한다. 여기서는, 일례로서, 하기에 나타낸 화합물 (1) (트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일- κ N2]페닐- κ C}이리듐(III) (약어: Ir(mpptz-dmp)₃)이 청색광을 방출하는 제1 인광성 화합물 (113Bd)로서 사용되고; 하기에 나타낸 화합물 (2) ((아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tBuppm)₂(acac)))이 제1 인광성 화합물 (113Bd)로부터 방출되는 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광 (녹색광)을 방출하는 제2 인광성 화합물 (113Gd)로서 사용되고; 하기에 나타낸 화합물 (3) (비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tppr)₂(dpm)))이 제2 인광성 화합물 (113Gd)로부터 방출되는 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광 (적색광)을 방출하는 제3 인광성 화합물 (113Rd)로서 사용되는 경우가 기재된다.

화학식 1



화합물 (1)

화합물 (2)



화합물 (3)

[0064]

[0065]

도 3의 (A)는 제2 인광성 화합물인 화합물 (2)의 몰 흡광 계수 $\epsilon(\lambda)$ 및 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 를 나타낸다. 몰 흡광 계수 $\epsilon(\lambda)$ 는 장파장측에서 보다 작아지지만, $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 는 490 nm 부근 (이는 화합물 (2)의 삼중항 MLCT 흡수 밴드에 상응함)에서 극대값 A를 갖는다. 이 예로부터 알 수 있는 바와 같이, λ^4 항의 영향으로, 제2 인광성 화합물의 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 는 최장파장측에 위치하는 흡수 밴드 (삼중항 MLCT 흡수 밴드)에서 극대값 A를 갖는다.

[0066]

도 3의 (B)는 화합물 (1)의 포토루미네선스 (PL) 스펙트럼 $F(\lambda)$ 및 화합물 (2)의 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 를 나타낸다. 화합물 (1)은 제1 인광성 화합물이고, 475 nm 및 505 nm 부근에서 발광 피크를 가지며 청색광을 방출한다. 제2 인광성 화합물의 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 극대값 A 부근에서, 제1 인광성 화합물의 PL 스펙트럼 $F(\lambda)$ 가 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 와 크게 오버랩되고, 포스터 메커니즘에 의해 제1 인광성 화합물로부터 제2 인광성 화합물로의 에너지 전달이 일어난다. 이 경우, 극대값 A는 삼중항 MLCT 흡수 밴드에 상응하기 때문에, 에너지 전달은 삼중항-삼중항 포스터 에너지

전달이라는 것을 인지한다 (도 2에서 T_B-T_G 에너지 전달).

[0067] 도 4의 (A)는 제3 인광성 화합물인 화합물 (3)의 몰 흡광 계수 $\varepsilon(\lambda)$ 및 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 를 나타낸다. 몰 흡광 계수 $\varepsilon(\lambda)$ 은 장파장측에서 보다 작아지지만, $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 는 550 nm 부근 (이는 화합물 (3)의 삼중항 MLCT 흡수 밴드에 상응함)에서 극대값 B를 갖는다. 이 예에서 알 수 있는 바와 같이, λ^4 항의 영향으로, 제3 인광성 화합물의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 는 최장파장측에 위치하는 흡수 밴드 (삼중항 MLCT 흡수 밴드)에서 극대값 B를 갖는다.

[0068] 도 4의 (B)는 화합물 (2)의 포토루미네선스 (PL) 스펙트럼 $F(\lambda)$ 및 화합물 (3)의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 를 나타낸다. 화합물 (2)는 제2 인광성 화합물이고, 545 nm 부근에서 발광 피크를 가지며 녹색광을 방출한다. 제3 인광성 화합물의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 극대값 B 부근에서, 제2 인광성 화합물의 PL 스펙트럼 $F(\lambda)$ 가 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 와 크게 오버랩되고, 포스터 메커니즘에 의해 제2 인광성 화합물로부터 제3 인광성 화합물로의 에너지 전달이 일어난다. 이 경우, 극대값 B는 삼중항 MLCT 흡수 밴드에 상응하기 때문에, 에너지 전달은 삼중항-삼중항 포스터 에너지 전달이라는 것을 인지한다 (도 2에서 T_G-T_R 에너지 전달).

[0069] 상기로부터, 제2 및 제3 인광성 화합물의 흡수 스펙트럼은, 최장파장측에서, 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전자 전이에 상응하는 직접적 흡수 (예를 들어, 삼중항 MLCT 흡수)를 나타내는 것이 바람직하다는 것을 인지한다. 이러한 구조는 도 2에 나타난 삼중항-삼중항 에너지 전달의 높은 효율을 제공한다.

[0070] 여기서, 도 5는 도 3의 (B) 및 도 4의 (B)의 조합과 함께 제3 인광성 화합물인 화합물 (3)의 PL 스펙트럼을 나타낸다. 먼저 화합물 (1)의 PL 스펙트럼과 화합물 (2)의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 사이의 오버랩 (극대값 A 부근)을 이용하여 화합물 (1)로부터 화합물 (2)로, 또한 이어서 화합물 (2)의 PL 스펙트럼과 화합물 (3)의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 사이의 오버랩 (극대값 B 부근)을 이용하여 화합물 (2)로부터 화합물 (3)으로 단계적으로 에너지가 전달될 수 있다는 것을 알 수 있다. 제1 인광성 화합물인 화합물 (1)로부터 제3 인광성 화합물인 화합물 (3)으로의 직접적 에너지 전달이 또한 가능하다는 것을 인지한다. 그 이유는, 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, 화합물 (1)의 PL 스펙트럼 $F(\lambda)$ 및 화합물 (3)의 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 가, 화합물 (3)의 삼중항 MLCT 흡수 밴드 (극대값 B 부근)보다 더 단파장측에서 서로 오버랩되기 때문이고, 삼중항-일중항 포스터 에너지 전달 (도 2에서 T_B-S_R 에너지 전달)의 존재가 시사된다.

[0071] 도 3의 (A) 및 도 3의 (B), 도 4의 (A) 및 도 4의 (B), 및 도 5에서의 중요한 점은, λ^4 의 영향으로 인해, 제3 인광성 화합물이 제2 인광성 화합물에 비해 더 쉽게 에너지를 수용한다 (더 쉽게 에너지 수용체가 된다)는 것이다. 제2 인광성 화합물 및 제3 인광성 화합물은, 실질적으로 동일한 최장파장측에서의 삼중항 MLCT 흡수 밴드의 몰 흡광 계수 $\varepsilon(\lambda)$ 를 가지며, 이는 대략 $5000 [M^{-1}cm^{-1}]$ 이다. 그럼에도 불구하고, 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 극대값 A 및 극대값 B를 서로 비교하면, 극대값 B가 극대값 A보다 약 1.6배 크다. 이는 λ^4 항의 영향으로 인한 것이며, 이는 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 가 보다 장파장측에 흡수 밴드를 갖는 화합물에서 커지는 경향이 있는 것으로 나타난다. 따라서, 제3 인광성 화합물은 제2 인광성 화합물보다 더 쉽게 에너지를 수용하는 것으로 나타난다.

[0072] 이러한 관점에서, 제1 내지 제3 발광 층이 이 순서로 적층되어 있고, 캐리어의 재결합 영역이 제1 발광 층 내에 또는 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 근처에 있는 (즉, 제1 인광성 화합물이 주로 여기되는) (도 1의 (A) 내지 도 1의 (C)에 도시된 바와 같은) 소자 구조에 관심이 집중된다. 이러한 소자 구조에서는, 제3 인광성 화합물을 함유하는 제3 발광 층이 제2 인광성 화합물을 함유하는 제2 발광 층에 비해 캐리어의 재결합 영역으로부터 더 멀리 있다. 이러한 방식으로, 쉽게 에너지를 수용하는 제3 인광성 화합물은 재결합 영역으로부터 멀리 떨어져 위치하고, 비교적 쉽게 에너지를 수용하지 않는 제2 인광성 화합물은 재결합 영역 근처에 위치함으로써, 제1 내지 제3 인광성 화합물에 의한 발광이 우수한 밸런스로 달성될 수 있다. 그 결과, 높은 발광 효율을 갖고 우수한 스펙트럼 밸런스를 갖는 발광 소자가 얻어질 수 있다.

[0073] 상기에 기재된 재결합 영역을 얻기 위해, 제1 발광 층은 바람직하게는 전자-수송성을 갖고, 제2 발광 층 및 제3 발광 층은 바람직하게는 정공-수송성을 갖는다는 것을 인지한다 (도 1의 (A)). 구체적으로, 예를 들어, 전자-수송성을 갖는 재료가 제1 호스트 재료로서 사용될 수 있고, 정공-수송성을 갖는 재료가 제2 호스트 재료 및 제3

호스트 재료로서 사용될 수 있다.

- [0074] 상기에 기재된 재결합 영역을 얻는 또 다른 실시형태에서, 제1 발광 층은 바람직하게는 정공-수송성을 갖고, 제2 발광 층 및 제3 발광 층은 바람직하게는 전자-수송성을 갖는다는 것을 인지한다 (도 1의 (B)). 구체적으로, 예를 들어, 정공-수송성을 갖는 재료가 제1 호스트 재료로서 사용될 수 있고, 전자-수송성을 갖는 재료가 제2 호스트 재료 및 제3 호스트 재료로서 사용될 수 있다.
- [0075] 또한, 제2 발광 층 및 제3 발광 층 둘 다가 발광을 제공하도록 하기 위해, 제2 발광 층의 두께는 포스터 에너지 전달의 거리 R을 고려하여 바람직하게는 5 nm 이상 및 20 nm 이하로 설정된다. 더욱 바람직하게는, 두께는 5 nm 이상 및 10 nm 이하로 설정된다.
- [0076] (실시형태 2)
- [0077] 본 실시형태에서는, 실시형태 1에서 설명된 발광 소자의 상세한 구조의 예를 도 1의 (A) 내지 도 1의 (C)를 참조로 하여 하기에서 설명할 것이다.
- [0078] 본 실시형태에서의 발광 소자는, 한 쌍의 전극 사이에, 복수의 층을 포함하는 EL 층을 포함한다. 본 실시형태에서, 발광 소자는 제1 전극 (101), 제2 전극 (102), 및 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 사이에 제공된 EL 층 (103)을 포함한다. 본 실시형태에서는, 제1 전극 (101)이 애노드로서 기능하고, 제2 전극 (102)이 캐소드로서 기능한다는 가정 하에 설명한다는 것을 인지한다. 즉, 제1 전극 (101)의 전위가 제2 전극 (102)의 전위보다 높아지도록 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 사이에 전압이 인가되면, 발광을 얻을 수 있다.
- [0079] 제1 전극 (101)이 애노드로서 기능하기 때문에, 제1 전극 (101)은 바람직하게는, 높은 일 함수 (구체적으로, 4.0 eV 이상의 일 함수)를 갖는 임의의 금속, 합금, 도전성 화합물, 이들의 혼합물 등을 사용하여 형성된다. 구체적으로, 예를 들어, 산화인듐-산화주석 (ITO: 산화인듐주석), 규소 또는 산화규소를 함유하는 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐 (IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속 산화물의 필름은 통상적으로 스퍼터링법에 의해 형성되지만, 졸-겔법 등의 적용에 의해 형성될 수 있다. 형성 방법의 일례에서는, 1 wt% 내지 20 wt%의 산화아연을 산화인듐에 첨가함으로써 얻어진 타겟을 사용하여 스퍼터링법에 의해 산화인듐-산화아연을 침착시킨다. 추가로, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유하는 산화인듐 (IWZO)의 필름은, 산화텅스텐 및 산화아연을 각각 0.5 wt% 내지 5 wt% 및 0.1 wt% 내지 1 wt%로 산화인듐에 첨가한 타겟을 사용하여 스퍼터링법에 의해 형성될 수 있다. 그 외에, 금 (Au), 백금 (Pt), 니켈 (Ni), 텅스텐 (W), 크로뮴 (Cr), 몰리브데넘 (Mo), 철 (Fe), 코발트 (Co), 구리 (Cu), 팔라듐 (Pd), 금속 재료의 질화물 (예를 들어, 질화티타늄) 등을 들 수 있다. 그래핀이 사용될 수도 있다. 후술하는 복합 재료가 EL 층 (103)에서 제1 전극 (101)과 접하는 층에 사용되는 경우, 전극 재료를 그의 일 함수에 관계없이 선택할 수 있다는 것을 인지한다.
- [0080] EL 층이 실시형태 1에 기재된 것과 유사한 구조를 갖는 발광 층 (113)을 포함하는 한, EL 층 (103)의 적층 구조에 대해 특별한 제한은 없다. 예를 들어, EL 층 (103)은, 정공-주입 층, 정공-수송 층, 발광 층, 전자-수송 층, 전자-주입 층, 캐리어-블록킹 층, 중간 층 등을 적절히 조합하여 형성될 수 있다. 본 실시형태에서, EL 층 (103)은 정공-주입 층 (111), 정공-수송 층 (112), 발광 층 (113), 전자-수송 층 (114), 및 전자-주입 층 (115)이 제1 전극 (101) 위에 이 순서로 적층되어 있는 구조를 갖는다. 층에 포함되는 재료를 하기에 구체적으로 기재한다.
- [0081] 정공-주입 층 (111)은 높은 정공-주입성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 산화몰리브데넘, 산화바나듐, 산화루테튬, 산화텅스텐, 산화망가니즈 등이 사용될 수 있다. 다르게는, 정공-주입 층 (111)은 프탈로시아닌계 화합물, 예컨대 프탈로시아닌 (약어: H₂Pc) 또는 구리 프탈로시아닌 (약어: CuPc), 방향족 아민 화합물, 예컨대 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: DPAB) 또는 N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-디페닐-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민 (약어: DNTPD), 고분자 화합물, 예컨대 폴리(에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술포산) (PEDOT/PSS) 등을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0082] 다르게는, 정공-수송성을 갖는 물질이 수용체 특성을 갖는 물질을 함유하는 복합 재료가 정공-주입 층 (111)에 사용될 수 있다. 수용체 특성을 갖는 물질을 함유하는 정공-수송성을 갖는 이러한 물질의 사용은, 그의 일 함수와 관계없이 전극 형성에 사용되는 재료의 선택을 가능하게 한다는 것을 인지한다. 즉, 높은 일 함수를 갖는 재료 이외에, 낮은 일 함수를 갖는 재료가 제1 전극 (101)에 사용될 수도 있다. 수용체 특성을 갖는 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄 (약어: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또

한, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 주기율표의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈럼, 산화크로뮴, 산화몰리브데넘, 산화텅스텐, 산화망가니즈, 및 산화레늄이 이들의 전자-수송성이 높다는 점에서 바람직하다. 이들 중, 산화몰리브데넘이, 공기 중에서 안정하고, 낮은 흡습성을 갖고, 취급이 용이하다는 점에서 특히 바람직하다.

[0083] 복합 재료에 사용되는 정공-수송성을 갖는 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 및 고분자 화합물 (예를 들어, 올리고머, 덴드리머, 또는 중합체) 등의 각종 유기 화합물 중 임의의 것이 사용될 수 있다. 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은 바람직하게는 높은 정공-수송성을 갖는 유기 화합물이라는 것을 인지한다. 구체적으로, $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이 바람직하게 사용된다. 복합 재료에서 정공-수송성을 갖는 물질로서 사용될 수 있는 유기 화합물을 하기에 구체적으로 기재한다.

[0084] 방향족 아민 화합물의 예는, N,N'-디(p-톨릴)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민 (약어: DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: DPAB), N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-디페닐-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민 (약어: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠 (약어: DPA3B) 등이다.

[0085] 복합 재료에 사용될 수 있는 카르바졸 유도체의 구체적 예는, 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸 (약어: PCzPCN1) 등이다.

[0086] 복합 재료에 사용될 수 있는 카르바졸 유도체의 다른 예는, 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약어: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠 (약어: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸 (약어: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등이다.

[0087] 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소의 예는, 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센 (약어: t-BuDNA), 2-tert-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센 (약어: DPPA), 2-tert-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센 (약어: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센 (약어: DNA), 9,10-디페닐안트라센 (약어: DPAnth), 2-tert-부틸안트라센 (약어: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센 (약어: DMNA), 2-tert-부틸-9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-비안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-비안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌 등이다. 그 외에, 펜타센, 코로넨 등이 사용될 수도 있다. $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖고 14 내지 42개의 탄소 원자를 갖는 방향족 탄화수소가 특히 바람직하다.

[0088] 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가질 수 있다는 것을 인지한다. 비닐 기를 갖는 방향족 탄화수소의 예는, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐 (약어: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센 (약어: DPVPA) 등이다.

[0089] 폴리(N-비닐카르바졸) (약어: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민) (약어: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드] (약어: PTPDMA), 또는 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘] (약어: 폴리-TPD) 등의 고분자 화합물이 사용될 수도 있다.

[0090] 정공-주입 층을 제공함으로써, 높은 정공-수송성이 달성되어 발광 소자가 작은 구동 전압을 갖는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0091] 정공-수송 층 (112)은 정공-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 정공-수송성을 갖는 물질의 예는 방향족 아민 화합물, 예컨대 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (약어: TPD), 4,4',4"-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민 (약어: TDATA), 4,4',4"-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민 (약어: MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: BPAFLP) 등이다. 여기서 언급된 물질은 높은 정공-수송성을 갖고, 주로 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 것이다. 상기에 기재된 복합 재료에서 정공-수송성을 갖는 물질의 예로서 기재된 유기 화합물이 정공-수송 층 (112)에 사용될 수도 있다. 폴리(N-비닐카르바졸) (약어: PVK) 또는 폴리(4-비닐트리페닐아민) (약어: PVTPA) 등의 고분자 화합물이 사용될 수도 있다. 정공-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층은 단일 층으로 제한

되지 않으며, 임의의 상기 물질을 포함하는 2개 이상의 층의 적층물일 수 있다.

[0092] 발광 층 (113)은 발광 물질을 함유하는 층이다. 발광 층 (113)은 실시형태 1에 기재된 것과 유사한 구조를 갖기 때문에, 본 실시형태에서의 발광 소자는 극히 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 발광 층 (113)의 구조 및 재료에 대해서는 실시형태 1을 참조한다.

[0093] 발광 층 (113)에서 발광 물질 또는 발광 중심 물질로서 사용될 수 있는 재료에 대해 특별한 제한은 없다. 상기 발광 물질 또는 발광 중심 물질의 예로서 하기의 것들을 들 수 있다.

[0094] 청색광을 방출하는 화합물이 바람직하게 제1 인광성 화합물로서 사용되고, 예를 들어, 440 nm 내지 520 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 화합물이 선택될 수 있다. 구체적인 예는 하기와 같다: 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC} 이리듐(III) (약어: Ir(mpptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약어: Ir(Mptz)₃), 또는 트리스[4-(3-비페닐)-5-이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약어: Ir(iPrptz-3b)₃); 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸레이트]이리듐(III) (약어: Ir(Mptzl -mp)₃), 또는 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸레이트)이리듐(III) (약어: Ir(Prptzl-Me)₃); 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 fac-트리스[1-(2,6-디이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III) (약어: Ir(iPrpmi)₃) 또는 트리스[3-(2,6-디메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디네이트]이리듐(III) (약어: Ir(dmpimpt-Me)₃); 및 전자-흡인기를 갖는 페닐피리딘 유도체가 리간드인 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 테트라키스(1-피라졸릴)보레이트 (약어: FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 피콜리네이트 (약어: FIrpilic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디네이트-N,C^{2'}} 이리듐(III) 피콜리네이트 (약어: Ir(CF₃ppy)₂(pic)), 또는 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디네이트-N,C^{2'}]이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: FIr(acac)). 상기 화합물 중, 폴리아졸 골격, 예컨대 4H-트리아졸 골격, 1H-트리아졸 골격, 또는 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 높은 정공-트랩핑 특성을 갖는다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서 제1 발광 층이 전자-수송성을 갖는 경우 (구체적으로 제1 호스트 재료가 전자-수송 재료인 경우), 폴리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체가 제1 인광성 화합물로서 바람직하게 사용되고, 이 경우, 캐리어의 재결합 영역이 제1 발광 층 내에 또는 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 근처에 있도록 제어될 수 있다. 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 탁월한 신뢰성 및 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다.

[0095] 제2 인광성 화합물로서는, 화합물이 제1 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출하는 한, 임의의 화합물이 선택될 수 있다. 예를 들어, 520 nm 내지 600 nm에서 발광 피크를 갖는 인광성 화합물을 선택하는 것이 바람직하다. 구체적인 예는 하기와 같다: 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppm)₃), 트리스(4-tert-부틸-6-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토네이트)비스(6-메틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토네이트)비스[6-(2-노르보르닐)-4-페닐피리미디네이트]이리듐(III) (약어: Ir(nbppm)₂(acac)), 비스{2-[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-피리미디닐-κN3]페닐-κC}(2,4-펜탄디오네이트-κ²O,O')이리듐(III) (약어: Ir(mpmpm)₂(acac)), 또는 (아세틸아세토네이트)비스(4,6-디페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: Ir(dppm)₂(acac)); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 (아세틸아세토네이트)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppr-Me)₂(acac)) 또는 (아세틸아세토네이트)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: Ir(mppr-iPr)₂(acac)); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이리듐(III) (약어: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디네이트-N,C^{2'})이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: Ir(ppy)₂acac), 비스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) 아세틸아

세토네이트 (약어: $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$), 트리스(벤조[h]퀴놀리네이트)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{bzq})_3$), 트리스(2-페닐퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{pq})_3$), 또는 비스(2-페닐퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$); 및 희토류 금속 착체, 예컨대 트리스(아세틸아세토네이트)(모노페난트롤린)테르븀(III) (약어: $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$). 상기 화합물 중, 디아진 골격, 예컨대 피리미딘 골격 또는 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 낮은 정공-트랩핑 특성 및 높은 전자-트랩핑 특성을 갖는다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서 제2 발광 층이 정공-수송성을 갖는 경우 (구체적으로 제2 호스트 재료가 정공-수송 재료인 경우), 디아진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체가 제2 인광성 화합물로서 바람직하게 사용되고, 이 경우, 캐리어의 재결합 영역이 제1 발광 층 내에 또는 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 근처에 있도록 제어될 수 있다. 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 특징적으로 높은 신뢰성 및 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다.

[0096] 제3 인광성 화합물로서는, 화합물이 제2 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출하는 한, 임의의 화합물이 선택될 수 있다. 예를 들어, 600 nm 내지 700 nm에서 발광 피크를 갖는 적색광을 방출하는 인광성 화합물을 선택하는 것이 바람직하다. 구체적 예는 하기와 같다: 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](디이소부틸릴메타노)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디네이트](디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$), 또는 비스[4,6-디(나프탈렌-1-일)피리미디네이트](디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{dlnpm})_2(\text{dpm})$); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 (아세틸아세토네이트)비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$), 비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$), 또는 (아세틸아세토네이트)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴녹살리네이트]이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})$); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예컨대 트리스(1-페닐이소퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$)이리듐(III) (약어: $\text{Ir}(\text{piq})_3$) 또는 비스(1-페닐이소퀴놀리네이트- $\text{N}, \text{C}^{2'}$)이리듐(III) 아세틸아세토네이트 (약어: $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$); 백금 착체, 예컨대 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II) (약어: PtOEP); 및 희토류 금속 착체, 예컨대 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트)(모노페난트롤린)유로퓸(III) (약어: $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$) 또는 트리스[1-(2-테오닐)-3,3,3-트리플루오로아세토네이트](모노페난트롤린)유로퓸(III) (약어: $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Phen})$). 상기 재료 중, 디아진 골격, 예컨대 피리미딘 골격 또는 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 낮은 정공-트랩핑 특성 및 높은 전자-트랩핑 특성을 갖는다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태의 발광 소자에서 제3 발광 층이 정공-수송성을 갖는 경우 (구체적으로 제3 호스트 재료가 정공-수송 재료인 경우), 디아진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체가 제3 인광성 화합물로서 바람직하게 사용되고, 이 경우, 캐리어의 재결합 영역이 제1 발광 층 내에 또는 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 근처에 있도록 제어될 수 있다. 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 특징적으로 높은 신뢰성 및 발광 효율을 갖고, 따라서 특히 바람직하다는 것을 인지한다. 추가로, 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 유리한 색도를 갖는 적색 발광을 제공할 수 있기 때문에, 본 발명의 하나의 실시형태의 백색 발광 소자에서 유기금속 이리듐 착체의 사용은 백색 발광 소자의 연색성을 향상시킨다.

[0097] 상기 인광성 화합물 이외에도 공지된 인광성 재료로부터 실시형태 1에 기재된 관계를 갖는 제1 인광성 재료, 제2 인광성 재료, 및 제3 인광성 재료를 선택할 수도 있다.

[0098] 제1 내지 제3 호스트 재료로서 사용될 수 있는 재료에 대해 특별한 제한은 없고; 각종 캐리어 수송 재료를 선택하여, 도 1의 (A) 내지 도 1의 (C)에 나타난 소자 구조가 얻어지도록 적절히 조합할 수 있다. 이 때, 상기에 기재된 바와 같이, 전자-수송성을 갖는 호스트 재료 및 정공-수송성을 갖는 호스트 재료가 바람직하게 조합된다.

[0099] 전자-수송성을 갖는 호스트 재료의 예는 하기와 같다: 금속 착체, 예컨대 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨(II) (약어: BeBq_2), 비스(2-메틸-8-퀴놀리네이트)(4-페닐페놀레이트)알루미늄(III) (약어: BAIq), 비스(8-퀴놀리네이트)아연(II) (약어: Znq), 비스[2-(2-벤조사졸릴)페놀레이트]아연(II) (약어: ZnPBO), 또는 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀레이트]아연(II) (약어: ZnBTZ); 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 예컨대 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-

1,3,4-옥사디아졸 (약어: PBD), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸 (약어: TAZ), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠 (약어: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]-9H-카르바졸 (약어: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸) (약어: TPBI), 또는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸 (약어: mDBTBIm-II); 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 예컨대 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약어: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약어: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9H-카르바졸-9-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약어: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘 (약어: 4,6mPnP2Pm), 또는 4,6-비스[3-(4-디벤조티에닐)페닐]피리미딘 (약어: 4,6mDBTP2Pm-II); 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물, 예컨대 3,5-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약어: 35DCzPPy) 또는 1,3,5-트리[3-(3-피리딜)페닐]벤젠 (약어: TmPyPB). 상기 재료 중, 디아진 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물은 높은 신뢰성을 갖고, 따라서 바람직하다. 구체적으로, 디아진 (피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 헤테로시클릭 화합물은 높은 전자-수송성을 가져서 구동 전압의 감소에 기여한다.

[0100] 정공-수송성을 갖는 호스트 재료의 예는 하기와 같다: 방향족 아민 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민 (약어: TPD), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐 (약어: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBA1BP), 4,4'-디페닐-4''-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBBi1BP), 4-(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBANB), 4,4'-디(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBNBB), 9,9-디메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민 (약어: PCBAF), 또는 N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)페닐]스피로-9,9'-비플루오렌-2-아민 (약어: PCBASF); 카르바졸 골격을 갖는 화합물, 예컨대 1,3-비스(N-카르바졸릴)벤젠 (약어: mCP), 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐 (약어: CBP), 3,6-비스(3,5-디페닐페닐)-9-페닐카르바졸 (약어: CzTP), 또는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카르바졸) (약어: PCCP); 티오펜 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약어: DBT3P-II), 2,8-디페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]디벤조티오펜 (약어: DBTFLP-III), 또는 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐디벤조티오펜 (약어: DBTFLP-IV); 및 푸란 골격을 갖는 화합물, 예컨대 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조푸란) (약어: DBF3P-II) 또는 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}디벤조푸란 (약어: mmDBFFLBi-II). 상기 재료 중, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카르바졸 골격을 갖는 화합물은 높은 신뢰성을 갖고, 높은 정공-수송성을 가져서 구동 전압 감소에 기여하기 때문에, 이들 화합물이 바람직하다.

[0101] 호스트 재료는 상기 호스트 재료 뿐만 아니라 공지된 물질로부터 선택될 수 있다. 호스트 재료로서는, 인광성 화합물의 삼중항 준위 (기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 에너지차)보다 높은 삼중항 준위를 갖는 물질이 바람직하게 선택된다는 것을 인지한다. 이들 호스트 재료는 청색 파장 범위에서 흡수 스펙트럼을 갖지 않는 것이 바람직하다. 구체적으로, 흡수 스펙트럼의 흡수단이 바람직하게는 440 nm 이하에 있다.

[0102] 상기에 기재된 구조를 갖는 발광 층 (113)의 형성을 위해, 진공 증착법에 의한 공증착(co-evaporation)이 이용될 수 있거나, 또는 다르게는 혼합 용액을 사용한 잉크젯법, 스핀 코팅법, 딥 코팅법 등이 이용될 수 있다.

[0103] 전자-수송 층 (114)은 전자-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 예를 들어, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체, 예컨대 트리스(8-퀴놀리네이트)알루미늄 (약어: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리네이트)알루미늄 (약어: Almq₃), 비스(10-히드록시벤조[h]퀴놀리네이트)베릴륨 (약어: BeBq₂), 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리네이트)(4-페닐페놀레이트)알루미늄 (약어: BA1q) 등을 함유하는 층이 사용될 수 있다. 다르게는, 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체, 예컨대 비스[2-(2-히드록시페닐)벤조사졸레이트]아연 (약어: Zn(BOX)₂) 또는 비스[2-(2-히드록시페닐)벤조티아졸레이트]아연 (약어: Zn(BTZ)₂) 등이 사용될 수 있다. 금속 착체 이외에도, 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸 (약어: PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠 (약어: OXD-7), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸 (약어: TAZ), 바소페난트롤린 (약어: BPhen), 바소큐프로인 (약어: BCP) 등이 사용될 수도 있다. 여기서 언급된 물질은 높은 전자-수송성을 갖고, 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 것이다. 전자-수송성을 갖는 임의의 상기에 기재된 호스트 재료가 전자-수송 층 (114)에 사용될 수 있다는 것을 인지한다.

[0104] 추가로, 전자-수송 층 (114)은 단일 층으로 제한되지 않으며, 임의의 상기 물질을 함유하는 2개 이상의 층의 적층될 수 있다.

- [0105] 전자-수송 층과 발광 층 사이에는, 전자 캐리어의 수송을 제어하는 층이 제공될 수 있다. 이는 소량의 높은 전자-트랩핑 특성을 갖는 물질을 상기에 기재된 바와 같은 높은 전자-수송성을 갖는 재료에 첨가함으로써 형성된 층이고, 상기 층은 전자 캐리어의 수송을 억제함으로써 캐리어 밸런스를 조정할 수 있다. 이러한 구조는, 전자가 발광 층으로 통과하는 경우에 발생하는 문제 (예컨대 소자 수명 감소)를 막는 데 있어 매우 효과적이다.
- [0106] 또한, 전자-수송 층 (114)과 제2 전극 (102) 사이에는 제2 전극 (102)과 접하여 전자-주입 층 (115)이 제공될 수 있다. 전자-주입 층 (115)에는, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물, 예컨대 플루오린화리튬 (LiF), 플루오린화세슘 (CsF), 또는 플루오린화칼슘 (CaF₂)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 전자-수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 또는 이들의 화합물을 함유하는 층이 사용될 수 있다. 전자-수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고, 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유하는 층이 전자-주입 층 (115)으로서 바람직하게 사용되고, 이 경우 제2 전극 (102)으로부터의 전자 주입이 효율적으로 수행된다.
- [0107] 제2 전극 (102)에는, 낮은 일 함수 (구체적으로, 3.8 eV 이하의 일 함수)를 갖는 임의의 금속, 합금, 도전성 화합물, 및 이들의 혼합물 등이 사용될 수 있다. 이러한 캐소드 재료의 구체적 예는, 주기율표의 1 및 2족에 속하는 원소, 예컨대 알칼리 금속 (예를 들어, 리튬 (Li) 및 세슘 (Cs)), 마그네슘 (Mg), 칼슘 (Ca), 및 스트론튬 (Sr), 이들의 합금 (예를 들어, MgAg 및 AlLi), 희토류 금속, 예컨대 유클로프 (Eu) 및 이테르븀 (Yb), 이들의 합금 등이다. 그러나, 전자-주입 층이 제2 전극 (102)과 전자-수송 층 사이에 제공되는 경우, 제2 전극 (102)에는, 일 함수에 관계없이 각종 도전성 재료 중 임의의 것, 예컨대 Al, Ag, ITO, 또는 규소 또는 산화규소를 함유하는 산화인듐-산화주석이 사용될 수 있다. 이들 도전성 재료의 필름은 스퍼터링법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등에 의해 형성될 수 있다.
- [0108] 추가로, 건식 공정 또는 습식 공정에 관계없이, 각종 방법 중 임의의 것을 이용하여 EL 층 (103)을 형성할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등을 이용할 수 있다. 다양한 형성 방법을 전극 또는 층에 이용할 수 있다.
- [0109] 또한, 전극은 졸-겔법을 이용한 습식 방법에 의해, 또는 금속 재료의 페이스트를 사용한 습식 방법에 의해 형성될 수 있다. 다르게는, 전극은 스퍼터링법 또는 진공 증착법 등의 건식 방법에 의해 형성될 수 있다.
- [0110] 상기에 기재된 구조를 갖는 발광 소자에서는, 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 사이의 전위차로 인해 전류가 흐르고, 높은 발광성을 갖는 물질을 함유하는 발광 층 (113)에서 정공 및 전자가 재결합되어, 광이 방출된다. 즉, 발광 층 (113)에 발광 영역이 형성된다.
- [0111] 발광은, 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 중 하나 또는 둘 다를 통해 취출된다. 따라서, 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 중 하나 또는 둘 다는 투광성 전극이다. 제1 전극 (101)만이 투광성 전극인 경우, 발광은 제1 전극 (101)을 통해 취출된다. 제2 전극 (102)만이 투광성 전극인 경우, 발광은 제2 전극 (102)을 통해 취출된다. 제1 전극 (101) 및 제2 전극 (102) 둘 다 투광성 전극인 경우, 발광은 제1 전극 (101) 및 제2 전극 (102)을 통해 취출된다.
- [0112] 제1 전극 (101)과 제2 전극 (102) 사이에 제공되는 층의 구조는 상기에 기재된 구조로 제한되지 않는다. 바람직하게는, 발광 영역 및 전극과 캐리어 층에 사용되는 금속의 근접성으로 인한 소광을 막을 수 있도록, 정공 및 전자가 조합되는 발광 영역이 제1 전극 (101) 및 제2 전극 (102)으로부터 떨어져서 위치한다.
- [0113] 추가로, 발광 층에서 생성된 여기자로부터의 에너지 전달이 억제될 수 있도록, 바람직하게는, 발광 층 (113)과 접하는 정공-수송 층 및 전자-수송 층, 특히 발광 층 (113)에서 발광 영역에 보다 가까운 쪽과 접하는 캐리어-수송 층은, 발광 층의 발광 물질 또는 발광 층에 포함된 발광 중심 물질보다 더 폭넓은 밴드 갭을 갖는 물질을 사용하여 형성된다.
- [0114] 본 실시형태에서 발광 소자는 바람직하게는 유리, 플라스틱 등의 기판 위에서 제작된다. 기판 위에 층을 적층시키는 방식으로서, 층을 제1 전극 (101)측으로부터 순차적으로 적층시키거나, 또는 제2 전극 (102)측으로부터 순차적으로 적층시킬 수 있다. 발광 장치에서는, 하나의 발광 소자가 하나의 기판 위에 형성될 수 있지만, 복수의 발광 소자가 하나의 기판 위에 형성될 수도 있다. 하나의 기판 위에 형성된 상기에 기재된 바와 같은 복수의 발광 소자로, 소자가 분리된 조명 장치 또는 패시브-매트릭스 발광 장치를 제조할 수 있다. 예를 들어, 유리, 플라스틱 등의 기판 위에 형성된, 박막 트랜지스터 (TFT)에 전기적으로 접속된 전극 위에 발광 소자를 형성할 수 있고, 따라서 TFT가 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스 발광 장치를 제조할 수 있다. TFT의 구조에 대해 특별한 제한은 없으며, 이는 스테거드(staggered) TFT 또는 인버티드 스테거드(inverted staggered) TFT일 수 있다는 것을 인지한다. 또한, TFT에 사용되는 반도체의 결정성은 특별히 제한되지

않으며; 비정질 반도체 또는 결정성 반도체가 사용될 수 있다. 또한, TFT 기판에 형성된 구동 회로는 n형 TFT 및 p형 TFT로, 또는 n형 TFT 또는 p형 TFT로 형성될 수 있다.

[0115] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 적절히 조합될 수 있다는 것을 인지한다.

[0116] (실시형태 3)

[0117] 본 실시형태에서는, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 사용한 발광 장치를 설명할 것이다.

[0118] 본 실시형태에서는, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 사용한 발광 장치를 도 6의 (A) 및 도 6의 (B)를 참조로 하여 설명한다. 도 6의 (A)는 발광 장치의 상면도이고, 도 6의 (B)는 도 6의 (A)에서 라인 A-B 및 C-D를 따라 절단한 단면도이다. 이 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하는 것이며 점선으로 나타낸, 구동 회로부(소스 라인 구동 회로) (601), 화소부 (602), 및 구동 회로부 (게이트 라인 구동 회로) (603)을 포함한다. 또한, 참조 번호 (604)는 실링 기판; (625)는 건조재; (605)는 실링재; 또한 (607)은 실링재 (605)로 둘러싸인 공간을 나타낸다.

[0119] 참조 번호 (608)은, 소스 라인 구동 회로 (601) 및 게이트 라인 구동 회로 (603)로 입력되는 신호를 전송하고, 외부 입력 단자로서 작용하는 FPC (플렉시블 프린트 회로) (609)로부터의 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 및 리셋 신호 등의 신호를 수신하기 위한 배선을 나타낸다. 여기서는 단지 FPC만을 나타내었지만, 프린트 배선판 (PWB)이 FPC에 부착될 수 있다. 본 명세서에서 발광 장치는, 발광 장치 자체 뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치를 그의 카테고리 내에 포함한다.

[0120] 다음으로, 단면 구조를 도 6의 (B)를 참조로 하여 설명한다. 소자 기판 (610) 위에 구동 회로부 및 화소부가 형성되며; 구동 회로부인 소스 라인 구동 회로 (601), 및 화소부 (602)내의 화소 중 하나가 여기에 나타나 있다.

[0121] 소스 라인 구동 회로 (601)로서는, n-채널 TFT (623) 및 p-채널 TFT (624)가 조합된 CMOS 회로가 형성된다. 또한, CMOS 회로, PMOS 회로, 또는 NMOS 회로 등의 각종 회로 중 임의의 것으로 구동 회로가 형성될 수 있다. 본 실시형태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성된 드라이버 일체형을 나타내었지만, 구동 회로가 반드시 기판 위에 형성되는 것은 아니고, 구동 회로는 기판 위가 아니라 외부에 형성될 수도 있다.

[0122] 화소부 (602)는 스위칭 TFT (611), 전류 제어 TFT (612), 및 전류 제어 TFT (612)의 드레인에 전기적으로 접속된 제1 전극 (613)을 포함하는 복수의 화소를 포함한다. 제1 전극 (613)의 단부를 덮도록 절연물 (614)이 형성되며, 여기서는 포지티브 감광성 아크릴 수지 필름이 사용된다는 것을 인지한다.

[0123] 피복성을 향상시키기 위해, 절연물 (614)은 그의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다. 예를 들어, 절연물 (614)의 재료에 포지티브 감광성 아크릴이 사용되는 경우, 바람직하게는 절연물 (614)의 상단부만이 곡률 반경 (0.2 μm 내지 3 μm)을 갖는 곡면을 갖는다. 절연물 (614)로서는, 네가티브 감광성 수지 또는 포지티브 감광성 수지가 사용될 수 있다.

[0124] 제1 전극 (613) 위에는 EL 층 (616) 및 제2 전극 (617)이 형성된다. 여기서는, 애노드로서 기능하는 제1 전극 (613)에 사용되는 재료로서는, 높은 일 함수를 갖는 재료가 바람직하게 사용된다. 예를 들어, ITO 필름, 규소를 함유하는 산화인듐주석 필름, 2 wt% 내지 20 wt%로 산화아연을 함유하는 산화인듐 필름, 질화티타늄 필름, 크로뮴 필름, 텅스텐 필름, Zn 필름, Pt 필름 등의 단층 필름, 질화티타늄 필름 및 알루미늄을 주성분으로 함유하는 필름의 적층물, 질화티타늄 필름, 알루미늄을 주성분으로 함유하는 필름, 및 질화티타늄 필름의 3개 층의 적층물 등이 사용될 수 있다. 적층 구조는 낮은 배선 저항, 유리한 옴 접촉(ohmic contact), 및 애노드로서의 기능을 가능하게 한다.

[0125] 또한, EL 층 (616)은 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 및 스핀 코팅법 등의 각종 방법 중 임의의 방법에 의해 형성된다. EL 층 (616)은 실시형태 1 및 2에 기재된 것과 유사한 구조를 갖는다. 추가로, EL 층 (616)에 포함되는 또 다른 재료로는, 임의의 저분자 화합물 및 고분자 화합물 (올리고머 및 덴드리머 포함)이 사용될 수 있다.

[0126] EL 층 (616) 위에 형성되고 캐소드로서 기능하는 제2 전극 (617)에 사용되는 재료로서는, 낮은 일 함수를 갖는 재료 (예를 들어, Al, Mg, Li, Ca, 또는 이들의 합금 또는 화합물, 예컨대 MgAg, MgIn, 또는 AlLi)가 바람직하게 사용된다. EL 층 (616)에서 생성된 광이 제2 전극 (617)으로 통과되는 경우, 금속 박막 및 투명한 도전성 필름 (예를 들어, ITO, 2 wt% 내지 20 wt%로 산화아연을 함유하는 산화인듐, 규소를 함유하는 산화인듐주석, 또

는 산화아연 (ZnO)의 적층물이 제2 전극 (617)에 바람직하게 사용된다.

- [0127] 발광 소자는 제1 전극 (613), EL 층 (616), 및 제2 전극 (617)으로 형성된다는 것을 인지한다. 발광 소자는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자이다. 본 실시형태의 발광 장치에서, 복수의 발광 소자를 포함하는 화소부는, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자 및 상이한 구조를 갖는 발광 소자 둘 다를 포함할 수 있다.
- [0128] 추가로, 실링 기관 (604)을 실링재 (605)로 소자 기관 (610)에 부착시켜, 소자 기관 (610), 실링 기관 (604), 및 실링재 (605)로 둘러싸인 공간 (607) 내에 발광 소자 (618)가 제공되도록 한다. 공간 (607)은 충전제로 충전될 수 있고, 이는 불활성 기체 (예컨대 질소 또는 아르곤), 또는 실링재 (605)로 충전될 수 있다. 실링 기관에 오목부를 제공하고, 오목부 내에 건조제 (625)를 제공하는 것이 바람직하고, 이 경우 수분의 영향으로 인한 열화가 억제될 수 있다.
- [0129] 에폭시계 수지 또는 유리 프릿이 실링재 (605)에 바람직하게 사용된다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 투과시키지 않는 것이 바람직하다. 실링 기관 (604)으로서는, 유리 기관, 석영 기관, 또는 섬유유리 강화 플라스틱 (FRP), 폴리(비닐 플루오라이드) (PVF), 폴리에스테르, 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관이 사용될 수 있다.
- [0130] 상기에 기재된 바와 같이, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 사용한 발광 장치가 얻어질 수 있다.
- [0131] 본 실시형태에서 발광 장치는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 사용하여 제작되고, 따라서 유리한 특징을 가질 수 있다. 구체적으로, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 높은 발광 효율을 갖고, 발광 장치는 감소된 전력 소비를 가질 수 있다. 또한, 발광 소자가 낮은 구동 전압을 갖기 때문에, 발광 장치가 낮은 전압으로 구동될 수 있다.
- [0132] 상기에 기재된 바와 같이 본 실시형태에서는 액티브 매트릭스 발광 장치를 설명하였지만, 패시브 매트릭스 발광 장치가 제조될 수도 있다. 도 7의 (A) 및 도 7의 (B)는 본 발명을 이용하여 제조된 패시브 매트릭스 발광 장치를 나타낸다. 도 7의 (A)는 발광 장치의 사시도이고, 도 7의 (B)는 도 7의 (A)에서 라인 X-Y를 따라 절단한 단면도이다. 도 7의 (A) 및 도 7의 (B)에서는, 기관 (951) 위에, 전극 (952)와 전극 (956) 사이에 EL 층 (955)이 제공된다. 전극 (952)의 단부는 절연 층 (953)으로 덮여 있다. 또한, 절연 층 (953) 위에는 격벽 층 (954)이 제공된다. 격벽 층 (954)의 측벽은, 두 측벽 사이의 거리가 기관면을 향할수록 점차 폭이 좁아지도록 경사져 있다. 즉, 격벽 층 (954)의 짧은 변 방향을 따라 절단된 단면도는 사다리꼴이며, 하부 변 (절연 층 (953)의 변 방향과 동일한 방향에 있고 절연 층 (953)에 접하는 변)이 상부 변 (절연 층 (953)의 변 방향과 동일한 방향에 있고 절연 층 (953)에 접하지 않은 변)보다 짧다. 이와 같이 제공된 격벽 층 (954)은 정전기 등에 기인하는 발광 소자에서의 불량을 막을 수 있다. 패시브 매트릭스 발광 장치는 또한, 낮은 전압에서 동작가능한 실시형태 1 및 2에서의 발광 소자를 포함함으로써 낮은 전력 소비로 구동될 수 있다. 추가로, 발광 장치는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함함으로써 높은 신뢰성을 가질 수 있다.
- [0133] 추가로, 풀 컬러 디스플레이를 수행하기 위해서는, 발광 소자로부터의 광을 발광 장치의 외부로 통과시키는 광 경로 내에 착색 층 또는 색 변환 층이 제공될 수 있다. 착색 층 등의 사용으로 풀 컬러 디스플레이가 달성되는 발광 장치의 일례를 도 8의 (A) 및 도 8의 (B)에 나타내었다. 도 8의 (A)에는, 기관 (1001), 하지 절연막 (1002), 게이트 절연막 (1003), 게이트 전극 (1006), (1007), 및 (1008), 제1 층간 절연막 (1020), 제2 층간 절연막 (1021), 주변부 (1042), 화소부 (1040), 구동 회로부 (1041), 발광 소자의 제1 전극 (1024W), (1024R), (1024G), 및 (1024B), 격벽 (1025), 유기 화합물을 함유하는 층 (1028), 발광 소자의 제2 전극 (1029), 실링 기관 (1031), 및 실란트 (1032)가 나타나 있다. 추가로, 착색 층 (적색 착색 층 (1034R), 녹색 착색 층 (1034G), 및 청색 착색 층 (1034B))이 투명한 기재 (1033)에 제공된다. 추가로, 흑색 층 (흑색 매트릭스) (1035)이 추가로 제공될 수 있다. 착색 층 및 흑색 층이 제공된 투명한 기재 (1033)는 위치조절되어 기관 (1001)에 고정된다. 착색 층 및 흑색 층은 오버코트 층 (1036)으로 덮인다. 본 실시형태에서, 발광 층의 일부로부터 방출된 광은 착색 층으로 통과되지 않으며, 발광 층의 다른 부분으로부터 방출된 광은 착색 층으로 통과된다. 착색 층으로 통과되지 않는 광은 백색이고, 착색 층 중 어느 하나로 통과되는 광은 적색, 청색, 또는 녹색이며, 4색의 화소를 이용하여 영상이 표시될 수 있다.
- [0134] 상기에 기재된 발광 장치는, TFT가 형성된 기관 (1001)측으로부터 광이 취출되는 구조 (저부 방출 구조)를 갖는 발광 장치이지만, 실링 기관 (1031)측으로부터 광이 취출되는 구조 (상부 방출 구조)를 갖는 발광 장치일 수도 있다. 도 9는 상부 방출 구조를 갖는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 광을 투과시키지 않는 기관이 기관 (1001)으로서 사용될 수 있다. TFT와 발광 소자의 애노드를 접속시키는 접속 전극의 형성 수순까지의 방법은

저부 방출 구조를 갖는 발광 장치의 경우와 유사한 방식으로 수행된다. 이어서, 전극 (1022)을 덮도록 제3 층간 절연막 (1037)이 형성된다. 제3 층간 절연막 (1037)은 평탄화 기능을 가질 수 있다. 제3 층간 절연막 (1037)은 제2 층간 절연막의 재료와 유사한 재료를 사용하여 형성될 수 있고, 다르게는 임의의 다른 공지된 재료를 사용하여 형성될 수 있다.

[0135] 여기서 발광 소자의 제1 전극 (1024W), (1024R), (1024G), 및 (1024B)는 각각 애노드로서 작용하지만, 캐소드로서 작용할 수도 있다. 추가로, 도 9에 나타낸 바와 같은 상부 방출 구조를 갖는 발광 장치의 경우, 제1 전극은 바람직하게는 반사 전극이다. 유기 화합물을 함유하는 층 (1028)은 실시형태 1 및 2에 기재된 구조와 유사한 구조를 갖도록 형성되고, 이로써 백색 발광이 얻어질 수 있다. 백색 발광이 얻어질 수 있는 구조로서는, 2개의 EL 층이 사용되는 경우, 하나의 EL 층에서의 발광 층으로부터 청색광이 얻어지고, 다른 EL 층의 발광 층으로부터 오렌지색광이 얻어지는 구조; 하나의 EL 층에서의 발광 층으로부터 청색광이 얻어지고, 다른 EL 층의 발광 층으로부터 적색광 및 녹색광이 얻어지는 구조; 등을 들 수 있다. 추가로, 3개의 EL 층이 사용되는 경우에는, 각각의 발광 층으로부터 적색광, 녹색광, 및 청색광이 얻어져, 백색광을 방출하는 발광 소자가 얻어질 수 있다. 물론, 백색 발광이 얻어지는 구조는, 실시형태 1 및 2에 기재된 구조가 사용되는 한, 이들로 제한되지 않는다.

[0136] 착색 층은 각각, 발광 소자로부터의 광이 발광 장치의 외부로 통과되는 광 경로 내에 제공된다. 도 8의 (A)에 나타낸 바와 같은 저부 방출 구조를 갖는 발광 장치의 경우에는, 착색 층 (1034R), (1034G), 및 (1034B)이 투명한 기재 (1033) 위에 제공되고, 이어서 기관 (1001)에 고정될 수 있다. 착색 층은 도 8의 (B)에 나타낸 바와 같이 게이트 절연막 (1003)과 제1 층간 절연막 (1020) 사이에 제공될 수도 있다. 도 9에 나타낸 상부 방출 구조의 경우에는, 착색 층 (적색 착색 층 (1034R), 녹색 착색 층 (1034G), 및 청색 착색 층 (1034B))이 제공되어 있는 실링 기관 (1031)으로 실링이 수행될 수 있다. 실링 기관 (1031)에는 화소 사이에 위치한 흑색 층 (흑색 매트릭스) (1035)가 제공될 수 있다. 착색 층 (적색 착색 층 (1034R), 녹색 착색 층 (1034G), 및 청색 착색 층 (1034B)) 및 흑색 층 (흑색 매트릭스) (1035)는 오버코트 층 (1036)으로 덮일 수 있다. 투광성 기관이 실링 기관 (1031)으로서 사용된다는 것을 인지한다.

[0137] 이렇게 얻어진 유기 발광 소자의 한 쌍의 전극 사이에 전압이 인가되면, 백색 발광 영역 (1044W)이 얻어질 수 있다. 또한, 착색 층을 사용함으로써, 적색 발광 영역 (1044R), 청색 발광 영역 (1044B), 및 녹색 발광 영역 (1044G)이 얻어질 수 있다. 본 실시형태에서의 발광 장치는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하고; 따라서, 낮은 전력 소비를 갖는 발광 장치가 얻어질 수 있다.

[0138] 추가로, 여기서는 적색, 녹색, 청색, 및 백색의 4색을 이용하여 풀 컬러 디스플레이를 수행하는 예를 나타내었지만, 특별한 제한은 없고, 적색, 녹색, 및 청색의 3색을 이용하는 풀 컬러 디스플레이를 수행할 수도 있다.

[0139] 본 실시형태는 임의의 다른 실시형태와 자유롭게 조합될 수 있다.

[0140] (실시형태 4)

[0141] 본 실시형태에서는, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 조명 장치에 사용한 예를 도 10의 (A) 및 도 10의 (B)를 참조로 하여 설명할 것이다. 도 10의 (B)는 조명 장치의 상면도이고, 도 10의 (A)는 도 10의 (B)에서 라인 e-f를 따라 절단한 단면도이다.

[0142] 본 실시형태에서의 조명 장치에서는, 지지체이며 투광성을 갖는 기관 (400) 위에 제1 전극 (401)이 형성된다. 제1 전극 (401)은 실시형태 3에서의 제1 전극 (101)에 상응한다.

[0143] 제1 전극 (401) 위에는 보조 전극 (402)이 제공된다. 본 실시형태에서 주어진 예에서는 발광이 제1 전극 (401)측을 통해 취출되기 때문에, 제1 전극 (401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다. 보조 전극 (402)은 투광성을 갖는 재료의 낮은 도전율을 보상하기 위해 제공되며, 이는 제1 전극 (401)의 높은 저항에 의해 초래된 전압 강하에 기인하는 발광면에서의 휘도 불균일성을 억제하는 기능을 갖는다. 보조 전극 (402)은 적어도 제1 전극 (401)의 재료보다 높은 도전율을 갖는 재료를 사용하여 형성되고, 바람직하게는 알루미늄 등의 높은 도전율을 갖는 재료를 사용하여 형성된다. 제1 전극 (401)과 접하는 부분 이외의 보조 전극 (402)의 표면은 바람직하게는 절연 층으로 덮인다는 것을 인지한다. 이는, 취출이 불가능한 보조 전극 (402)의 상부 위에서의 발광을 억제하기 위해, 무효 전류를 감소시키기 위해, 또한 전력 효율 감소를 억제하기 위해서이다. 보조 전극 (402)의 형성과 동시에 제2 전극 (404)에 전압을 인가하기 위한 패드 (412)가 형성될 수 있다는 것을 인지한다.

[0144] 제1 전극 (401) 및 보조 전극 (402) 위에는 EL 층 (403)이 형성된다. EL 층 (403)은 실시형태 1 및 2에 기재된 구조를 갖는다. 구조에 대한 설명을 참조한다. EL 층 (403)은 바람직하게는 위에서 볼 때 제1 전극 (401)

보다 약간 더 크게 형성되고, 이 경우 EL 층 (403)은 또한 제1 전극 (401)과 제2 전극 (404) 사이의 단락을 억제하는 절연 층으로서 작용할 수 있다.

[0145] 제2 전극 (404)은 EL 층 (403)을 덮도록 형성된다. 제2 전극 (404)은 실시형태 3에서의 제2 전극 (102)에 상응하고, 유사한 구조를 갖는다. 본 실시형태에서는, 제1 전극 (401)측을 통해 발광이 추출되기 때문에, 제2 전극 (404)이 높은 반사율을 갖는 재료를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 본 실시형태에서, 제2 전극 (404)은 패드 (412)에 접속되고, 이로써 전압이 인가된다.

[0146] 상기에 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 제1 전극 (401), EL 층 (403), 및 제2 전극 (404) (및 보조 전극 (402))을 포함하는 발광 소자를 포함한다. 발광 소자가 높은 발광 효율을 갖는 발광 소자이기 때문에, 본 실시형태에서의 조명 장치는 낮은 전력 소비를 갖는 조명 장치일 수 있다. 추가로, 발광 소자가 높은 신뢰성을 갖는 발광 소자이기 때문에, 본 실시형태에서의 조명 장치는 높은 신뢰성을 갖는 조명 장치일 수 있다.

[0147] 상기 구조를 갖는 발광 소자는 실링재 (405) 및 (406)으로 실링 기판 (407)에 고정되고, 실링이 수행됨으로써, 조명 장치가 완성된다. 실링재 (405) 또는 실링재 (406) 중 단지 하나를 사용할 수 있다. 또한, 내부 실링재 (406)를 건조제와 혼합할 수 있고, 이는 수분이 흡착될 수 있게 하여 신뢰성을 증가시킨다.

[0148] 패드 (412), 제1 전극 (401), 및 보조 전극 (402)의 일부를 실링재 (405) 및 (406)의 외부로 신장시키는 경우, 신장된 부분이 외부 입력 단자로서 작용할 수 있다. 컨버터 등이 장착된 IC 칩 (420)이 외부 입력 단자 위에 제공될 수 있다.

[0149] 상기에 기재된 바와 같이, 본 실시형태에 기재된 조명 장치는 EL 소자로서 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하기 때문에, 조명 장치가 낮은 전력 소비를 갖는 조명 장치가 될 수 있다. 추가로, 조명 장치는 낮은 구동 전압을 갖는 조명 장치일 수 있다. 추가로, 조명 장치는 높은 신뢰성을 갖는 조명 장치일 수 있다.

[0150] (실시형태 5)

[0151] 본 실시형태에서는, 각각 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 전자 기기의 예를 설명할 것이다. 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 높은 발광 효율 및 감소된 전력 소비를 갖는다. 그 결과, 본 실시형태에 기재된 전자 기기는 각각 감소된 전력 소비를 갖는 발광부를 포함할 수 있다. 또한, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자가 낮은 구동 전압을 갖기 때문에, 전자 기기가 낮은 전압으로 구동될 수 있다.

[0152] 상기 발광 소자가 적용되는 전자 기기의 예는, 텔레비전 장치 (또한 TV 또는 텔레비전 수신기로서 언급됨), 컴퓨터 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라 등의 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대폰 (또한 이동 전화기 또는 휴대 전화기 장치로서 언급됨), 휴대용 게임기, 휴대 정보 단말기, 음향 재생 장치, 파칭코 기계 등의 대형 게임기 등을 포함한다. 이들 전자 기기의 구체적인 예는 하기와 같다.

[0153] 도 11의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 나타낸다. 텔레비전 장치에서는, 하우징 (7101) 내에 표시부 (7103)가 포함된다. 또한, 여기서, 하우징 (7101)은 스탠드 (7105)에 의해 지지된다. 표시부 (7103)에 화상이 표시될 수 있고, 발광부 (7103)에는, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자가 매트릭스로 배열된다. 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 추가로, 발광 소자는 낮은 전압으로 구동될 수 있다. 추가로, 발광 소자는 긴 수명을 가질 수 있다. 따라서, 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부 (7103)를 포함한 텔레비전 장치는 낮은 전력 소비를 갖는 텔레비전 장치일 수 있다. 추가로, 텔레비전 장치는 낮은 구동 전압을 갖는 텔레비전 장치일 수 있다. 추가로, 텔레비전 장치는 높은 신뢰성을 갖는 텔레비전 장치일 수 있다.

[0154] 텔레비전 장치의 조작은 하우징 (7101)의 조작 스위치 또는 별도의 리모콘 조작기 (7110)에 의해 수행될 수 있다. 리모콘 조작기 (7110)의 조작 키 (7109)로, 채널 및 음량을 조절할 수 있고, 표시부 (7103)에 표시된 영상을 조절할 수 있다. 추가로, 리모콘 조작기 (7110)에는 리모콘 조작기 (7110)로부터의 데이터 출력을 표시하기 위한 표시부 (7107)가 제공될 수 있다.

[0155] 텔레비전 장치에는 수신기, 모뎀 등이 제공된다는 것을 인지한다. 수신기의 사용에 의해, 일반적인 텔레비전 방송이 수신될 수 있다. 또한, 텔레비전 장치가 모뎀에 의해 무선 또는 유선으로 통신 네트워크에 접속되는 경우, 단방향 (발신자로부터 수신자로) 또는 양방향 (발신자와 수신자 사이 또는 수신자끼리) 정보 통신이 수행될 수 있다.

[0156] 도 11의 (B1)은 본체 (7201), 하우징 (7202), 표시부 (7203), 키보드 (7204), 외부 접속 포트 (7205), 포인팅 디바이스 (7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 나타낸다. 이 컴퓨터는, 실시형태 2 또는 3에 기재된 것과 동일한,

표시부 (7203)에 매트릭스로 배열된 발광 소자를 사용하여 제조된다는 것을 인지한다. 도 11의 (B1)에 나타낸 컴퓨터는 도 11의 (B2)에 나타낸 구조를 가질 수 있다. 도 11의 (B2)에 나타낸 컴퓨터에는 키보드 (7204) 및 포인팅 디바이스 (7206) 대신에 제2 표시부 (7210)가 제공될 수 있다. 제2 표시부 (7210)는 터치 스크린이고, 손가락 또는 전용 펜을 사용한 제2 표시부 (7210)에 대한 입력용 디스플레이의 조작에 의해 입력을 수행할 수 있다. 제2 표시부 (7210)는 입력용 디스플레이 이외에 화상을 표시할 수도 있다. 표시부 (7203)는 터치 스크린일 수도 있다. 두 스크린이 힌지(hinge)로 접속된 경우 문제를 방지할 수 있고; 예를 들어, 컴퓨터가 저장되거나 운반되는 동안 화면이 균열되거나 파괴되는 것이 방지될 수 있다. 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 따라서, 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부 (7203)를 갖는 이러한 컴퓨터는 보다 적은 전력을 소비한다.

[0157] 도 11의 (C)는 휴대용 게임기가 개폐가능하게 되도록 연결부 (7303)로 연결된 2개의 하우징, 하우징 (7301) 및 하우징 (7302)을 갖는 휴대용 게임기를 나타낸다. 하우징 (7301) 내에는 매트릭스로 배열된 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 표시부 (7304)가 포함되고, 하우징 (7302) 내에는 표시부 (7305)가 포함된다. 또한, 도 11의 (C)에 나타낸 휴대용 게임기는 스피커부 (7306), 기록 매체 삽입부 (7307), LED 램프 (7308), 입력 수단 (조작 키 (7309), 연결 단자 (7310), 센서 (7311) (힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 소리, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새, 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서), 및 마이크로폰 (7312)) 등을 포함한다. 물론, 휴대용 게임기의 구조는, 적어도 표시부 (7304) 또는 표시부 (7305) 중 하나, 또는 이들 둘 다로서, 매트릭스로 배열된 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 표시부가 사용되는 한, 이들로 제한되지 않으며, 구조는 다른 부속 설비를 적절히 포함할 수 있다. 도 11의 (C)에 나타낸 휴대용 게임기는 저장 매체에 저장된 프로그램 또는 데이터를 관독하여 이를 표시부에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의해 또 다른 휴대용 게임기와 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 도 11의 (C)에 나타낸 휴대용 게임기의 기능은 이들로 제한되지 않으며, 휴대용 게임기는 다양한 기능을 가질 수 있다는 것을 인지한다. 표시부 (7304)에 사용된 발광 소자는 높은 발광 효율을 갖기 때문에, 상기에 기재된 표시부 (7304)를 포함하는 휴대용 게임기는 감소된 전력 소비를 갖는 휴대용 게임기일 수 있다. 표시부 (7304)에 사용된 발광 소자는 각각 낮은 전압으로 구동될 수 있기 때문에, 휴대용 게임기 또한 낮은 구동 전압을 갖는 휴대용 게임기일 수 있다. 추가로, 표시부 (7304)에 사용되는 발광 소자는 각각 긴 수명을 갖기 때문에, 휴대용 게임기는 높은 신뢰성을 가질 수 있다.

[0158] 도 11의 (D)는 휴대 전화기의 일례를 나타낸다. 휴대 전화기에는 하우징 (7401) 내에 포함되어 있는 표시부 (7402), 조작 버튼 (7403), 외부 접속 포트 (7404), 스피커 (7405), 마이크로폰 (7406) 등이 제공된다. 휴대 전화기 (7400)는 매트릭스로 배열된 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 표시부 (7402)를 갖는다. 발광 소자는 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 추가로, 발광 소자는 낮은 전압으로 구동될 수 있다. 추가로, 발광 소자는 긴 수명을 가질 수 있다. 따라서, 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부 (7402)를 포함하는 휴대 전화기는 감소된 전력 소비를 갖는 휴대 전화기일 수 있다. 추가로, 휴대 전화기는 낮은 구동 전압을 갖는 휴대 전화기일 수 있다. 추가로, 휴대 전화기는 높은 신뢰성을 갖는 휴대 전화기일 수 있다.

[0159] 도 11의 (D)에 나타낸 휴대 전화기의 표시부 (7402)를 손가락 등으로 터치하면, 데이터가 휴대 전화기 내로 입력될 수 있다. 이 경우, 손가락 등으로 표시부 (7402)를 터치함으로써 전화를 걸고 e-메일을 작성하는 등의 조작이 수행될 수 있다.

[0160] 표시부 (7402)는 주로 3개의 화면 모드를 갖는다. 제1 모드는 주로 화상을 표시하는 표시 모드이다. 제2 모드는 주로 문자 등의 정보를 입력하는 입력 모드이다. 제3 모드는 표시 모드 및 입력 모드의 2개의 모드가 조합된 표시-입력 모드이다.

[0161] 예를 들어, 전화를 걸거나 e-메일을 작성하는 경우에는, 표시부 (7402)에 대해 주로 문자를 입력하는 문자 입력 모드가 선택되어, 화면 상에 표시된 문자가 입력될 수 있다. 이 경우, 표시부 (7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 번호 버튼이 표시되는 것이 바람직하다.

[0162] 휴대 전화기 내부에 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 경사를 검출하는 센서를 포함하는 검출 장치가 제공되는 경우, 휴대 전화기의 배향 (휴대 전화기가 풍경 모드 또는 인물사진 모드에 대해 수평 또는 수직으로 배치되었는지)을 판단함으로써 표시부 (7402)의 화면 상의 표시가 자동으로 변화될 수 있다.

[0163] 화면 모드는 표시부 (7402)에 대한 터치 또는 하우징 (7401)의 조작 버튼 (7403)으로의 조작에 의해 전환된다. 화면 모드는 표시부 (7402)에 표시된 화상의 종류에 따라 전환될 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시된 화상의 신호가 동영상 데이터 신호인 경우, 화면 모드는 표시 모드로 전환된다. 신호가 텍스트 데이터 신호인 경우,

화면 모드는 입력 모드로 전환된다.

- [0164] 또한, 입력 모드에서, 표시부 (7402)에서 광 센서에 의해 검출된 신호가 검출되면서 표시부 (7402)를 터치하는 것에 의한 입력이 일정 기간 동안 수행되지 않는 경우, 화면 모드는 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 조절될 수 있다.
- [0165] 표시부 (7402)는 이미지 센서로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 손바닥 또는 손가락으로 표시부 (7402)를 터치함으로써 장문(palm print), 지문 등을 촬상하고, 이로써 본인 인증을 수행할 수 있다. 추가로, 표시부에 근적외선광을 방출하는 백라이트 또는 센싱용 광원을 제공함으로써, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등을 촬상할 수 있다.
- [0166] 본 실시형태에 기재된 구조는 실시형태 1 내지 4에 기재된 임의의 구조와 적절히 조합될 수 있다는 것을 인지한다.
- [0167] 상기에 기재된 바와 같이, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 갖는 발광 장치의 적용 범위는 넓고, 따라서 이러한 발광 장치가 다양한 분야의 전자 기기에 적용될 수 있다. 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 사용함으로써, 감소된 전력 소비를 갖는 전자 기기가 얻어질 수 있다.
- [0168] 도 12는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 백라이트에 사용한 액정 표시 장치의 예를 나타낸다. 도 12에 나타난 액정 표시 장치는 하우징 (901), 액정 층 (902), 백라이트 유닛 (903), 및 하우징 (904)을 포함한다. 액정 층 (902)은 드라이버 IC (905)에 접속된다. 백라이트 유닛 (903)에는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자가 사용되며, 단자 (906)를 통해 전류가 공급된다.
- [0169] 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자가 액정 표시 장치의 백라이트에 사용되고; 따라서, 백라이트는 감소된 전력 소비를 가질 수 있다. 또한, 실시형태 2에 기재된 발광 소자의 사용은 면 발광 조명 장치, 및 추가로 대면적의 면 발광 조명 장치의 제조를 가능하게 하고; 따라서, 백라이트는 대면적 백라이트일 수 있고, 액정 표시 장치 또한 대면적 장치일 수 있다. 추가로, 실시형태 2에 기재된 발광 소자를 사용한 발광 장치는 종래의 것보다 더 얇을 수 있고; 따라서, 표시 장치 또한 더 얇을 수 있다.
- [0170] 도 13은 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 조명 장치인 테이블 램프에 사용한 예를 나타낸다. 도 13에 나타난 테이블 램프는 하우징 (2001) 및 광원 (2002)을 포함하고, 실시형태 4에 기재된 발광 장치가 광원 (2002)에 사용된다.
- [0171] 도 14는 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 실내 조명 장치 (3001) 및 표시 장치 (3002)에 사용한 예를 나타낸다. 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 감소된 전력 소비를 갖기 때문에, 감소된 전력 소비를 갖는 조명 장치가 얻어질 수 있다. 추가로, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 대면적을 가질 수 있기 때문에, 발광 소자는 대면적 조명 장치에 사용될 수 있다. 추가로, 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 얇기 때문에, 발광 소자는 감소된 두께를 갖는 조명 장치에 사용될 수 있다.
- [0172] 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 자동차 차창 또는 자동차 대시보드에 사용될 수도 있다. 도 15는 실시형태 2에 기재된 발광 소자가 자동차 차창 및 자동차 대시보드에 사용된 하나의 모드를 나타낸다. 디스플레이 (5000) 내지 (5005)는 각각 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함한다.
- [0173] 디스플레이 (5000) 및 디스플레이 (5001)는 자동차 차창에 제공되고 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 표시 장치이다. 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는, 투광성을 갖는 전극으로 형성된 제1 전극 및 제2 전극을 포함함으로써, 그를 통해 반대쪽이 보일 수 있는, 소위 시-스루(see-through) 표시 장치로 형성될 수 있다. 이러한 시-스루 표시 장치는, 시야를 방해하지 않으면서 자동차의 차창에도 제공될 수 있다. 구동을 위한 트랜지스터가 제공되는 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터 등의 투광성을 갖는 트랜지스터가 바람직하게 사용될 수 있다는 것을 인지한다.
- [0174] 디스플레이 (5002)는, 필러부에 제공되고 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 표시 장치이다. 디스플레이 (5002)는, 차체에 제공된 촬상 유닛에 의해 촬영된 영상을 비춤으로써 필러부에 의한 시야 방해를 보완할 수 있다. 유사하게, 대시보드에 제공된 디스플레이 (5003)은 차체 외부에 제공된 촬상 유닛에 의해 촬영된 영상을 비춤으로써 차체에 의한 시야 방해를 보완할 수 있고, 이는 사각 지대를 제거하고 안전성을 향상시킨다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보완하기 위해 영상을 비춤으로써, 운전자가 용이하게, 또한 편안하게 안전성을 확인하는 것이 가능하다.
- [0175] 디스플레이 (5004) 및 디스플레이 (5005)는 네비게이션 데이터, 속도계, 타코미터, 주행거리, 급유량, 기어변속

지시기, 및 에어컨 설정 등의 각종 정보를 제공할 수 있다. 디스플레이의 항목 또는 레이아웃은 사용자에게 의해 적절히 자유롭게 변화될 수 있다. 이러한 정보는 또한 디스플레이 (5000) 내지 (5003)에 의해 나타날 수 있다는 것을 인지한다. 디스플레이 (5000) 내지 (5005)는 조명 장치로서 사용될 수도 있다.

- [0176] 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자는 높은 발광 효율 및 낮은 전력 소비를 가질 수 있다. 따라서, 디스플레이 (5000) 내지 (5005)와 같은 대형 화면이 다수 제공된 경우에도 배터리 부하가 작고, 이는 쾌적한 사용을 제공한다. 이러한 이유로, 각각 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 발광 장치 및 조명 장치는 차량용 발광 장치 및 차량용 조명 장치에 적합하게 사용될 수 있다.
- [0177] 도 16의 (A) 및 도 16의 (B)는 접을 수 있는 태블릿의 예를 나타낸다. 도 16의 (A)는 펼쳐진 태블릿을 나타낸다. 태블릿은 하우징 (9630), 표시부 (9631a), 표시부 (9631b), 표시 모드 스위치 (9034), 전원 스위치 (9035), 절전 모드 스위치 (9036), 잠금쇠 (9033), 및 조작 스위치 (9038)을 포함한다. 태블릿에서는, 표시부 (9631a) 및 표시부 (9631b) 중 하나 또는 둘 다가 실시형태 1 및 2에 기재된 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 사용하여 형성된다는 것을 인지한다.
- [0178] 표시부 (9631a)의 일부는 터치스크린 영역 (9632a)일 수 있고, 표시된 조작 키 (9637)가 터치되면 데이터가 입력될 수 있다. 표시부 (9631a)의 절반은 단지 표시 기능을 갖고, 나머지 절반은 터치스크린 기능을 갖지만, 본 발명의 하나의 실시형태는 이 구조로 제한되지 않는다. 전체 표시부 (9631a)가 터치스크린 기능을 가질 수 있다. 예를 들어, 키보드가 표시부 (9631a)의 전체 영역에 표시되어 표시부 (9631a)가 터치스크린으로서 사용되고; 따라서, 표시부 (9631b)는 디스플레이 화면으로서 사용될 수 있다.
- [0179] 표시부 (9631a)와 같이, 표시부 (9631b)의 일부는 터치스크린 영역 (9632b)일 수 있다. 터치스크린에 키보드를 나타내기/숨기기 위한 스위칭 버튼 (9639)을 손가락, 스타일러스 등으로 터치하면, 키보드가 표시부 (9631b)에 표시될 수 있다.
- [0180] 터치스크린 영역 (9632a) 및 터치스크린 영역 (9632b)에서 동시에 터치 입력을 수행할 수 있다.
- [0181] 표시 모드 스위치 (9034)는, 예를 들어 인물사진 모드, 풍경 모드 등 사이, 또한 흑백 표시와 컬러 표시 사이에서 표시를 전환시킬 수 있다. 절전 스위치 (9036)는 태블릿 내에 포함된 광 센서에 의해 검출된 태블릿의 사용 시 외부 광량에 따라 디스플레이의 휘도를 조절할 수 있다. 광 센서 이외에도, 자이로스코프 또는 가속도 센서 등의 경사 검출용 센서를 포함한 또 다른 검출 장치가 태블릿 내에 포함될 수 있다.
- [0182] 도 16의 (A)는 표시부 (9631a) 및 표시부 (9631b)가 동일한 표시 면적을 갖는 예를 나타내지만, 본 발명의 하나의 실시형태는 그 예로 제한되지 않는다. 표시부 (9631a) 및 표시부 (9631b)는 상이한 표시 면적 및 상이한 표시 품질을 가질 수 있다. 예를 들어, 표시부 (9631a) 및 (9631b) 중 하나에 보다 높은 정밀도의 화상이 표시될 수 있다.
- [0183] 도 16의 (B)는 접혀진 태블릿을 나타낸다. 태블릿은 하우징 (9630), 태양 전지 (9633), 충방전 제어 회로 (9634), 배터리 (9635), 및 DC-DC 컨버터 (9636)를 포함한다. 일례로, 도 16의 (B)는 배터리 (9635) 및 DC-DC 컨버터 (9636)를 포함한 충방전 제어 회로 (9634)를 나타낸다.
- [0184] 태블릿을 접을 수 있기 때문에, 태블릿을 사용하지 않을 때 하우징 (9630)을 폐쇄할 수 있다. 그 결과, 표시부 (9631a) 및 표시부 (9631b)를 보호할 수 있어, 높은 내구성 및 장기간 사용 동안 높은 신뢰성을 갖는 태블릿이 제공된다.
- [0185] 도 16의 (A) 및 도 16의 (B)에 나타낸 태블릿은, 각종 데이터 (예를 들어, 정지 영상, 동영상, 및 텍스트 화상)의 표시 기능, 캘린더, 날짜, 시간 등을 표시부에 표시하는 기능, 터치 입력에 의해 표시부에 표시된 데이터를 조작 또는 편집하는 터치-입력 기능, 및 각종 소프트웨어 (프로그램)에 의한 처리 제어 기능 등의 다른 기능을 가질 수 있다.
- [0186] 태블릿의 표면에 제공된 태양 전지 (9633)는 터치스크린, 표시부, 비디오 신호 처리부 등에 전력을 공급할 수 있다. 태양 전지 (9633)는 하우징 (9630)의 한쪽 또는 양쪽 표면에 제공될 수 있어, 배터리 (9635)가 효율적으로 충전될 수 있다는 것을 인지한다.
- [0187] 도 16의 (B)에 나타낸 충방전 제어 회로 (9634)의 구조 및 동작을 도 16의 (C)의 블록도를 참조로 하여 설명할 것이다. 도 16의 (C)는 태양 전지 (9633), 배터리 (9635), DC-DC 컨버터 (9636), 컨버터 (9638), 스위치 (SW1) 내지 (SW3), 및 표시부 (9631)를 나타낸다. 배터리 (9635), DC-DC 컨버터 (9636), 컨버터 (9638), 및

스위치 (SW1) 내지 (SW3)은 도 16의 (B)에 나타난 충방전 제어 회로 (9634)에 상응한다.

[0188] 먼저, 외부 광을 이용하여 태양 전지 (9633)에 의해 전력이 생성되는 경우의 동작예를 설명한다. 태양 전지에 의해 생성된 전력의 전압을 DC-DC 컨버터 (9636)에 의해 상승시키거나 하강시켜 배터리 (9635)의 충전을 위한 전압이 되도록 한다. 이어서, 태양 전지 (9633)로부터의 전력을 표시부 (9631)의 동작에 이용하는 경우, 스위치 (SW1)를 켜고, 전력의 전압을 컨버터 (9638)에 의해 상승시키거나 하강시켜 표시부 (9631)에 필요한 전압이 되도록 한다. 화상이 표시부 (9631)에 표시되지 않는 경우에는, 스위치 (SW1)를 끄고, 스위치 (SW2)를 켜서 배터리 (9635)를 충전시킨다.

[0189] 태양 전지 (9633)를 발전 수단의 예로서 설명하였지만, 발전 수단은 제한되지 않으며, 배터리 (9635)는 압전 소자 또는 열전 변환 소자 (펠티에(Peltier) 소자) 등의 또 다른 발전 수단에 의해 충전될 수 있다. 배터리 (9635)는 무선 (비-접촉)으로 전력을 송수신하여 충전을 수행할 수 있는 무접점 전력 전송 모듈, 또는 조합 사용되는 임의의 다른 충전 수단에 의해 충전될 수 있고, 반드시 발전 수단이 제공되는 것은 아니다.

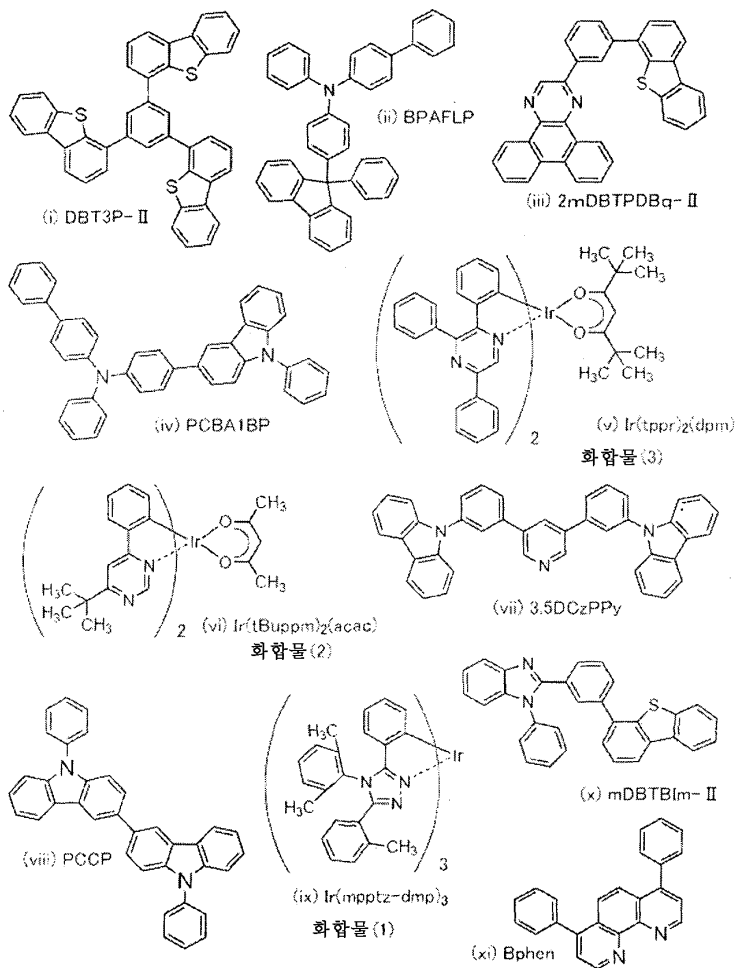
[0190] 본 발명의 하나의 실시형태는, 표시부 (9631)가 포함되는 한, 도 16의 (A) 내지 도 16의 (C)에 나타난 형상을 갖는 태블릿으로 제한되지 않는다.

[0191] [실시예 1]

[0192] 본 실시예에서는, 각각 실시형태 1에 기재된 화합물 (1) 내지 (3)을 포함하며 본 발명의 하나의 실시형태에 상응하는 발광 소자 1 및 발광 소자 2를 설명한다. 본 실시예에서의 발광 소자 각각에는, 실시형태 1에 기재된 화합물 (1), 화합물 (2), 및 화합물 (3)이 각각 제1 발광 층 (113B), 제2 발광 층 (113G), 및 제3 발광 층 (113R)에서 인광성 화합물로서 사용되고, 따라서 발광 파장 ($F(\lambda)$)과 $\varepsilon(\lambda)\lambda^4$ 사이의 관계는 도 5를 참조로 하여 실시형태 1에 기재된 것들과 동일하다.

[0193] 본 실시예에서 발광 소자에 사용되는 물질을 하기에 나타내었다.

화학식 2



[0194]

[0195] 본 실시예에서의 발광 소자 1 및 2의 제작 방법을 하기에서 설명한다.

[0196] (발광 소자 1의 제작 방법)

[0197] 먼저, 산화규소를 함유하는 산화인듐주석 (ITO)의 필름을 스퍼터링법에 의해 유리 기판 위에 형성함으로써, 제 1 전극 (101)을 형성하였다. 그의 두께는 110 nm였고, 전극 면적은 2 mm x 2 mm였다. 여기서, 제1 전극 (101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0198] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세척하고 200℃에서 1시간 동안 소성을 수행한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0199] 그 후, 기판을 압력이 대략 10^{-4} Pa로 감소된 진공 증착 장치로 옮기고, 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170℃에서 30분 동안 진공 소성을 수행하고, 이어서 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0200] 이어서, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 기판을, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 장치에 제공된 기판 홀더에 고정시켰다. 진공 증착 장치 내 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 그 후, 제1 전극 (101) 위에, 구조식 (i)로 표시되는 4,4',4"-((벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜)) (약어: DBT3P-II) 및 산화몰리브덴(VI)을 저항 가열을 이용하여 증착법에 의한 공증착에 의해 침착시켜, 정공-주입 층 (111)을 형성하였다. 정공-주입 층 (111)의 두께를 40 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브덴(VI)의 증량비를 4:2로 조정하였다. 공증착법은 복수의 증발원으로부터 하나의 처리 챔버에서 동시에 증착을 수행하는 증착법을 지칭한다는 것을 인지한다.

[0201] 다음으로, 구조식 (ii)로 표시되는 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: BPAFLP)의 필름을 정

공-주입 층 (111) 위에 20 nm의 두께로 형성하여, 정공-수송 층 (112)을 형성하였다.

[0202] 추가로, 발광 층 (113)을 하기 방식으로 형성하였다. 정공-수송 층 (112) 위에, 구조식 (iii)으로 표시되는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴녹살린 (약어: 2mDBTPDBq-II), 구조식 (iv)로 표시되는 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBA1BP), 및 구조식 (v)로 표시되는 비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: [Ir(tppr)₂(dpm)]) (화합물 (3))을, 2mDBTPDBq-II 대 PCBA1BP 대 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 10 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제3 발광 층 (113R)을 형성하고; 이어서, 2mDBTPDBq-II, PCBA1BP, 및 구조식 (vi)로 표시되는 (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐(III) (약어: [Ir(tBuppm)₂(acac)]) (화합물 (2))을, 2mDBTPDBq-II 대 PCBA1BP 대 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 5 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제2 발광 층 (113G)을 형성하고; 그 후, 구조식 (vii)로 표시되는 3,5-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약어: 35DCzPPy), 구조식 (viii)로 표시되는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카르바졸) (약어: PCCP), 및 구조식 (ix)(화합물(1))로 표시되는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III) (약어: [Ir(mpptz-dmp)₃])을, 35DCzPPy 대 PCCP 대 [Ir(mpptz-dmp)₃]의 질량비를 0.5:0.5:0.06으로 하여 30 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제1 발광 층 (113B)을 형성하였다.

[0203] 2mDBTPDBq-II 및 PCBA1BP는 엑시플렉스를 형성하고, 35DCzPPy 및 PCCP는 엑시플렉스를 형성한다는 것을 인지한다. 추가로, 제2 발광 층 (113G) 및 제3 발광 층 (113R)은, 전자-수송성을 갖는 2mDBTPDBq-II 및 정공-수송성을 갖는 PCBA1BP를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 정공-수송성을 갖는다. 제1 발광 층 (113B)은, 전자-수송성을 갖는 35DCzPPy 및 정공-수송성을 갖는 PCCP를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 전자-수송성을 갖는다.

[0204] 이어서, 발광 층 (113) 위에, 구조식 (x)으로 표시되는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸 (약어: mDBTBI-m-II)의 10-nm-두께 필름이 형성되고, 구조식 (xi)로 표시되는 바소페난트롤린 (약어: BPhen)의 20-nm-두께 필름이 형성되도록 전자-수송 층 (114)을 형성하였다.

[0205] 전자-수송 층 (114)의 형성 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm의 두께로 증착시켜, 전자-주입 층 (115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 200 nm의 두께로 증착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극 (102)을 형성하였다. 따라서, 본 실시예에서의 발광 소자 1을 제작하였다.

[0206] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항-가열법에 의해 수행하였다는 것을 인지한다.

[0207] (발광 소자 2의 제작 방법)

[0208] 제2 발광 층 (113G)을 10 nm의 두께로 형성한 것을 제외하고는, 발광 소자 1과 동일한 구조 및 공정으로 발광 소자 2를 제작하였다.

[0209] 발광 소자 1 및 발광 소자 2를, 질소 분위기의 글러브 박스 내에서 유리 기판을 사용하여 실링하여, 공기에 노출되지 않도록 하였다 (구체적으로, 실링재를 소자의 외부 연부에 도포하고, 실링시 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행함). 이어서, 각각의 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 측정은 실온에서 (25℃에서 유지되는 분위기에서) 수행하였다는 것을 인지한다.

[0210] 도 17은 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고; 도 18은 이들의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고; 도 19는 이들의 전압-휘도 특성을 나타내고; 도 20은 이들의 휘도-색도 특성을 나타내고; 도 21은 이들의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고; 도 22는 이들의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고; 도 23은 이들의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0211] 발광 소자 1은, 실용 휘도인 1000 cd/m² 부근에서 47 cd/A의 전류 효율, 22%의 외부 양자 효율, 및 32 lm/W의 전력 효율의 극히 유리한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 발광색은 2930K의 전구색이며, 평균 연색 평가수 Ra는 91.7로, 유리한 연색성을 보이는 것으로 나타났다. 발광 소자 2는, 실용 휘도인 1000 cd/m² 부근에서 52 cd/A의 전류 효율, 22%의 외부 양자 효율, 및 36 lm/W의 전력 효율의 극히 높은 효율을 보이는 것으로 나타났다. 추가로, 도 20은, 각각 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자 1 및 발광 소자 2의 색도가 휘도에 대해 낮은 의존성을 갖는다는 것을 보여준다.

[0212] 발광 소자 1 및 발광 소자 2에서 캐리어의 재결합 영역은 각각, 발광 층의 수송성으로 인해 제1 발광 층 (113B)과 제2 발광 층 (113G) 사이의 계면 근처에 있지만; 이러한 사실에도 불구하고, 제3 발광 층 (113R)은, 5 nm

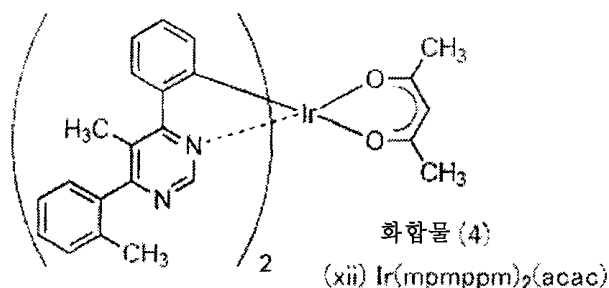
의 두께를 갖는 제2 발광 층 (113G)을 포함하는 발광 소자 1 및 10 nm의 두께를 갖는 제2 발광 층 (113G)을 포함하는 발광 소자 2 각각에서 충분히 발광을 제공하였다. 추가로, 스펙트럼은, 제1 발광 층 (113B) 내지 제3 발광 층 (113R)에 함유된 발광 물질로부터의 발광을 명확히 나타내고, 이는 여기 에너지의 효과적인 전달이 우수한 밸런스로 일어났다는 것을 의미한다.

[0213] [실시예 2]

[0214] 본 실시예에서는, 실시예 1에서의 구조와 상이한 구조를 가지며 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자 (발광 소자 3)를 설명한다. 발광 소자 3에는, 실시예 1에서 제2 화합물로서 사용된 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 대신에 황색 발광색을 나타내는 인광성 화합물인 화합물 (4) (비스{2-[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-피리미디닐- κN3]페닐- κC](2,4-펜탄디오네이트- $\kappa^2\text{O},\text{O}'$)이리듐(III) (약어: $[\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})]$))을 사용하였다. 발광 소자 3에 사용된 다른 물질은 실시예 1에서 발광 소자 1 및 발광 소자 2에 사용된 물질과 동일하다는 것을 인지한다.

[0215] 화합물 (4) ($[\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})]$)의 구조식을 하기에 나타내었다. 다른 화합물의 구조식은 실시예 1에서 나타내었고, 따라서 여기서 생략한다.

화학식 3



[0216]

[0217] 여기서, 발광 소자 3에 사용된 3종의 인광성 화합물의 발광 파장 $F(\lambda)$, 및 화합물 (3) 및 화합물 (4)의 발광 파장 $F(\lambda)$ 와 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 사이의 관계를 도 24에 나타내었다. 본 실시예에서의 발광 소자에서는, 도 24에 나타낸 바와 같이, 제1 발광 층 (113B)이 청색 발광을 제공하는 제1 인광성 화합물로서 화합물 (1)을 함유한다. 제2 발광 층 (113G)은, 제1 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장 (발광 피크 파장이 566 nm)을 갖는 광을 방출하며, 440 nm 내지 520 nm의 범위 내에서 (512 nm에서) 함수 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 A를 갖는 제2 인광성 화합물로서 화합물 (4)를 함유한다. 제3 발광 층 (113R)은, 제2 인광성 화합물로부터 방출된 광의 파장보다 긴 파장을 갖는 광을 방출하며, 520 nm 내지 600 nm의 범위 내에서 (542 nm 부근에서) 함수 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 의 최장파장측의 극대값 B를 갖는 제3 인광성 화합물로서 화합물 (3)을 함유한다. 도 24는 또한 극대값 B가 극대값 A보다 크다는 것을 보여준다.

[0218] 본 실시예에서의 발광 소자 3의 제작 방법을 하기에 설명한다.

[0219] (발광 소자 3의 제작 방법)

[0220] 먼저, 산화규소를 함유하는 산화인듐주석 (ITSO)의 필름을 스퍼터링법에 의해 유리 기판 위에 형성함으로써, 제1 전극 (101)을 형성하였다. 그의 두께는 110 nm였고, 전극 면적은 2 mm x 2 mm였다. 여기서, 제1 전극 (101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0221] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세척하고 200°C에서 1시간 동안 소성을 수행한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0222] 그 후, 기판을 압력이 대략 10^{-4} Pa로 감소된 진공 증착 장치로 옮기고, 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 수행하고, 이어서 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

[0223] 이어서, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 기판을, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 면이 아래를 향하도록, 진공

증착 장치에 제공된 기관 홀더에 고정시켰다. 진공 증착 장치 내 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 그 후, 제1 전극 (101) 위에, 구조식 (i)로 표시되는 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약어: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘(VI)을 저항 가열을 이용하여 증착법에 의한 공증착에 의해 침착시켜, 정공-주입 층 (111)을 형성하였다. 정공-주입 층 (111)의 두께를 40 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브데넘의 증량비를 4:2로 조정하였다. 공증착법은 복수의 증발원으로부터 하나의 처리 챔버에서 동시에 증착을 수행하는 증착법을 지칭한다는 것을 인지한다.

[0224] 다음으로, 구조식 (ii)로 표시되는 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민 (약어: BPAFLP)의 필름을 정공-주입 층 (111) 위에 20 nm의 두께로 형성하여, 정공-수송 층 (112)을 형성하였다.

[0225] 추가로, 발광 층 (113)을 하기 방식으로 형성하였다.

[0226] 정공-수송 층 (112) 위에, 구조식 (iii)으로 표시되는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: 2mDBTPDBq-II), 구조식 (iv)로 표시되는 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBA1BP), 및 구조식 (v)로 표시되는 비스(2,3,5-트리페닐피라지네이트)(디피발로일메타네이트)이리듐(III) (약어: [Ir(tppr)₂(dpm)]) (화합물 (3))을, 2mDBTPDBq-II 대 PCBA1BP 대 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 20 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제3 발광 층 (113R)을 형성하고; 이어서, 2mDBTPDBq-II, PCBA1BP, 및 구조식 (xii)로 표시되는 비스{2-[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-피리미디닐-κN3]페닐-κC}(2,4-펜탄디오네이트-κ²O,0')이리듐(III) (약어: Ir(mpmpm)₂(acac)) (화합물 (4))을, 2mDBTPDBq-II 대 PCBA1BP 대 [Ir(mpmpm)₂(acac)]의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 5 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제2 발광 층 (113G)을 형성하고; 그 후, 구조식 (vii)로 표시되는 3,5-비스[3-(9H-카르바졸-9-일)페닐]피리딘 (약어: 35DCzPPy), 구조식 (viii)로 표시되는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카르바졸) (약어: PCCP), 및 구조식 (ix)로 표시되는 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III) (약어: [Ir(mpptz-dmp)₃])을, 35DCzPPy 대 PCCP 대 [Ir(mpptz-dmp)₃]의 질량비를 0.5:0.5:0.06으로 하여 30 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제1 발광 층 (113B)을 형성하였다.

[0227] 2mDBTPDBq-II 및 PCBA1BP는 엑시플렉스를 형성하고, 35DCzPPy 및 PCCP는 엑시플렉스를 형성한다는 것을 인지한다. 추가로, 제2 발광 층 (113G) 및 제3 발광 층 (113R)은, 전자-수송성을 갖는 2mDBTPDBq-II 및 정공-수송성을 갖는 PCBA1BP를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 정공-수송성을 갖는다. 제1 발광 층 (113B)은, 전자-수송성을 갖는 35DCzPPy 및 정공-수송성을 갖는 PCCP를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 전자-수송성을 갖는다.

[0228] 이어서, 발광 층 (113) 위에, 구조식 (x)으로 표시되는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸 (약어: mDBTBIIm-II)의 10-nm-두께 필름이 형성되고, 구조식 (xi)로 표시되는 바소페난트롤린 (약어: BPhen)의 20-nm-두께 필름이 형성되도록 전자-수송 층 (114)을 형성하였다.

[0229] 전자-수송 층 (114)의 형성 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm의 두께로 증착시켜, 전자-주입 층 (115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 200 nm의 두께로 증착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극 (102)을 형성하였다. 따라서, 본 실시예에서의 발광 소자 3을 제작하였다.

[0230] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항-가열법에 의해 수행하였다는 것을 인지한다.

[0231] 발광 소자 3을, 질소 분위기의 글러브 박스 내에서 유리 기판을 사용하여 실링하여, 공기에 노출되지 않도록 하였다 (구체적으로, 실링재를 소자의 외부 연부에 도포하고, 실링시 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행함). 이어서, 각각의 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 측정은 실온에서 (25℃에서 유지되는 분위기에서) 수행하였다는 것을 인지한다.

[0232] 도 25는 발광 소자 3의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고; 도 26은 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고; 도 27은 그의 전압-휘도 특성을 나타내고; 도 28은 그의 휘도-색도 특성을 나타내고; 도 29는 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고; 도 30은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고; 도 31은 그의 발광 스펙트럼을 나타낸다.

[0233] 발광 소자 3은, 실용 휘도인 1000 cd/m² 부근에서 48 cd/A의 전류 효율, 23%의 외부 양자 효율, 및 32 lm/W의 전력 효율의 극히 유리한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 발광색은 3860 K의 백색광이며, 평균 연색 평가수 Ra는 85.1로, 유리한 연색성을 보이는 것으로 나타났다. 추가로, 도 20은, 본 발명의 하나의 실시형태인

발광 소자 3의 색도가 휘도에 대해 낮은 의존성을 갖는다는 것을 보여준다.

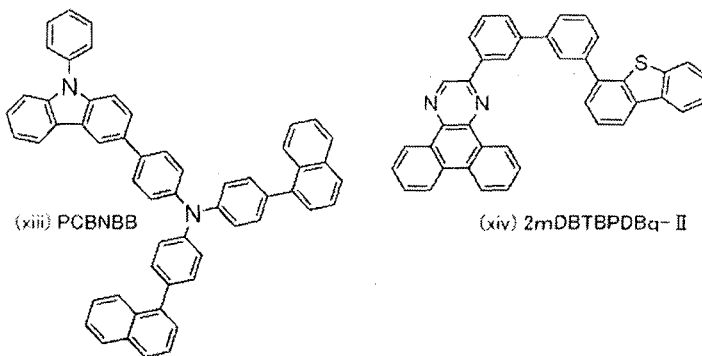
[0234] 발광 소자 3에서 캐리어의 재결합 영역은, 발광 층의 수송성으로 인해 제1 발광 층 (113B)과 제2 발광 층 (113G) 사이의 계면 근처에 있지만; 이러한 사실에도 불구하고, 제3 발광 층 (113R)은 충분히 발광을 제공하였다. 추가로, 스펙트럼은, 제1 발광 층 (113B) 내지 제3 발광 층 (113R)에 함유된 발광 물질로부터의 발광을 명확히 나타내고, 이는 발광 소자 3에서 여기 에너지의 효과적인 전달이 우수한 밸런스로 일어났다는 것을 의미한다.

[0235] [실시예 3]

[0236] 본 실시예에서는, 실시예 1 및 2에서의 구조와 상이한 구조를 가지며 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자 4를 설명한다. 발광 소자 4에는, 실시예 1에서 발광 소자에 사용된 BPAFLP 및 PCBA1BP 대신에 구조식 (xiii)으로 표시되는 4,4'-디(1-나프틸)-4''-(9-페닐-9H-카르바졸-3-일)트리페닐아민 (약어: PCBNBB)을 사용하고; 실시예 1에서 발광 소자에 사용된 35DCzPPy 및 2mDBTPDBq-II의 부분 대신에 구조식 (xiv)로 표시되는 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)비페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린 (약어: 2mDBTPDBq-II)을 사용하였다. 발광 층에 함유된 인광성 화합물은 실시예 1에서의 것들과 유사하고; 따라서, 발광 파장 ($F(\lambda)$)과 $\epsilon(\lambda)\lambda^4$ 사이의 관계도 실시예 1에 기재된 것들과 유사하다는 것을 인지한다.

[0237] PCBNBB 및 2mDBTPDBq-II의 구조식을 하기에 나타내었다. 다른 화합물은 실시예 1에서 사용된 것들과 동일하고, 따라서 그의 구조식은 여기서 생략한다. 실시예 1을 참조한다.

화학식 4



[0238]

[0239] 본 실시예에서의 발광 소자 4의 제작 방법을 하기에 설명한다.

[0240] (발광 소자 4의 제작 방법)

[0241] 먼저, 산화규소를 함유하는 산화인듐주석 (ITO)의 필름을 스퍼터링법에 의해 유리 기판 위에 형성함으로써, 제1 전극 (101)을 형성하였다. 그의 두께는 110 nm였고, 전극 면적은 2 mm x 2 mm였다. 여기서, 제1 전극 (101)은 발광 소자의 애노드로서 기능하는 전극이다.

[0242] 다음으로, 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 기판 표면을 물로 세척하고 200°C에서 1시간 동안 소성을 수행한 후, UV 오존 처리를 370초 동안 수행하였다.

[0243] 그 후, 기판을 압력이 대략 10^{-4} Pa로 감소된 진공 증착 장치로 옮기고, 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170°C에서 30분 동안 진공 소성을 수행하고, 이어서 기판을 약 30분 동안 냉각시켰다.

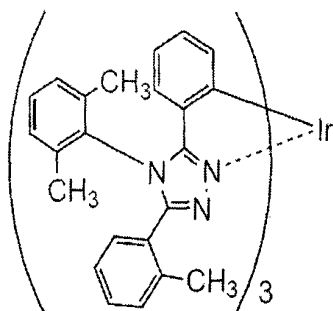
[0244] 이어서, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 기판을, 제1 전극 (101)이 형성되어 있는 면이 아래를 향하도록, 진공 증착 장치에 제공된 기판 홀더에 고정시켰다. 진공 증착 장치 내 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 그 후, 제1 전극 (101) 위에, 구조식 (i)로 표시되는 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜) (약어: DBT3P-II) 및 산화몰리브데넘(VI)을 저항 가열을 이용하여 증착법에 의한 공증착에 의해 침착시켜, 정공-주입 층 (111)을 형성하였다. 정공-주입 층 (111)의 두께를 40 nm로 설정하고, DBT3P-II 대 산화몰리브데넘의 증량비를 4:2로 조정하였다. 공증착법은 복수의 증발원으로부터 하나의 처리 챔버에서 동시에 증착을 수행하는 증착법을 지칭

한다는 것을 인지한다.

- [0245] 다음으로, PCBNBB의 필름을 정공-주입 층 (111) 위에 20 nm의 두께로 형성하여, 정공-수송 층 (112)을 형성하였다.
- [0246] 추가로, 발광 층 (113)을 하기 방식으로 형성하였다. 정공-수송 층 (112) 위에, 2mDBTPDBq-II, PCBNBB, 및 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 을, 2mDBTPDBq-II 대 PCBNBB 대 $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$ 의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 10 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제3 발광 층 (113R)을 형성하고; 이어서, 2mDBTPDBq-II, PCBNBB, 및 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 를, 2mDBTPDBq-II 대 PCBNBB 대 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$ 의 질량비를 0.5:0.5:0.05로 하여 10 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제2 발광 층 (113G)을 형성하고; 그 후, 35DCzPPy, PCCP, 및 $[\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3]$ 을, 35DCzPPy 대 PCCP 대 $[\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3]$ 의 질량비를 0.7:0.3:0.06으로 하여 30 nm의 두께로 공증착에 의해 침착시켜, 제1 발광 층 (113B)을 형성하였다.
- [0247] 2mDBTPDBq-II 및 PCBNBB는 엑시플렉스를 형성하고, 35DCzPPy 및 PCCP는 엑시플렉스를 형성한다는 것을 인지한다. 추가로, 제2 발광 층 (113G) 및 제3 발광 층 (113R)은, 전자-수송성을 갖는 2mDBTPDBq-II 및 정공-수송성을 갖는 PCBNBB를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 정공-수송성을 갖는다. 제1 발광 층 (113B)은, 전자-수송성을 갖는 35DCzPPy 및 정공-수송성을 갖는 PCCP를 0.5:0.5의 비율로 함유함으로써 전자-수송성을 갖는다.
- [0248] 이어서, 발광 층 (113) 위에, 35DCzPPy의 10-nm-두께 필름이 형성되고, BPhen의 20-nm-두께 필름이 형성되도록 전자-수송 층 (114)을 형성하였다.
- [0249] 전자-수송 층 (114)의 형성 후, 플루오린화리튬 (LiF)을 1 nm의 두께로 증착시켜, 전자-주입 층 (115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 200 nm의 두께로 증착시켜 캐소드로서 기능하는 제2 전극 (102)을 형성하였다. 따라서, 본 실시예에서의 발광 소자 4를 제작하였다.
- [0250] 모든 상기 증착 수순에서, 증착은 저항-가열법에 의해 수행하였다는 것을 인지한다.
- [0251] 발광 소자 4를, 질소 분위기의 글러브 박스 내에서 유리 기판을 사용하여 실링하여, 공기에 노출되지 않도록 하였다 (구체적으로, 실링재를 소자의 외부 연부에 도포하고, 실링시 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행함). 이어서, 각각의 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 측정은 실온에서 (25℃에서 유지되는 분위기에서) 수행하였다는 것을 인지한다.
- [0252] 도 32는 발광 소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내고; 도 33은 그의 휘도-전류 효율 특성을 나타내고; 도 34는 그의 전압-휘도 특성을 나타내고; 도 35는 그의 휘도-색도 특성을 나타내고; 도 36은 그의 휘도-전력 효율 특성을 나타내고; 도 37은 그의 휘도-외부 양자 효율 특성을 나타내고; 도 38은 그의 발광 스펙트럼을 나타낸다.
- [0253] 발광 소자 4는, 실용 휘도인 1000 cd/m^2 부근에서 39 cd/A의 전류 효율, 21%의 외부 양자 효율, 및 29 lm/W의 전력 효율의 극히 유리한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 광은 2260 K의 색을 가지며, 평균 연색 평가 수 Ra는 93.4로, 유리한 연색성을 보이는 것으로 나타났다.
- [0254] 발광 소자 4에서 캐리어의 재결합 영역은, 발광 층의 수송성으로 인해 제1 발광 층 (113B)과 제2 발광 층 (113G) 사이의 계면 근처에 있지만; 이러한 사실에도 불구하고, 제3 발광 층 (113R)은 충분히 발광을 제공하였다. 추가로, 스펙트럼은, 제1 발광 층 (113B) 내지 제3 발광 층 (113R)에 함유된 발광 물질로부터의 발광을 명확히 나타내고, 이는 여기 에너지의 효과적인 전달이 우수한 밸런스로 일어났다는 것을 의미한다.
- [0255] 신뢰성 시험을 수행하였다. 신뢰성 시험에서는, 초기 휘도가 3000 cd/m^2 이고 전류 밀도가 일정한 조건 하에 초기 휘도를 100%로 하여 구동 시간에 따른 휘도 변화를 측정하였다. 측정 결과를 도 39에 나타내었다. 그래프로부터, 모든 발광 층이 인광을 방출한다는, 즉, 발광 소자 4가 소위 전-인광(all-phosphorescent) 소자라는 사실에도 불구하고, 440시간이 경과된 후에도 초기 휘도의 65%가 유지된다는 것이 확인되었고, 이는 본 발명의 하나의 실시형태인 발광 소자 4가 또한 소자로서 우수한 내구성을 갖는다는 것을 의미한다.
- [0256] (참고예 1)
- [0257] 상기 실시형태에서 사용된 유기금속 착체인 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III) (약어: $[\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3]$)의 합성 방법을 설명한다. $[\text{Ir}(\text{mpptz-dmp})_3]$ (약

어)의 구조를 하기에 나타내었다.

화학식 5



Ir(mpptz-dmp)₃

[0258]

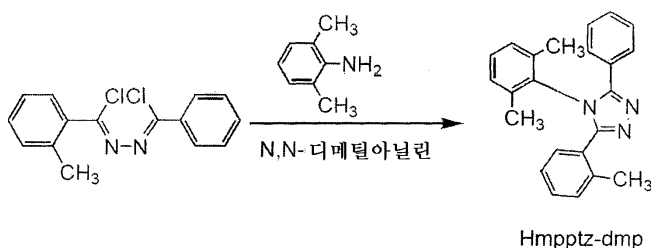
[0259]

<수순 1: 3-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-5-페닐-4H-1,2,4-트리아졸 (약어: Hmpptz-dmp)의 합성>

[0260]

먼저, 12.6 g (43.3 mmol)의 N-[1-클로로-1-(2-메틸페닐)메틸리덴]-N'-[1-클로로-(1-페닐)메틸리덴]히드라진, 15.7 g (134.5 mmol)의 2,6-디메틸아닐린, 및 100 ml의 N,N-디메틸아닐린을 500-ml 나스 플라스크에 넣고, 120 °C에서 20시간 동안 가열 및 교반하였다. 소정 시간 동안의 반응 후, 이 반응 용액을 200 ml의 1N 염산에 서서히 첨가하였다. 이 용액에 디클로로메탄을 첨가하고, 목적물을 유기 층으로 추출하였다. 얻어진 유기 층을 물 및 탄산수소나트륨 수용액으로 세척하고, 황산마그네슘으로 건조시켰다. 황산마그네슘을 중력 여과에 의해 제거하고, 얻어진 여액을 농축시켜 흑색 액체를 얻었다. 이 액체를 실리카 겔 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제하였다. 1:5 비율의 에틸 아세테이트 및 헥산의 혼합 용매를 전개 용매로서 사용하였다. 얻어진 분획을 농축시켜 백색 고체를 얻었다. 이 고체를 에틸 아세테이트로 재결정화시켜, Hmpptz-dmp의 백색 고체 4.5 g을 31%의 수율로 수득하였다. 수순 1의 합성 반응식을 하기에 나타내었다.

화학식 6



[0261]

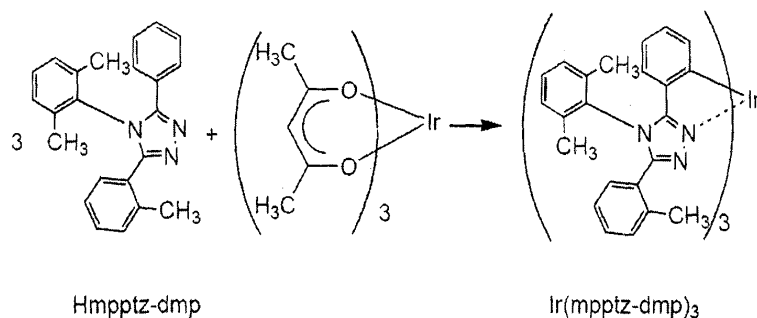
[0262]

<수순 2: 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III) (약어: Ir(mpptz-dmp)₃)>

[0263]

이어서, 수순 1에서 얻어진 리간드인 2.5 g (7.4 mmol)의 Hmpptz-dmp, 및 0.7 g (1.5 mmol)의 트리스(아세틸아세토네이트)이리듐(III)을 고온 가열용 용기에 넣고, 탈기를 수행하였다. 반응 용기 중의 혼합물을 Ar 유동 하에 250°C에서 48시간 동안 가열 및 교반하였다. 소정 시간 동안의 반응 후, 얻어진 고체를 디클로로메탄으로 세척하고, 흡인 여과에 의해 불용성 녹색 고체를 얻었다. 이 고체를 톨루엔 중에 용해시키고, 알루미나 및 셀라이트(Celite)의 적층물로 여과하였다. 얻어진 분획을 농축시켜 녹색 고체를 얻었다. 이 고체를 톨루엔으로 재결정화시켜, 인광성 유기금속 이리듐 착체인 [Ir(mpptz-dmp)₃] (약어)의 녹색 분말 0.8 g을 45%의 수율로 수득하였다. 수순 2의 합성 반응식을 하기에 나타내었다.

화학식 7



[0264]

[0265] 수순 2에서 얻어진 녹색 분말의 핵 자기 공명 (¹H-NMR) 분광법에 의한 분석 결과를 하기에 나타내었다. 결과는, 합성 방법에 의해 유기금속 착체 Ir(mpptz-dmp)₃ (약어)이 얻어진 것으로 나타났다.

[0266]

[0267]

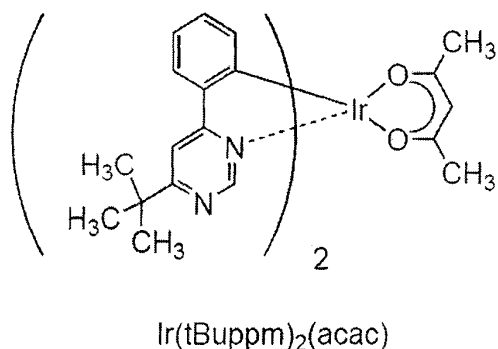
[0268]

¹H-NMR. δ(톨루엔-d₈): 1.82 (s, 3H), 1.90 (s, 3H), 2.64 (s, 3H), 6.56-6.62 (m, 3H), 6.67-6.75 (m, 3H), 6.82-6.88 (m, 1H), 6.91-6.97 (t, 1H), 7.00-7.12 (m, 2H), 7.63-7.67 (d, 1H).

(참고예 2)

상기 실시형태에서 사용된 유기금속 착체 (아세틸아세토네이트)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이트)이리듐 (III) (다른 명칭: 비스[2-(6-tert-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC] (2,4-펜탄디오네이트-κ²O, O'))이리듐 (III)) (약어: [Ir(tBuppm)₂(acac)])의 합성예를 설명한다. [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 구조를 하기에 나타내었다.

화학식 8



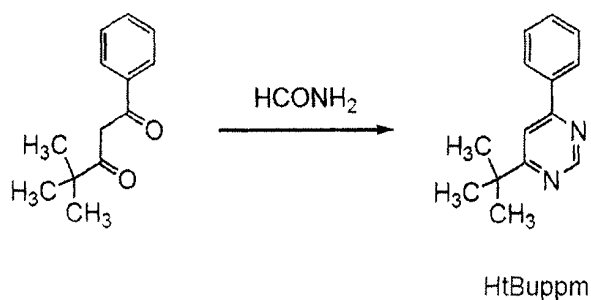
[0269]

[0270] <수순 1: 4-tert-부틸-6-페닐피리미딘 (약어: HtBuppm)의 합성>

[0271]

먼저, 22.5 g의 4,4-디메틸-1-페닐펜탄-1,3-디온 및 50 g의 폼아미드를 환류관이 장착된 나스 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 질소로 치환하였다. 이 반응 용기를 가열하여, 반응 용액을 5시간 동안 환류시켰다. 그 후, 이 용액을 수산화나트륨의 수용액에 붓고, 유기 층을 디클로로메탄으로 추출하였다. 얻어진 유기 층을 물 및 포화 염수로 세척하고, 황산마그네슘으로 건조시켰다. 건조 후 용액을 여과하였다. 이 용액의 용매를 증류시키고, 이어서 얻어진 잔류물을 전개 용매로서 헥산 및 에틸 아세테이트를 10:1의 부피비로 사용하여 실리카 겔 컬럼 크로마토그래피에 의해 정제하여, 피리미딘 유도체 HtBuppm (무색 오일형 물질, 수율 14%)을 수득하였다. 수순 1의 합성 반응식을 하기에 나타내었다.

화학식 9

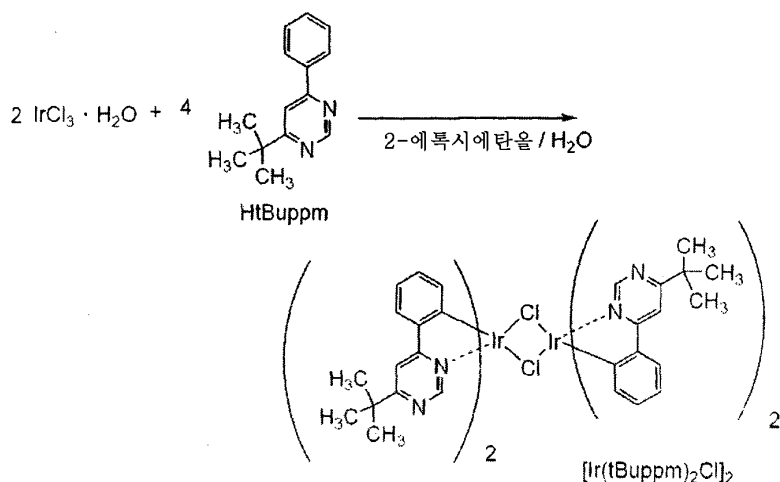


[0272]

[0273] <수순 2: 디-μ-클로로-비스[비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III)] (약어: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$)의 합성>

[0274] 다음으로, 15 mL의 2-에톡시에탄올, 5 mL의 물, 수순 1에서 얻어진 1.49 g의 HtBuppm, 및 1.04 g의 염화이리듐 수화물 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)을 환류관이 장착된 나스 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 마이크로파 조사 (2.45 GHz, 100 W)를 1시간 동안 수행하여 반응을 일으켰다. 용매를 증류시키고, 이어서 얻어진 잔류물을 흡인-여과하고, 에탄올로 세척하여, 복핵 착체 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$ (황녹색 분말, 수율 73%)를 수득하였다. 수순 2의 합성 반응식을 하기에 나타내었다.

화학식 10

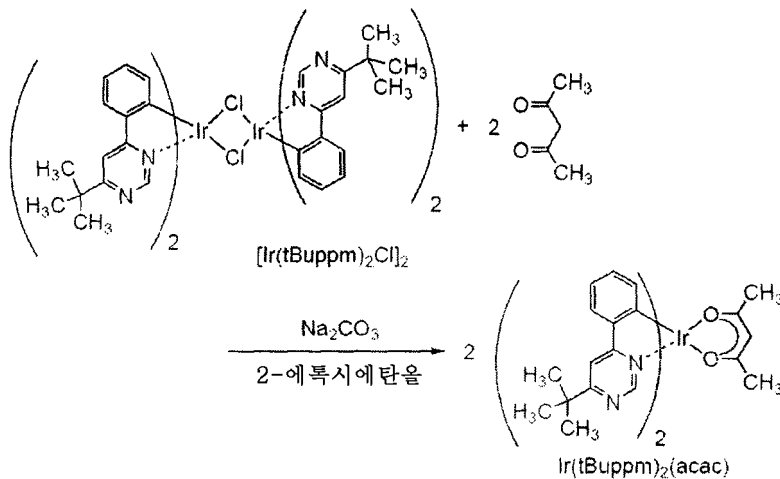


[0275]

[0276] <수순 3: (아세틸아세토네이토)비스(6-tert-부틸-4-페닐피리미디네이토)이리듐(III) (약어: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)의 합성>

[0277] 추가로, 40 mL의 2-에톡시에탄올, 수순 2에서 얻어진 1.61 g의 복핵 착체 $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2\text{Cl}]_2$, 0.36 g의 아세틸아세톤, 및 1.27 g의 탄산나트륨을 환류관이 장착된 나스 플라스크에 넣고, 플라스크 내의 공기를 아르곤으로 치환하였다. 그 후, 마이크로파 조사 (2.45 GHz, 120 W)를 60분 동안 수행하여 반응을 일으켰다. 용매를 증류시키고, 얻어진 잔류물을 에탄올로 흡인-여과하고, 물 및 에탄올로 세척하였다. 이 고체를 디클로로메탄 중에 용해시키고, 혼합물을, 셀라이트 (와코 퓨어 케미칼 인더스트리즈, 리미티드(Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) 제조, 카탈로그 번호 531-16855), 알루미늄, 및 셀라이트가 이 순서로 적층된 여과 보조체로 여과하였다. 용매를 증류시키고, 얻어진 고체를 디클로로메탄 및 hexanes의 혼합 용매로 재결정화시켜, 목적물을 황색 분말로서 수득하였다 (수율 68%). 수순 3의 합성 반응식을 하기에 나타내었다.

화학식 11



[0278]

[0279]

수순 3에서 얻어진 황색 분말의 핵 자기 공명 (^1H NMR) 분광법에 의한 분석 결과를 하기에 나타내었다. 결과는, 유기금속 착체 $\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})$ 가 얻어진 것으로 나타났다.

^1H NMR. δ (CDCl_3): 1.50 (s, 18H), 1.79 (s, 6H), 5.26 (s, 1H), 6.33 (d, 2H),

6.77 (t, 2H), 6.85 (t, 2H), 7.70 (d, 2H), 7.76 (s, 2H), 9.02 (s, 2H).

[0280]

부호의 설명

[0281]

참조 번호

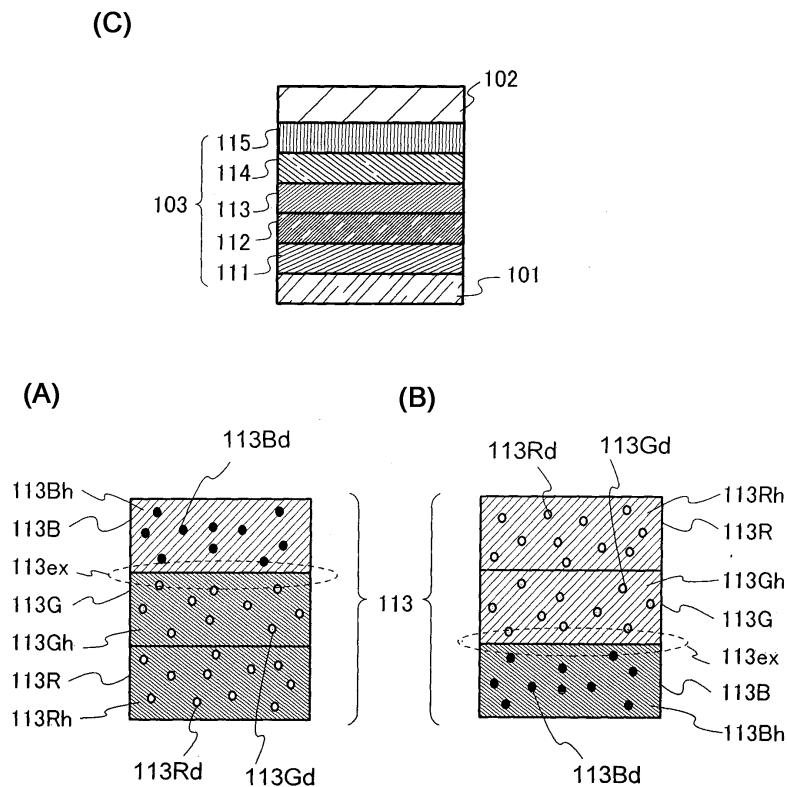
10: 전극, 11: 전극, 101: 제1 전극, 102: 제2 전극, 103: EL 층, 111: 정공-주입 층, 112: 정공-수송 층, 113: 발광 층, 113B: 제1 발광 층, 113Bd: 제1 인광성 화합물, 113Bh: 제1 호스트 재료, 113G: 제2 발광 층, 113Gd: 제2 인광성 화합물, 113Gh: 제2 호스트 재료, 113R: 제3 발광 층, 113Rd: 제3 인광성 화합물, 113Rh: 제3 호스트 재료, 113ex: 재결합 영역, 114: 전자-수송 층, 115: 전자-주입 층, 400: 기판, 401: 제1 전극, 402: 보조 전극, 403: EL 층, 404: 제2 전극, 405: 실링재, 406: 실링재, 407: 실링 기판, 412: 패드, 420: IC 칩, 601: 구동 회로부 (소스 라인 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부 (게이트 라인 구동 회로), 604: 실링 기판, 605: 실링재, 607: 공간, 608: 배선, 609: FPC (플렉시블 프린트 회로), 610: 소자 기판, 611: 스위칭 TFT, 612: 전류 제어 TFT, 613: 제1 전극, 614: 절연막, 616: EL 층, 617: 제2 전극, 618: 발광 소자, 623: n-채널 TFT, 624: p-채널 TFT, 625: 건조제, 901: 하우징, 902: 액정 층, 903: 백라이트 유닛, 904: 하우징, 905: 드라이버 IC, 906: 단자, 951: 기판, 952: 전극, 953: 절연 층, 954: 격벽 층, 955: EL 층, 956: 전극, 1001: 기판, 1002: 하지 절연막, 1003: 게이트 절연막, 1006: 게이트 전극, 1007: 게이트 전극, 1008: 게이트 전극, 1020: 제1 층간 절연막, 1021: 제2 층간 절연막, 1022: 전극, 1024W: 발광 소자의 제1 전극, 1024R: 발광 소자의 제1 전극, 1024G: 발광 소자의 제1 전극, 1024B: 발광 소자의 제1 전극, 1025: 격벽, 1028: 유기 화합물을 함유하는 층, 1029: 발광 소자의 제2 전극, 1031: 실링 기판, 1032: 실란트, 1033: 투명한 기재, 1034R: 적색 착색 층, 1034G: 녹색 착색 층, 1034B: 청색 착색 층, 1035: 흑색 층 (흑색 매트릭스), 1036: 오버코트 층, 1037: 제3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 1044W: 백색 발광 영역, 1044R: 적색 발광 영역, 1044B: 청색 발광 영역, 1044G: 녹색 발광 영역, 2001: 하우징, 2002: 광원, 3001: 조명 장치, 3002: 표시 장치, 5000: 디스플레이, 5001: 디스플레이, 5002: 디스플레이, 5003: 디스플레이, 5004: 디스플레이, 5005: 디스플레이, 7101: 하우징, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모콘 조작키, 7201: 본체, 7202: 하우징, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7210: 제2 표시부, 7301: 하우징, 7302: 하우징, 7303: 연결부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커부, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 조작 키, 7310: 연결 단자,

7311: 센서, 7400: 휴대 전화기, 7401: 하우징, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크로폰, 9033: 잠금쇠, 9034: 스위치, 9035: 전원 스위치, 9036: 스위치, 9038: 조작 스위치, 9630: 하우징, 9631: 표시부, 9631a: 표시부, 9631b: 표시부, 9632a: 터치스크린 영역, 9632b: 터치스크린 영역, 9633: 태양 전지, 9634: 충방전 제어 회로, 9635: 배터리, 9636: DC-DC 컨버터, 9637: 조작 키, 9638: 컨버터, 및 9639: 버튼.

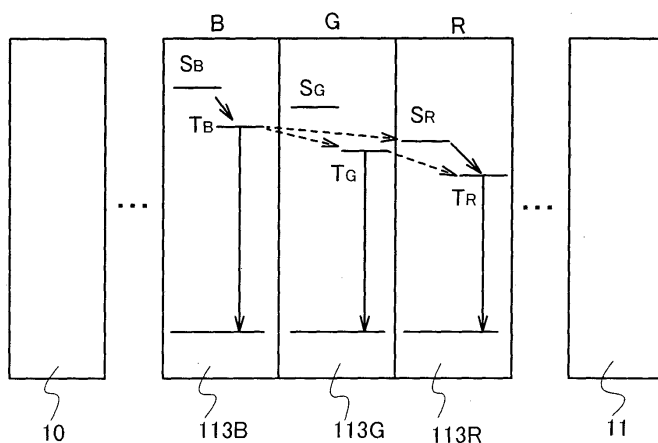
본 출원은, 2012년 3월 14일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련 번호 2012-057241에 기초한 것이며, 이 출원의 전문이 본원에 참조로 포함된다.

도면

도면1

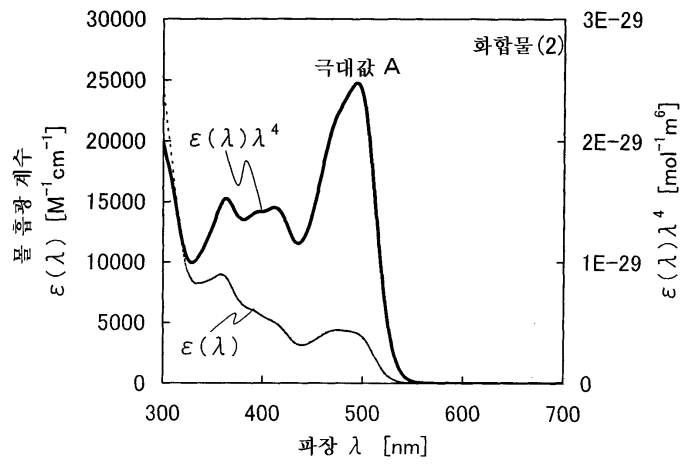


도면2

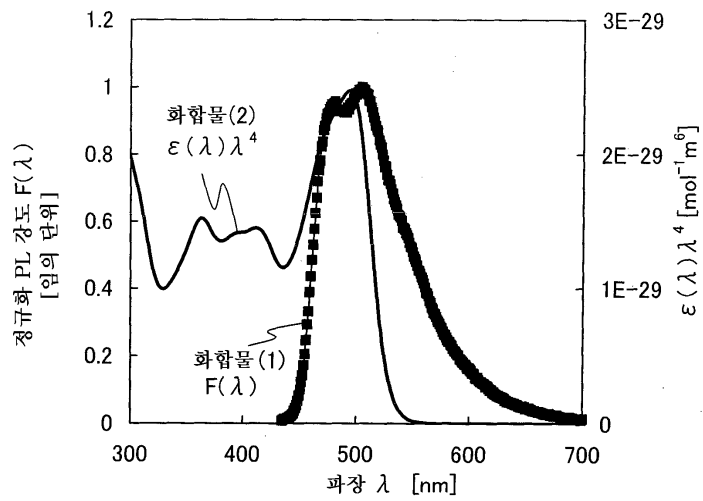


도면3

(A)

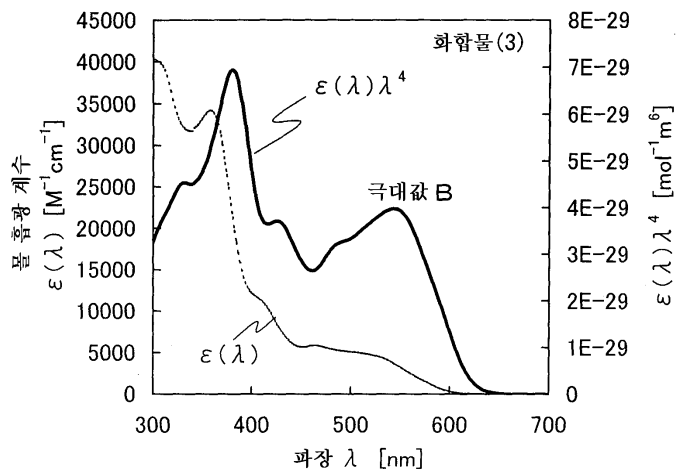


(B)

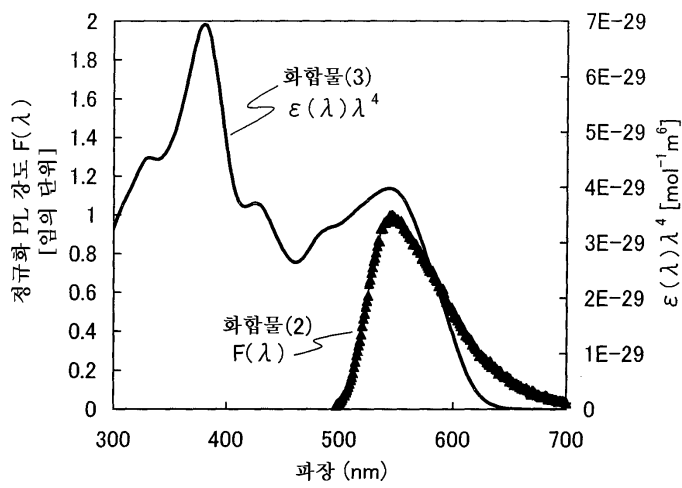


도면4

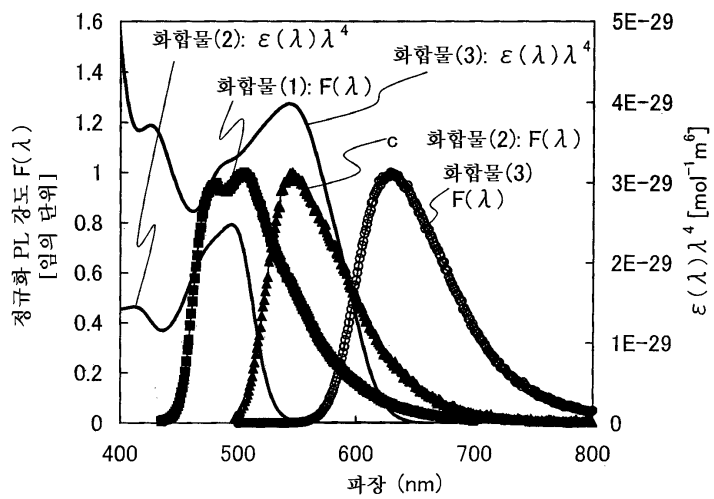
(A)



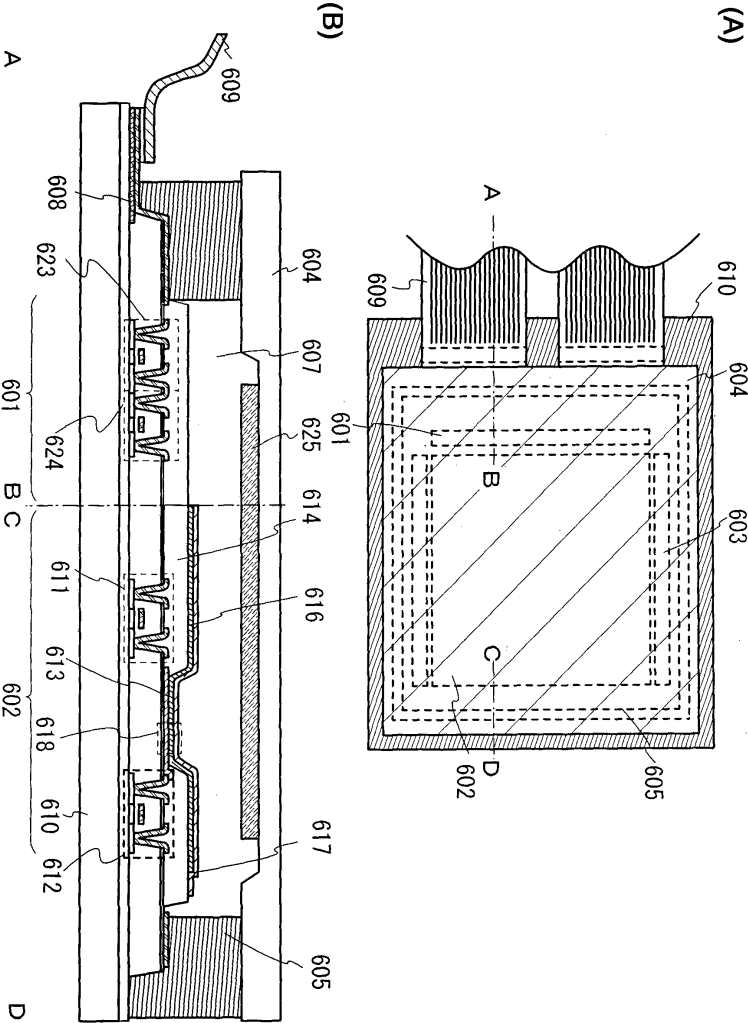
(B)



도면5

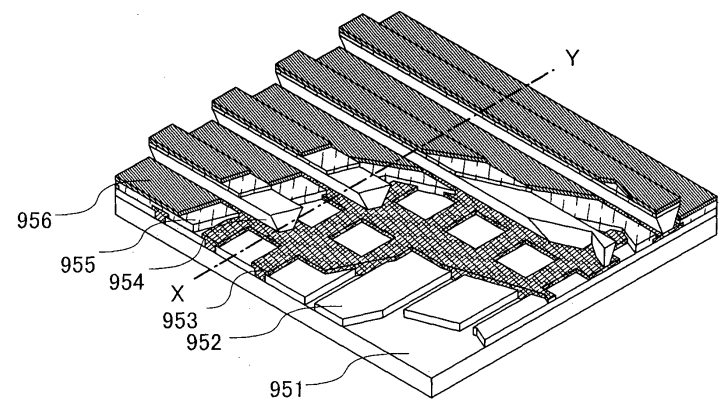


도면6

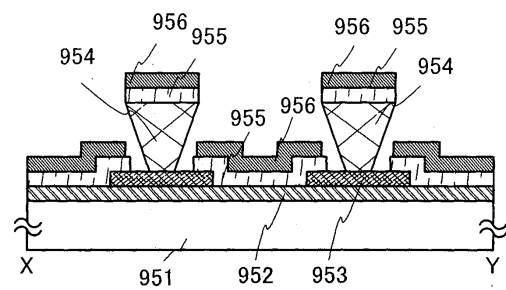


도면7

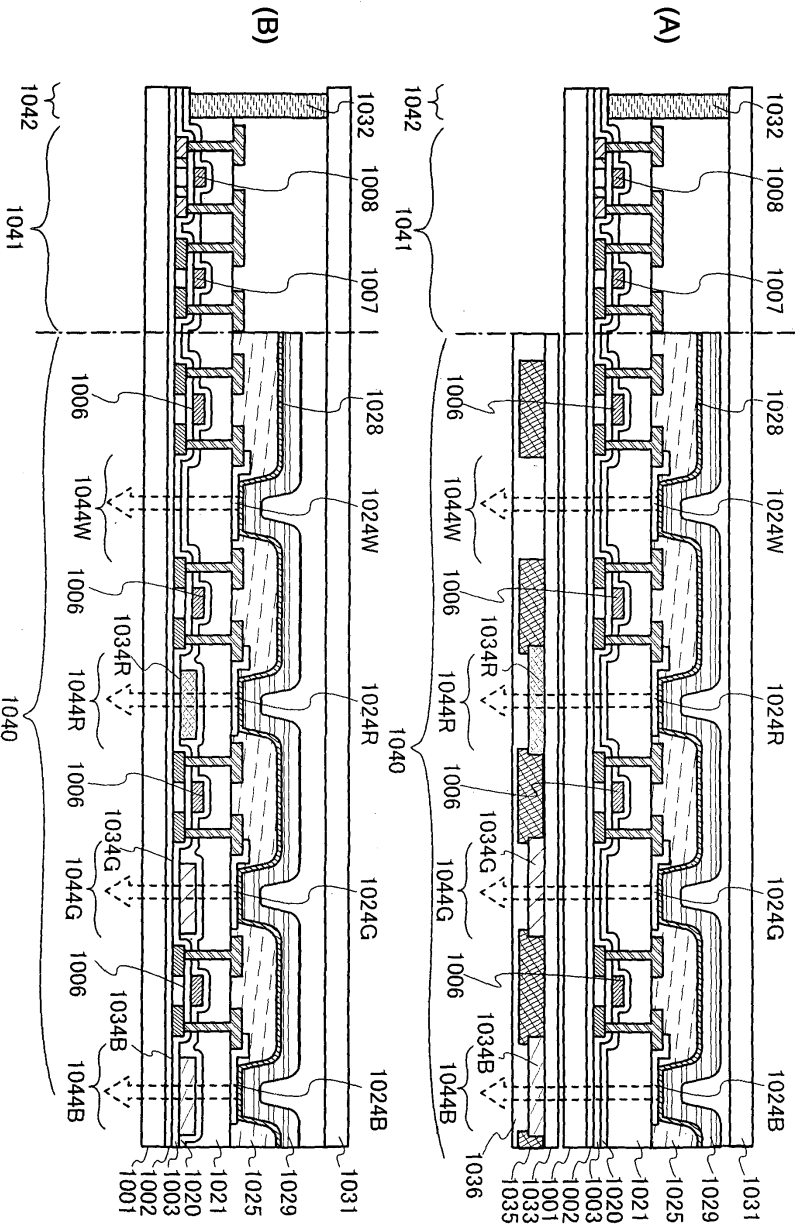
(A)



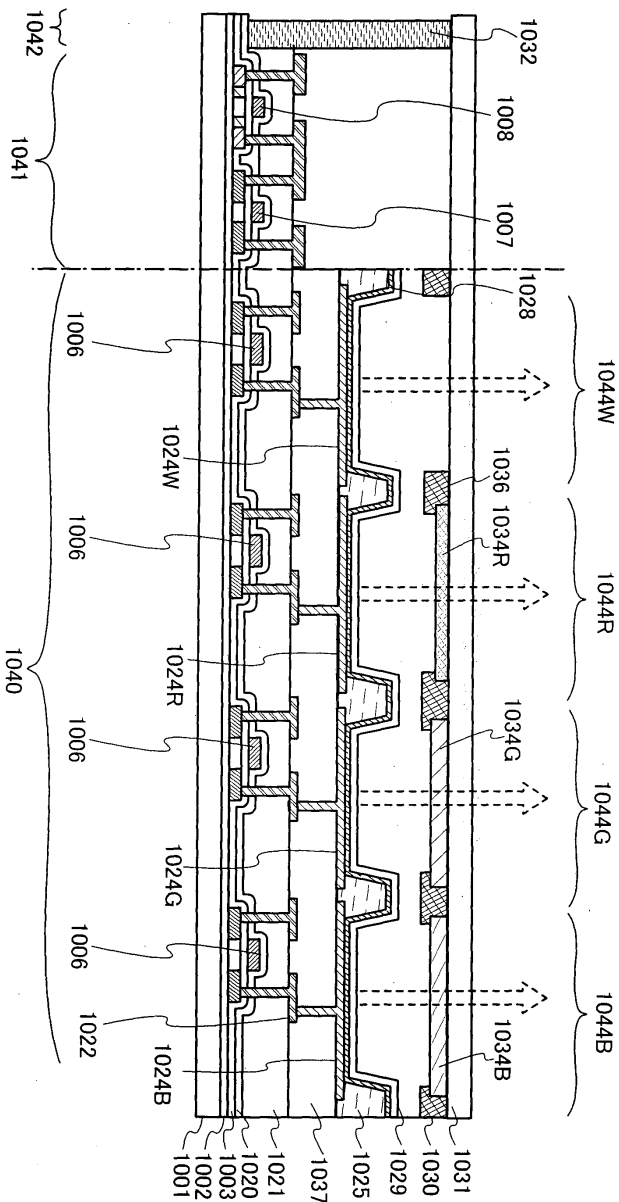
(B)



도면8

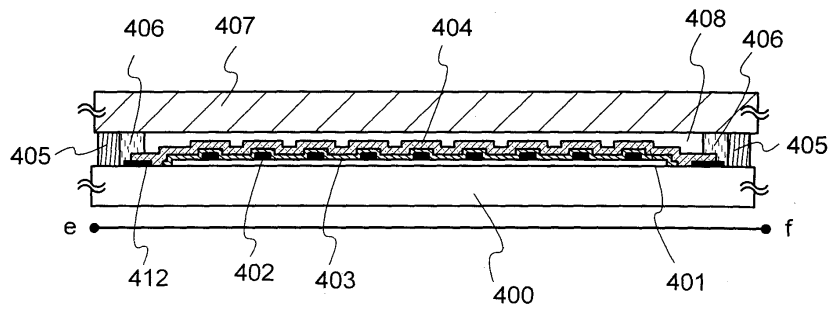


도면9

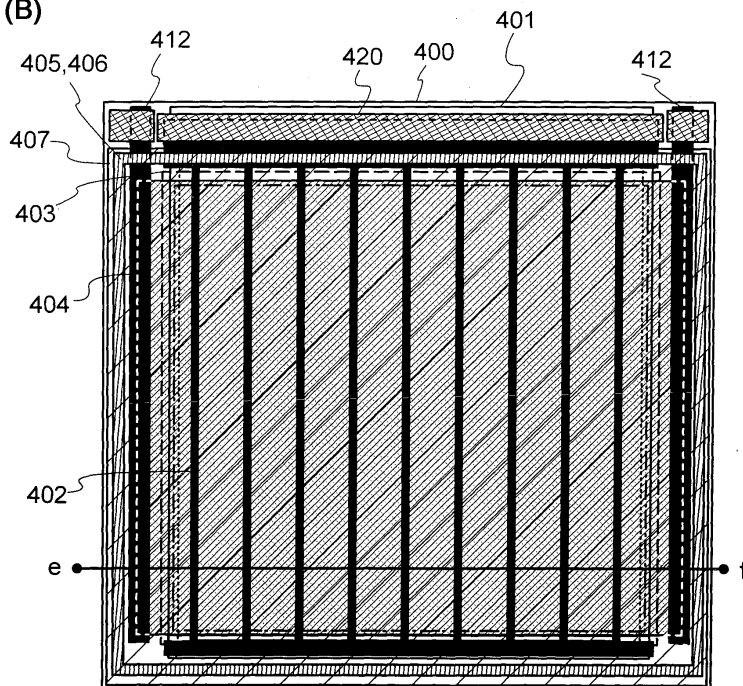


도면10

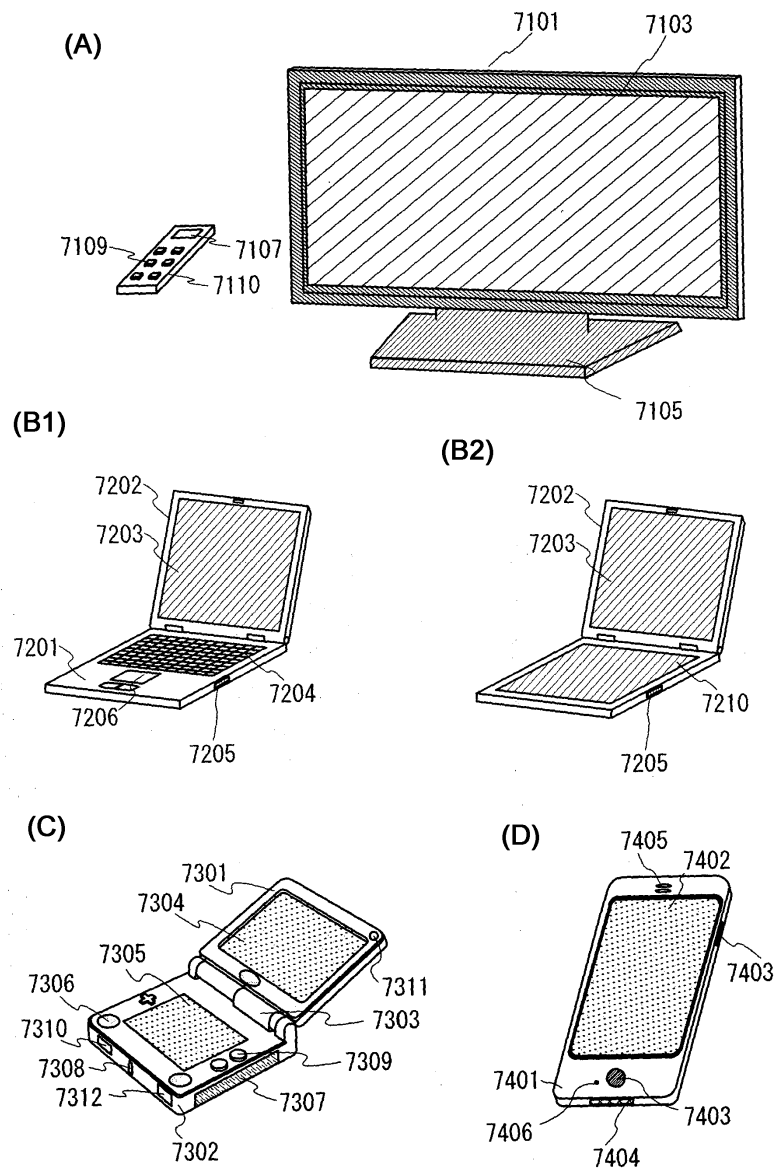
(A)



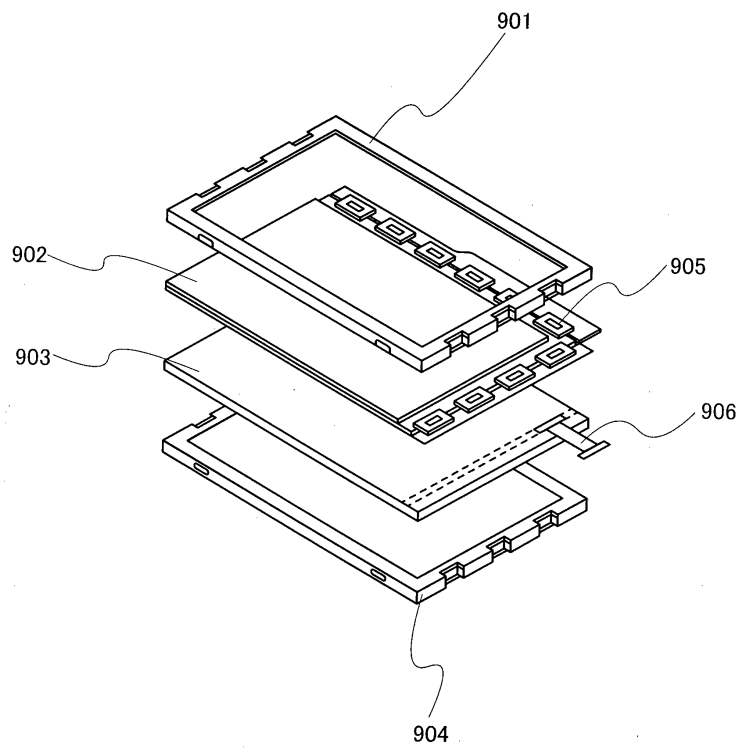
(B)



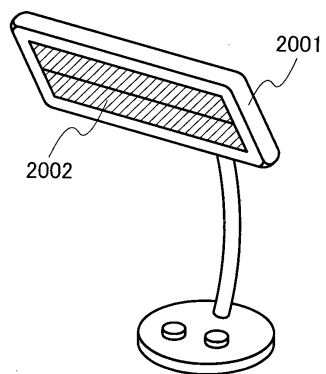
도면11



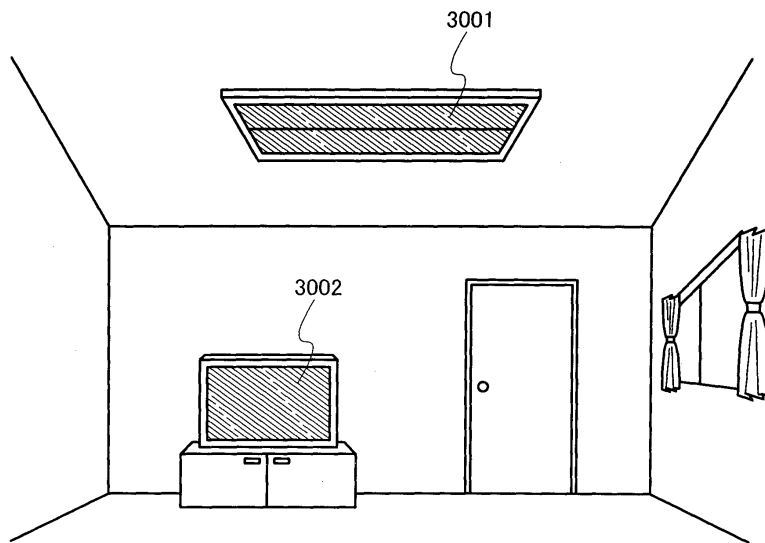
도면12



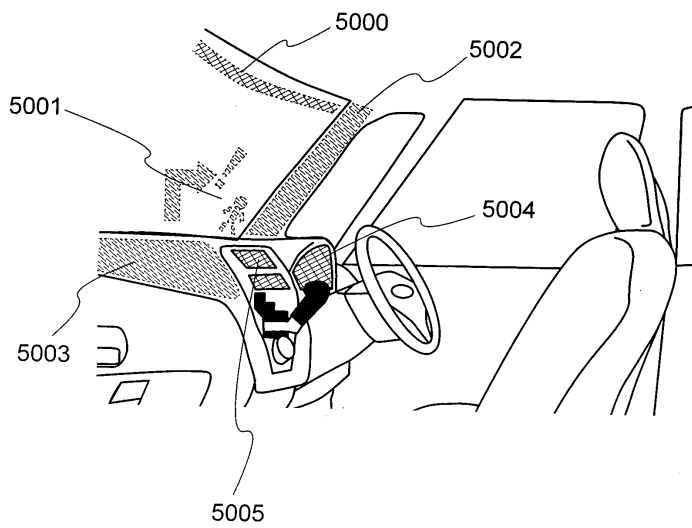
도면13



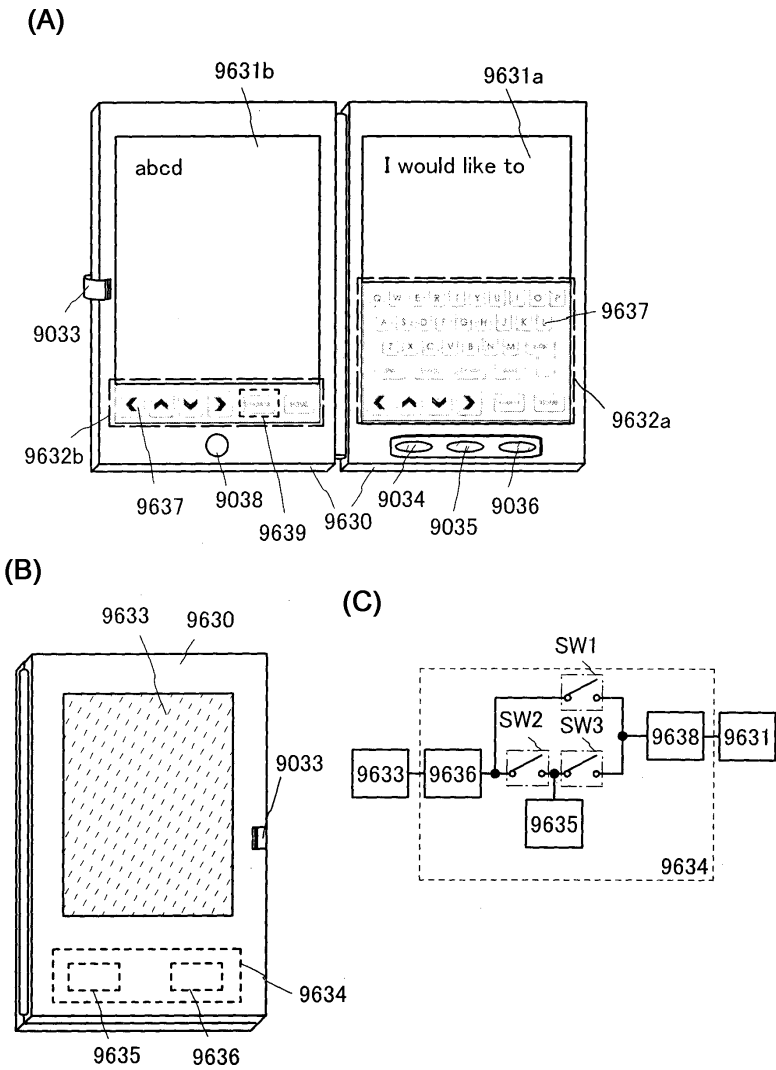
도면14



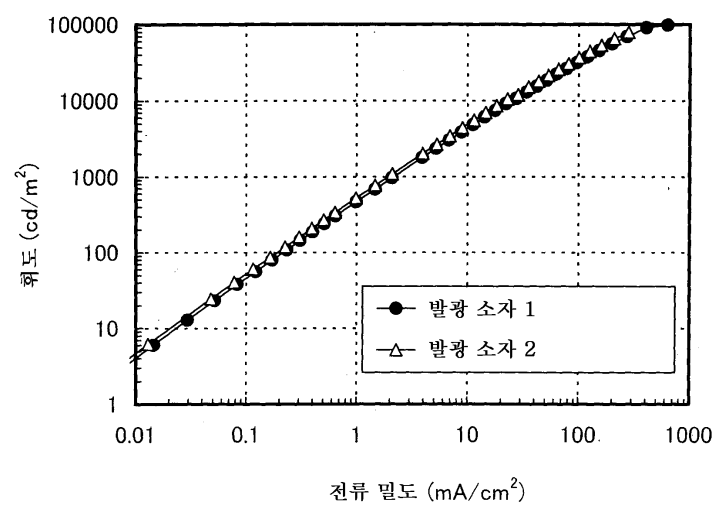
도면15



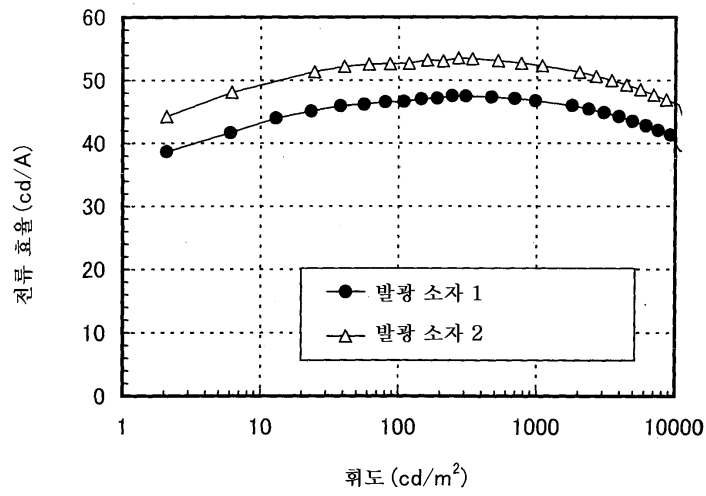
도면16



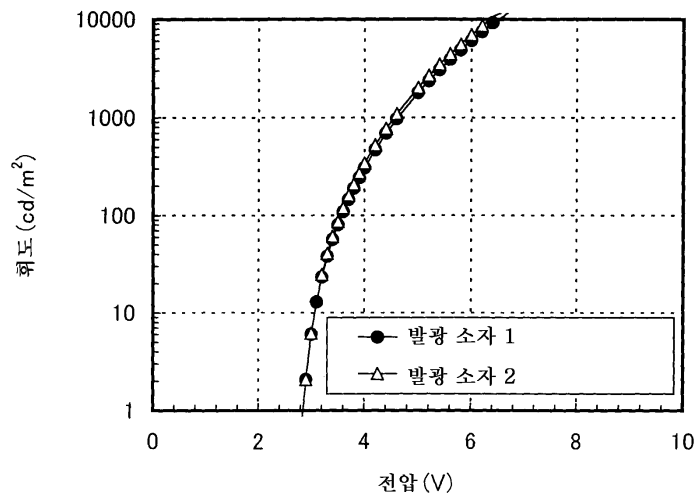
도면17



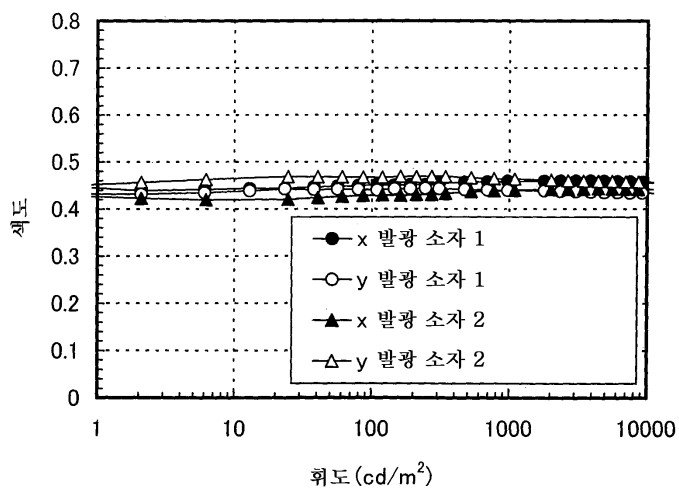
도면18



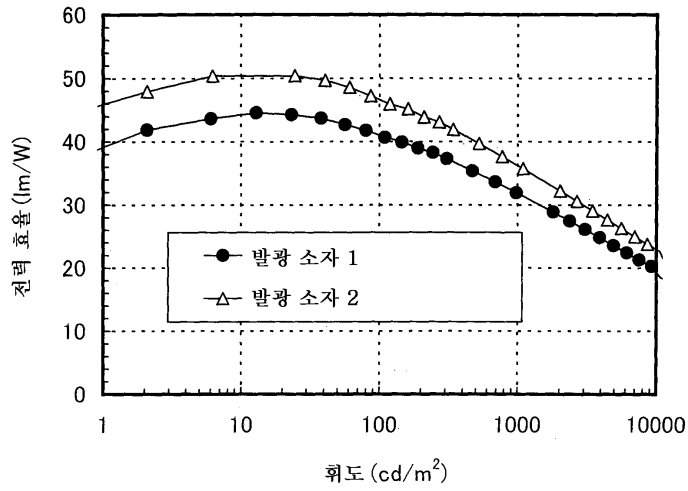
도면19



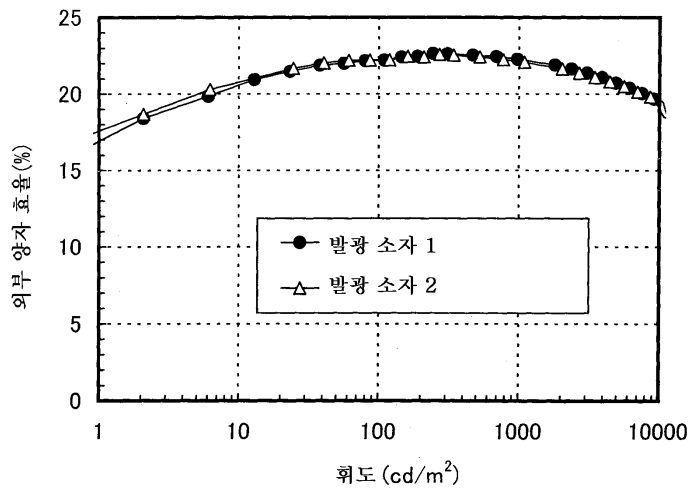
도면20



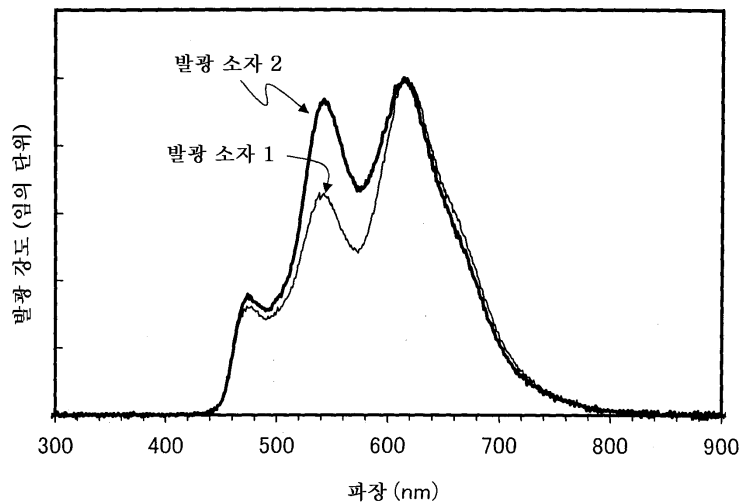
도면21



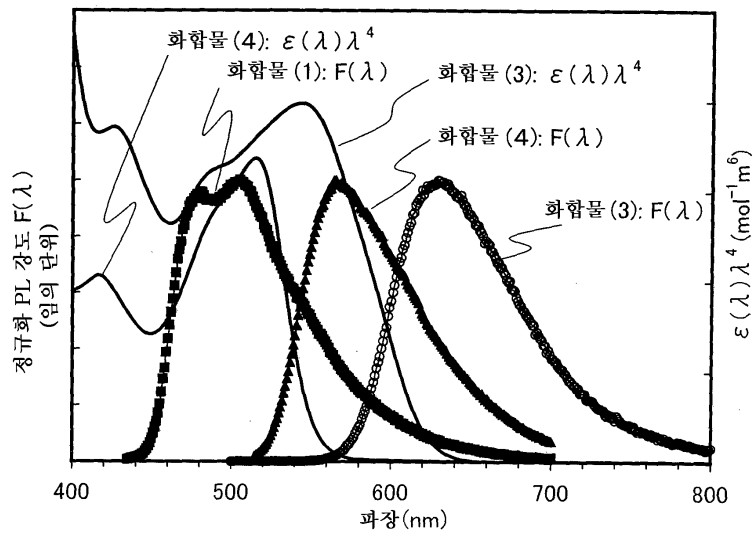
도면22



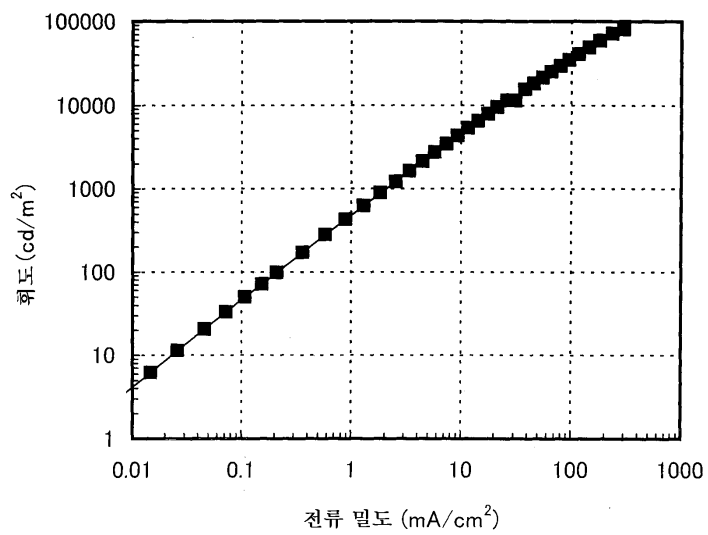
도면23



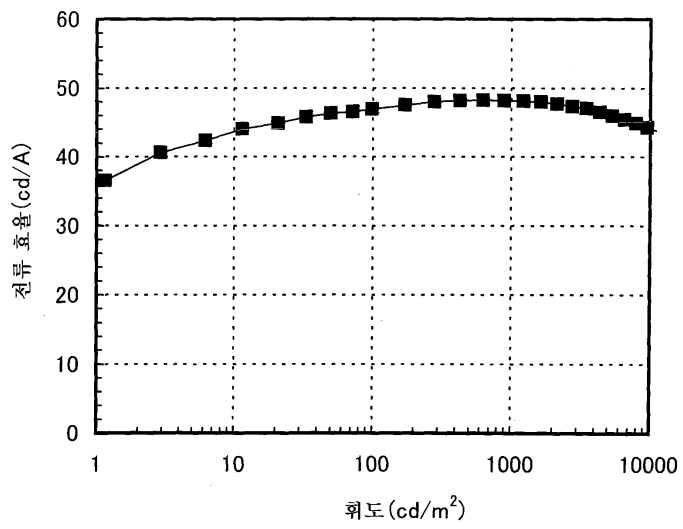
도면24



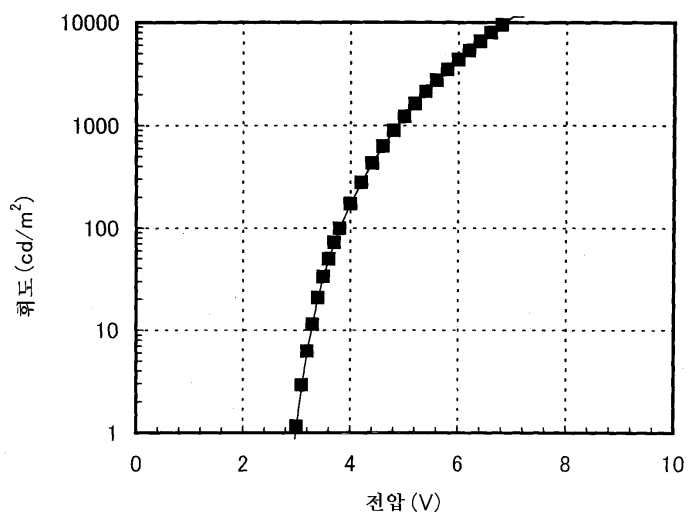
도면25



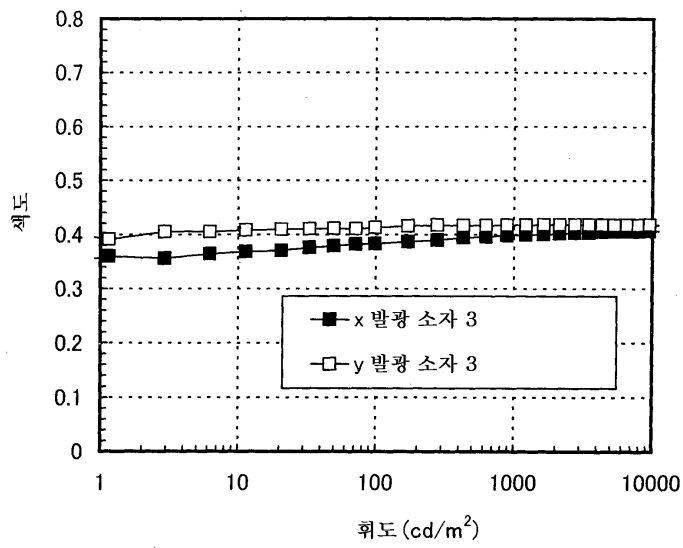
도면26



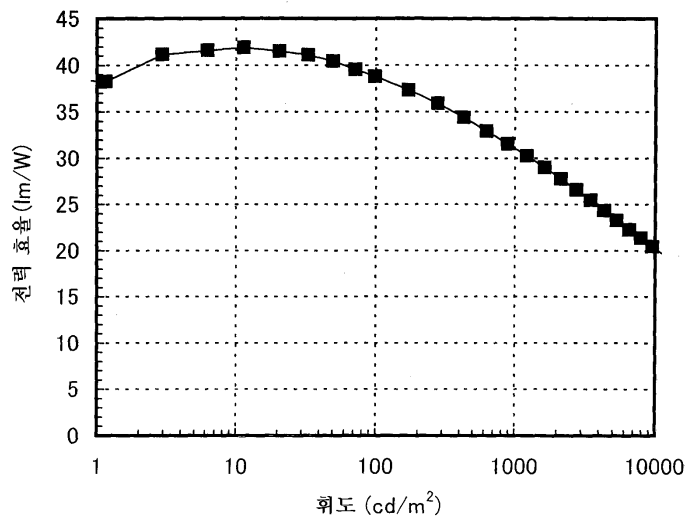
도면27



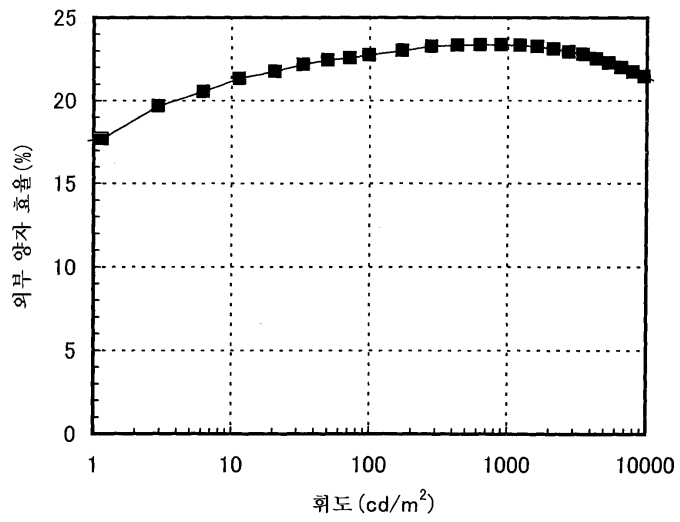
도면28



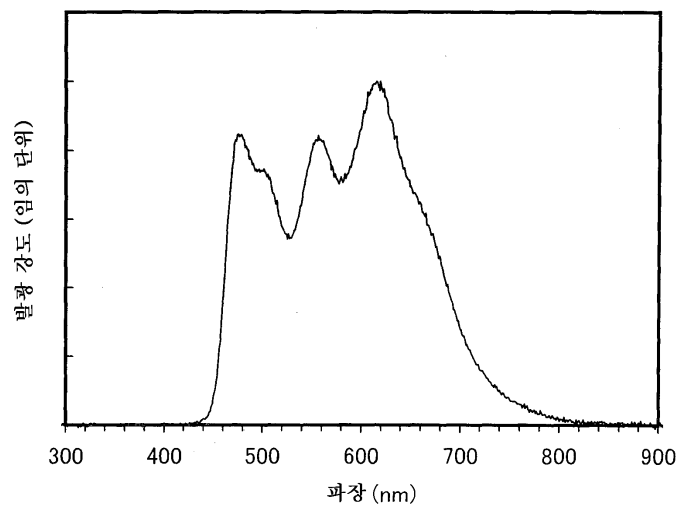
도면29



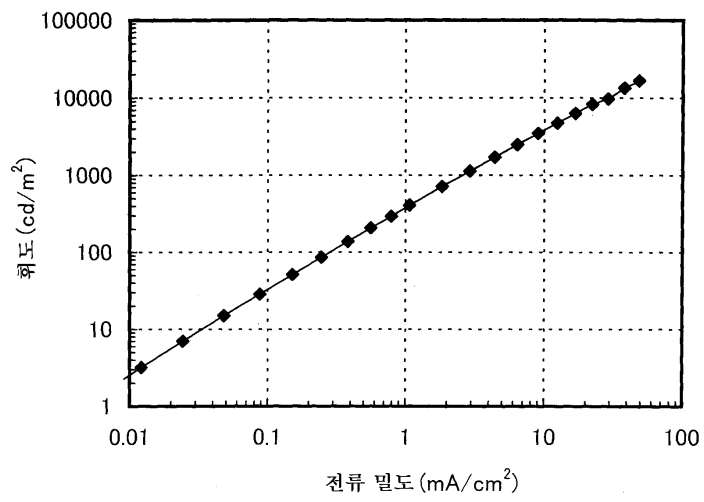
도면30



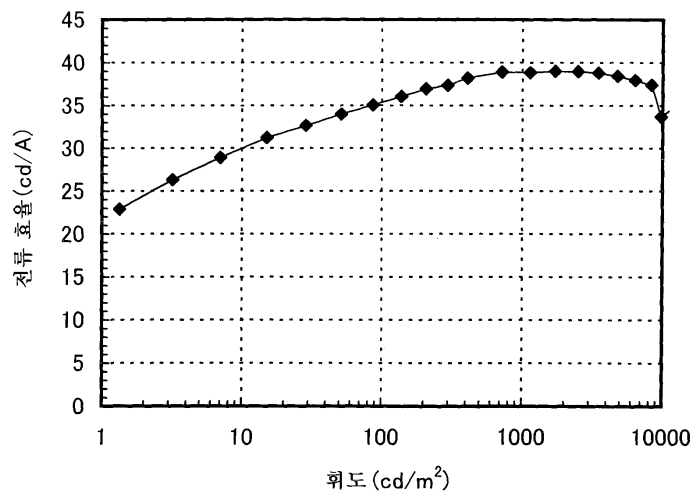
도면31



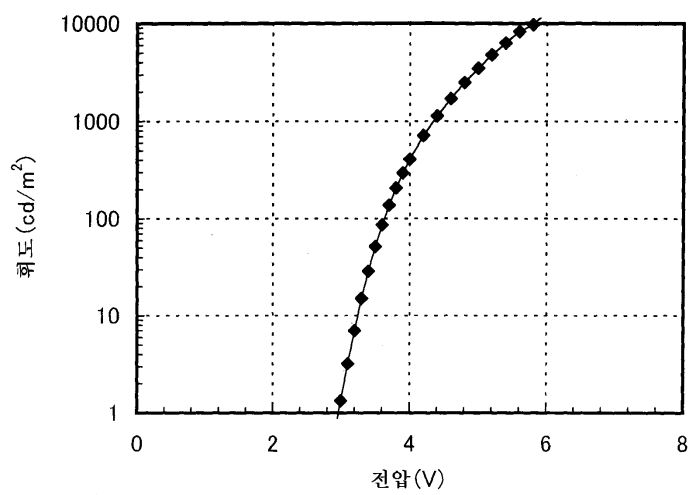
도면32



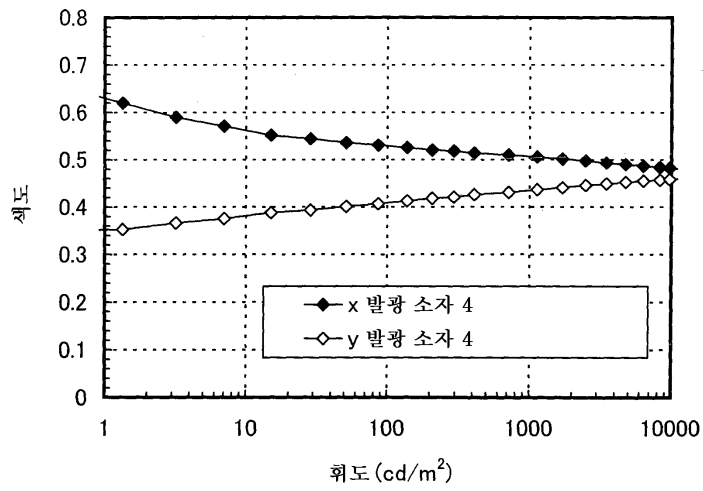
도면33



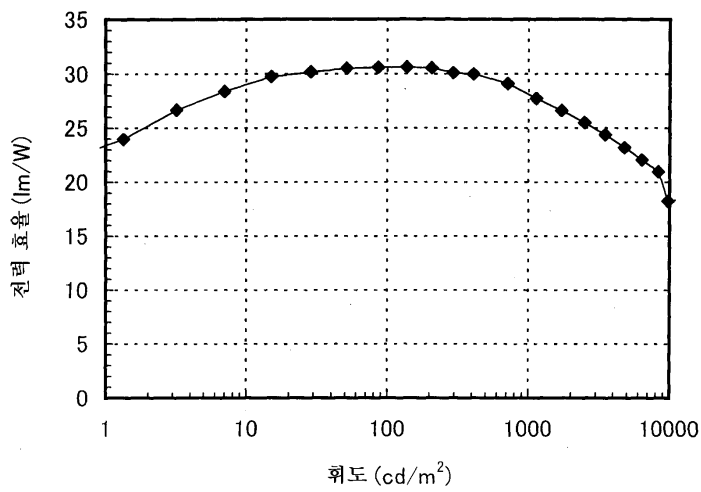
도면34



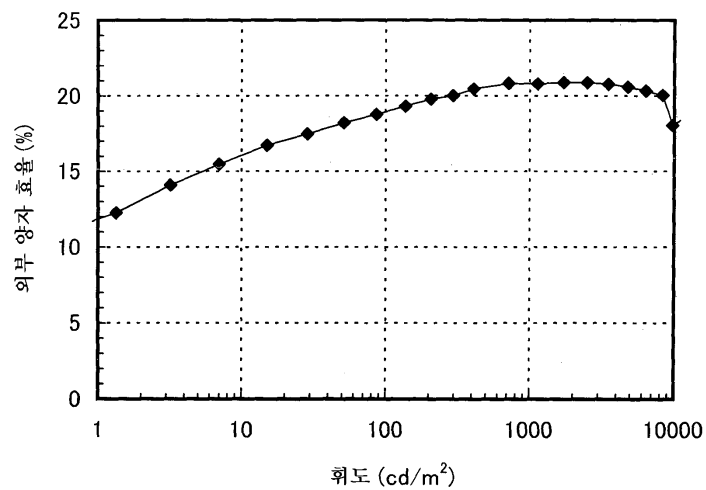
도면35



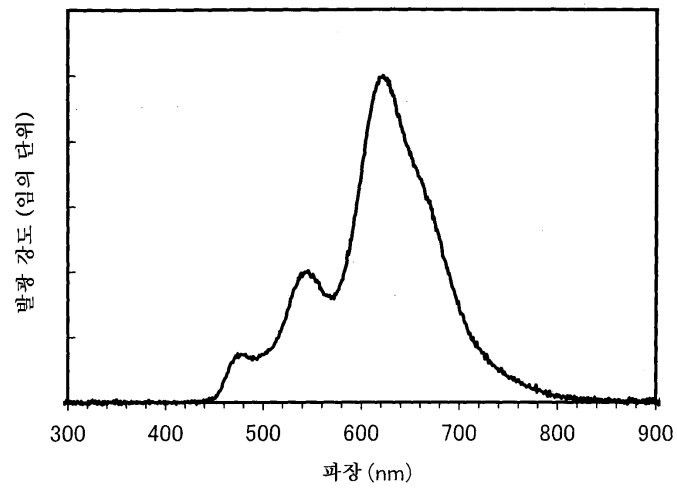
도면36



도면37



도면38



도면39

