



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월04일
(11) 등록번호 10-2285527
(24) 등록일자 2021년07월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 51/5016 (2013.01)
H01L 51/0084 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7027725(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2013년07월25일
심사청구일자 2019년09월23일
- (85) 번역문제출일자 2019년09월23일
- (65) 공개번호 10-2019-0110646
- (43) 공개일자 2019년09월30일
- (62) 원출원 특허 10-2015-7005275
원출원일자(국제) 2013년07월25일
심사청구일자 2018년07월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/070951
- (87) 국제공개번호 WO 2014/021443
국제공개일자 2014년02월06일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-173027 2012년08월03일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020060129478 A*
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
가부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자
세오 사토시
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
세오 히로미
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 이옥우

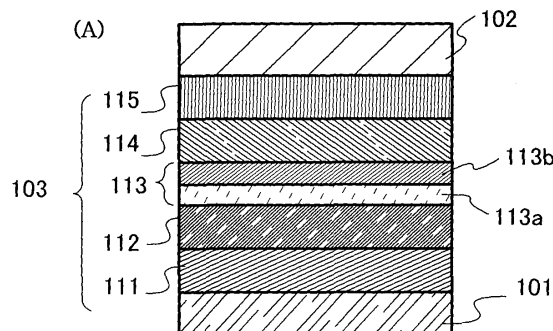
(54) 발명의 명칭 발광 소자, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기, 및 조명 장치

(57) 요약

형성되는 층들의 수가 비교적 적어서 제조 단계들의 수가 적고, 실용화에 유리한, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자가 제공될 수 있다. 또한, 양호한 발광 효율을 갖는, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자가 제공된다. 제1 여기 착체로부터의 발광을 나타내는 제1 발광 층과 인광 발광을 나타내는 제2 발광 층의 적층 구조를 갖는 발광 층을 포함하는 발광 소자가 제공된다.

대표도

[도 1]



(52) CPC특허분류

H01L 51/0085 (2013.01)
H01L 51/0087 (2013.01)
H01L 51/5012 (2013.01)
H01L 51/504 (2013.01)
H01L 2924/12044 (2013.01)

(72) 발명자

다카하시 다쓰요시

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

이시소네 다카히로

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

(56) 선행기술조사문헌

JP2004047493 A
JP2006172763 A
JP2006203172 A
JP2007073620 A
KR1020040082286 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 2

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물이고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물은 정공 수송성을 갖는 화합물이고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 3

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물은 헤테로사이클릭 화합물이고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물은 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 또는 카바졸 골격을 갖는 화합물이고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,

상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 4

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물, 제4 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제3 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물은 제2 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 5

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물, 제4 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물은 전자 수송성을 갖는 화합물이고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물은 정공 수송성을 갖는 화합물이고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제3 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물은 제2 여기 착체를 형성하는 조합이고,
 상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 6

한쌍의 전극 사이에 제1 발광 층 및 제2 발광 층을 가지며,
 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층은 접하고 있고,
 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 갖고,
 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물, 제4 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 갖고,
 상기 제1 유기 화합물은 헤테로사이클릭 화합물이고,
 상기 제1 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제2 유기 화합물은 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 또는 카바졸 골격을 갖는 화합물이고,
 상기 제2 유기 화합물의 삼중항 여기 준위는 상기 인광 발광 물질의 삼중항 여기 준위보다도 높고,
 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 제1 여기 착체를 형성하는 조합이고,

상기 제3 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물은 제2 여기 착체를 형성하는 조합이고,

상기 제1 발광 층으로부터의 발광은 상기 제2 발광 층으로부터의 발광보다도 단파장 측에 발광 피크를 갖는, 발광 소자.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 발광 층은 추가로 도펀트를 갖는, 발광 소자.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 도펀트는 발광 물질인, 발광 소자.

청구항 9

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자와,

상기 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한, 발광 모듈.

청구항 10

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자를 표시부에 갖고,

상기 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한, 표시 모듈.

청구항 11

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자를 갖는, 조명 장치.

청구항 12

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자와,

상기 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한, 발광 장치.

청구항 13

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자를 표시부에 갖고,

상기 발광 소자를 제어하는 수단을 구비한, 표시 장치.

청구항 14

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 발광 소자를 갖는, 전자 기기.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] 최근, 유기 화합물을 사용하고 일렉트로루미네선스(electroluminescence: EL)를 이용하는 발광 소자(유기 EL 소자)의 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 발광 소자의 기본적인 구성에서는, 발광 물질을 함유하는 유기 화합물 층(EL층)이 한쌍의 전극들 사이에 개재되어 있다. 상기 소자에 전압을 인가함으로써 상기 발광 물질로부터 발광이 수득될 수 있다.

[0003] 이러한 발광 소자는 자발광형 소자(self-luminous element)이며, 액정 디스플레이에 비해, 예를 들어 화소 시인

성(pixel visibility)이 높고 백라이트(backlight)가 불필요하다는 이점을 가지며; 따라서, 이러한 발광 소자는 플랫 패널 디스플레이 소자(flat panel display element)에 적합한 것으로 사료된다. 이러한 발광 소자를 포함하는 디스플레이는 또한 박형 및 경량일 수 있다는 점에서 매우 유리하다. 추가로, 매우 높은 응답 속도는 이러한 소자의 특징들 중 하나이다.

[0004] 이러한 발광 소자에서는, 발광 층들이 2차원으로 연속적으로 형성될 수 있어서, 평면 발광이 수득될 수 있다. 따라서, 대면적 소자가 용이하게 형성될 수 있다. 이러한 특징은 백열 전구들 및 LED들로 대표되는 점 광원 또는 형광등들로 대표되는 선 광원에서는 얻기가 어렵다. 따라서, 상기 발광 소자는 또한 조명 장치 등에 적용될 수 있는 평면 광원으로서 커다란 잠재력을 갖는다.

[0005] 이러한 유기 EL 소자의 경우, 캐소드로부터 전자들이, 그리고 애노드로부터 정공들이 EL층으로 주입되어 전류가 흐른다. 주입된 전자들과 정공들이 재결합함으로써, 발광성을 갖는 유기 화합물이 여기 상태가 되어 발광을 제공한다.

[0006] 유기 화합물의 여기 상태는 일중항 여기 상태 또는 삼중항 여기 상태일 수 있으며, 일중항 여기 상태(S^*)로부터의 발광을 형광이라 부르고, 삼중항 여기 상태(T^*)로부터의 발광을 인광이라 부른다. 상기 발광 소자에 있어서의 여기 상태들의 통계적 생성 비율은 $S^*:T^*=1:3$ 인 것으로 사료된다.

[0007] 일중항 여기 상태에서부터 광을 발광하는 화합물(이하, 형광 발광 물질이라 부름)에서는, 실온에서, 일반적으로 삼중항 여기 상태에서부터의 발광(인광)은 관측되지 않고 오로지 일중항 여기 상태에서부터의 발광(형광)만이 관측된다. 따라서, 형광 발광 물질을 사용한 발광 소자의 내부 양자 효율(주입된 캐리어들에 대한 발생한 광자(photon)의 비율)의 이론적 한계는 $S^*:T^*=1:3$ 인 것을 근거로 하여 25%로 추정된다.

[0008] 이에 반해, 삼중항 여기 상태에서부터 광을 발광하는 화합물(이하, 인광 발광 화합물이라 부름)에서는, 삼중항 여기 상태에서부터의 발광(인광)이 관측된다. 또한, 인광 발광 화합물에서는 계간 교차(intersystem crossing)(즉, 일중항 여기 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이)가 일어나기 쉽기 때문에, 내부 양자 효율은 이론상 100%까지 증가할 수 있다. 즉, 형광 발광 물질을 사용하는 경우보다 더 높은 발광 효율이 달성될 수 있다. 이러한 이유로, 고효율의 발광 소자를 실현하기 위해, 인광 발광 화합물을 사용한 발광 소자가 최근 활발하게 개발되고 있다.

[0009] 특허 문헌 1에 기재된 백색 발광 소자는, 인광을 발광하는 복수의 종류의 발광 도펀트들을 함유하는 발광 영역을 포함한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) PCT 국제 출원 제2004-522276호의 일본 번역문

발명의 내용

[0011] 백색 발광 소자로 대표되는 다색 발광 소자로서, 단파장 광으로서 형광을 사용하는 층(형광 발광 층), 장파장 광으로서 인광을 사용하는 층(인광 발광 층) 및 상기 형광 발광 층과 상기 인광 발광 층 사이의 중간층(전하 발생층)이 제공된 소자가 개발되어 일부 실용화되고 있다.

[0012] 수명에 문제가 있는 단파장 광으로서 형광을 사용하고 장파장 광으로서 인광을 사용하는 이러한 구조는, 단파장 광과 장파장 광으로서 둘 다 인광을 사용하는 소자보다 효율은 더 낮지만, 안정한 특성들을 갖는 다색 발광 소자를 실현하는 것이 가능하다는 특징이 있다.

[0013] 성능보다 신뢰성을 우선으로 하는 상술된 구성을 갖는 다색 발광 소자는 실용화에 적합하기는 하지만; 반면에, 하나의 발광 소자를 수득하기 위해 더 많은 수의 막들이 형성되기 때문에, 발광 소자의 실용화가 저해된다.

[0014] 이러한 소자에서는, 형광 발광 층으로 인한 인광의 소광을 방지하기 위해, 인광 발광 층과 형광 발광 층 사이에 중간층이 제공되고, 상기 소자들이 직렬로 접속된다.

[0015] 형광 발광 층에는, 안트라센으로 대표되는 축합 방향족 환 골격을 갖는 물질이 호스트 재료로서 일반적으로 사

용된다. 이러한 축합 방향족 환 골격을 갖는 물질은 낮은 삼중항 준위를 갖는다. 따라서, 상기 형광 발광 층이 인광 발광 층과 접하여 형성된 경우, 상기 인광 발광 층에서 발생한 삼중항 여기 에너지는 상기 형광 발광 층의 호스트 재료의 삼중항 준위로 이동하여 소실되고 만다. 한편, 상술된 문제는 높은 삼중항 여기 에너지를 갖는 호스트 재료를 상기 형광 발광 층에 사용함으로써 완화된다. 그러나, 이 경우, 상기 호스트 재료의 일중항 여기 에너지가 증가해 버려서(너무 높아져 버려서), 상기 호스트 재료로부터 형광 도펀트로 에너지가 충분하게 이동하지 못해, 상기 형광 발광 층에서 불충분한 발광 효율이 초래되고 만다. 그 결과, 상기 호스트 재료의 무복사 불활성화 과정(nonradiative deactivation process)이 증가하여 상기 소자의 특성들(특히, 수명)이 열화될 가능성이 있다.

- [0016] 상기 내용을 고려하여, 본 발명의 하나의 양태의 목적은, 형성되는 층들의 수가 비교적 적어서 제조 단계들의 수가 적고, 실용화에 유리한, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0017] 본 발명의 하나의 양태의 또 다른 목적은, 양호한 발광 효율을 갖는, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0018] 본 발명의 하나의 양태의 또 다른 목적은, 형성되는 층들의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리하며, 양호한 발광 효율을 갖는, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자를 제공하는 것이다.
- [0019] 본 발명의 하나의 양태의 또 다른 목적은, 상술된 발광 소자들 중 어느 것을 사용함으로써 저비용으로 제조될 수 있는, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치를 제공하는 것이다.
- [0020] 본 발명의 하나의 양태의 또 다른 목적은, 상술된 발광 소자들 중 어느 것을 사용함으로써 소비전력을 감소시킨, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치를 제공하는 것이다.
- [0021] 본 발명에서는 상술된 목적들 중 적어도 하나를 달성할 필요만 있다.
- [0022] 상술된 목적들 중 어느 것은, 제1 여기 착체(exciplex)로부터의 발광을 나타내는 제1 발광 층과 인광 발광을 나타내는 제2 발광 층의 적층 구조를 갖는 발광 층을 포함하는 발광 소자에 의해 달성될 수 있다. 상기 제1 발광 층으로부터 발광된 광은 상기 제2 발광 층으로부터 발광된 광보다 더 짧은 파장 측에 발광 피크를 갖는 것이 바람직하다.
- [0023] 여기 착체는 2종류의 물질들로부터 형성되는 여기 상태이다. 광 여기(photoexcitation)의 경우, 상기 여기 착체는, 여기 상태에 있는 하나의 분자가 기저 상태에 있는 또 다른 물질을 흡수하는 방식으로 형성된다. 따라서, 상기 여기 착체가 광을 발광하여 기저 상태로 될 때, 상기 여기 착체는 원래의 물질들로 회복된다. 이 때문에, 상기 여기 착체의 기저 상태는 존재하지 않으며, 상기 여기 착체들 간의 에너지 이동은 원리적으로 발생하지 않는다. 이는, 발광 층의 대부분을 점유하는 호스트 재료를 통한 에너지 이동을 어렵게 만들어서, 상기 구조를 갖는 발광 소자가 상기 제1 발광 층의 제1 여기 착체로부터의 형광 발광과 상기 제2 발광 층의 인광 발광 화합물로부터의 인광 발광을 둘 다 달성하는 것을 용이하게 한다.
- [0024] 단파장 광을 발광하는 인광 발광 물질(예를 들면, 청색 인광을 발광하는 물질)을 사용하는 발광 소자의 휘도는 빠르게 열화되는 경향이 있다. 상기 내용을 고려하여, 단파장을 갖는 형광 발광을 사용함으로써, 휘도의 열화가 덜한 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자에 있어서는, 형광 발광 층인 제1 발광 층과 인광 발광 층인 제2 발광 층이 서로 접하여 적층되어 있으며; 따라서, 상기 발광 소자는 EL층에 포함된 층들의 수가 적어 비용면에서 유리하고 대량 생산에 적합하다는 것에 주목한다. 또한, 상기 형광 발광 층과 상기 인광 발광 층이 서로 접하고 있지만, 상술된 여기 착체의 사용으로 인해 삼중항 여기 준위의 불활성화가 발생할 가능성이 더 적으며; 따라서, 인광 발광과 형광 발광이 둘 다 수득될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 하나의 양태는, 제1 전극, 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 개재된 EL층을 포함하는 발광 소자이다. 상기 EL층은, 적어도 제1 발광 층과 제2 발광 층이 적층된 발광 층을 포함한다. 상기 제1 발광 층은 적어도 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 함유한다. 상기 제2 발광 층은 적어도 제3 유기 화합물 및 인광 발광 물질을 함유한다. 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물의 조합이 제1 여기 착체를 형성한다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제1 여기 착체의 발광이 상기 인광 발광 물질의 발광보다 더 짧은 파장 측에 발광 피크를 갖는, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다.
- [0027] 상기 여기 착체의 일중항 여기 준위와 삼중항 여기 준위는 서로 근접해 있다. 따라서, 상기 여기 착체의 삼중항 여기 준위로부터 상기 여기 착체의 일중항 여기 준위로의 역 계간 교차(reverse intersystem crossing)가 쉽

게 발생한다. 환언하면, 지연 형광(delayed fluorescence)이 용이하게 발광한다. 지연 형광이 수득될 수 있는 여기 착체를 제1 발광 층에 사용함으로써, 삼중항 여기 상태도 발광으로 전환될 수 있으며; 따라서, 상기 발광 소자는 통상의 형광 발광 물질을 사용한 경우보다 더 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위의 충분한 역 계간 교차를 위해, 삼중항 여기 준위와 일중항 여기 준위 간의 에너지 차가 적은 것이 유리하며; 상기 에너지 차는 바람직하게는 0eV 이상 0.2eV 이하, 더욱 바람직하게는 0eV 이상 0.1eV 이하이다.

- [0028] 따라서, 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제1 여기 착체가 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위의 역 계간 교차를 효율적으로 나타내는, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다.
- [0029] 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제1 여기 착체가 지연 형광을 나타내는, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다.
- [0030] 상기 제2 발광 층에서, 에너지가 호스트로부터 상기 인광 발광 화합물로 효율적으로 이동하는 것이 바람직하다.
- [0031] 따라서, 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제2 발광 층이 제4 유기 화합물을 추가로 함유하고, 상기 제3 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물의 조합이 제2 여기 착체를 형성하는, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다. 추가로, 상기 인광 발광 물질의 최저 에너지 층의 흡수 밴드와 상기 제2 여기 착체의 발광 스펙트럼은 바람직하게는 서로 중첩된다.
- [0032] 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 인광 발광 물질의 최저 에너지 층의 흡수 밴드의 피크 파장과 상기 제2 여기 착체의 발광 스펙트럼의 피크 파장의 에너지 환산값(equivalent energy value)의 차가 0.2eV 이하인, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다.
- [0033] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합 및 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합에 대해서는 제한이 없으며, 여기 착체가 형성될 수 있지만 하다면 허용가능하지만, 하나의 유기 화합물은 바람직하게는 전자-수송성을 갖는 재료이고, 다른 유기 화합물은 바람직하게는 정공-수송성을 갖는 재료이다. 이러한 구성은 여기 착체의 효율적인 형성을 가능하게 한다. 또한, 혼합비를 변화시킴으로써, 발광 층 자체의 수송성을 조절할 수 있으며, 재결합 영역을 용이하게 조절할 수 있다. 그 결과, 상기 재결합 영역의 극단적인 국소화를 방지할 수 있어서, 소자의 장수명화로 이어질 수 있다.
- [0034] 따라서, 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제1 유기 화합물 및 상기 제2 유기 화합물 중 하나는 전자-수송성을 갖는 재료이고 다른 하나는 정공-수송성을 갖는 재료이며, 상기 제3 유기 화합물 및 상기 제4 유기 화합물 중 하나는 전자-수송성을 갖는 재료이고 다른 하나는 정공-수송성을 갖는 재료인, 상술된 구성을 갖는 발광 소자이다.
- [0035] 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자에서, 상술된 바와 같이, 각각의 발광 층은 바람직하게는 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료로 형성된다. 상기 발광 층에서의 재결합 영역은 바람직하게는 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층 사이의 계면 부근에 있다. 따라서, 상술된 구성을 갖는 발광 소자에서, 상기 발광 층들 중, 애노드에 더 가까운 발광 층은 바람직하게는 정공-수송성을 갖는 재료를 다량으로 함유하고, 캐소드에 더 가까운 발광 층은 바람직하게는 전자-수송성을 갖는 재료를 다량으로 함유한다. 이러한 구성은, 상기 재결합 영역이 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층 사이의 계면 부근에 있도록 허용하여, 재결합 에너지의 분배에 편리하다.
- [0036] 추가로, 상기 제1 여기 착체는 상기 제2 여기 착체와 동일할 수 있다. 따라서, 본 발명의 또 다른 양태는, 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물의 조합이 상기 제3 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물의 조합과 동일한 발광 소자이다.
- [0037] 상기 여기 착체를 형성하는 2종류의 물질들로 형성된 층의 일부에 인광 발광 물질을 도핑하여, 다색 발광 소자를 용이하게 수득하는 것이 가능하다. 이 경우, 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료의 비는 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층 사이에서 상이할 수 있다는 것에 주목한다.
- [0038] 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자의 발광 스펙트럼은 제1 여기 착체로부터의 발광과 인광 발광 물질로부터의 발광이 결합되어서 생성되며, 따라서 적어도 2개의 피크들을 갖는다.
- [0039] 여기서, 형광 발광 물질이 제1 발광 층의 도펀트로서 추가로 함유될 수 있다. 상술된 바와 같이, 제1 발광 층에서 형성된 여기 착체의 일중항 여기 준위와 삼중항 여기 준위는 서로 근접해 있기 때문에, 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위의 역 계간 교차가 용이하게 발생한다. 즉, 삼중항 여기 상태의 일부가 일중항 여기 상태로 전환될 수 있으며; 따라서, 일중항 여기 상태의 비율이 통상적인 경우(25%)보다 더 높다. 따라서, 증가

된 비율을 갖는 일중항 여기 상태의 에너지가 상기 형광 발광 물질로 이동함으로써, 상기 발광 소자는 통상의 형광 발광 물질을 사용하는 발광 소자보다 더 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 이러한 구성의 이점은, 형광 양자 수율이 높은 형광 발광 물질이 도펀트로서 사용될 수 있다는 것이다. 상술된 바와 같이, 삼중항 여기 상태에서 일중항 여기 상태를 생성하는 기능을 갖는 재료(여기 착체)는, 일중항 여기 상태에서 발광을 효율적으로 얻는 기능을 갖는 재료(도펀트인 형광 발광 화합물)와 상이하하며, 따라서 높은 발광 효율이 용이하게 획득될 수 있다. 또한, 상기 발광 물질은 도펀트로서 존재하기 때문에, 불순물로 인한 소광 또는 화학 반응이 방지될 수 있어서, 장수명화로 이어질 수 있다.

- [0040] 서로 보색인 발광색들을 선택하는 경우, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자는 백색 발광을 제공할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자 및 상기 발광 소자를 제어하는 수단을 포함하는 발광 모듈(light-emitting module)이다.
- [0042] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자를 표시부에 포함하고 상기 발광 소자를 제어하는 수단을 포함하는 표시 모듈(display module)이다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자를 포함하는 조명 장치이다.
- [0044] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자 및 상기 발광 소자를 제어하는 수단을 포함하는 발광 장치이다.
- [0045] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자를 표시부에 포함하고 상기 발광 소자를 제어하는 수단을 포함하는 표시 장치이다.
- [0046] 본 발명의 또 다른 양태는, 상술된 구성들 중 어느 것을 갖는 발광 소자를 포함하는 전자 기기이다.
- [0047] 본 명세서에 있어서의 발광 장치는 발광 소자를 사용한 영상 표시 장치를 포함한다. 또한, 본 명세서에 있어서의 발광 장치의 카테고리에는, 발광 소자에 이방 전도성 필름 또는 테이프 캐리어 패키지(tape carrier package: TCP)와 같은 커넥터가 제공된 모듈; 상기 TCP의 말단부에 인쇄 배선판이 제공된 모듈; 및 IC(집적 회로)가 칩 온 글라스(chip on glass: COG) 방식으로 발광 소자에 직접 실장된 모듈이 포함된다. 추가로, 상기 카테고리에는 조명 기구 등에 사용되는 발광 장치들도 포함된다.
- [0048] 본 발명의 하나의 양태에 따르면, 형성되는 층들의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리한, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자가 제공될 수 있다.
- [0049] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 양호한 발광 효율을 갖는, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자가 제공될 수 있다.
- [0050] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 형성되는 층들의 수가 비교적 적고, 실용화에 유리하며, 양호한 발광 효율을 갖는, 형광 발광 및 인광 발광을 사용한 다색 발광 소자가 제공될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 상술된 발광 소자들 중 어느 것을 사용함으로써 저비용으로 제조될 수 있는, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치가 제공될 수 있다.
- [0052] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 상술된 발광 소자들 중 어느 것을 사용함으로써 소비전력을 감소시킨, 발광 장치, 표시 장치, 전자 기기 및 조명 장치가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 도 1의 (A) 및 도 1의 (B)는 발광 소자들의 개념도들이다.
- 도 2의 (A) 및 도 2의 (B)는 액티브 매트릭스형 발광 장치(active matrix light-emitting device)의 개념도들이다.
- 도 3의 (A) 및 도 3의 (B)는 액티브 매트릭스형 발광 장치들의 개념도들이다.
- 도 4는 액티브 매트릭스형 발광 장치의 개념도이다.
- 도 5의 (A) 및 도 5의 (B)는 패시브 매트릭스형 발광 장치(passive matrix light-emitting device)의 개념도들이다.

- 도 6의 (A) 및 도 6의 (B)는 조명 장치를 예시한 것이다.
- 도 7의 (A), 도 7의 (B1), 도 7의 (B2), 도 7의 (C) 및 도 7의 (D)는 전자 기기들을 예시한 것이다.
- 도 8은 광원 장치를 예시한 것이다.
- 도 9는 조명 장치를 예시한 것이다.
- 도 10은 조명 장치를 예시한 것이다.
- 도 11은 차재 표시 장치들 및 조명 장치들을 예시한 것이다.
- 도 12의 (A) 내지 도 12의 (C)는 전자 기기를 예시한 것이다.
- 도 13은 발광 소자 1의 휘도-전류 밀도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 14는 발광 소자 1의 전류 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 15는 발광 소자 1의 휘도-전압 특성들을 도시한 것이다.
- 도 16은 발광 소자 1의 외부 양자 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 17은 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.
- 도 18은 발광 소자 2의 휘도-전류 밀도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 19는 발광 소자 2의 전류 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 20은 발광 소자 2의 휘도-전압 특성들을 도시한 것이다.
- 도 21은 발광 소자 2의 외부 양자 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 22는 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.
- 도 23은 발광 소자 3의 휘도-전류 밀도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 24는 발광 소자 3의 전류 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 25는 발광 소자 3의 휘도-전압 특성들을 도시한 것이다.
- 도 26은 발광 소자 3의 외부 양자 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 27은 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.
- 도 28은 발광 소자 4의 휘도-전류 밀도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 29는 발광 소자 4의 전류 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 30은 발광 소자 4의 휘도-전압 특성들을 도시한 것이다.
- 도 31은 발광 소자 4의 외부 양자 효율-휘도 특성들을 도시한 것이다.
- 도 32는 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.
- 도 33은 발광 소자 4의 규격화 휘도의 시간 의존성을 도시한 것이다.
- 도 34는 2mDBTBPDq-II의 단일 막의 발광 스펙트럼과 PCBNBB의 단일 막의 발광 스펙트럼, 및 2mDBTBPDq-II와 PCBNBB의 공증착에 의해 형성된 막의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054] 이하, 본 발명의 양태들을 첨부된 도면들을 참조하여 설명하겠다. 단, 본 발명은 다음의 기재 내용에 한정되지 않으며, 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어남 없이 각종 변화들 및 변형들이 이루어질 수 있다는 것을 당업자들은 쉽게 이해할 것임을 주목한다. 따라서, 본 발명은 하기 양태들의 기재 내용에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0055] (양태 1)

[0056] 도 1의 (A)는 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자를 예시한 다이어그램이다. 상기 발광 소자는, 적어도, 한쌍

의 전극들(제1 전극(101) 및 제2 전극(102)) 및 발광 층(113)을 포함하는 EL층(103)을 포함한다. 상기 발광 층(113)에서는, 제1 발광 층(113a)과 제2 발광 층(113b)이 서로 접하여 적층되어 있다.

[0057] 도 1의 (A)는 또한 상기 EL층(103)의 정공-주입층(111), 정공-수송층(112), 전자-수송층(114) 및 전자-주입층(115)을 예시한다. 그러나, 이러한 적층 구조는 일례이며, 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자의 EL층(103)의 구조는 이에 한정되지 않는다. 도 1의 (A)에서, 제1 전극(101)은 애노드로서 기능하고, 제2 전극(102)은 캐소드로서 기능한다는 것에 주목한다.

[0058] 상기 제1 발광 층(113a)은 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 함유한다. 상기 제2 발광 층(113b)은 제3 유기 화합물 및 인광 발광 화합물을 함유한다. 본 양태의 발광 소자는, 상기 제1 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물의 조합이 제1 여기 착체를 형성하는 것을 특징으로 한다. 이러한 구성을 가짐으로써, 상기 제1 발광 층으로부터는 상기 제1 여기 착체 유래의 형광 발광이 효율적으로 얻어질 수 있고, 상기 제2 발광 층으로부터는 상기 인광 발광 화합물 유래의 인광 발광이 효율적으로 얻어질 수 있다.

[0059] 일반적으로, 형광 발광 층과 인광 발광 층을 적층시켜서 발광을 획득하는 경우, 인광 발광 화합물의 삼중항 여기 에너지가 상기 형광 발광 층의 대부분을 점유하는 호스트 재료로 이동해 버려 발광 효율의 현저한 감소를 초래하는 것으로 공지되어 있다. 그 이유는 다음과 같다: 안트라센 등으로 대표되는 축합 방향족 환 골격을 갖는 물질이 호스트 재료로서 일반적으로 사용되기 때문에, 삼중항 여기 준위가 낮아, 상기 인광 발광 층에서 생성된 삼중항 여기 에너지가 이동하여 상기 삼중항 여기 에너지의 비방사 소실이 초래되고 만다. 현재, 축합 방향족 환 골격을 갖는 물질 이외의 물질을 사용하여, 목적하는 발광 파장과 양호한 소자 특성들 및 신뢰성을 획득하기는 어려우며; 따라서, 형광 발광 층과 인광 발광 층의 스택(stack)을 포함하고 양호한 특성들을 갖는 발광 층을 획득하기가 어렵다.

[0060] 본 양태의 제1 발광 층에 사용된 여기 착체는 2종류의 물질들로부터 형성된 여기 상태이다. 광 여기의 경우, 상기 여기 착체는, 여기 상태에 있는 하나의 분자가 기저 상태에 있는 또 다른 물질을 흡수하는 방식으로 형성된다. 따라서, 상기 여기 착체가 광을 발광하여 기저 상태로 될 때, 상기 여기 착체는 원래의 물질로 회복된다. 이 때문에, 상기 여기 착체의 기저 상태는 존재하지 않으며, 상기 여기 착체들 간의 에너지 이동 또는 다른 물질로부터 상기 여기 착체로의 에너지 이동은 원리적으로 발생하지 않는다. 이는, 상기 제1 여기 착체로의 에너지 이동이 원리적으로 발생하지 않아, 본 양태의 발광 소자에 있어서, 상기 제1 발광 층과 상기 제2 발광 층 사이의 에너지 이동이 억제되어 형광 발광과 인광 발광이 둘 다 용이하게 획득될 수 있다는 것을 의미한다.

[0061] 상기 제1 발광 층(113a)의 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물로서, 삼중항 여기 준위들이 상기 제2 발광 층(113b)의 인광 발광 화합물(또는 인광 발광 화합물 및 제3 유기 화합물, 또는 인광 발광 화합물, 제3 유기 화합물 및 제4 유기 화합물)의 것보다 더 높은 화합물들을 사용하는 경우, 상기 인광 발광 화합물(또는 인광 발광 화합물 및 제3 유기 화합물, 또는 인광 발광 화합물, 제3 유기 화합물 및 제4 유기 화합물)의 삼중항 여기 준위로부터 상기 제1 발광 층(113a)의 기저 상태의 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물 중 하나 또는 둘 다로의 에너지 이동도 또한 억제될 수 있다.

[0062] 여기 상태로 된 유기 화합물들은 신속하게 여기 착체를 형성하며; 따라서, 아직 여기 착체를 형성하지 않은, 여기 상태의 유기 화합물들로부터의 에너지 이동은 발생할 가능성이 더 적다.

[0063] 상기 내용으로부터, 본 양태의 발광 소자에 있어서, 발광 층의 대부분을 점유하는 호스트 재료를 통한 에너지 이동이 발생할 가능성이 더 적어, 제1 발광 층의 제1 여기 착체의 형광 발광 및 제2 발광 층의 인광 발광 화합물의 인광 발광이 둘 다 용이하게 획득될 수 있다.

[0064] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물로부터 제1 여기 착체를 형성하여 상기 여기 착체로부터 발광을 획득함으로써, 삼중항 여기 준위가 높은 물질을 사용함에도 불구하고, 목적하는 파장을 갖는 형광을 획득할 수 있다. 또한, 상기 여기 착체로부터의 발광은, 상기 2개의 화합물들의 HOMO 준위들 중 더 낮은 HOMO 준위와 상기 2개의 화합물들의 LUMO 준위들 중 더 깊은 LUMO 준위 사이의 에너지 차로부터 유래하기 때문에, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합을 변화시킴으로써 목적하는 발광을 용이하게 획득할 수 있다.

[0065] 형광 발광 물질이 제1 발광 층(113a)에서 도펀트로서 수 중량%(구체적으로는, 0.01중량% 내지 5중량%, 바람직하게는 0.01중량% 내지 1중량%) 이하로 추가로 함유될 수 있다. 상술된 양은 상기 형광 발광 물질을 통한 에너지 이동을 유발하지 않으며, 호스트 재료를 통한 에너지 이동은 여기 착체에 의해 억제되고; 따라서, 형광 발광 물질로부터의 형광 발광과 인광 발광 화합물로부터의 인광 발광이 둘 다 달성될 수 있다. 또한, 에너지가 제1 여

기 착체로부터 형광 발광 물질로 높은 형광 양자 수율로 이동하며, 이에 의해 발광 효율이 개선될 수 있다. 상술된 바와 같이, 제1 발광 층에서 형성된 여기 착체의 일중항 여기 준위와 삼중항 여기 준위는 서로 근접해 있기 때문에, 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위로의 역 계간 교차가 용이하게 발생한다. 즉, 삼중항 여기 상태의 일부가 일중항 여기 상태로 전환될 수 있으며; 따라서, 일중항 여기 상태의 비율이 통상적인 경우 (25%)보다 더 높다. 따라서, 증가된 비율을 갖는 일중항 여기 상태의 에너지가 상기 형광 발광 물질로 이동함으로써, 상기 발광 소자는 통상의 형광 발광 물질을 사용하는 발광 소자보다 더 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 상술된 바와 같이, 삼중항 여기 상태로부터 일중항 여기 상태를 생성하는 기능을 갖는 재료(여기 착체)는 일중항 여기 상태로부터 발광을 효율적으로 얻는 기능을 갖는 재료(도펀트인 형광 발광 화합물)와 상이하며, 따라서 높은 발광 효율이 용이하게 수득될 수 있다. 또한, 상기 발광 물질은 도펀트로서 사용되기 때문에, 불순물로 인한 소광 또는 화학 반응이 방지될 수 있어서, 장수명화로 이어질 수 있다.

[0066] 제4 유기 화합물이 제2 발광 층(113b)에 추가로 함유될 수 있어서, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합이 제2 여기 착체를 형성한다는 것에 주목한다. 제2 발광 층(113b)의 이러한 구성은 발광 층들 간의 에너지 이동을 추가로 억제시킬 수 있다. 또한, 후술되는 바와 같이, 제2 여기 착체로부터 인광 발광 화합물로의 에너지 이동이 향상될 수 있다.

[0067] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합 및 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합에 대해서는 제한은 없으며, 여기 착체가 형성될 수 있지만 하다면 허용가능하지만, 하나의 유기 화합물은 바람직하게는 정공-수송성을 갖는 재료이고, 다른 유기 화합물은 바람직하게는 전자-수송성을 갖는 재료이다. 이는, 이러한 경우, 도너-억셉터(donor-acceptor) 여기 상태가 용이하게 형성되어, 여기 착체가 효율적으로 형성되도록 하기 때문이다. 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합 및 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합이 각각 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료의 조합인 경우, 이의 혼합비에 따라 캐리어 밸런스(carrier balance)를 용이하게 제어할 수 있다. 구체적으로는, 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료의 비는 바람직하게는 1:9 내지 9:1이다.

[0068] 상술된 구성을 갖는 발광 소자에서는 캐리어 밸런스가 용이하게 제어될 수 있기 때문에, 재결합 영역도 용이하게 조절될 수 있다. 본 양태의 발광 소자에 있어서, 상기 재결합 영역은 바람직하게는 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 부근에서 형성된다. 상술된 바와 같이, 본 양태의 발광 소자는 발광 층들 간의 에너지 이동을 억제할 수 있는 구조를 가지며; 따라서, 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면 부근에서 형성된 재결합 영역은 상기 발광 층들 둘 다에 균형 있게 여기 에너지를 분배할 수 있다. 이들 발광 층들에 대한 여기 에너지의 균등한 분배의 관점으로부터, 상기 재결합 영역은 더욱 바람직하게는 상기 2개의 발광 층들 사이의 계면 부근에서 형성된다. 캐리어들의 재결합 영역을 제1 발광 층(113a)과 제2 발광 층(113b) 사이의 계면 부근에 형성하기 위해서는, 제1 발광 층(113a)과 제2 발광 층(113b) 중 애노드에 더 가까운 발광 층을 정공-수송층이 되도록 하고, 캐소드에 더 가까운 발광 층을 전자-수송층이 되도록 한다. 재결합 영역은 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료의 비를 조절함으로써 용이하게 조절될 수 있다는 것에 주목한다. 층은 정공-수송성을 갖는 재료를 다량으로 함유하여 정공-수송층으로 될 수 있고; 층은 전자-수송성을 갖는 재료를 다량으로 함유하여 전자-수송층으로 될 수 있다. 발광색은 정공-수송성을 갖는 재료와 전자-수송성을 갖는 재료의 비를 조절함으로써 용이하게 조절될 수 있다는 것에 주목한다.

[0069] 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합은 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합과 동일하거나 상이할 수 있다. 상기 조합들이 동일한 경우(즉, 제1 여기 착체가 제2 여기 착체와 동일한 경우), 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 에너지 이동이 추가로 억제될 수 있다. 또한, 더 적은 종류의 재료들이 사용되기 때문에, 상기 발광 소자는 비용면에서 유리하며 더 용이하게 실용화된다. 추가로, 제1 발광 층과 제2 발광 층 사이의 계면에 있어서의 캐리어 주입 장벽이 더 낮아질 수 있어서, 소자의 장수명화에 기여한다.

[0070] 물론, 제1 여기 착체는 제2 여기 착체와 상이할 수 있다. 인광 발광 화합물의 발광 효율을 높이기 위해서는, 후술되는 바와 같이 상기 인광 발광 화합물의 흡수 파장에 정합하는 발광 파장을 갖는 제2 여기 착체를 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 선택을 한 경우에는 제1 여기 착체와 제2 여기 착체가 상이할 확률이 높지만, 여기 착체들 간의 에너지 이동은 이론상 발생하지 않으며; 따라서, 제1 발광 층과 제2 발광 층 간의 에너지 이동이 억제될 수 있어서, 형광 발광과 인광 발광이 둘 다 용이하게 수득될 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 더 높은 발광 효율을 가질 수 있다.

[0071] 상기 발광 소자에 있어서, 제1 발광 층으로부터 발광된 광은 바람직하게는 제2 발광 층으로부터 발광된 광보다 더 짧은 파장측에서 피크를 갖는다는 것에 주목한다. 단파장 광을 발광하는 인광 발광 물질을 사용하는 발광

소자의 휘도는 빠르게 열화되는 경향이 있다는 것에 주목한다. 상기 내용을 고려하여, 단파장을 갖는 형광 발광을 사용함으로써, 휘도의 열화가 덜한 발광 소자를 제공할 수 있다. 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자에 있어서는, 형광 발광 층인 제1 발광 층과 인광 발광 층인 제2 발광 층이 서로 접하여 적층되어 있으며; 따라서, 상기 발광 소자는 E1층에 포함된 층들의 수가 적어 비용면에서 유리하고 대량 생산에 적합하다는 것에 주목한다. 또한, 상기 형광 발광 층과 상기 인광 발광 층이 서로 접하고 있지만, 상술된 여기 착체의 사용으로 인해 삼중항 여기 준위의 불활성화가 발생할 가능성이 더 적으며; 따라서, 인광 발광과 형광 발광이 둘 다 수득될 수 있다.

[0072] 여기서, 제1 여기 착체는 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위로의 역 계간 교차를 효율적으로 나타내는 것이 바람직하다. 상기 여기 착체는 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 에너지 차가 적은 상태에 있기 때문에, 삼중항 여기 준위로부터 일중항 여기 준위로의 역 계간 교차가 용이하게 발생한다. 환언하면, 지연 형광이 용이하게 발광한다. 지연 형광이 효율적으로 수득될 수 있는 여기 착체를 제1 발광 층에 사용함으로써, 삼중항 여기 상태도 발광으로 전환될 수 있으며; 따라서, 상기 발광 소자는 통상의 형광 발광 물질을 사용한 경우보다 더 높은 발광 효율을 가질 수 있다. 여기서, 상기 지연 형광은 약간의 가열(자기 발열을 포함함)에 의해 발현되고 증폭되는 것(이는 열 활성화 지연 형광(thermally activated delayed fluorescence: TADF)이라 지칭됨)을 포함한다는 것에 주목한다. 상기 지연 형광은 삼중항 여기 준위와 일중항 여기 준위 사이의 에너지 차가 0eV 이상 0.2eV 이하, 더욱 바람직하게는 0eV 이상 0.1eV 이하인 조건하에서 효율적으로 수득된다. 상술된 관계를 갖는 여기 착체를 사용하는 구성이 바람직하다.

[0073] 또한, 본 양태의 발광 소자에 있어서, 제1 발광 층과 제2 발광 층이 상이한 발광 파장들을 갖는 광을 발광하도록 제조됨으로써, 상기 발광 소자는 다색 발광 소자일 수 있다. 상기 발광 소자의 발광 스펙트럼은 상이한 발광 피크들을 갖는 광을 조합하여 형성되며, 따라서 적어도 2개의 피크들을 갖는다.

[0074] 이러한 발광 소자는 백색 발광을 수득하기에 적합하다. 제1 발광 층과 제2 발광 층이 보색의 광들을 발광하는 경우, 백색 발광이 수득될 수 있다. 백색 발광 소자는 인광 발광을 사용하고, 스택-타입 발광 소자보다 형성되는 층들의 수가 더 적으며, 높은 발광 효율을 가짐에도 불구하고 저비용으로 제공될 수 있다. 또한, 지연 형광을 효율적으로 나타내는 여기 착체로부터 발광된 광을 단파장 광으로서 사용함으로써, 상기 발광 소자는 높은 발광 효율 및 장수명을 가질 수 있다.

[0075] 여기서, 발광 효율이 높은 발광 소자를 수득하기 위해, 제2 발광 층의 인광 발광 물질로의 에너지 이동에 대해 고려해 보겠다. 이러한 설명에 있어서, 인광 발광 물질에 에너지를 공급하는 물질을 호스트 재료라 지칭한다. 캐리어 재결합은 호스트 재료와 인광 발광 물질 둘 다에서 발생하며; 따라서, 발광 효율을 증가시키기 위해서는 호스트 재료로부터 인광 발광 물질로의 효율적인 에너지 이동이 필요하다. 호스트 재료로부터 인광 발광 물질로의 에너지 이동의 메커니즘들로서, 텍스터 메커니즘(Dexter mechanism) 및 퍼르스터 메커니즘(Forster mechanism)의 2가지 메커니즘들이 제안되었다.

[0076] 호스트 분자로부터 게스트 분자로의 에너지 이동의 효율(에너지 이동 효율 ϕ_{ET})은 아래에 주어진 수학적 식으로 나타낸다. 하기 수학적 식에서, k_r 은 발광 과정(일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동의 경우에는 형광, 그리고 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동의 경우에는 인광)의 속도 상수를 의미하고, k_n 은 비-발광 과정(열 불활성화 또는 계간 교차)의 속도 상수를 의미하며, τ 은 실측된 여기 상태의 수명을 의미한다.

[0077] 수학적 식 1

$$\Phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}}$$

[0078] 먼저, 상기 주어진 수학적 식에 따르면, 에너지 이동 효율 ϕ_{ET} 은 에너지 이동의 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 다른 경쟁하는 속도 상수 $k_r + k_n (= 1/\tau)$ 에 비해 크게 증가시킴으로써 증가시킬 수 있는 것으로 이해된다. 그러면, 에너지 이동의 속도 상수 $k_{h^* \rightarrow g}$ 를 증가시키기 위해서는, 텍스터 메커니즘 및 퍼르스터 메커니즘에 있어서, 호스트 분자의 발광 스펙트럼(일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동의 경우에는 형광 스펙트럼, 그리고 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동의 경우에는 인광 스펙트럼)을 게스트 분자(제2 발광 층의 인광 발광 물질)의 흡수 스펙트럼과 광범위하게 중첩시키는 것이 바람직하다.

- [0080] 여기서, 호스트 분자의 발광 스펙트럼과 인광 발광 물질의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩을 고려함에 있어서, 인광 발광 물질의 흡수 스펙트럼의 최장 파장 측(최저 에너지 측)의 흡수 밴드가 중요하다.
- [0081] 인광 발광 물질의 흡수 스펙트럼에 있어서, 발광에 가장 크게 기여하는 것으로 간주되는 흡수 밴드는 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 직접 전이에 상응하는 흡수 파장 및 상기 흡수 파장의 부근에 있으며, 상기 흡수 밴드는 최장 파장 측에 있다. 따라서, 아마도 호스트 재료의 발광 스펙트럼(형광 스펙트럼 및 인광 스펙트럼)은 인광 발광 물질의 흡수 스펙트럼의 최장 파장 측의 흡수 밴드와 중첩되는 것이 바람직할 것이다.
- [0082] 예를 들어, 대부분의 유기금속 착체, 특히 발광성 이리듐 착체는 최장 파장 측의 흡수 밴드로서 약 500nm 내지 600nm에 브로드한 흡수 밴드를 갖는다. 이러한 흡수 밴드는 주로 삼중항 MLCT(금속-리간드 전하 이동) 전이에 기초한다. 상기 흡수 밴드에는 아마도 삼중항 $\pi-\pi^*$ 전이 및 일중항 MLCT 전이에 기초하는 흡수들도 포함될 것이며, 아마도 이러한 흡수들이 서로 중첩되어 흡수 스펙트럼의 최장 파장 측에 브로드한 흡수 밴드를 형성한다는 것에 주목한다. 따라서, 상술된 바와 같이, 유기금속 착체(특히 이리듐 착체)가 게스트 재료로서 사용되는 경우에는, 최장 파장 측의 브로드한 흡수 밴드가 광범위하게 호스트 재료의 발광 스펙트럼과 중첩되는 것이 바람직하다.
- [0083] 여기서, 먼저, 삼중항 여기 상태에 있는 호스트 재료로부터의 에너지 이동에 대해 고려해 보겠다. 상술된 논의로부터, 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동에 있어서는, 호스트 재료의 인광 스펙트럼과 인광 발광 물질의 최장 파장 측의 흡수 밴드가 광범위하게 서로 중첩되는 것이 바람직하다.
- [0084] 그러나, 여기서 문제가 되는 것은 일중항 여기 상태에 있는 호스트 분자로부터의 에너지 이동이다. 삼중항 여기 상태로부터의 에너지 이동 뿐만 아니라 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 효율적으로 수행하기 위해서는, 상술된 논의로부터, 호스트 재료는 이의 인광 스펙트럼 뿐만 아니라 이의 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장 파장 측의 흡수 밴드와 중첩되도록 설계될 필요가 있다는 것이 명백하다. 환언하면, 호스트 재료가 이의 인광 스펙트럼의 위치와 유사한 위치에 이의 형광 스펙트럼을 갖도록 설계되지 않는다면, 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태 둘 다에서 호스트 재료로부터의 효율적인 에너지 이동을 달성하는 것이 불가능하다.
- [0085] 그러나, 일반적으로, 일중항 여기 준위는 삼중항 여기 준위와 크게 다르며(일중항 여기 준위 > 삼중항 여기 준위); 따라서, 형광 발광 파장도 인광 발광 파장과 크게 다르다(형광 발광 파장 < 인광 발광 파장). 예를 들어, 인광 발광 물질을 포함한 발광 소자에 호스트 분자로서 통상적으로 사용되는 4,4'-디(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP)은 약 500nm에서 인광 스펙트럼을 갖고 약 400nm에서 형광 스펙트럼을 가져 대략 100nm로 크게 차이가 난다. 이러한 예는 또한, 호스트 재료를 이의 인광 스펙트럼의 위치와 유사한 위치에 이의 형광 스펙트럼을 갖도록 설계하는 것이 매우 어렵다는 것을 시사한다.
- [0086] 또한, 특정 물질의 일중항 여기 준위의 에너지 준위는 삼중항 여기 준위의 에너지 준위보다 더 높으며; 따라서, 형광 스펙트럼이 게스트 재료의 최장 파장 측의 흡수 스펙트럼에 근접한 파장에 상응하는 호스트 재료의 삼중항 여기 준위는 게스트 재료의 삼중항 여기 준위보다 더 낮아져 버린다.
- [0087] 그러나, 본 양태의 발광 소자의 제2 발광 층에서는 호스트 재료로서 여기 착체가 사용된다. 상기 여기 착체로부터의 형광은 제3 유기 화합물 단독 또는 제4 유기 화합물 단독의 형광 스펙트럼보다 더 긴 파장 측에서 스펙트럼을 갖는다. 따라서, 제3 유기 화합물 단독 및 제4 유기 화합물 단독의 삼중항 여기 준위들을 게스트 재료의 삼중항 여기 준위보다 더 높게 유지하면서 일중항 여기 상태로부터의 에너지 이동을 최대화시킬 수 있다. 또한, 상기 여기 착체는 삼중항 여기 준위와 일중항 여기 준위가 서로 근접해 있는 상태에 있으며; 따라서, 형광 스펙트럼과 인광 스펙트럼이 실질적으로 동일한 위치에 존재한다. 따라서, 게스트 분자의 일중항 기저 상태에서부터 삼중항 여기 상태로의 전이에 상응하는 흡수(게스트 분자의 흡수 스펙트럼에서, 최장 파장 측에 존재하는 브로드 흡수 밴드)에 상기 여기 착체의 형광 스펙트럼과 인광 스펙트럼이 둘 다 광범위하게 중첩될 수 있으며; 따라서, 상기 발광 소자는 높은 에너지 이동 효율을 가질 수 있다.
- [0088] 상술된 바와 같이, 제2 발광 층의 인광 발광 물질의 최저 에너지 측의 흡수 밴드는 제2 발광 층의 제2 여기 착체의 발광 스펙트럼과 중첩되고, 이에 의해 상기 발광 소자는 더욱 양호한 발광 효율을 가질 수 있다. 또한, 인광 발광 물질의 최저 에너지 측의 흡수 밴드의 피크 파장과 상기 제2 여기 착체의 발광 스펙트럼의 피크 파장 사이의 에너지 환산값의 차는 바람직하게는 0.2eV 이하이며, 이 경우 상기 흡수 밴드와 상기 발광 스펙트럼 사이의 중첩이 광범위하다.
- [0089] 도 1의 (A)에서, 제1 발광 층(113a)은 애노드로서 기능하는 제1 전극(101)이 형성된 면에 형성되어 있고, 제2 발광 층(113b)은 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)이 형성된 면에 형성되어 있다. 그러나, 적층 순서는 반대

가 될 수도 있다.

- [0090] (양태 2)
- [0091] 본 양태에서는, 양태 1에 기술된 발광 소자의 상세한 구조의 예에 대해 도 1의 (A)를 참조하여 아래에서 설명하겠다.
- [0092] 본 양태의 발광 소자는, 한쌍의 전극들 사이에, 복수개의 층들을 포함하는 EL층을 포함한다. 본 양태에서, 상기 발광 소자는 제1 전극(101), 제2 전극(102) 및 상기 제1 전극(101)과 상기 제2 전극(102) 사이에 제공된 EL층(103)을 포함한다. 본 양태에서, 제1 전극(101)은 애노드로서 기능하고, 제2 전극(102)은 캐소드로서 기능한다는 것에 주목한다. 환언하면, 제1 전극(101)의 전위가 제2 전극(102)의 전위보다 더 높아지도록 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이에 전압을 인가했을 때, 발광이 획득될 수 있다.
- [0093] 제1 전극(101)은 애노드로서 기능하기 때문에, 제1 전극(101)은 바람직하게는 높은 일 함수(work function)(구체적으로는, 4.0eV 이상의 일 함수)를 갖는 금속들, 합금들, 전기 전도성 화합물들, 이들의 혼합물들 등 중 어느 것을 사용하여 형성된다. 구체적인 예들은 산화인듐-산화주석(ITO: indium tin oxide), 규소 또는 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석, 산화인듐-산화아연, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO) 등이다. 이러한 전도성 금속 산화물 막들은 일반적으로 스퍼터링법에 의해 형성되지만, 졸-겔법 등을 적용하여 형성될 수도 있다. 형성 방법의 일례에서, 산화인듐-산화아연은 산화인듐에 산화아연 1중량% 내지 20중량%를 첨가하여 획득한 표적을 사용하여 스퍼터링법에 의해 침착시킨다. 또한, 산화텅스텐 및 산화아연을 함유한 산화인듐(IWZO)의 필름은 산화인듐에 산화텅스텐 및 산화아연을 각각 0.5중량% 내지 5중량% 및 0.1중량% 내지 1중량%로 첨가한 표적을 사용하여 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 추가로, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티탄) 등이 사용될 수 있다. 그래핀이 또한 사용될 수 있다. EL층(103)에 있어서 제1 전극(101)과 접하는 층에 후술되는 복합 재료가 사용되는 경우, 전극 재료는 이의 일 함수와 상관 없이 선택될 수 있다는 것에 주목한다.
- [0094] EL층(103)의 적층 구조에 대해서는 특별한 제한은 없으며, 발광 층(113)이 양태 1에 기술된 구조를 갖기만 하다면 허용가능하다. 예를 들어, EL층(103)은 정공-주입층, 정공-수송층, 발광 층, 전자-수송층, 전자-주입층, 캐리어-차단층, 중간층 등을 적절하게 조합시킴으로써 형성할 수 있다. 본 양태에서, EL층(103)은, 제1 전극(101) 위에 정공-주입층(111), 정공-수송층(112), 발광 층(113), 전자-수송층(114) 및 전자-주입층(115)이 상기 순서로 적층된 구조를 갖는다. 상기 층들을 위한 재료들이 아래에 구체적으로 열거된다.
- [0095] 정공-주입층(111)은 높은 정공-주입성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 산화몰리브덴, 산화바나듐, 산화루테튬, 산화텅스텐, 산화망간 등이 사용될 수 있다. 달리, 정공-주입층(111)은 프탈로시아닌(약칭: H₂Pc) 또는 구리 프탈로시아닌(약칭: CuPc)과 같은 프탈로시아닌계 화합물, 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB) 또는 N,N'-비스{4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐}-N,N'-디페닐-(1,1'-바이페닐)-4,4'-디아민(약칭: DNTPD)과 같은 방향족 아민 화합물, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌설폰산)(PEDOT/PSS)과 같은 고분자량 화합물 등을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0096] 달리, 정공-수송성을 갖는 물질에 억셉터성(acceptor property)을 갖는 물질을 함유시킨 복합 재료가 정공-주입층(111)에 사용될 수 있다. 억셉터성을 갖는 물질을 함유시킨 이러한 정공-수송성을 갖는 물질을 사용하면, 전극을 형성하는 데 사용되는 재료를 이의 일 함수와 상관 없이 선택할 수 있다는 것에 주목한다. 환언하면, 높은 일 함수를 갖는 재료 이외에도, 낮은 일 함수를 갖는 재료가 또한 제1 전극(101)에 사용될 수 있다. 억셉터 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭: F₄-TCNQ), 클로라닐 등을 들 수 있다. 또한, 전이 금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 주기율 표의 4족 내지 8족에 속하는 금속의 산화물들을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화바나듐, 산화니오븀, 산화탄탈륨, 산화크롬, 산화몰리브덴, 산화텅스텐, 산화망간 및 산화레늄이 이들의 높은 전자-수용성으로 인해 바람직하다. 이들 중, 산화몰리브덴은 공기 중에서 안정하고 낮은 흡습성을 가지며 취급하기가 쉽기 때문에 특히 바람직하다.
- [0097] 상기 복합 재료에 사용되는 정공-수송성을 갖는 물질로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 유도체, 방향족 탄화수소 및 고분자량 화합물(예를 들어, 올리고머, 덴드리머 또는 중합체)과 같은 각종 유기 화합물들 중 어느 것이 사용될 수 있다. 상기 복합 재료에 사용되는 유기 화합물은 바람직하게는 높은 정공-수송성을 갖는 유기 화합물이라는 것에 주목한다. 구체적으로는, 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 물질이 바람직하게 사용된다. 상기 복합 재료에서 정공-수송성을 갖는 물질로서 사용될 수 있는 유기 화합물들이 아래에 구체적으로

열거된다.

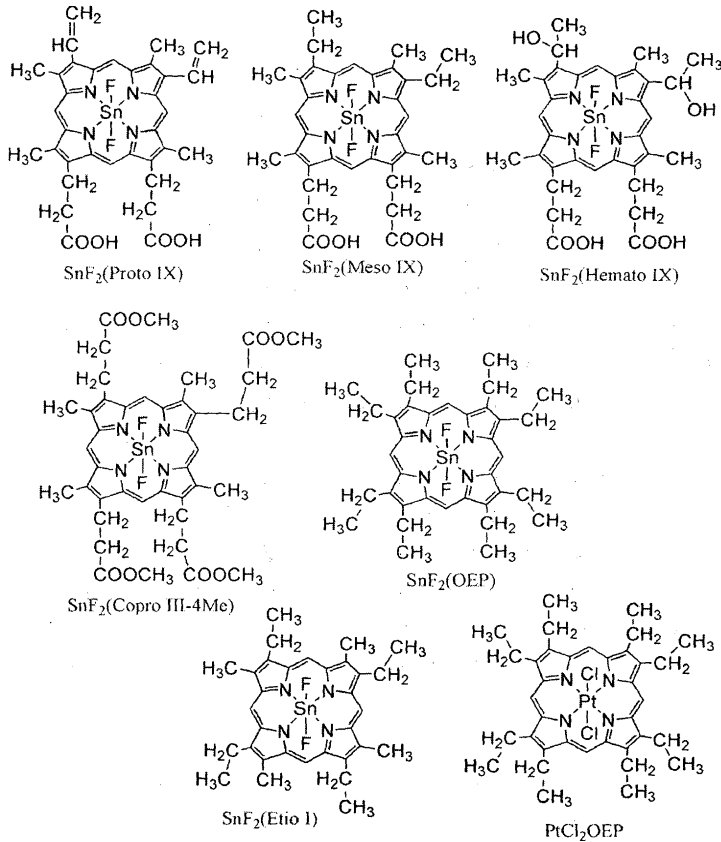
- [0098] 방향족 아민 화합물의 예들에는 N,N'-디(p-톨릴)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민(약칭: DTDPDA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: DPAB), N,N'-비스[4-[비스(3-메틸페닐)아미노]페닐]-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(약칭: DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭: DPA3B) 등이 포함된다.
- [0099] 상기 복합 재료에 사용될 수 있는 카바졸 유도체로서는, 구체적으로 다음의 것들을 들 수 있다: 3-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA1); 3,6-비스[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCA2); 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카바졸-3-일)아미노]-9-페닐카바졸(약칭: PCzPCN1) 등.
- [0100] 또한, 상기 복합 재료에 사용될 수 있는 카바졸 유도체의 예들에는 4,4'-디(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카바졸릴)페닐]벤젠(약칭: TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸(약칭: CzPA), 1,4-비스[4-(N-카바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐 벤젠 등이 포함된다.
- [0101] 상기 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소의 예들에는 2-3급-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: t-BuDNA), 2-3급-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭: DPPA), 2-3급-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭: t-BuDBA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭: DNA), 9,10-디페닐안트라센(약칭: DPAnth), 2-3급-부틸안트라센(약칭: t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭: DMNA), 2-3급-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'-바이안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-바이안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-바이안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌 및 2,5,8,11-테트라(3급-부틸)페릴렌이 포함된다. 그 밖에, 펜타센, 코로넨 등도 사용될 수 있다. 여기에 열거된 이들 방향족 탄화수소로서는, 1×10^{-6} cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖고 탄소수가 14 내지 42인 방향족 탄화수소를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0102] 상기 복합 재료에 사용될 수 있는 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가질 수 있다. 비닐 그룹을 갖는 방향족 탄화수소의 예들에는 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)바이페닐(약칭: DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭: DPVPA) 등이 포함된다.
- [0103] 또한, 폴리(N-비닐카바졸)(약칭: PVK), 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA), 폴리[N-(4-{N'-[4-(4-디페닐아미노)페닐]페닐-N'-페닐아미노}페닐)메타크릴아미드](약칭: PTPDMA) 또는 폴리[N,N'-비스(4-부틸페닐)-N,N'-비스(페닐)벤지딘(약칭: poly-TPD)과 같은 고분자량 화합물도 사용될 수 있다.
- [0104] 정공-주입층을 제공함으로써, 높은 정공-주입성을 달성하여, 발광 소자가 낮은 전압에서 구동되도록 할 수 있다.
- [0105] 정공-수송층(112)은 정공-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 정공-수송성을 갖는 물질의 예들에는 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4,4',4''-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭: TDATA), 4,4',4''-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭: MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP) 등과 같은 방향족 아민 화합물들이 포함된다. 여기에 열거된 물질들은 높은 정공-수송성을 가지며, 주로 10^{-6} cm²/Vs 이상의 정공 이동도를 갖는 것들이다. 상술된 복합 재료에서 정공-수송성을 갖는 물질의 예로서 주어진 유기 화합물이 또한 정공-수송층(112)에 사용될 수 있다. 추가로, 폴리(N-비닐카바졸)(약칭: PVK) 또는 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭: PVTPA)과 같은 고분자량 화합물도 사용될 수 있다. 정공-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층은 단층에 한정되지 않으며, 상기 물질들 중 어느 것을 함유하는 2개 이상의 층들의 스택일 수 있다는 것에 주목한다.
- [0106] 발광 층(113)은 양태 1에 기술된 발광 층(113)의 구성을 갖는다. 환언하면, 제1 전극 위에 제1 발광 층(113a) 및 제2 발광 층(113b)이 상기 순서로 적층되어 있다. 제1 발광 층(113a)은 제1 유기 화합물 및 제2 유기 화합물을 함유한다. 제2 발광 층(113b)은 제3 유기 화합물, 제4 유기 화합물 및 인광 발광 화합물을 함유한다. 본 양태의 발광 소자는, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합이 제1 여기 착체를 형성하고, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합이 제2 여기 착체를 형성함을 특징으로 한다. 제1 여기 착체는 형광 발광을 나타내고, 제2 여기 착체는 인광 발광 화합물을 위한 에너지를 제공하여, 각각 제1 발광 층으로부터 형광 발광이, 그리고 제2 발광 층으로부터 인광 발광이 둘 다 효율적으로 수득될 수 있다.

- [0107] 제2 발광 층(113b)의 인광 발광 화합물로서 사용될 수 있는 재료들의 예들이 아래에 열거된다.
- [0108] 상기 예들에는, 4H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 트리스{2-[5-(2-메틸페닐)-4-(2,6-디메틸페닐)-4H-1,2,4-트리아졸-3-일-κN2]페닐-κC}이리듐(III)(약칭: Ir(mpptz-dmp)₃), 트리스(5-메틸-3,4-디페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭: Ir(Mptz)₃) 또는 트리스[4-(3-바이페닐)-5-이소프로필-3-페닐-4H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrptz-3b)₃); 1H-트리아졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 트리스[3-메틸-1-(2-메틸페닐)-5-페닐-1H-1,2,4-트리아졸라토]이리듐(III)(약칭: Ir(Mptzl-mp)₃) 또는 트리스(1-메틸-5-페닐-3-프로필-1H-1,2,4-트리아졸라토)이리듐(III)(약칭: Ir(Prptzl-Me)₃); 이미다졸 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, fac-트리스[1-(2,6-디이소프로필페닐)-2-페닐-1H-이미다졸]이리듐(III)(약칭: Ir(iPrpmi)₃) 또는 트리스[3-(2,6-디메틸페닐)-7-메틸이미다조[1,2-f]페난트리디나토]이리듐(III)(약칭: Ir(dmpimpt-Me)₃); 및 전자-구인성 그룹을 갖는 페닐피리딘 유도체가 리간드인 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)테트라키스(1-피라졸릴)보레이트(약칭: FIr6), 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)피콜리네이트(약칭: FIrpic), 비스{2-[3',5'-비스(트리플루오로메틸)페닐]피리디나토-N,C^{2'}}이리듐(III)피콜리네이트(약칭: Ir(CF₃ppy)₂(pic)) 또는 비스[2-(4',6'-디플루오로페닐)피리디나토-N,C^{2'}]이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: FIr(acac))가 포함된다. 이들은 청색 인광을 발광하는 화합물들이며, 440nm 내지 520nm에서 발광 피크를 갖는다.
- [0109] 또 다른 예들에는, 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 트리스(4-메틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₃), 트리스(4-3급-부틸-6-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₃), (아세틸아세토나토)비스(6-메틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스(6-3급-부틸-4-페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tBuppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[6-(2-노르보닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭: Ir(nbppm)₂(acac)), (아세틸아세토나토)비스[5-메틸-6-(2-메틸페닐)-4-페닐피리미디나토]이리듐(III)(약칭: Ir(mpppm)₂(acac)) 및 (아세틸아세토나토)비스(4,6-디페닐피리미디나토)이리듐(III)(약칭: Ir(dppm)₂(acac)); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, (아세틸아세토나토)비스(3,5-디메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-Me)₂(acac)) 및 (아세틸아세토나토)비스(5-이소프로필-3-메틸-2-페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(mppr-iPr)₂(acac)); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 트리스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(ppy)₃), 비스(2-페닐피리디나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(ppy)₂acac), 비스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(bzq)₂(acac)), 트리스(벤조[h]퀴놀리나토)이리듐(III)(약칭: Ir(bzq)₃), 트리스(2-페닐퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(pq)₃) 및 비스(2-페닐퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(pq)₂(acac)); 및 희토류 금속 착체, 예를 들면, 트리스(아세틸아세토나토)(모노페난트롤린)테르븀(III)(약칭: Tb(acac)₃(Phen))이 포함된다. 이들은 주로 녹색 인광을 발광하는 화합물들이며, 500nm 내지 600nm에서 발광 피크를 갖는다. 피리미딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 매우 높은 신뢰성 및 발광 효율을 가지며, 따라서 특히 바람직하다는 것에 주목한다.
- [0110] 또 다른 예들에는, (디이소부티릴메타나토)비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토]이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)₂(dibm)), 비스[4,6-비스(3-메틸페닐)피리미디나토](디피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: Ir(5mdppm)₂(dpm)) 및 비스[4,6-디(나프탈렌-1-일)피리미디나토](디피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: Ir(dlnpm)₂(dpm)); 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, (아세틸아세토나토)비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(acac)), 비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)(디피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: Ir(tppr)₂(dpm)) 또는 (아세틸아세토나토)비스[2,3-비스(4-플루오로페닐)퀴놀살리나토]이리듐(III)(약칭: Ir(Fdpq)₂(acac)); 피리딘 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체, 예를 들면, 트리스(1-페닐이소퀴놀

리나토-N,C^{2'})이리듐(III)(약칭: Ir(piq)₃) 및 비스(1-페닐이소퀴놀리나토-N,C^{2'})이리듐(III)아세틸아세토네이트(약칭: Ir(piq)₂acac); 백금 착체, 예를 들면, 2,3,7,8,12,13,17,18-옥타에틸-21H,23H-포르피린 백금(II)(약칭: PtOEP); 및 희토류 금속 착체, 예를 들면, 트리스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오나토)(모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(DBM)₃(Phen)) 및 트리스[1-(2-테노일)-3,3,3-트리플루오로아세토나토](모노페난트롤린)유로퓸(III)(약칭: Eu(TTA)₃(Phen))이 포함된다. 이들은 적색 인광을 발광하는 화합물들이며, 600nm 내지 700nm에서 발광 피크를 갖는다. 또한, 피라진 골격을 갖는 유기금속 이리듐 착체는 양호한 색도를 갖는 적색 발광을 제공할 수 있다.

- [0111] 상기 열거된 인광 발광 화합물들 이외에도, 공지된 인광 발광 재료들이 선택되고 사용될 수 있다.
- [0112] 또한, 형광 발광 물질이 제1 발광 층(113a)에 함유된 경우에는, 아래에 열거된 화합물들 이외에, 공지된 형광 발광 물질들이 사용될 수 있다.
- [0113] 형광 발광 물질의 예들에는, 5,6-비스[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAP2BPy), 5,6-비스[4'-(10-페닐-9-안트릴)바이페닐-4-일]-2,2'-바이피리딘(약칭: PAPP2BPy), N,N'-비스[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-N,N'-디페닐-피렌-1,6-디아민(약칭: 1,6FLPAPrn), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-디아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn), N,N'-비스[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스틸벤-4,4'-디아민(약칭: YGA2S), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭: YGAPA), 4-(9H-카바졸-9-일)-4'-(9,10-디페닐-2-안트릴)트리페닐아민(약칭: 2YGAPPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: PCAPA), 페틸렌, 2,5,8,11-테트라-3급-부틸페틸렌(약칭: TBP), 4-(10-페닐-9-안트릴)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBAPA), N,N''-(2-3급-부틸안트라센-9,10-디일디-4,1-페닐렌)비스[N,N',N''-트리페닐-1,4-페닐렌디아민](약칭: DPABPA), N,9-디페닐-N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPPA), N-[4-(9,10-디페닐-2-안트릴)페닐]-N,N',N''-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPPA), N,N,N',N'',N'',N''',N''''-옥타페닐디벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민(약칭: DBC1), 쿠마린 30, N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,9-디페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,9-디페닐-9H-카바졸-3-아민(약칭: 2PCABPhA), N-(9,10-디페닐-2-안트릴)-N,N',N''-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPAPA), N-[9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-2-안트릴]-N,N',N''-트리페닐-1,4-페닐렌디아민(약칭: 2DPABPhA), 9,10-비스(1,1'-바이페닐-2-일)-N-[4-(9H-카바졸-9-일)페닐]-N-페닐안트라센-2-아민(약칭: 2YGABPhA), N,N,9-트리페닐안트라센-9-아민(약칭: DPhAPhA), 쿠마린 545T, N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭: DPQd), 루브렌, 5,12-비스(1,1'-바이페닐-4-일)-6,11-디페닐테트라센(약칭: BPT), 2-(2-{2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐}-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: DCM1), 2-{2-메틸-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: DCM2), N,N,N',N''-테트라키스(4-메틸페닐)테트라센-5,11-디아민(약칭: p-mPhTD), 7,14-디페닐-N,N,N',N''-테트라키스(4-메틸페닐)아세나프토[1,2-a]플루오란텐-3,10-디아민(약칭: p-mPhAFD), 2-{2-이소프로필-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: DCJTI), 2-{2-3급-부틸-6-[2-(1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: DCJTB), 2-(2,6-비스{2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐}-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭: BisDCM) 및 2-{2,6-비스[2-(8-메톡시-1,1,7,7-테트라메틸-2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭: BisDCJTM)이 포함된다. 1,6FLPAPrn 및 1,6mMemFLPAPrn과 같은 피렌디아민 화합물들로 대표되는 축합 방향족 디아민 화합물들은 이들의 높은 정공-트랩성(hole-trapping property), 높은 발광 효율 및 높은 신뢰성으로 인해 특히 바람직하다.
- [0114] 형광 발광 물질의 예들에는 지연 형광을 효율적으로 나타내는 물질이 포함된다. 지연 형광을 나타내는 물질은 삼중항 여기 상태의 일부를 일중항 여기 상태로 전환시켜서 발광에 기여함으로써, 발광 효율을 개선시킬 수 있다. 즉, 형광 발광 물질의 사용 및 제1 발광 층에서의 여기 착체의 형성 사이에 상승 효과가 기대될 수 있다. 이러한 재료로서는, 아래에 열거된 재료들이 사용될 수 있다.
- [0115] 플러렌, 이의 유도체, 프로플라린과 같은 아크리딘 유도체, 에오신 등이 사용될 수 있다. 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 주석(Sn), 백금(Pt), 인듐(In) 또는 팔라듐(Pd)을 함유하는 포르피린과 같은 금속-함유 포르피린을 들 수 있다. 금속-함유 포르피린의 예들에는, 하기 구조식으로 나타낸, 프로토포르피린-불화주석 착체

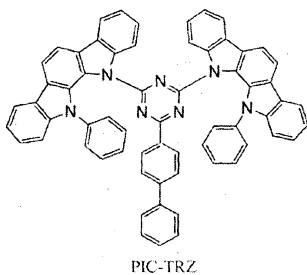
(SnF₂(Proto IX)), 메소포르피린-불화주석 착체(SnF₂(Meso IX)), 헤마토포르피린-불화주석 착체(SnF₂(Hemato IX)), 코프로포르피린 테트라메틸 에스테르-불화주석 착체(SnF₂(Copro III-4Me)), 옥타에틸포르피린-불화주석 착체(SnF₂(OEP)), 에티오포르피린-불화주석 착체(SnF₂(Etio I)) 및 옥타에틸포르피린-염화백금 착체(PtCl₂(OEP))가 포함된다.



[0116]

[0117]

달리, 열 활성화 지연 형광을 나타내는 재료로서, 아래에 주어진 구조식으로 표시되는 2-(바이페닐-4-일)-4,6-비스(12-페닐인돌로[2,3- α]카바졸-11-일)-1,3,5-트리아진(약칭: PIC-TRZ)과 같은, π -전자 과잉 헤테로방향족 환 및 π -전자 부족 헤테로방향족 환을 포함하는 헤테로사이클릭 화합물이 사용될 수 있다. 상기 헤테로사이클릭 화합물은, π -전자 과잉 헤테로방향족 환 및 π -전자 부족 헤테로방향족 환으로 인해 전자-수송성 및 정공-수송성이 높아서 바람직하게 사용된다. π -전자 과잉 헤테로방향족 환이 π -전자 부족 헤테로방향족 환에 직접 결합되어 있는 물질은, π -전자 과잉 헤테로방향족 환의 도너성(donor property) 및 π -전자 부족 헤테로방향족 환의 억셉터성이 둘 다 증가하여 S₁ 준위와 T₁ 준위 사이의 에너지 차가 작아지기 때문에 특히 바람직하게 사용된다는 것에 주목한다.



[0118]

[0119]

제1 유기 화합물, 제2 유기 화합물, 제3 유기 화합물 및 제4 유기 화합물로서 사용될 수 있는 재료들에 대해서는 특별한 제한은 없으며, 상기 재료들의 조합이 양태 1에 기술된 조건들을 만족시키기만 하다면 허용가능하다. 각종 캐리어-수송 재료들이 선택될 수 있다.

[0120]

전자-수송성을 갖는 재료의 예들에는, 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물, 예를 들면, 비스(10-하이

트록시벤조[h]퀴놀리나토)베틸륨(II)(약칭: BeBq₂), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(III)(약칭: BA1q), 비스(8-퀴놀리놀라토)아연(II)(약칭: Znq), 비스[2-(2-벤족사졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnPBO) 또는 비스[2-(2-벤조티아졸릴)페놀라토]아연(II)(약칭: ZnBTZ); 폴리아졸 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물, 예를 들면, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-3급-부틸 페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 1,3-비스[5-(p-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 9-[4-(5-페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)페닐]-9H-카바졸(약칭: CO11), 2,2',2''-(1,3,5-벤젠트리일)트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸)(약칭: TPBI) 또는 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]-1-페닐-1H-벤즈이미다졸(약칭: mDBTBI-11); 디아진 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물, 예를 들면, 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTPDBq-II), 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)바이페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDq-II), 2-[3'-(9H-카바졸-9-일)바이페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mCzBPDBq), 4,6-비스[3-(페난트렌-9-일)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mPnP2Pm) 또는 4,6-비스[3-(4-디벤조티에닐)페닐]피리미딘(약칭: 4,6mDBTP2Pm-II); 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물, 예를 들면, 2-[3'-(디벤조티오펜-4-일)바이페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀린(약칭: 2mDBTPDBQu-II), 3,5-비스[3-(9H-카바졸-9-일)페닐]피리딘(약칭: 35DCzPPy) 또는 1,3,5-트리[3-(3-피리딜)페닐]벤젠(약칭: TmPyPB)이 포함된다. 상기 재료들 중, 디아진 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물 및 피리딘 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물은 높은 신뢰성을 가지며, 따라서 바람직하다. 구체적으로는, 디아진(피리미딘 또는 피라진) 골격을 갖는 헤테로사이클릭 화합물은 높은 전자-수송성을 가져서 구동 전압의 감소에 기여한다.

[0121] 정공-수송성을 갖는 재료의 예들에는, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물, 예를 들면, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: NPB), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-바이페닐]-4,4'-디아민(약칭: TPD), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-바이플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]바이페닐(약칭: BSPB), 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP), 4-페닐-3'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: mBPAFLP), 4-페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBA1BP), 4,4'-디페닐-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBbi1BP), 4-(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBANB), 4,4'-디(1-나프틸)-4'-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)트리페닐아민(약칭: PCBNBB), 9,9-디메틸-N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF) 또는 N-페닐-N-[4-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)페닐]스피로-9,9'-바이플루오렌-2-아민(약칭: PCBASF); 카바졸 골격을 갖는 화합물, 예를 들면, 1,3-비스(N-카바졸릴)벤젠(약칭: mCP), 4,4'-디(N-카바졸릴)바이페닐(약칭: CBP), 3,6-비스(3,5-디페닐페닐)-9-페닐카바졸(약칭: CzTP) 또는 3,3'-비스(9-페닐-9H-카바졸)(약칭: PCCP); 티오펜 골격을 갖는 화합물, 예를 들면, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜)(약칭: DBT3P-II), 2,8-디페닐-4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]디벤조티오펜(약칭: DBTFLP-III) 또는 4-[4-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-6-페닐디벤조티오펜(약칭: DBTFLP-IV); 및 푸란 골격을 갖는 화합물, 예를 들면, 4,4',4''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조푸란)(약칭: DBF3P-II) 또는 4-{3-[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]페닐}디벤조푸란(약칭: mmDBFFLbi-II)이 포함된다. 상기 재료들 중, 방향족 아민 골격을 갖는 화합물 및 카바졸 골격을 갖는 화합물이 바람직한데, 그 이유는, 이들 화합물들은 신뢰성이 높고 정공-수송성이 높아서 구동 전압의 감소에 기여하기 때문이다.

[0122] 캐리어-수송 재료들은 상기 열거된 캐리어-수송 재료들 뿐만 아니라 공지된 물질들로부터 선택될 수 있다. 제1 유기 화합물 내지 제4 유기 화합물로서는, 인광 발광 화합물의 삼중항 준위(기저 상태와 삼중항 여기 상태 사이의 에너지 차)보다 더 높은 삼중항 준위를 갖는 물질들이 바람직하게 선택된다는 것에 주목한다. 형성되는 여기 착체는, 조합되는 2개의 화합물들의 HOMO 준위들 중 더 얇은 HOMO 준위와, 조합되는 2개의 화합물들의 LUMO 준위들 중 더 깊은 LUMO 준위 사이의 에너지 차로부터 유래하는 발광을 나타내며; 따라서, 목적하는 파장을 갖는 발광이 실현될 수 있는 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물의 조합을 선택한다. 또한, 제3 유기 화합물과 제4 유기 화합물의 조합은, 인광 발광 화합물의 최저 에너지 층의 흡수 밴드의 파장과 중첩되는 파장의 발광을 나타내는 여기 착체가 형성되도록 선택하는 것이 바람직하다.

[0123] 추가로, 하나의 유기 화합물로서 전자-수송성을 갖는 재료와 또 다른 유기 화합물로서 정공-수송성을 갖는 재료와의 조합이 여기 착체의 형성에 유리하다. 각각의 화합물의 함유량을 변화시킴으로써, 발광 층의 수송성을 용이하게 조절할 수 있고, 재결합 영역을 용이하게 조절할 수 있다. 전자-수송성을 갖는 재료의 함유량과 전자-수송성을 갖는 재료의 함유량의 비는 1:9 내지 9:1일 수 있다.

[0124] 상술된 구성을 갖는 발광 층(113)은 진공 증착법에 의한 공증착, 또는 혼합 용액을 사용하는 잉크젯법, 스핀 코팅법, 딥 코팅법 등에 의해 형성될 수 있다.

- [0125] 본 양태에서는 제1 발광 층(113a)이 애노드 측에 형성되어 있고 제2 발광 층(113b)이 캐소드 측에 형성되어 있는 구성에 대해 설명하였으나, 적층 순서는 반대가 될 수도 있다는 것에 주목한다. 환언하면, 제2 발광 층(113b)이 애노드 측에 형성되어 있고 제1 발광 층(113a)이 캐소드 측에 형성되어 있을 수 있다.
- [0126] 또한, 제2 발광 층(113b)은 제3 유기 화합물의 함유량과 제4 유기 화합물의 함유량의 비가 상이한 2개의 층들로 형성될 수 있다. 이는 상기 발광 소자의 휘도 열화를 추가로 억제시킬 수 있다.
- [0127] 발광 층(113)의 기타 구조 및 효과는 양태 1에 기술된 것들과 동일하다. 양태 1을 참조하기 바란다.
- [0128] 전자-수송층(114)은 전자-수송성을 갖는 물질을 함유하는 층이다. 전자-수송층(114)의 예는, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 갖는 금속 착체, 예를 들면, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭: Almq₃), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약칭: BeBq₂) 또는 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(약칭: BA1q) 등을 함유하는 층이다. 달리, 옥사졸계 또는 티아졸계 리간드를 갖는 금속 착체, 예를 들면, 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조사졸라토]아연(약칭: Zn(BOX)₂) 또는 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약칭: Zn(BTZ)₂) 등이 사용될 수 있다. 상기 금속 착체들 이외에도, 2-(4-바이페닐릴)-5-(4-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭: PBD), 1,3-비스[5-(p-3급-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭: OXD-7), 3-(4-바이페닐릴)-4-페닐-5-(4-3급-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭: TAZ), 바토펜안트라롤린(약칭: BPhen), 바토크프로인(약칭: BCP) 등이 사용될 수 있다. 여기에 열거된 물질들은 높은 전자-수송성을 가지며, 주로 10⁻⁶ cm²/Vs 이상의 전자 이동도를 갖는 것들이다. 전자-수송성을 갖는 상술된 호스트 재료들 중 어느 것이 전자-수송층(114)에 사용될 수 있다는 것에 주목한다.
- [0129] 전자-수송층(114)은 단층에 한정되지 않으며, 상기 열거된 물질들 중 어느 것을 함유하는 2층 이상의 스택일 수 있다.
- [0130] 또한, 전자-수송층과 발광 층 사이에 전자 캐리어들의 수송을 억제하는 층이 제공될 수 있다. 이는, 전자-수송성이 높은 상기 언급된 재료들에 전자-트랩성(electron-trapping property)이 높은 물질을 소량으로 첨가하여 형성한 층이며, 상기 층은 전자 캐리어들의 수송을 지체시킴으로써 캐리어 밸런스를 조절할 수 있다. 이러한 구성은 전자들이 발광 층을 통과할 때 발생하는 문제(예를 들어, 소자 수명의 감소)를 방지하는 데 매우 효과적이다.
- [0131] 추가로, 전자-수송층(114)과 제2 전극(102) 사이에 제2 전극(102)과 접하여 전자-주입층(115)이 제공될 수 있다. 전자-주입층(115)에는, 불화리튬(LiF), 불화세슘(CsF) 또는 불화칼슘(CaF₂)과 같은, 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 이의 화합물이 사용될 수 있다. 예를 들어, 전자-수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속, 알칼리 토금속 또는 이의 화합물을 함유하는 층이 사용될 수 있다. 전자-수송성을 갖는 물질을 사용하여 형성되고 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 함유하는 층이 전자-주입층(115)으로서 바람직하게 사용되며, 이 경우에 제2 전극(102)으로부터의 전자 주입이 효율적으로 수행된다는 것에 주목한다.
- [0132] 제2 전극(102)에는, 낮은 일 함수(구체적으로는, 3.8eV 이하의 일 함수)를 갖는 금속들, 합금들, 전기 전도성 화합물들 및 이들의 혼합물들 등 중 어느 것이 사용될 수 있다. 이러한 캐소드 재료의 구체적인 예들은 주기율표의 1족 및 2족에 속하는 원소들, 예를 들면, 알칼리 금속들(예를 들어, 리튬(Li) 및 세슘(Cs)), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca) 및 스트론튬(Sr), 이들의 합금들(예를 들어, MgAg 및 AlLi), 유로퓸(Eu) 및 이테르븀(Yb)과 같은 희토류 금속들, 이들의 합금들 등이다. 그러나, 제2 전극(102)과 전자-수송층 사이에 전자-주입층이 제공된 경우에는, 일 함수와 상관 없이, Al, Ag, ITO, 또는 규소 또는 산화규소를 함유한 산화인듐-산화주석과 같은 각종 전도성 재료들 중 어느 것이 제2 전극(102)에 사용될 수 있다. 이들 전기 전도성 재료들의 막은 스퍼터링법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등에 의해 형성될 수 있다.
- [0133] EL층(103)을 형성하기 위해서는 건식 공정이든 습식 공정이든 상관 없이 각종 방법들 중 어느 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등이 사용될 수 있다. 각각의 전극 또는 각각의 층에 대해 상이한 형성 방법을 사용할 수 있다.
- [0134] 또한, 전극은 졸-겔법을 사용하는 습식법에 의해, 또는 금속 재료의 페이스트를 사용하는 습식법에 의해 형성될 수 있다. 달리, 전극은 스퍼터링법 또는 진공 증착법과 같은 건식법에 의해 형성될 수 있다.
- [0135] 상술된 구성을 갖는 발광 소자에 있어서, 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이의 전위차로 인해 전류가 흐르고,

발광성이 높은 물질을 함유한 발광 층(113)에서 정공들과 전자들이 재결합하여 광을 발광한다. 즉, 발광 층(113)에 발광 영역이 형성된다.

- [0136] 발광은 제1 전극(101) 및 제2 전극(102) 중 하나 또는 둘 다를 통해 추출된다. 따라서, 제1 전극(101) 및 제2 전극(102) 중 하나 또는 둘 다는 투광성 전극들이다. 제1 전극(101)만이 투광성 전극인 경우, 발광은 제1 전극(101)을 통해 추출된다. 제2 전극(102)만이 투광성 전극인 경우, 발광은 제2 전극(102)을 통해 추출된다. 제1 전극(101)과 제2 전극(102)이 둘 다 투광성 전극들인 경우, 발광은 제1 전극(101)과 제2 전극(102)을 통해 추출된다.
- [0137] 제1 전극(101)과 제2 전극(102) 사이에 제공된 층들의 구성은 상술된 구성에 제한되지 않는다. 바람직하게는, 발광 영역과 전극들 및 캐리어-주입층들에 사용된 금속과의 근접으로 인한 소광이 방지될 수 있도록, 정공들과 전자들이 재결합하는 발광 영역은 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)으로부터 떨어져 위치한다.
- [0138] 또한, 발광 층에서 생성된 여기자(exciton)로부터의 에너지 이동이 억제될 수 있도록 하기 위해, 바람직하게는, 발광 층(113)과 접하는 정공-수송층 및 전자-수송층, 특히 발광 층(113)의 발광 영역에 더 근접한 층과 접하는 캐리어-수송층은, 발광 층의 발광 물질 또는 발광 층에 포함된 발광 중심 물질보다 더 넓은 밴드 갭(band gap)을 갖는 물질을 사용하여 형성된다.
- [0139] 본 양태의 발광 소자는 바람직하게는 유리, 플라스틱 등의 기판 위에 제작된다. 상기 기판 위에 층들을 적층시키는 방법으로서, 층들을 제1 전극(101) 측으로부터 순차적으로 적층시키거나 제2 전극(102) 측으로부터 순차적으로 적층시킬 수 있다. 발광 장치에 있어서, 하나의 기판 위에 하나의 발광 소자를 형성할 수 있지만, 하나의 기판 위에 복수개의 발광 소자들을 형성할 수도 있다. 상술된 바와 같은 복수개의 발광 소자들을 하나의 기판 위에 형성함으로써, 소자들이 분리되어 있는 조명 장치 또는 패시브-매트릭스형 발광 장치를 제조할 수 있다. 유리, 플라스틱 등의 기판 위에 형성된, 예를 들어 박막 트랜지스터(TFT)에 전기적으로 접속된 전극 위에 발광 소자를 형성할 수 있어서, 상기 TFT가 상기 발광 소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형 발광 장치를 제조할 수 있다. TFT의 구조에 대해서는 특별한 제한은 없으며, 스테거형 TFT(staggered TFT) 또는 역스테거형 TFT(inverted staggered TFT)일 수 있다는 것에 주목한다. 또한, 상기 TFT에 사용되는 반도체의 결정성에 대해서도 특별한 제한은 없으며, 비정질 반도체 또는 결정성 반도체가 사용될 수 있다. 또한, TFT 기판에 형성된 구동 회로는 n형 TFT와 p형 TFT로부터 형성될 수 있거나, n형 TFT 또는 p형 TFT 중 어느 하나로부터 형성될 수 있다.
- [0140] 본 양태는 기타 양태들 중 어느 것과 적절하게 조합될 수 있다는 것에 주목한다.
- [0141] 다음으로, 복수개의 발광 유닛들이 적층되어 있는 구성을 갖는 발광 소자(이하, 이러한 유형의 발광 소자는 적층형 소자라고도 지칭됨)의 양태에 대해 도 1의 (B)를 참조하여 설명하겠다. 이러한 발광 소자에 있어서는, 제1 전극과 제2 전극 사이에 복수개의 발광 유닛들이 제공된다. 하나의 발광 유닛은 도 1의 (A)에 예시된 EL층(103)의 것과 유사한 구성을 갖는다. 환언하면, 도 1의 (A)에 예시된 발광 소자는 단일 발광 유닛을 포함하며; 본 양태의 발광 소자는 복수개의 발광 유닛들을 포함한다.
- [0142] 도 1의 (B)에서, 제1 전극(501)과 제2 전극(502) 사이에 제1 발광 유닛(511) 및 제2 발광 유닛(512)이 적층되어 있고, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512) 사이에 전하 발생층(513)이 제공되어 있다. 제1 전극(501) 및 제2 전극(502)은 각각 도 1의 (A)에 예시된 제1 전극(101) 및 제2 전극(102)에 상응하며, 도 1의 (A)의 설명에서 열거된 재료들이 사용될 수 있다. 또한, 제1 발광 유닛(511) 및 제2 발광 유닛(512)은 동일한 구성 또는 상이한 구성들을 가질 수 있다.
- [0143] 전하 발생층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함한다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료로서는, 도 1의 (A)에 예시된 정공-주입층(111)에 사용될 수 있는 복합 재료가 사용될 수 있다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카바졸 화합물, 방향족 탄화수소 및 고분자량 화합물(올리고머, 덴드리머 또는 중합체 등)과 같은 각종 화합물들이 사용될 수 있다. 정공-수송성을 갖는 유기 화합물로서 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 이상의 정공 이동도를 갖는 화합물이 바람직하게 사용된다. 전자-수송성보다 정공-수송성이 더 높은 물질이기만 하다면, 임의의 다른 물질도 사용될 수 있다는 것에 주목한다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 뛰어난 캐리어-주입성 및 캐리어-수송성으로 인해 저전압 구동 및 저전류 구동을 실현할 수 있다. 애노드 측의 발광 유닛의 표면이 전하 발생층과 접하는 경우, 상기 전하 발생층은 상기 발광 유닛의 정공-수송층으로서도 작용할 수 있으며; 따라서, 상기 발광 유닛에 정공-수송층을 형성할 필요가 없다는 것에 주목한다.
- [0144] 전하 발생층(513)은 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유한 층과 또 다른 재료를 함유한 층의 적층

구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유한 층을, 전자-공여성을 갖는 물질들로부터 선택된 물질의 화합물 및 전자-수용성이 높은 화합물을 함유한 층과 조합시킬 수 있다. 또한, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유한 층을 투명 전도성 막과 조합시킬 수도 있다.

- [0145] 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512) 사이에 개재된 전하 발생층(513)은 임의의 구성을 가질 수 있으며, 제1 전극(501)과 제2 전극(502) 사이에 전압이 인가되었을 때에, 한쪽 발광 유닛에 전자들을 주입할 수 있고 또 다른 쪽 발광 유닛에 정공들을 주입할 수 있기만 하다면 허용가능하다. 예를 들어, 도 1의 (B)에서, 전하 발생층(513)으로서는 임의의 층이 사용될 수 있으며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 더 높아지도록 전압을 인가했을 때에 상기 층이 제1 발광 유닛(511)에 전자들을 주입하고 제2 발광 유닛(512)에 정공들을 주입하기만 하다면 허용가능하다.
- [0146] 2개의 발광 유닛들을 갖는 발광 소자에 대해 도 1의 (B)를 참조하여 설명하였으며; 그러나, 본 발명은 3개 이상의 발광 유닛들이 적층되어 있는 발광 소자에 대해서도 유사하게 적용될 수 있다. 본 양태에 따른 발광 소자에 서와 같이, 한쌍의 전극들 사이에서 복수개의 발광 유닛들이 전하 발생층에 의해 분할됨으로써, 전류 밀도를 낮게 유지하면서 높은 휘도로 광을 발광할 수 있고 장수명을 갖는 발광 소자를 제공하는 것이 가능하다. 또한, 저전압에서 구동될 수 있는, 소비전력이 낮은 발광 장치가 실현될 수 있다.
- [0147] 상기 발광 유닛들은 서로 다른 색들을 갖는 광을 발광함으로써, 전체 발광 소자에서 목적하는 색의 발광을 수득한다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛들을 갖는 발광 소자에서, 제1 발광 유닛의 발광색들이 적색 및 녹색이고, 제2 발광 유닛의 발광색이 청색이면, 상기 발광 소자는 전체 소자로서 백색 광을 발광할 수 있다.
- [0148] 발광 층(113)의 상술된 구성을 복수개의 유닛들 중 적어도 하나에 적용하는 경우, 상기 유닛의 제조 단계들의 수가 감소될 수 있으며; 따라서, 실용화에 유리한 다색 발광 소자가 제공될 수 있다.
- [0149] 상술된 구성은 본 양태 및 기타 양태들에 있어서의 구성들 중 어느 것과 조합될 수 있다.
- [0150] (양태 3)
- [0151] 본 양태에서는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 포함하는 발광 장치에 대해 설명하겠다.
- [0152] 본 양태에서는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용하여 제조된 발광 장치에 대해 도 2의 (A) 및 도 2의 (B)를 참조하여 설명하겠다. 도 2의 (A)는 발광 장치를 예시한 상면도이고, 도 2의 (B)는 선 A-B 및 선 C-D를 따라 절단한 도 2의 (A)의 단면도입에 주목한다. 상기 발광 장치는, 발광 소자의 발광을 제어하기 위한 것들로서 점선으로 예시된, 구동 회로부(소스선 구동 회로(source line driver circuit))(601), 화소부(602) 및 구동 회로부(게이트선 구동 회로(gate line driver circuit))(603)를 포함한다. 또한, 참조 부호 604는 밀봉 기판을 나타내고; 참조 부호 605는 절재를 나타내며; 참조 부호 607은 절재(605)로 둘러싸인 공간을 나타낸다.
- [0153] 리드 배선(lead wiring)(608)은 소스선 구동 회로(601)와 게이트선 구동 회로(603)에 입력된 신호들을 전송하기 위한, 그리고 외부 입력 단자로 작용하는 플렉시블 프린트 서킷(flexible printed circuit: FPC)(609)으로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 수용하기 위한 배선임에 주목한다. 여기서는 FPC만이 예시되어 있지만, 상기 FPC에 프린트 배선판(printed wiring board: PWB)이 부착될 수 있다. 본 명세서에 있어서의 발광 장치는, 이의 카테고리 내에, 발광 장치 자체 뿐만 아니라 FPC 또는 PWB가 제공된 발광 장치도 포함한다.
- [0154] 다음으로, 단면 구조에 대해 도 2의 (B)를 참조하여 설명하겠다. 소자 기판(610) 위에 구동 회로부와 화소부가 형성되어 있으며; 구동 회로부인 소스선 구동 회로(601)와, 화소부(602) 내의 화소들 중 하나의 화소가 여기에 예시되어 있다.
- [0155] 소스선 구동 회로(601)에서는, n-채널형 TFT(623)와 p-채널형 TFT(624)가 조합된 CMOS 회로가 형성되어 있다. 추가로, 상기 구동 회로는 CMOS 회로, PMOS 회로 또는 NMOS 회로와 같은 각종 회로들 중 어느 것으로부터 형성될 수도 있다. 본 양태에서는 기판 위에 구동 회로가 형성된 구동기-일체형에 대해 설명하고 있지만, 본 발명은 이러한 유형에 제한되지 않으며, 구동 회로를 기판 외부에 형성할 수도 있다.
- [0156] 화소부(602)는 스위칭용 TFT(611), 전류 제어용 TFT(612) 및 상기 전류 제어용 TFT의 드레인(drain)에 전기적으로 접속된 제1 전극(613)을 포함하는 복수개의 화소들로부터 형성된다. 절연물(614)이 제1 전극(613)의 말단부를 덮도록 형성되어 있다. 여기서, 절연물(614)은 포지티브형 감광성 아크릴 수지 막을 사용하여 형성한다.
- [0157] 피복성을 향상시키기 위해, 절연물(614)은 이의 상단부 또는 하단부에 곡률을 갖는 곡면을 갖도록 형성된다.

예를 들어, 포지티브형 감광성 아크릴을 절연물(614)의 재료로서 사용한 경우, 바람직하게는 절연물(614)의 상단부만이 곡률 반경(0.2 μ m 내지 3 μ m)을 갖는 곡면을 갖는다. 절연물(614)로서는, 네거티브형 감광성 수지 또는 포지티브형 감광성 수지가 사용될 수 있다.

- [0158] 제1 전극(613) 위에는 EL층(616) 및 제2 전극(617)이 형성되어 있다. 애노드로서 기능하는 제1 전극(613)에 사용되는 재료로서는, 높은 일 함수를 갖는 재료가 바람직하게 사용된다. 예를 들어, ITO 막, 규소를 함유한 산화인듐주석 막, 2중량% 내지 20중량%의 산화아연을 함유한 산화인듐 막, 질화티탄 막, 크롬 막, 텅스텐 막, Zn 막, Pt 막 등의 단층 막, 질화티탄 막과 알루미늄을 주성분으로 함유한 막의 스택, 질화티탄 막, 알루미늄을 주성분으로 함유한 막 및 질화티탄 막의 3개의 층들의 스택 등이 사용될 수 있다. 상기 적층 구조는 낮은 배선 저항, 양호한 옴 콘택트(ohmic contact), 및 애노드로서의 기능을 가능하게 한다.
- [0159] 추가로, EL층(616)은 증착 마스크를 사용하는 증착법, 잉크젯법 및 스핀 코팅법과 같은 각종 방법들 중 어느 것에 의해 형성된다. EL층(616)은 양태 1 또는 2에 기술된 구성을 갖는다. 또한, EL층(616)에 포함되는 또 다른 재료로서, 저분자량 화합물들 및 중합체성 화합물들(올리고머들 및 덴드리머들을 포함함)이 사용될 수 있다.
- [0160] EL층(616) 위에 형성되고 캐소드로서 기능하는 제2 전극(617)에 사용되는 재료로서는, 낮은 일 함수를 갖는 재료(예를 들어, Al, Mg, Li, Ca, 또는 MgAg, MgIn 또는 AlLi과 같은 이들의 합금 또는 화합물)가 바람직하게 사용된다. EL층(616)에서 생성된 광이 제2 전극(617)을 투과하는 경우에는, 금속 박막과 투명 전도성 막(예를 들어, ITO, 2중량% 내지 20중량%의 산화아연을 함유한 산화인듐, 규소를 함유한 산화인듐주석 또는 산화아연(ZnO))의 스택이 제2 전극(617)에 바람직하게 사용된다.
- [0161] 상기 발광 소자는 제1 전극(613), EL층(616) 및 제2 전극(617)으로부터 형성된다는 것에 주목한다. 상기 발광 소자는 양태1 또는 2에 기술된 구성을 갖는다. 본 양태의 발광 장치에 있어서, 복수개의 발광 소자들을 포함하는 화소부는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자 및 이와 상이한 구성을 갖는 발광 소자를 둘 다 포함할 수 있다.
- [0162] 또한, 쉴재(605)로 밀봉 기관(604)을 소자 기관(610)에 부착시킴으로써, 소자 기관(610), 밀봉 기관(604) 및 쉴재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광 소자(618)가 제공된다. 공간(607)은 충전재로 충전될 수 있거나, 불활성 기체(예를 들어, 질소 또는 아르곤) 또는 쉴재(605)로 충전될 수 있다. 밀봉 기관에 오목부를 제공하고 상기 오목부에 건조제(625)를 제공하는 것이 바람직하며, 이 경우에 수분의 영향으로 인한 열화가 억제될 수 있다.
- [0163] 쉴재(605)로는 에폭시계 수지 또는 유리 프릿(glass frit)이 바람직하게 사용된다. 이러한 재료는 수분 또는 산소를 가능한 한 적게 투과시키는 것이 바람직하다. 밀봉 기관(604)으로는, 유리 기관, 석영 기관, 또는 유리 섬유 강화 플라스틱(FRP), 폴리비닐 플루오라이드(PVF), 폴리에스테르, 아크릴 등으로 형성된 플라스틱 기관이 사용될 수 있다.
- [0164] 상술된 바와 같이 하여, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용하는 발광 장치를 수득할 수 있다.
- [0165] 본 양태의 발광 장치는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용하여 제작되며, 따라서 양호한 특성들을 가질 수 있다. 구체적으로는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 양호한 발광 효율을 갖기 때문에, 상기 발광 장치는 감소된 소비전력을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 대량 생산이 용이하기 때문에, 상기 발광 장치는 저비용으로 제공될 수 있다.
- [0166] 도 3의 (A) 및 도 3의 (B)는 각각, 백색 발광을 나타내는 발광 소자를 형성하고 착색층들(컬러 필터들) 등을 사용하여 풀 컬러 표시(full color display)를 실현한 발광 장치의 일례를 예시한 것이다. 도 3의 (A)에는, 기관(1001), 하지 절연막(1002), 게이트 절연막(1003), 게이트 전극(1006, 1007 및 1008)들, 제1 층간 절연막(1020), 제2 층간 절연막(1021), 주변부(1042), 화소부(1040), 구동 회로부(1041), 발광 소자들의 제1 전극(1024W, 1024R, 1024G 및 1024B)들, 격벽(1025), EL층(1028), 발광 소자들의 제2 전극(1029), 밀봉 기관(1031), 쉴재(1032) 등이 예시되어 있다.
- [0167] 도 3의 (A)에서, 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))들은 투명 기재(1033) 상에 제공되어 있다. 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 추가로 제공될 수 있다. 착색층들과 흑색층이 제공된 투명 기재(1033)는 위치를 맞추어서 기관(1001)에 고정된다. 착색층들과 흑색층은 오버코트층(overcoat layer)(1036)으로 덮여 있다는 것에 주목한다. 도 3의 (A)에서, 발광 층의 일부로부터 발광된 광은 착색층들을 투과하지 않는 반면에, 발광 층의 또 다른 부분으로부터 발광된 광은 착색층들을 투과한다. 착색층들을 투과하지 않는 광은 백색이고, 착색층들 중 어느 하나를 투과하는 광은 적색, 청색 또는 녹색이기 때문에, 4색의 화소

들을 사용하여 영상을 표시할 수 있다.

- [0168] 도 3의 (B)는 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))들이 게이트 절연막(1003)과 제1 층간 절연막(1020) 사이에 제공된 예를 도시한 것이다. 상기 구성에서와 같이, 착색층들은 기관(1001)과 밀봉 기관(1031) 사이에 제공될 수 있다.
- [0169] 상술된 발광 장치는, TFT들이 형성되어 있는 기관(1001) 측으로부터 광이 추출되는 구조(보텀 발광 구조(bottom emission structure))를 갖는 발광 장치이지만, 밀봉 기관(1031) 측으로부터 광이 추출되는 구조(탑 발광 구조(top emission structure))를 갖는 발광 장치일 수도 있다. 도 4는 탑 발광 구조를 갖는 발광 장치의 단면도이다. 이 경우, 기관(1001)으로서는 광을 투과시키지 않는 기관이 사용될 수 있다. TFT와 발광 소자의 애노드를 접속시키는 접속 전극을 형성하는 단계까지의 공정은 보텀 발광 구조를 갖는 발광 장치의 것과 유사한 방식으로 수행된다. 이후, 제3 층간 절연막(1037)이 전극(1022)을 덮도록 형성된다. 이러한 절연막은 평탄화 기능을 가질 수 있다. 제3 층간 절연막(1037)은 제2 층간 절연막의 것과 유사한 재료를 사용하여 형성될 수 있으며, 달리 임의의 기타 공지된 재료를 사용하여 형성될 수도 있다.
- [0170] 여기서 발광 소자들의 제1 전극(1024W, 1024R, 1024G 및 1024B)들은 각각 애노드로서 기능하지만, 캐소드로서 기능할 수도 있다. 또한, 도 4에 예시된 바와 같이 탑 발광 구조를 갖는 발광 장치의 경우, 제1 전극들은 바람직하게는 반사 전극들이다. EL층(1028)은 양태 1 또는 2에 기술된 EL층(103)의 구성과 유사한 구성을 갖도록 형성되며, 이에 의해 백색 발광이 수득될 수 있다.
- [0171] 도 4에 예시된 바와 같은 탑 발광 구조의 경우, 밀봉은 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))들이 제공되어 있는 밀봉 기관(1031)으로 수행될 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 화소들 사이에 위치하는 흑색층(블랙 매트릭스)(1035)이 제공될 수 있다. 착색층(적색 착색층(1034R), 녹색 착색층(1034G) 및 청색 착색층(1034B))들과 흑색층(블랙 매트릭스)은 오버코트층(1036)으로 덮여 있을 수 있다. 밀봉 기관(1031)에는 투광성 기관이 사용된다는 것에 주목한다.
- [0172] 또한, 여기서는 적색, 녹색, 청색 및 백색의 4색을 사용하여 풀 컬러 표시를 수행하는 예가 도시되어 있지만, 특별한 제한은 없으며, 적색, 녹색 및 청색의 3색을 사용하는 풀 컬러 표시를 수행할 수도 있다.
- [0173] 본 양태의 발광 장치는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용하여 제조되며, 따라서 유리한 특성들을 가질 수 있다. 구체적으로는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 양호한 발광 효율을 갖기 때문에, 상기 발광 장치는 감소된 소비전력을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 대량 생산이 용이하기 때문에, 상기 발광 장치는 저비용으로 제공될 수 있다.
- [0174] 위에서 액티브 매트릭스형 발광 장치에 대해 설명하였으나, 아래에서는 패시브 매트릭스형 발광 장치에 대해 설명하겠다. 도 5의 (A) 및 도 5의 (B)는 본 발명을 사용하여 제조한 패시브 매트릭스형 발광 장치를 예시한 것이다. 도 5의 (A)는 상기 발광 장치의 투시도이며, 도 5의 (B)는 선 X-Y를 따라 절단한 도 5의 (A)의 단면도이다. 도 5의 (A) 및 도 5의 (B)에서, 기관(951) 위에는 전극(952)과 전극(956) 사이에 EL층(955)이 제공되어 있다. 전극(952)의 말단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽들은 기관 표면으로 갈수록 양 측벽들 사이의 거리가 서서히 좁혀지도록 경사져 있다. 환언하면, 격벽층(954)의 짧은 쪽 방향을 따라 절단한 단면은 사다리꼴이고, 더 낮은 쪽(절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향)이고 절연층(953)과 접하는 쪽)이 더 높은 쪽(절연층(953)의 평면 방향과 동일한 방향)이고 절연층(953)과 접하지 않는 쪽)보다 더 짧다. 이와 같이 제공된 격벽층(954)은 정전기 등으로 인한 발광 소자의 불량들을 방지할 수 있다. 또한, 패시브 매트릭스형 발광 장치에서도, 유리한 발광 효율을 갖는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용함으로써, 상기 발광 장치는 더 적은 소비전력을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 대량 생산이 용이하기 때문에, 상기 발광 장치는 저비용으로 제공될 수 있다.
- [0175] 상술된 발광 장치에서는 매트릭스로 배열된 다수의 미세한 발광 소자들을 각각 제어할 수가 있기 때문에, 상기 발광 장치는 영상들을 표시하기 위한 표시 장치로서 적합하게 사용될 수 있다.
- [0176] 본 양태는 기타 양태들 중 어느 것과 자유롭게 조합될 수 있다.
- [0177] (양태 4)
- [0178] 본 양태에서는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자가 조명 장치에 사용된 예에 대해 도 6의 (A) 및 도 6의 (B)를 참조하여 설명하겠다. 도 6의 (B)는 상기 조명 장치의 상면도이고, 도 6의 (A)는 선 e-f를 따라 절단한 도 6의 (A)의 단면도이다.

- [0179] 본 양태의 조명 장치에서는, 지지체이며 투광성을 갖는 기관(400) 위에 제1 전극(401)이 형성되어 있다. 제1 전극(401)은 양태 1의 제1 전극(101)에 상응한다. 제1 전극(401) 측을 통해 광이 추출되는 경우, 제1 전극(401)은 투광성을 갖는 재료를 사용하여 형성된다.
- [0180] 제2 전극(404)에 전압을 인가하기 위한 패드(412)가 기관(400) 위에 제공되어 있다.
- [0181] 제1 전극(401) 위에는 EL층(403)이 형성되어 있다. EL층(403)의 구성은, 예를 들어, 양태 1의 EL층(103)의 구조, 또는 발광 유닛(511 및 512)들과 전하 발생층(513)이 조합된 구조에 상응한다. 이들 구성들에 대해서는, 양태 1의 설명을 참조할 수 있다.
- [0182] 제2 전극(404)은 EL층(403)을 덮도록 형성되어 있다. 제2 전극(404)은 양태 1의 제2 전극(102)에 상응한다. 광이 제1 전극(401) 측을 통해 추출되는 경우, 제2 전극(404)은 반사율이 높은 재료를 사용하여 형성된다. 제2 전극(404)은 패드(412)에 접속됨으로써, 이에 전압이 인가된다.
- [0183] 상술된 바와 같이, 본 양태에 기술된 조명 장치는 제1 전극(401), EL층(403) 및 제2 전극(404)을 포함하는 발광 소자를 포함한다. 상기 발광 소자는 높은 발광 효율을 갖기 때문에, 본 양태의 조명 장치는 낮은 소비전력을 갖는 조명 장치일 수 있다.
- [0184] 상기 구성을 갖는 발광 소자를 썰재(405 및 406)들을 사용하여 밀봉 기관(407)에 고착시켜서 밀봉을 달성함으로써, 조명 장치가 완성된다. 썰재(405) 또는 썰재(406) 중 어느 하나만을 사용하는 것도 가능하다. 또한, 내부 썰재(406)(도 6의 (B)에는 도시되지 않음)는 건조제와 혼합될 수 있어, 수분을 흡착할 수 있어서, 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0185] 패드(412) 및 제1 전극(401)의 부분들이 썰재(405 및 406)들의 외부로 신장되어 있는 경우, 상기 신장된 부분들은 외부 입력 단자들로서 작용할 수 있다. 상기 외부 입력 단자들 위에는 컨버터 등이 탑재된 IC 칩(420)이 제공될 수 있다.
- [0186] 상술된 바와 같이, 본 양태에 기술된 조명 장치는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 EL 소자로서 포함하기 때문에, 상기 조명 장치는 낮은 소비전력을 갖는 조명 장치일 수 있다. 또한, 상기 조명 장치는 저전압에서 구동되는 조명 장치일 수 있다. 상기 조명 장치는 또한 저가일 수 있다.
- [0187] (양태 5)
- [0188] 본 양태에서는, 각각 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 포함하는 전자 기기들의 예들에 대해 설명하겠다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 양호한 발광 효율 및 감소된 소비전력을 갖는다. 그 결과, 본 양태에 기술된 전자 기기들은 각각 감소된 소비전력을 갖는 발광부를 포함한다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 형성된 층들의 수가 더 적으며; 따라서 상기 전자 기기는 저가일 수 있다.
- [0189] 상기 발광 소자가 적용되는 전자 기기의 예들에는 텔레비전 장치(TV 또는 텔레비전 수신기라고도 부름), 컴퓨터 용 등의 모니터, 디지털 카메라 및 디지털 비디오 카메라와 같은 카메라, 디지털 포토 프레임, 휴대 전화(이동 전화기 또는 휴대 전화 장치라고도 부름), 휴대형 게임기, 휴대형 정보 단말기, 음향 재생 장치, 파친코 기기와 같은 대형 게임기 등이 포함된다. 이들 전자 기기들의 구체적인 예들에 대해 아래에서 설명하겠다.
- [0190] 도 7의 (A)는 텔레비전 장치의 일례를 예시한 것이다. 상기 텔레비전 장치에서, 케이스(7101)에 표시부(7103)가 내장되어 있다. 여기서, 케이스(7101)는 스탠드(7105)에 의해 지지되고 있다. 표시부(7103)에 영상들이 표시될 수 있으며, 표시부(7103)에는, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자들이 매트릭스로 배열되어 있다. 상기 발광 소자들은 양호한 발광 효율을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 소자들은 저전압에서 구동될 수 있다. 추가로, 상기 발광 소자들은 장수명을 가질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자를 사용하여 형성된 표시부(7103)를 포함하는 텔레비전 장치는 감소된 소비전력을 가질 수 있다. 또한, 상기 텔레비전 장치는 저전압에서 구동될 수 있다. 추가로, 상기 텔레비전 장치는 높은 신뢰성을 가질 수 있다.
- [0191] 상기 텔레비전 장치는 케이스(7101)의 조작 스위치 또는 별도의 리모트 컨트롤러(7110)로 조작될 수 있다. 리모트 컨트롤러(7110)의 조작 키들(7109)에 의해 채널과 음량을 조절할 수 있고, 표시부(7103)에 표시되는 영상들을 조절할 수 있다. 또한, 리모트 컨트롤러(7110)에는 상기 리모트 컨트롤러(7110)로부터 출력되는 정보를 표시하기 위한 표시부(7107)가 제공될 수 있다.
- [0192] 상기 텔레비전 장치에는 수신기, 모뎀 등이 제공된다는 것에 주목한다. 수신기의 사용에 의해, 일반 텔레비전 방송을 수신할 수 있다. 또한, 텔레비전 수신기를 모뎀을 통해 유선 또는 무선 통신 네트워크에 접속시키는 경

우, 일방향(송신자로부터 수신자) 또는 쌍방향(송신자와 수신자간, 또는 수신자간)의 정보 통신을 수행할 수 있다.

[0193] 도 7의 (B1)은, 본체(7201), 케이스(7202), 표시부(7203), 키보드(7204), 외부 접속 포트(7205), 포인팅 디바이스(7206) 등을 포함하는 컴퓨터를 예시한 것이다. 상기 컴퓨터는, 양태 1 또는 2에 기술된 것과 동일한 발광 소자들을 매트릭스로 배열하여 표시부(7203)에 사용함으로써 제조된다는 것에 주목한다. 도 7의 (B1)에 예시된 컴퓨터는 도 7의 (B2)에 예시된 구성을 가질 수도 있다. 도 7의 (B2)에 예시된 컴퓨터에는 키보드(7204)와 포인팅 디바이스(7206) 대신에 제2 표시부(7210)가 제공되어 있다. 제2 표시부(7210)는 터치 스크린이며, 제2 표시부(7210)의 입력용 표시를 손가락 또는 전용 펜으로 조작함으로써 입력을 수행할 수 있다. 제2 표시부(7210)는 또한 입력용 표시 이외의 영상들을 표시할 수 있다. 표시부(7203)는 또한 터치 스크린일 수 있다. 상기 2개의 스크린들을 힌지로 접속시킴으로써 문제들을 방지할 수 있으며; 예를 들면, 컴퓨터를 보관 또는 운반하는 동안에 스크린들이 긁히거나 파손되는 것을 방지할 수 있다. 상기 컴퓨터는, 양태 2 또는 3에 기술된 것과 동일한 발광 소자들을 매트릭스로 배열하여 표시부(7203)에 사용함으로써 제조된다는 것에 주목한다. 상기 발광 소자들은 양호한 발광 효율을 가질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자들을 사용하여 형성된 표시부(7203)를 갖는 이러한 컴퓨터는 소비전력이 더 낮다.

[0194] 도 7의 (C)는, 연결부(7303)에 의해 개폐가 가능하도록 연결된 케이스(7301) 및 케이스(7302)의 2개의 케이스들을 포함하는 휴대형 게임기를 예시한 것이다. 케이스(7301)에는, 각각 양태 1 또는 2에 기술되어 있고 매트릭스로 배열된 발광 소자들을 포함한 표시부(7304)가 내장되어 있고, 케이스(7302)에는 표시부(7305)가 내장되어 있다. 또한, 도 7의 (C)에 예시된 휴대형 게임기는 스피커부(7306), 기록 매체 삽입부(7307), LED 램프(7308), 입력 수단(조작 키(7309), 접속 단자(7310), 센서(7311)(힘, 변위, 위치, 속도, 가속도, 각속도, 회전수, 거리, 광, 액체, 자기, 온도, 화학 물질, 음성, 시간, 경도, 전기장, 전류, 전압, 전력, 방사선, 유량, 습도, 경사도, 진동, 냄새 또는 적외선을 측정하는 기능을 갖는 센서) 및 마이크(7312)) 등을 포함한다. 물론, 상기 휴대형 게임기의 구성은 상기 구성에 제한되지 않으며, 각각 양태 1 또는 2에 기술되어 있고 매트릭스로 배열된 발광 소자들을 포함한 표시부가 표시부(7304) 또는 표시부(7305) 중 적어도 어느 하나 또는 둘 다로서 사용되기만 하다면 허용가능하며, 상기 구성은 기타 부속물들을 적절하게 포함할 수 있다. 도 7의 (C)에 예시된 휴대형 게임기는, 기록 매체에 기록되어 있는 프로그램 또는 데이터를 관독하여 이를 표시부에 표시하는 기능, 및 무선 통신에 의해 또 다른 휴대형 게임기와 정보를 공유하는 기능을 갖는다. 도 7의 (C)에 예시된 휴대형 게임기의 기능은 이에 제한되지 않으며, 다양한 기능들을 가질 수 있다. 표시부(7304)에 사용된 발광 소자들은 양호한 발광 효율을 갖기 때문에, 표시부(7304)를 갖는 휴대형 게임기는 소비전력이 더 적을 수 있다. 표시부(7304)에 사용된 발광 소자들은 낮은 구동 전압을 갖기 때문에, 상기 휴대형 게임기는 또한 낮은 구동 전압을 갖는 휴대형 게임기일 수 있다. 또한, 표시부(7304)에 사용된 발광 소자들은 높은 신뢰성을 갖기 때문에, 상기 휴대형 게임기는 또한 높은 신뢰성을 가질 수 있다.

[0195] 도 7의 (D)는 휴대 전화의 일례를 예시한 것이다. 상기 휴대 전화에는, 케이스(7401)에 내장된 표시부(7402), 조작 버튼들(7403), 외부 접속 포트(7404), 스피커(7405), 마이크(7406) 등이 제공되어 있다. 상기 휴대 전화(7400)는, 각각 양태 1 또는 2에 기술되어 있고 매트릭스로 배열된 발광 소자들을 포함한 표시부(7402)를 갖는다는 것에 주목한다. 상기 발광 소자들은 양호한 발광 효율을 가질 수 있다. 또한, 상기 발광 소자는 낮은 구동 전압을 가질 수 있다. 추가로, 상기 발광 소자는 장수명을 가질 수 있다. 따라서, 상기 발광 소자들을 사용하여 형성된 표시부(7402)를 갖는 이러한 휴대 전화는 소비전력이 더 낮다. 또한, 상기 휴대 전화는 낮은 구동 전압을 가질 수 있다. 추가로, 상기 휴대 전화는 높은 신뢰성을 가질 수 있다.

[0196] 도 7의 (D)에 예시된 휴대 전화의 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하여, 휴대 전화에 데이터를 입력할 수 있다. 이 경우, 전화를 걸거나 e-메일을 작성하는 등의 조작들은 표시부(7402)를 손가락 등으로 터치하여 수행할 수 있다.

[0197] 표시부(7402)의 화면은 주로 3가지 모드를 갖는다. 제1 모드는 주로 영상들을 표시하기 위한 표시 모드이다. 제2 모드는 주로 문자와 같은 데이터를 입력하기 위한 입력 모드이다. 제3 모드는 표시 모드와 입력 모드의 2가지 모드들이 조합된 표시-및-입력 모드이다.

[0198] 예를 들어, 전화를 걸거나 e-메일을 작성하는 경우, 표시부(7402)를 주로 문자를 입력하기 위한 문자 입력 모드로 선택하여, 화면에 표시된 문자들이 입력될 수 있도록 한다. 이 경우, 표시부(7402)의 거의 전체 화면에 키보드 또는 숫자 버튼들을 표시하는 것이 바람직하다.

[0199] 상기 휴대 전화 내부에, 자이로스코프 또는 가속도 센서와 같이 기울기를 검출하기 위한 센서를 포함하는 검출

장치를 제공함으로써, 휴대 전화의 방향(휴대 전화가 풍경 모드를 위해 수평으로 놓여 있는지 또는 초상화 모드를 위해 수직으로 놓여 있는지)를 측정하여 표시부(7402)의 화면 표시가 자동적으로 전환되도록 할 수 있다.

- [0200] 화면 모드들은 표시부(7402)를 터치하거나 케이스(7401)의 조작 버튼들(7403)을 조작함으로써 전환된다. 달리, 화면 모드들은 표시부(7402)에 표시된 영상들의 종류에 따라 전환될 수 있다. 예를 들어, 표시부에 표시된 영상 신호가 동영상 데이터 신호인 경우, 화면 모드는 표시 모드로 전환된다. 상기 신호가 문자 데이터 신호인 경우, 화면 모드는 입력 모드로 전환된다.
- [0201] 추가로, 입력 모드에 있어서, 표시부(7402)의 광 센서에 의해 신호가 검출되는 동안, 표시부(7402)의 터치에 의한 입력이 일정 기간 내에 수행되지 않을 경우, 화면 모드가 입력 모드로부터 표시 모드로 전환되도록 제어될 수 있다.
- [0202] 표시부(7402)는 또한 영상 센서로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 표시부(7402)를 손바닥 또는 손가락으로 터치하여 장문, 지문 등의 영상을 촬상함으로써, 개인 인증을 수행할 수 있다. 또한, 표시부에 근적외광을 발광하는 백라이트 또는 센싱용 광원을 제공함으로써, 손가락 정맥, 손바닥 정맥 등의 영상을 촬상할 수 있다.
- [0203] 본 양태에 기술된 구성은 양태 1 내지 4에 기술된 구성들과 적절하게 조합될 수 있다는 것에 주목한다.
- [0204] 상술된 바와 같이, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 갖는 발광 장치의 적용 범위는 광범위하기 때문에, 이러한 발광 장치는 다양한 분야의 전자 기기들에 적용될 수 있다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 사용함으로써, 소비전력이 감소된 전자 기기를 획득할 수 있다.
- [0205] 도 8은 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 백라이트로서 사용한 액정 표시 장치의 일례를 도시한 것이다. 도 8에 도시된 액정 표시 장치는 케이스(901), 액정층(902), 백라이트 유닛(903) 및 케이스(904)를 포함한다. 액정층(902)은 드라이버 IC(905)에 접속되어 있다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 백라이트 유닛(903)에 사용되며, 단자(906)를 통해 전류가 공급된다.
- [0206] 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 상기 액정 표시 장치의 백라이트에 사용되며; 따라서, 상기 백라이트는 감소된 소비전력을 가질 수 있다. 또한, 양태 2에 기술된 발광 소자의 사용은 평면-발광 조명 장치 및 추가로 대면적 평면-발광 조명 장치의 제조를 가능하게 하며; 따라서, 상기 백라이트는 대면적 백라이트일 수 있고, 상기 액정 표시 장치는 또한 대면적 장치일 수 있다. 추가로, 양태 2에 기술된 발광 소자를 사용하는 발광 장치는 통상의 발광 장치보다 더 박형일 수 있으며; 따라서, 상기 표시 장치도 또한 더 박형일 수 있다.
- [0207] 도 9는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 조명 장치인 테이블 램프에 사용한 일례를 도시한 것이다. 도 9에 도시된 테이블 램프는 케이스(2001) 및 광원(2002)을 포함하며, 양태 4에 기술된 조명 장치가 광원(2002)에 사용된다.
- [0208] 도 10은 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 실내 조명 장치(3001)에 사용한 일례를 도시한 것이다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 감소된 소비전력을 갖기 때문에, 소비전력이 감소된 발광 장치가 획득될 수 있다. 또한, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 대면적을 갖기 때문에, 상기 발광 소자는 대면적 조명 장치에 사용될 수 있다. 추가로, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 박형이기 때문에, 상기 발광 소자는 두께가 감소된 조명 장치에 사용될 수 있다.
- [0209] 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 또한 자동차 앞유리 또는 자동차 계기판에 사용될 수 있다. 도 11은 양태 2에 기술된 발광 소자를 자동차 앞유리 및 자동차 계기판에 사용한 하나의 양식을 예시한 것이다. 표시 영역(5000 내지 5005)들은 각각 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자들을 포함한다.
- [0210] 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자들이 내장되어 있는 표시 영역(5000) 및 표시 영역(5001)이 자동차 앞유리에 제공되어 있다. 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는, 투광성을 갖는 전극들로부터 형성된 제1 전극 및 제2 전극을 포함함으로써, 반대측이 투시될 수 있는 이른바 씨-쓰루 표시 장치(see-through display device) 내에 형성될 수 있다. 이러한 씨-쓰루 표시 장치들은 시야를 가리지 않으면서 자동차 앞유리에도 제공될 수 있다. 구동을 위한 트랜지스터 등이 제공된 경우에는, 유기 반도체 재료를 사용한 유기 트랜지스터 또는 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터와 같은 투광성을 갖는 트랜지스터가 바람직하게 사용된다는 것에 주목한다.
- [0211] 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자가 내장된 표시 장치가, 필러(pillar) 부분의 표시 영역(5002)에 제공되어 있다. 표시 영역(5002)은 차체에 제공된 촬상 수단(imaging unit)에 의해 촬상된 영상을 나타냄으로써 필러 부분에 의해 가려진 시야를 보완할 수 있다. 이와 마찬가지로, 계기판에 제공된 표시 영역(5003)은 차체의 외부에 제공된 촬상 수단에 의해 촬상된 영상을 나타냄으로써 차체에 의해 가려진 시야를 보완하여 사각 지대를 없애

안전성을 향상시킬 수 있다. 운전자가 볼 수 없는 영역을 보완하도록 영상을 나타냄으로써 운전자가 쉽고 편안하게 안전을 확인할 수 있다.

- [0212] 표시 영역(5004) 및 표시 영역(5005)은 네비게이션 정보, 속도계, 회전 속도계, 주행 거리, 급유량, 기어 변속 표시기 및 에어컨 설정과 같은 각종 정보를 제공할 수 있다. 표시 항목 또는 레이아웃은 사용자에게 의해 자유롭게 적절히 변화될 수 있다. 또한, 이러한 정보는 표시 영역(5000 내지 5003)들에 의해서도 나타낼 수 있다. 표시 영역(5000 내지 5005)들은 또한 조명 장치들로서 사용될 수 있다는 것에 주목한다.
- [0213] 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자는 높은 발광 효율 및 낮은 소비전력을 가질 수 있다. 따라서, 표시 영역(5000 내지 5005)들과 같은 다수의 대화면들이 제공된 경우에도 배터리 부하가 적어 쾌적한 사용이 제공된다. 이러한 이유로, 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 포함하는 발광 장치 및 조명 장치는 각각 차재 발광 장치 및 차재 조명 장치로서 적합하게 사용될 수 있다.
- [0214] 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)는 휴대형 태블릿 단말기의 일례를 도시한 것이다. 도 12의 (A)에서 상기 태블릿 단말기는 열려져 있다. 상기 태블릿 단말기는 케이스(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 모드 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 절전 스위치(9036), 잠금쇠(cLasp)(9033) 및 조작 스위치(9038)를 포함한다. 상기 태블릿 단말기에서, 표시부(9631a)와 표시부(9631b) 중 하나 또는 둘 다는 양태 1 또는 2에 기술된 발광 소자를 포함하는 발광 장치를 사용하여 형성된다는 것에 주목한다.
- [0215] 표시부(9631a)의 일부는 터치스크린 영역(9632a)일 수 있으며, 표시된 조작 키(9637)를 터치하여 정보를 입력할 수 있다. 표시부(9631a)의 절반은 표시 기능만을 갖고 나머지 절반은 터치스크린 기능을 갖지만, 본 발명의 하나의 양태는 이러한 구성에 제한되지 않는다. 전체 표시부(9631a)가 터치스크린 기능을 가질 수도 있다. 예를 들어, 표시부(9631a)의 전체 영역에 키보드를 표시할 수 있어서, 표시부(9631a)를 터치스크린으로서 사용하고 표시부(9631b)를 표시 화면으로서 사용할 수 있다.
- [0216] 표시부(9631a)와 마찬가지로, 표시부(9631b)의 일부가 터치스크린 영역(9632b)일 수 있다. 터치 패널의 키보드를 보여주기/감추기 위한 전환 버튼(9639)을 손가락, 스타일러스 등으로 터치하여, 표시부(9631b)에 키보드 버튼들을 표시할 수 있다.
- [0217] 터치스크린 영역(9632a) 및 터치스크린 영역(9632b)에서 동시에 터치 입력을 수행할 수 있다.
- [0218] 표시 모드 스위치(9034)는, 예를 들어, 초상화 모드, 풍경 모드 등의 표시, 그리고 흑백 표시와 컬러 표시 간의 표시를 전환시킬 수 있다. 절전 모드로 전환하기 위한 스위치(9036)에 의해, 태블릿에 내장된 광 센서로 검출되는, 태블릿 사용 시의 외부 광량에 따라 표시의 휘도를 최적화시킬 수 있다. 상기 태블릿은 광 센서 이외에도 방향을 검출하기 위한 센서(예를 들어, 자이로스코프 또는 가속도 센서)와 같은 또 다른 검출 장치를 포함할 수 있다.
- [0219] 도 12의 (A)에는 표시부(9631a)와 표시부(9631b)가 동일한 표시 면적을 갖는 예가 도시되어 있지만, 본 발명의 하나의 양태는 이러한 예에 제한되지 않는다. 표시부(9631a)와 표시부(9631b)는 상이한 표시 면적들 및 상이한 표시 품질을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 표시부들 중 하나는 다른 하나보다 더 높은 정밀도의 영상들을 표시할 수 있는 표시 패널일 수 있다.
- [0220] 도 12의 (B)에서 상기 태블릿 단말기는 접혀져 있다. 상기 태블릿 단말기는 케이스(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), 및 DC-DC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 12의 (B)에는 충방전 제어 회로(9634)가 배터리(9635) 및 DC-DC 컨버터(9636)를 포함하는 예를 도시한 것임에 주목한다.
- [0221] 상기 태블릿 단말기는 접혀질 수 있기 때문에, 사용하지 않을 때에는 케이스(9630)를 닫을 수 있다. 따라서, 표시부(9631a 및 9631b)들이 보호될 수 있어서, 장기 사용을 위한 높은 내구성 및 높은 신뢰성을 갖는 태블릿 단말기가 제공될 수 있다.
- [0222] 또한, 도 12의 (A) 및 도 12의 (B)에 도시된 태블릿 단말기는 각종 정보(예를 들어, 정지영상, 동영상, 및 텍스트 영상)를 표시부에 표시하는 기능, 달력, 날짜, 시간 등을 표시부에 표시하는 기능, 표시부에 표시된 정보를 터치 입력에 의해 조작 또는 편집하는 터치 입력 기능, 각종 소프트웨어(프로그램들)에 의해 처리를 제어하는 기능 등을 가질 수 있다.
- [0223] 상기 태블릿 단말기의 표면 상에 부착된 태양 전지(9633)는 터치 패널, 표시부, 영상 신호 처리기 등에 전력을 공급한다. 태양 전지(9633)는 바람직하게는 케이스(9630)의 하나의 표면 또는 2개의 표면들에 제공되며, 이 경

우 배터리(9635)가 효율적으로 충전될 수 있다는 것에 주목한다.

[0224] 도 12의 (B)에 예시된 충전제 제어 회로(9634)의 구성 및 조작에 대해 도 12의 (C)의 블록 다이어그램을 참조하여 설명하겠다. 도 12의 (C)에는 태양 전지(9633), 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1 내지 SW3)들 및 표시부(9631)가 도시되어 있다. 배터리(9635), DC-DC 컨버터(9636), 컨버터(9638), 스위치(SW1 내지 SW3)들은 도 12의 (B)의 충전제 제어 회로(9634)에 상응한다.

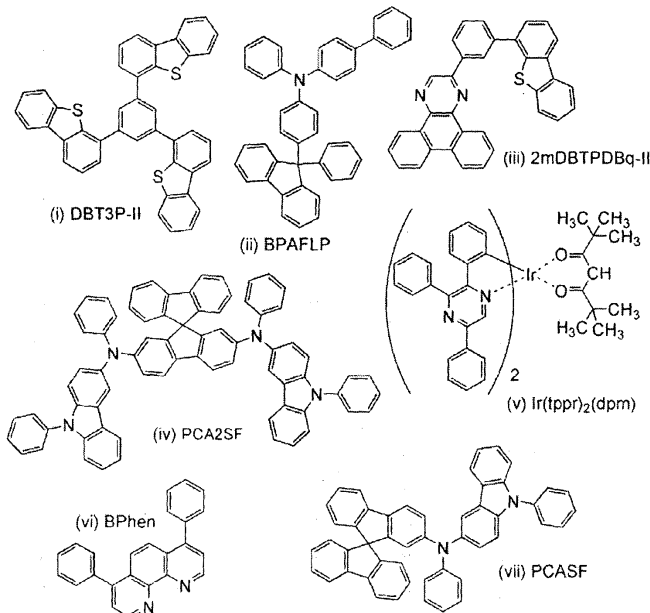
[0225] 먼저, 외부 광을 사용하는 태양 전지(9633)에 의해 발전되는 경우의 조작의 예에 대해 설명하겠다. 태양 전지에 의해 발전된 전력의 전압은 상기 전력이 배터리(9635)를 충전시키기 위한 전압을 갖도록 DC-DC 컨버터(9636)에 의해 승압 또는 강압된다. 그런 다음, 태양 전지(9633)에 의해 충전된 배터리(9635)로부터 공급된 전력이 표시부(9631)의 조작에 사용되는 경우에는, 스위치(SW1)를 켜고, 상기 전력의 전압을 컨버터(9638)에 의해 표시부(9631)에 필요한 전압으로 승압 또는 강압시킨다. 또한, 표시부(9631)에 표시를 수행하지 않을 때에는, 스위치(SW1)를 끄고 스위치(SW2)를 켜서 배터리(9635)의 충전이 수행될 수 있도록 한다.

[0226] 태양 전지(9633)를 발전 수단의 일례로서 설명하였지만, 발전 수단은 특별히 제한되지 않으며, 배터리(9635)는 압전 소자 또는 열전 변환 소자(펠티에 소자(Peltier element))와 같은 또 다른 발전 수단에 의해 충전될 수도 있다. 배터리(9635)는 무선(비접촉)으로 전력을 송수신하여 충전할 수 있는 비접촉 전력 전송 모듈, 또는 조합하여 사용되는 또 다른 충전 수단에 의해 충전될 수 있어서, 발전 수단이 반드시 제공되는 것은 아니다.

[0227] 본 발명의 하나의 양태는 도 12의 (A) 내지 도 12의 (C)에 예시된 모양을 갖는 태블릿 단말기에 제한되지 않으며, 표시부(9631)가 포함되어 있기만 하다면 허용가능하다.

[0228] [실시예 1]

[0229] 본 실시예에서는, 각각 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자들(발광 소자들 1 내지 3)에 대해 설명하겠다. 본 실시예에 사용된 재료들의 화학식이 아래에 나타나 있다. 발광 소자들 1 내지 3은 각각 서로 접하고 있는 2개의 발광 층들(제1 발광 층 및 제2 발광 층)로부터 형성된 발광 층을 포함한다는 것에 주목한다. 제1 발광 층은 여기 착체로부터 발광이 수득되는 양태 1에 기술된 구성을 갖고, 제2 발광 층은 인광 발광 화합물로부터 발광이 수득되는 양태 1에 기술된 구성을 갖는다.



[0230] 본 실시예의 발광 소자들 1 내지 3의 제조 방법에 대해 아래에서 설명하겠다.

[0231] (발광 소자 1의 제조 방법)

[0232] 먼저, 유기 기판 위에, 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 스퍼터링법에 의해 형성하여 제1 전극(101)을 형성하였다. 제1 전극(101)의 두께는 110nm로 설정하였고, 전극 면적은 2mm×2mm로 설정하였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능한다.

[0233] 다음으로, 상기 기판 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 상기 기판의 표면을 물로 세척하고, 200℃에

서 1시간 동안 베이킹한 다음, 370초 동안 UV 오존 처리를 수행하였다.

- [0235] 이후, 상기 기판을 진공 증착 장치로 옮기고, 여기서 압력을 대략 10^{-4} Pa로 감소시키고, 상기 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170°C에서 30분 동안 진공 베이킹을 수행한 다음, 약 30분 동안 냉각시켰다.
- [0236] 이어서, 제1 전극(101)이 제공된 기판을, 제1 전극(101)이 형성되어 있는 표면이 아래를 향하도록 하여, 상기 진공 증착 장치에 제공된 기판 홀더에 고정시켰다. 상기 진공 증착 장치 내의 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 이후, 제1 전극(101) 위에, 구조식 i로 나타낸 4,4',4"-[벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오펜)](약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브덴(VI)을 저항 가열을 사용한 증착법에 의해 공증착에 의해 침착시켜서 정공-주입층(111)을 형성하였다. 정공-주입층(111)의 두께는 20nm로 설정하였고, DBT3P-II와 산화몰리브덴의 중량비는 4:2(= DBT3P-II:산화몰리브덴)로 조절하였다. 공증착법은 하나의 처리 챔버에서 복수개의 증착원들로부터 동시에 증착을 수행하는 증착법을 나타낸다는 것에 주목한다.
- [0237] 다음으로, 정공-주입층(111) 위에, 구조식 ii로 나타낸 4-페닐-4'-(9-페닐플루오렌-9-일)트리페닐아민(약칭: BPAFLP)을 20nm의 두께로 침착시켜서 정공-수송층(112)을 형성하였다.
- [0238] 또한, 정공-수송층(112) 위에, 구조식 iii으로 나타낸 2-[3-(디벤조티오펜-4-일)페닐]디벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTPDBq-II) 및 구조식 iv로 나타낸 N,N'-비스(9-페닐-9H-카바졸-3-일)-N,N'-디페닐-스피로-9,9'-바이플루오렌-2,7-디아민(약칭: PCA2SF)을 2mDBTPDBq-II와 PCA2SF의 중량비가 0.8:0.2(= 2mDBTPDBq-II:PCA2SF)가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시켜서 제1 발광 층(113a)을 형성한 다음, 2mDBTPDBq-II, PCA2SF, 및 구조식 v로 나타낸 비스(2,3,5-트리페닐피라지나토)(디피발로일메타나토)이리듐(III)(약칭: [Ir(tppr)₂(dpm)])을 2mDBTPDBq-II와 PCA2SF와 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 중량비가 0.8:0.2:0.025(= 2mDBTPDBq-II: PCA2SF: [Ir(tppr)₂(dpm)])가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시켜서 제2 발광 층(113b)을 형성하였다. 상술된 방식으로, 발광 층(113)이 형성되었다. 2mDBTPDBq-II 및 PCA2SF는 여기 착체를 형성한다는 것에 주목한다.
- [0239] 이후, 발광 층(113) 위에, 2mDBTPDBq-II를 20nm의 두께로 침착시키고, 구조식 v로 나타낸 바토펜(약칭: BPhen)을 20nm의 두께로 침착시켜서 전자-수송층(114)을 형성하였다.
- [0240] 전자-수송층(114)을 형성한 후, 불화리튬(LiF)을 증착에 의해 1nm의 두께로 침착시켜서 전자-주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 증착에 의해 200nm의 두께로 침착시켜서 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하였다. 상술된 단계들을 통해, 본 실시예의 발광 소자 1이 제조되었다.
- [0241] 모든 상기 증착 단계들에 있어서, 증착은 저항-가열 방법에 의해 수행되었다는 것에 주목한다.
- [0242] (발광 소자 2의 제조 방법)
- [0243] 발광 소자 2는 2mDBTPDBq-II 및 [Ir(tppr)₂(dpm)]을 2mDBTPDBq-II와 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 중량비가 1:0.025(= 2mDBTPDBq-II:[Ir(tppr)₂(dpm)])가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시켜서 제2 발광 층(113b)을 형성하는 방식으로 제조되었다. 다른 성분들의 구성 및 제조 방법은 발광 소자 1의 것들과 동일하였다.
- [0244] (발광 소자 3의 제조 방법)
- [0245] 발광 소자 3의 발광 층(113)은, 2mDBTPDBq-II 및 구조식 vii로 나타낸 2-[N-(9-페닐카바졸-3-일)-N-페닐아미노]스피로-9,9'-바이플루오렌(약칭: PCASF)을 2mDBTPDBq-II와 PCASF의 중량비가 0.8:0.2(= 2mDBTPDBq-II:PCASF)가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시켜서 제1 발광 층(113a)을 형성한 다음, 2mDBTPDBq-II, PCASF 및 [Ir(tppr)₂(dpm)]을 2mDBTPDBq-II와 PCASF와 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 중량비가 0.8:0.2:0.025(= 2mDBTPDBq-II:PCASF:[Ir(tppr)₂(dpm)])가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시켜서 제2 발광 층(113b)을 형성하는 방식으로 형성되었다. 환언하면, 발광 소자 3은 발광 소자 1에 사용된 PCA2SF 대신에 PCASF를 사용하여 제조되었다. 다른 성분들의 구성 및 제조 방법은 발광 소자 1의 것들과 동일하다는 것에 주목한다. 2mDBTPDBq-II 및 PCASF는 여기 착체를 형성한다는 것에 주목한다.
- [0246] 질소 분위기하에 글로브 박스 내에서, 발광 소자들 1 내지 3을 공기에 노출되지 않도록 각각 유기 기판으로 밀봉시켰다(구체적으로는, 소자의 외부 가장자리에 씰재를 도포하고, 도포 시 UV 처리를 수행하고, 80°C에서 1시간 동안 열 처리를 수행하였다). 이어서, 각각의 발광 소자들의 신뢰성을 측정하였다. 상기 측정은 실온(25°C

로 유지된 분위기)에서 수행되었다는 것에 주목한다.

[0247] 도 13은 발광 소자 1의 휘도-전류 밀도 특성들, 도 14는 발광 소자 1의 전류 효율-휘도 특성들, 도 15는 발광 소자 1의 휘도-전압 특성들, 도 16은 발광 소자 1의 외부 양자 효율-휘도 특성들, 그리고 도 17은 발광 소자 1의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.

[0248] 도 18은 발광 소자 2의 휘도-전류 밀도 특성들, 도 19는 발광 소자 2의 전류 효율-휘도 특성들, 도 20은 발광 소자 2의 휘도-전압 특성들, 도 21은 발광 소자 2의 외부 양자 효율-휘도 특성들, 그리고 도 22는 발광 소자 2의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.

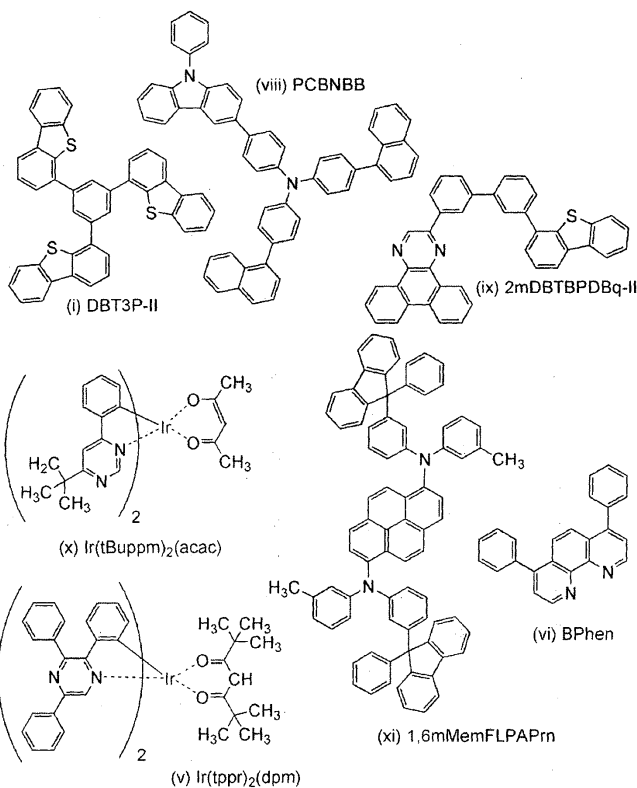
[0249] 도 23은 발광 소자 3의 휘도-전류 밀도 특성들, 도 24는 발광 소자 3의 전류 효율-휘도 특성들, 도 25는 발광 소자 3의 휘도-전압 특성들, 도 26은 발광 소자 3의 외부 양자 효율-휘도 특성들, 도 27은 발광 소자 3의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.

[0250] 상기 특성들에 따르면, 발광 소자들 1 내지 3은 각각 대략 1000cd/m²에서 20cd/A 이상의 전류 효율 및 10% 이상의 외부 양자 효율의 양호한 발광 효율을 갖는다.

[0251] 또한, 발광 스펙트럼에서, [Ir(tppr)₂(dpm)]으로부터 유래하는 적색광 발광 및 여기 착체로부터 유래하는 녹색광 발광(대략 550nm의 솔더)이 관찰된다. 이는, 제1 발광 층(113a)과 제2 발광 층(113b) 둘 다로부터 발광이 수득된다는 것을 시사한다.

[0252] [실시예 2]

[0253] 본 실시예에서는, 본 발명의 하나의 양태인 발광 소자(발광 소자 4)에 대해 설명하겠다. 본 실시예에 사용된 재료들의 화학식이 아래에 나타나 있다. 발광 소자 4는 서로 접하고 있는 2개의 발광 층들(제1 발광 층 및 제2 발광 층)로부터 형성된 발광 층을 포함한다는 것에 주목한다. 제1 발광 층은, 여기 착체로부터 에너지가 전달된 형광 발광 화합물로부터 발광이 수득되는 양태 1에 기술된 구성을 갖고, 제2 발광 층은, 인광 발광 화합물로부터 발광이 수득되는 양태 1에 기술된 구성을 갖는다.



[0254] 본 실시예의 발광 소자 4의 제조 방법에 대해 아래에서 설명하겠다.

[0256] (발광 소자 4의 제조 방법)

[0257] 먼저, 유기 기판 위에, 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물(ITSO)의 막을 스퍼터링법에 의해 형성하여 제1 전

극(101)을 형성하였다. 제1 전극(101)의 두께는 110nm로 설정하였고, 전극 면적은 2mm×2mm로 설정하였다. 여기서, 제1 전극(101)은 발광 소자의 애노드로서 기능한다.

- [0258] 다음으로, 상기 기관 위에 발광 소자를 형성하기 위한 전처리로서, 상기 기관의 표면을 물로 세척하고, 200℃에서 1시간 동안 베이킹한 다음, 370초 동안 UV 오존 처리를 수행하였다.
- [0259] 이후, 상기 기관을 진공 증착 장치로 옮기고, 여기서 압력을 대략 10^{-4} Pa로 감소시키고, 상기 진공 증착 장치의 가열 챔버에서 170℃에서 30분 동안 진공 베이킹을 수행한 다음, 약 30분 동안 냉각시켰다.
- [0260] 이어서, 제1 전극(101)이 제공된 기관을, 제1 전극(101)이 형성되어 있는 표면이 아래를 향하도록 하여, 상기 진공 증착 장치에 제공된 기관 홀더에 고정시켰다. 상기 진공 증착 장치 내의 압력을 약 10^{-4} Pa로 감소시켰다. 이후, 제1 전극(101) 위에, 구조식 i로 나타낸 4,4',4"-[벤젠-1,3,5-트리일)트리(디벤조티오오펜)](약칭: DBT3P-II) 및 산화몰리브덴(VI)을 저항 가열을 사용한 증착법에 의해 공증착에 의해 침착시켜서 정공-주입층(111)을 형성하였다. 정공-주입층(111)의 두께는 40nm로 설정하였고, DBT3P-II와 산화몰리브덴의 증량비는 4:2(=DBT3P-II:산화몰리브덴)로 조절하였다. 공증착법은 하나의 처리 챔버에서 복수개의 증발원(evaporation source)들로부터 동시에 증착을 수행하는 증착법을 나타낸다는 것에 주목한다.
- [0261] 다음으로, 정공-주입층(111) 위에, 구조식 viii로 나타낸 4,4'-디(1-나프틸)-4"-(9-페닐-9H-카바졸-3-일)-트리페닐아민(약칭: PCBNBB)을 20nm의 두께로 침착시켜서 정공-수송층(112)을 형성하였다.
- [0262] 또한, 정공-수송층(112) 위에, 구조식 ix로 나타낸 2-[3'-(디벤조티오오펜-4-일)바이페닐-3-일]디벤조[f,h]퀴놀살린(약칭: 2mDBTBPDBq-II), PCBNBB, 및 구조식 x으로 나타낸 비스[2-(6-3급-부틸-4-피리미디닐-κN3)페닐-κC](2,4-벤탄디오나토-κ²O,0')이리듐(III)(약칭: [Ir(tBuppm)₂(acac)])을 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB와 [Ir(tBuppm)₂(acac)]의 증량비가 0.8:0.2:0.05(= 2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)])가 되도록 공증착에 의해 20nm의 두께로 침착시킨 다음, 2mDBTBPDBq-II, PCBNBB 및 [Ir(tppr)₂(dpm)]을 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB와 [Ir(tppr)₂(dpm)]의 증량비가 0.9:0.1:0.05(= 2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBuppm)₂(acac)])가 되도록 공증착에 의해 5nm의 두께로 침착시켜서 제2 발광 층(113b)을 형성하고, 2mDBTBPDBq-II, PCBNBB, 및 구조식 xi로 나타낸 N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스[3-(9-페닐-9H-플루오렌-9-일)페닐]-피렌-1,6-디아민(약칭: 1,6mMemFLPAPrn)을 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB와 1,6mMemFLPAPrn의 증량비가 0.3:0.7:0.05가 되도록 공증착에 의해 25nm의 두께로 침착시켜서 제1 발광 층(113a)을 형성하였다. 상술된 방식으로, 발광 층(113)이 형성되었다. 발광 소자 4에서, 제2 발광 층(113b)은 정공-수송층(112) 위에 형성되었고, 제1 발광 층(113a)은 제2 발광 층(113b) 위에 형성되었다.
- [0263] 2mDBTBPDBq-II 및 PCBNBB는 여기 착체를 형성한다는 것에 주목한다. 도 34는 2mDBTBPDBq-II 단독의 막의 발광 스펙트럼, PCBNBB 단독의 막의 발광 스펙트럼, 및 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB의 공증착에 의해 형성된 막의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다. 도 34에 도시된 바와 같이, 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB의 공증착에 의해 형성된 막의 발광 스펙트럼의 위치 및 모양은 2mDBTBPDBq-II 단독의 막 및 PCBNBB 단독의 막의 발광 스펙트럼의 것들과는 상이하다. 또한, 상기 발광 스펙트럼은 2mDBTBPDBq-II 단독의 막 및 PCBNBB 단독의 막의 발광 스펙트럼보다 더 긴 파장 영역에 위치한다. 이는, 2mDBTBPDBq-II와 PCBNBB에 의해 여기 착체가 형성된다는 것을 시사한다.
- [0264] 이후, 발광 층(113) 위에, 2mDBTBPDBq-II를 15nm의 두께로 침착시키고, 구조식 v로 나타낸 바토펜안트롤린(약칭: BPhen)을 15nm의 두께로 침착시켜서 전자-수송층(114)을 형성하였다.
- [0265] 전자-수송층(114)을 형성한 후, 불화리튬(LiF)을 증착에 의해 1nm의 두께로 침착시켜서 전자-주입층(115)을 형성하였다. 마지막으로, 알루미늄을 증착에 의해 200nm의 두께로 침착시켜서 캐소드로서 기능하는 제2 전극(102)을 형성하였다. 상술된 단계들을 통해, 본 실시예의 발광 소자 4가 제조되었다.
- [0266] 모든 상기 증착 단계들에 있어서, 증착은 저항-가열 방법에 의해 수행되었다는 것에 주목한다.
- [0267] 질소 분위기하에 글로브 박스 내에서, 발광 소자 4를 공기에 노출되지 않도록 유기 기관으로 밀봉시켰다(구체적으로는, 소자의 외부 가장자리에 셀레를 도포하고, 도포 시 UV 처리를 수행하고, 80℃에서 1시간 동안 열 처리를 수행하였다). 이어서, 상기 발광 소자의 신뢰성을 측정하였다. 상기 측정은 실온(25℃로 유지된 분위기)에서 수행되었다는 것에 주목한다.
- [0268] 도 28은 발광 소자 4의 휘도-전류 밀도 특성들, 도 29는 발광 소자 4의 전류 효율-휘도 특성들, 도 30은 발광

소자 4의 휘도-전압 특성들, 도 31은 발광 소자 4의 외부 양자 효율-휘도 특성들, 그리고 도 32는 발광 소자 4의 발광 스펙트럼을 도시한 것이다.

[0269] 상기 특성들에 따르면, 발광 소자 4는 대략 1000cd/m²에서 20cd/A 이상의 전류 효율 및 10% 이상의 외부 양자 효율의 양호한 발광 효율을 갖는다.

[0270] 또한, 발광 스펙트럼에 따르면, [Ir(tppr)₂(dpm)]으로부터 유래하는 적색 발광, [Ir(tBuppm)₂(acac)]로부터 유래하는 녹색 발광, 및 1,6mMemFLPAPrn으로부터 유래하는 청색 발광이 관찰된다. 이는, 제1 발광 층(113a)과 제2 발광 층(113b) 둘 다로부터 발광이 획득된다는 것과, 형광 발광 물질이 제1 발광 층(113a)의 발광 중심 물질로서 사용된 발광 소자는 양호한 특성들을 획득할 수 있다는 것을 시사한다.

[0271] 도 33은, 초기 휘도가 3000cd/m²이고 전류 밀도가 일정한 조건들하에서 발광 소자 4를 구동시킨 신뢰성 시험의 결과를 도시한 것이다. 도 33은 100%의 초기 휘도로부터 규격화 휘도의 변화를 나타낸다. 상기 결과는, 발광 소자 4가 350시간 동안 구동된 후에도 초기 휘도의 86%를 유지한다는 것을 입증하며, 이는, 발광 소자 4는 구동 시간에 따른 휘도의 열화가 적고 뛰어난 신뢰성을 갖는다는 것을 의미한다.

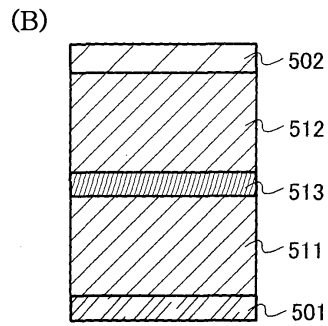
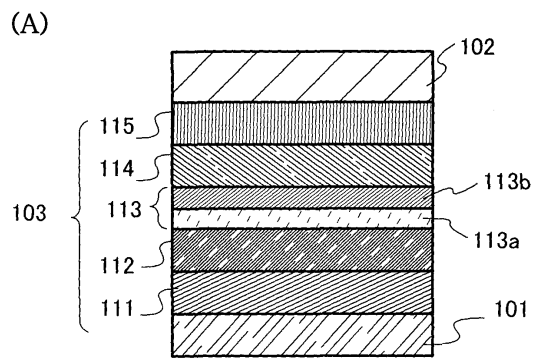
[0272] 본 출원은 2012년 8월 3일자로 일본 특허청에 출원된 일본 특허원 제2012-173027호에 기초하며, 상기 출원의 전문은 인용에 의해 본원에 포함된다.

부호의 설명

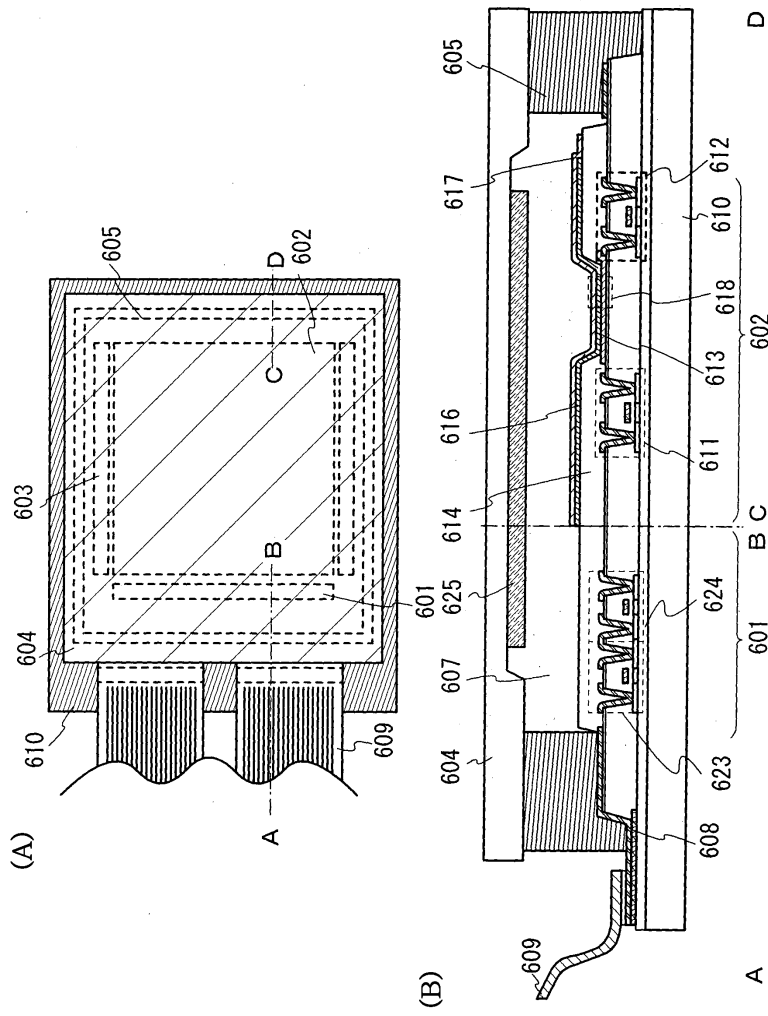
[0273] 10: 전극, 11: 전극, 101: 제1 전극, 102: 제2 전극, 103: EL층, 111: 정공-주입층, 112: 정공-수송층, 113: 발광 층, 113a: 제1 발광 층, 113b: 제2 발광 층, 114: 전자-수송층, 115: 전자-주입층, 400: 기관, 401: 제1 전극, 403: EL층, 404: 제2 전극, 405: 절재, 406: 절재, 407: 밀봉 기관, 412: 패드, 420: IC 칩, 501: 제1 전극, 502: 제2 전극, 511: 제1 발광 유닛, 512: 제2 발광 유닛, 513: 전하 발생층, 601: 구동 회로부(소스선 구동 회로), 602: 화소부, 603: 구동 회로부(게이트선 구동 회로), 604: 밀봉 기관, 605: 절재, 607: 공간, 608: 배선, 609: 플렉시블 프린트 서킷(FPC), 610: 소자 기관, 611: 스위칭용 TFT, 612: 전류 제어용 TFT, 613: 제1 전극, 614: 절연물, 616: EL층, 617: 제2 전극, 618: 발광 소자, 623: n-채널형 TFT, 624: p-채널형 TFT, 625: 건조제, 901: 케이스, 902: 액정층, 903: 백라이트 유닛, 904: 케이스, 905: 드라이버 IC, 906: 단자, 951: 기관, 952: 전극, 953: 절연층, 954: 격벽층, 955: EL층, 956: 전극, 1001: 기관, 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: EL층, 1029: 발광 소자의 제2 전극, 1031: 밀봉 기관, 1032: 절재, 1033: 투명 기재, 1034R: 적색 착색층, 1034G: 녹색 착색층, 1034B: 청색 착색층, 1035: 흑색층(블랙 매트릭스), 1036: 오버코트층, 1037: 제3 층간 절연막, 1040: 화소부, 1041: 구동 회로부, 1042: 주변부, 2001: 케이스, 2002: 광원, 3001: 조명 장치, 5000: 표시 영역, 5001: 표시 영역, 5002: 표시 영역, 5003: 표시 영역, 5004: 표시 영역, 5005: 표시 영역, 7101: 케이스, 7103: 표시부, 7105: 스탠드, 7107: 표시부, 7109: 조작 키, 7110: 리모트 컨트롤러, 7201: 본체, 7202: 케이스, 7203: 표시부, 7204: 키보드, 7205: 외부 접속 포트, 7206: 포인팅 디바이스, 7210: 제2 표시부, 7301: 케이스, 7302: 케이스, 7303: 연결부, 7304: 표시부, 7305: 표시부, 7306: 스피커부, 7307: 기록 매체 삽입부, 7308: LED 램프, 7309: 조작 키, 7310: 접속 단자, 7311: 센서, 7401: 케이스, 7402: 표시부, 7403: 조작 버튼, 7404: 외부 접속 포트, 7405: 스피커, 7406: 마이크, 7400: 휴대 전화, 9033: 힌지, 9034: 스위치, 9035: 전원 스위치, 9036: 스위치, 9038: 조작 스위치, 9630: 케이스, 9631: 표시부, 9631a: 표시부, 9631b: 표시부, 9632a: 터치 스크린 영역, 9632b: 터치스크린 영역, 9633: 태양 전지, 9634: 충전제 제어 회로, 9635: 배터리, 9636: DC-DC 컨버터, 9637: 조작 키, 9638: 컨버터, 및 9639: 버튼.

도면

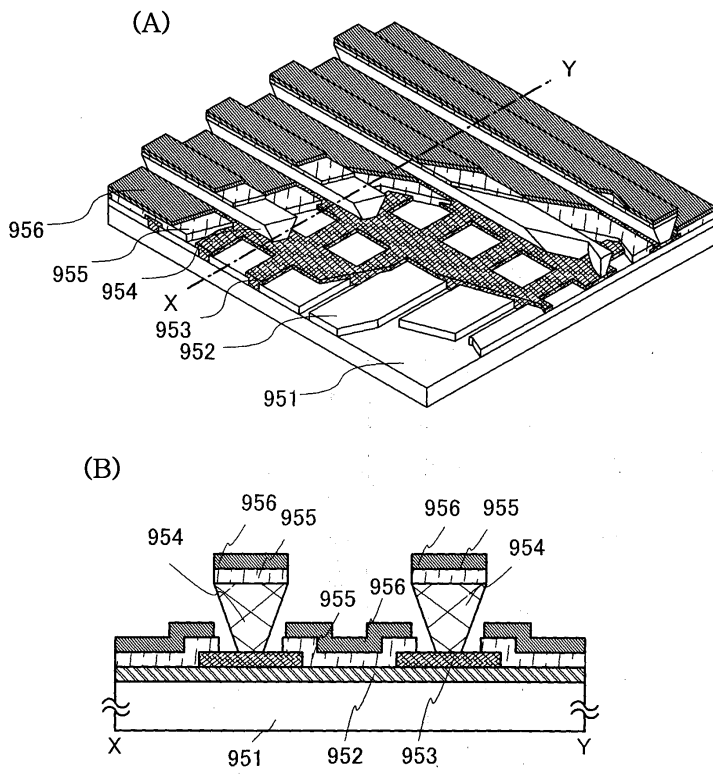
도면1



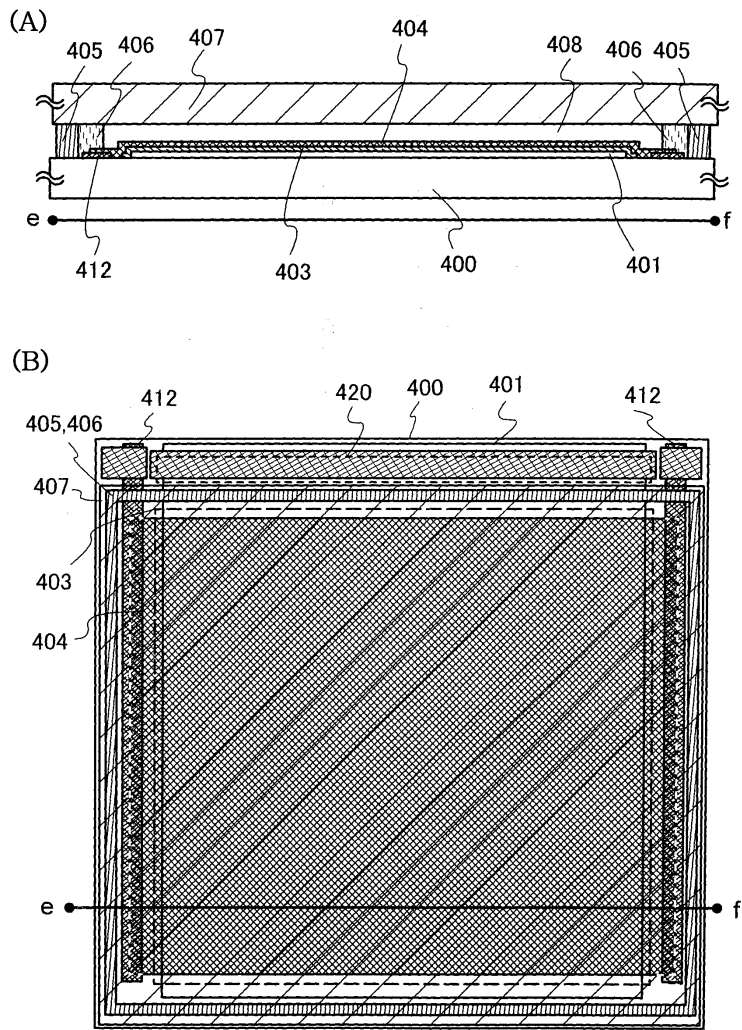
도면2



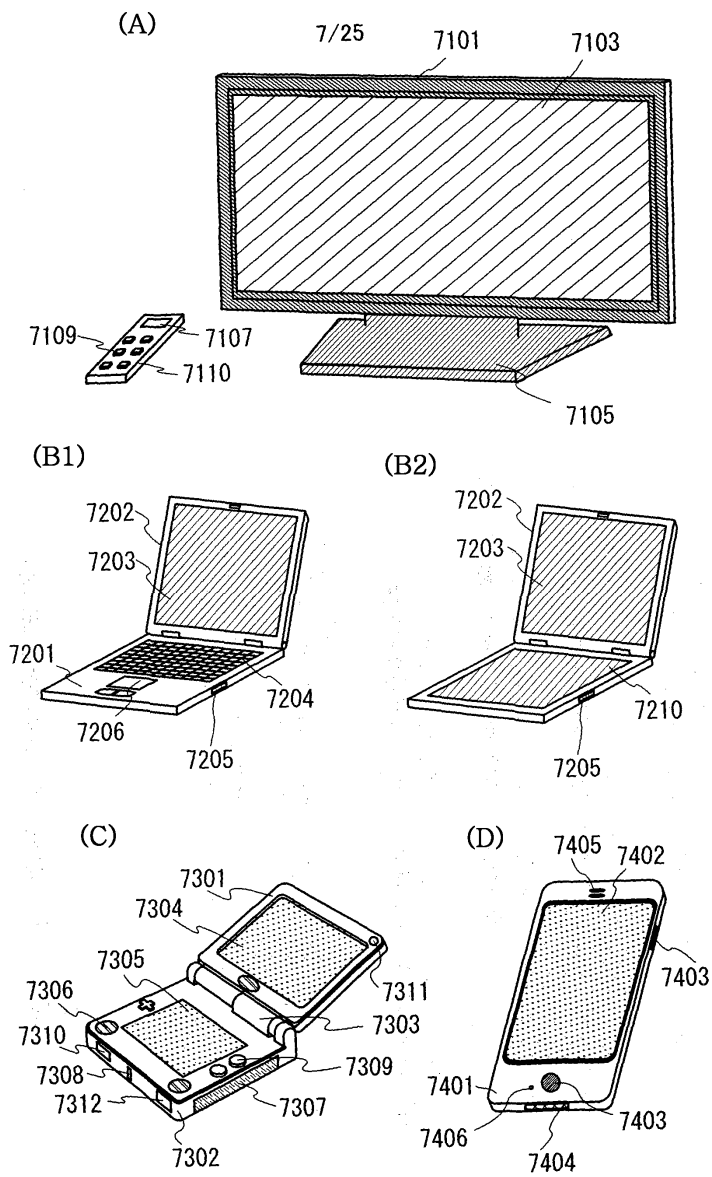
도면5



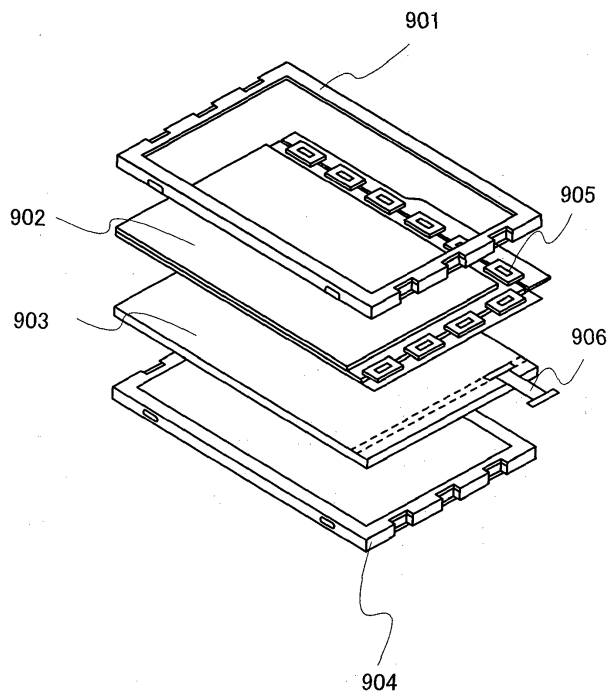
도면6



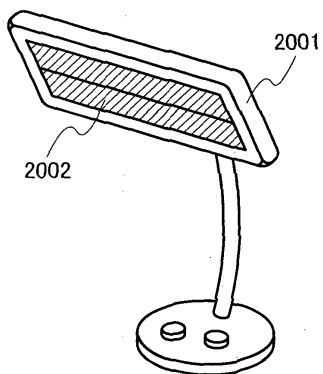
도면7



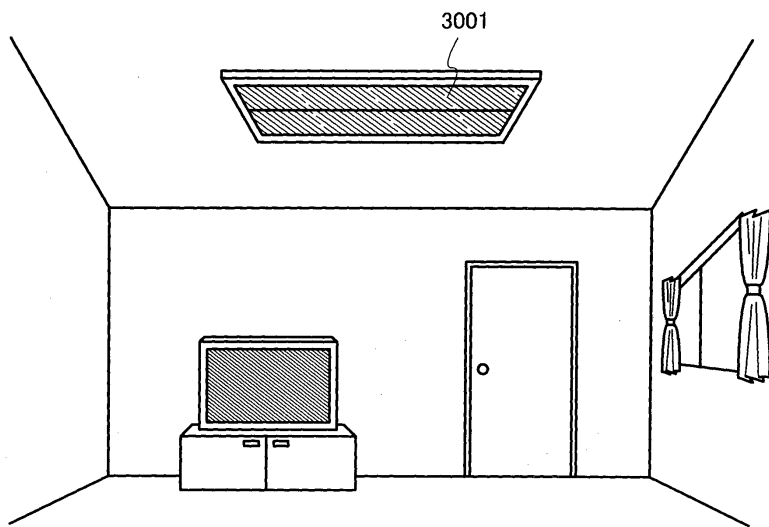
도면8



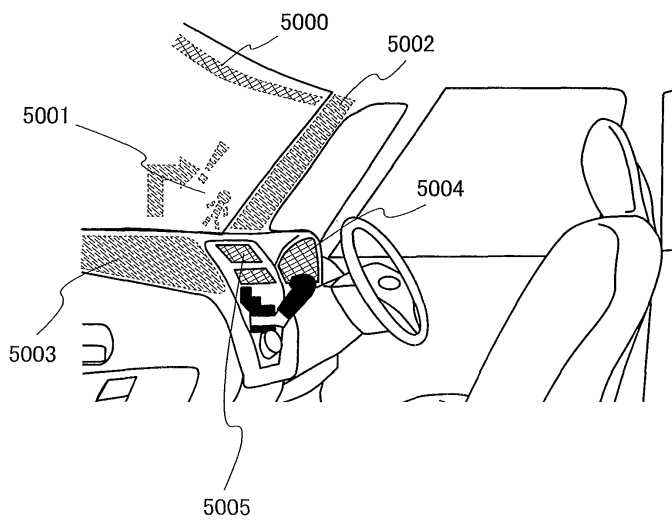
도면9



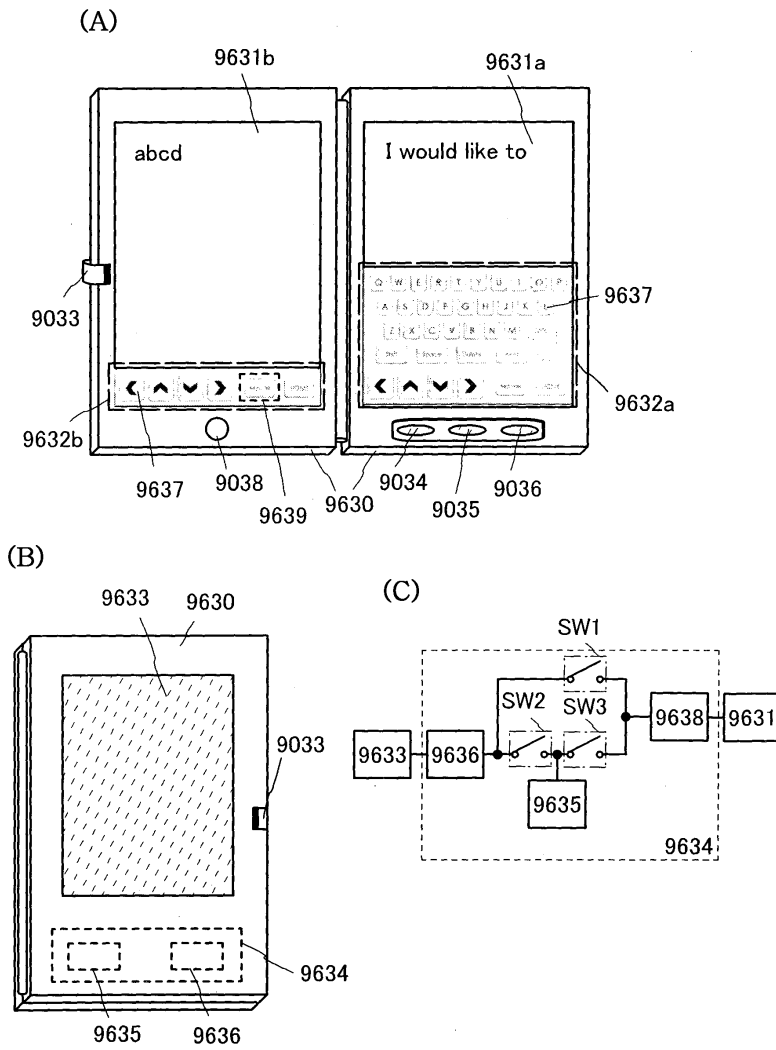
도면10



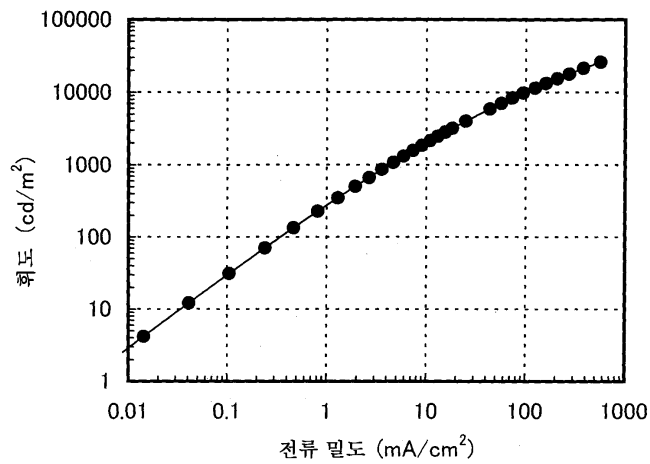
도면11



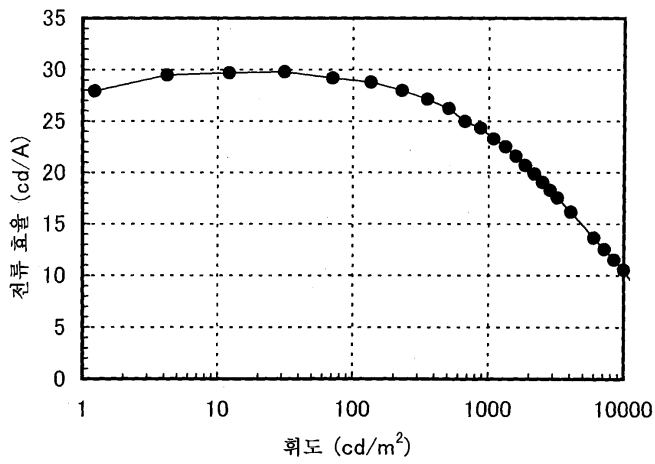
도면12



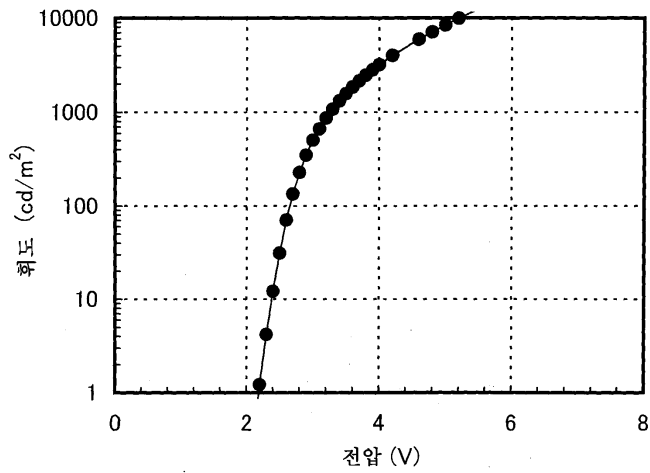
도면13



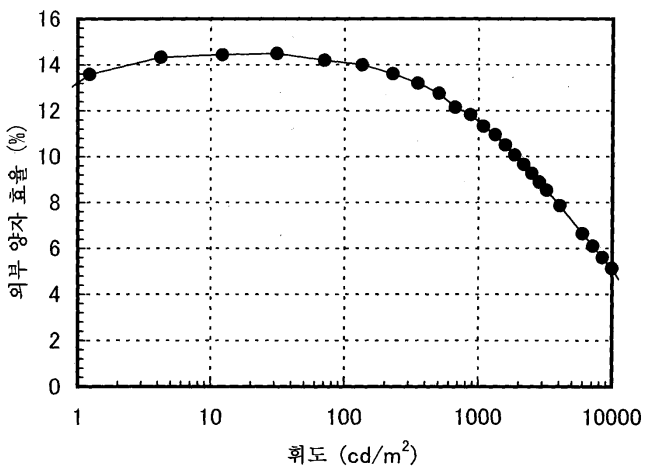
도면14



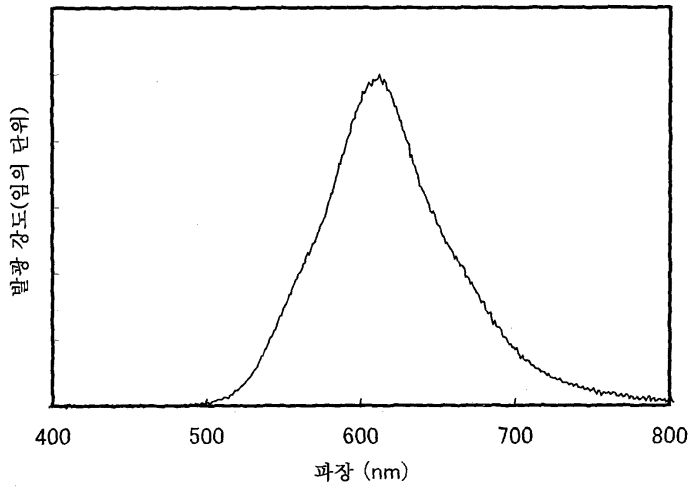
도면15



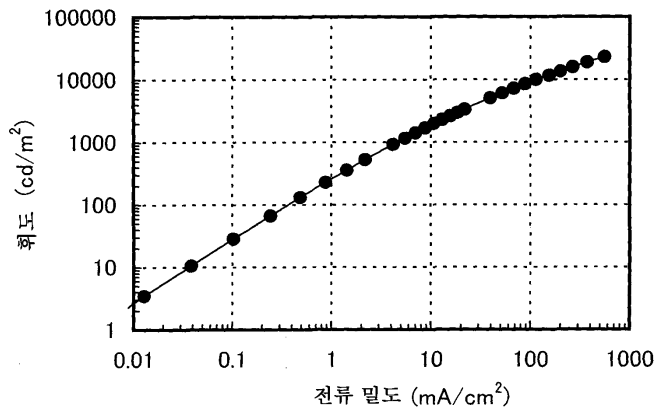
도면16



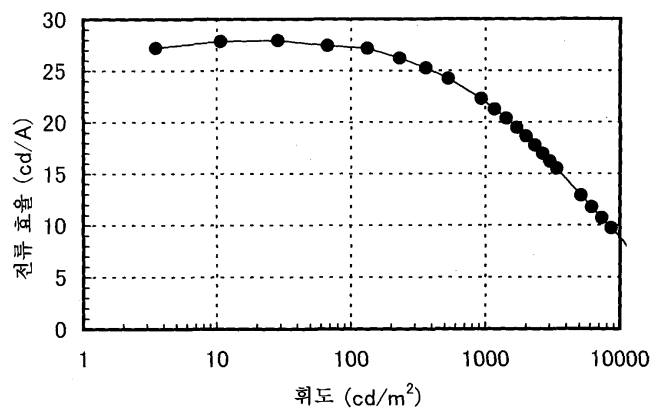
도면17



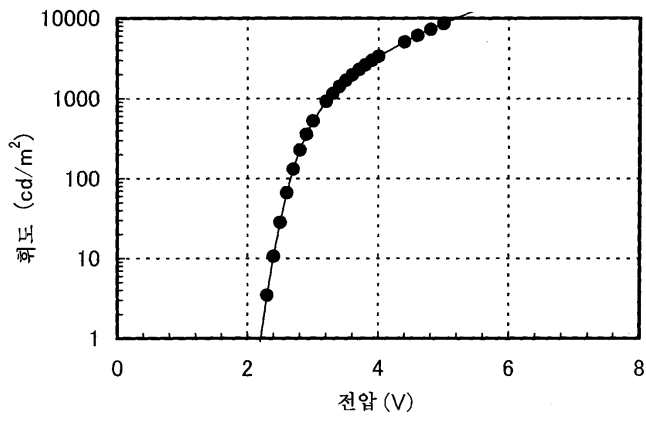
도면18



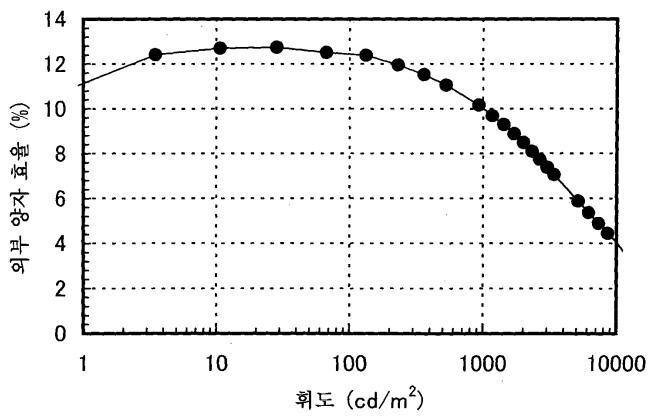
도면19



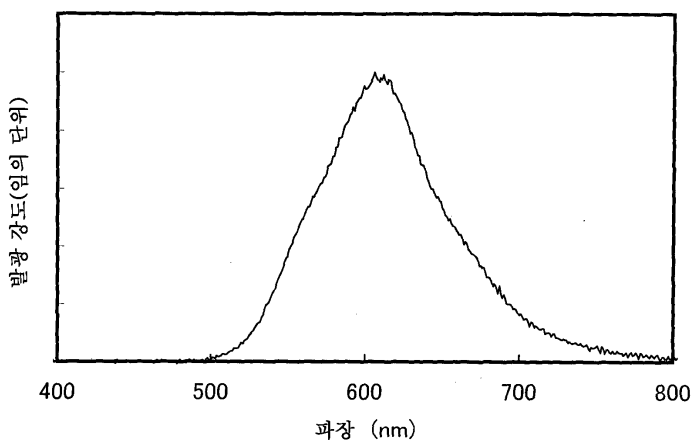
도면20



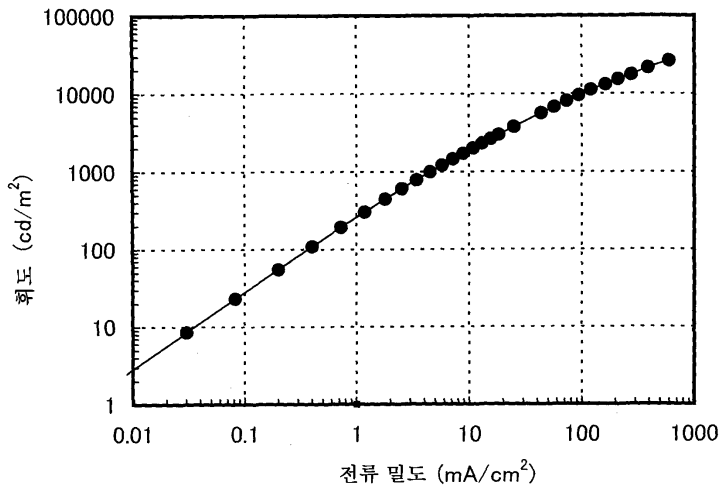
도면21



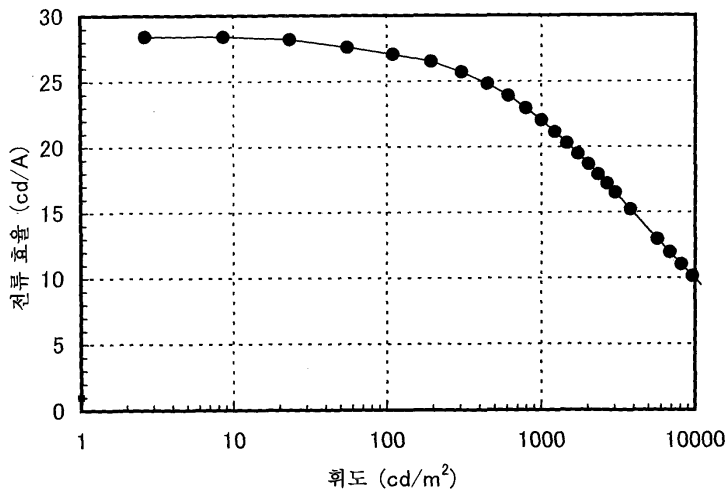
도면22



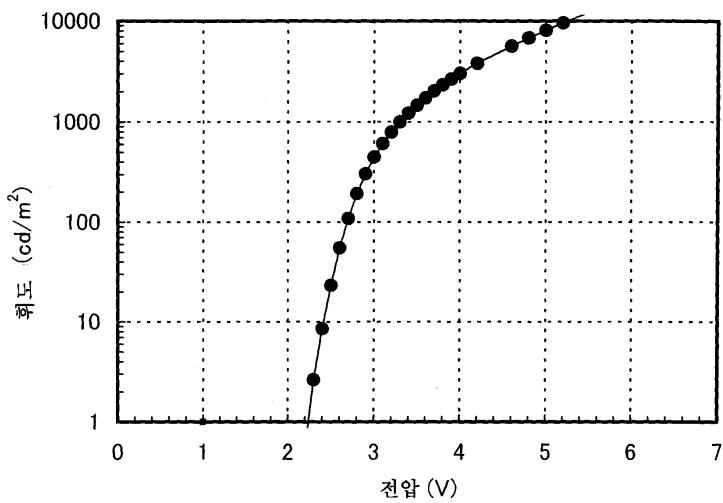
도면23



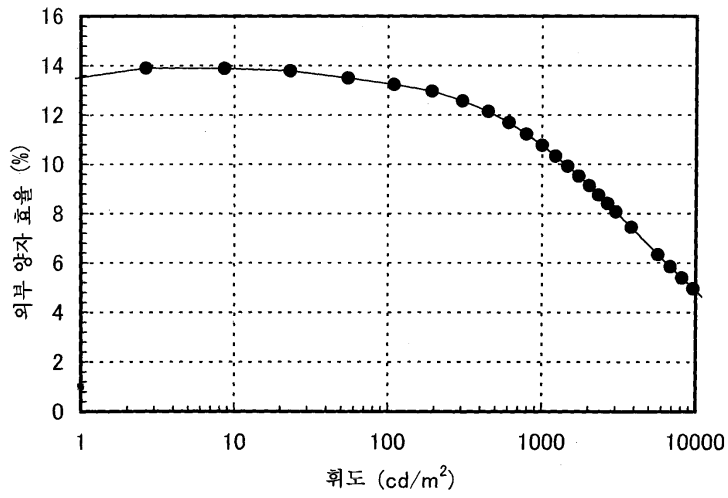
도면24



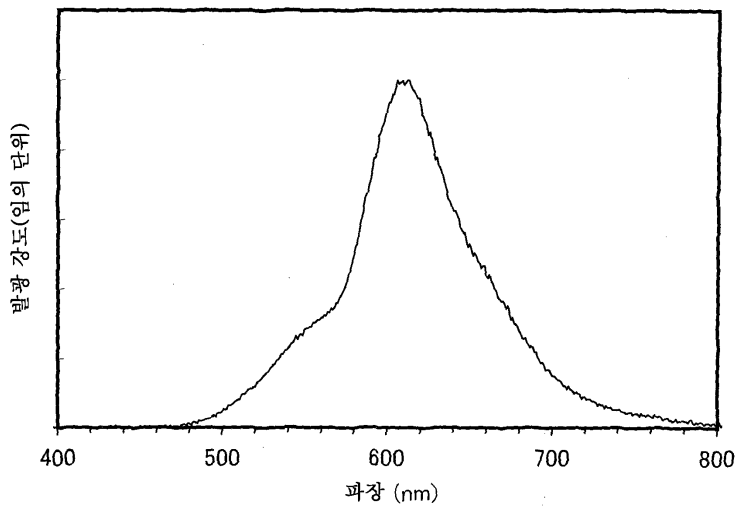
도면25



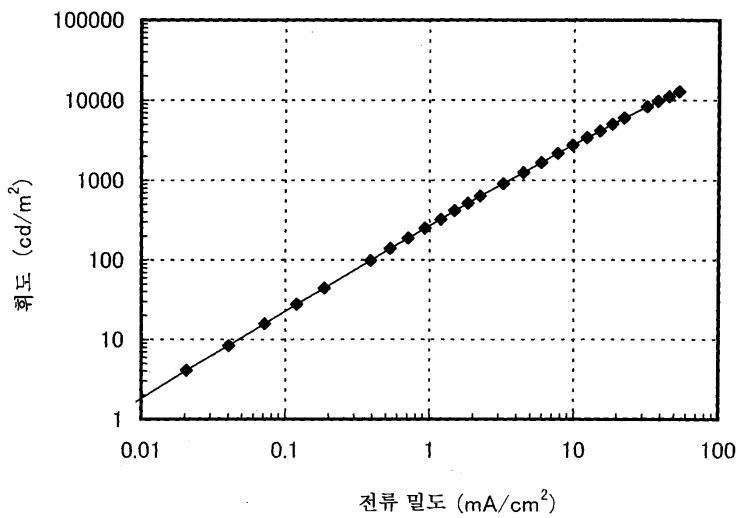
도면26



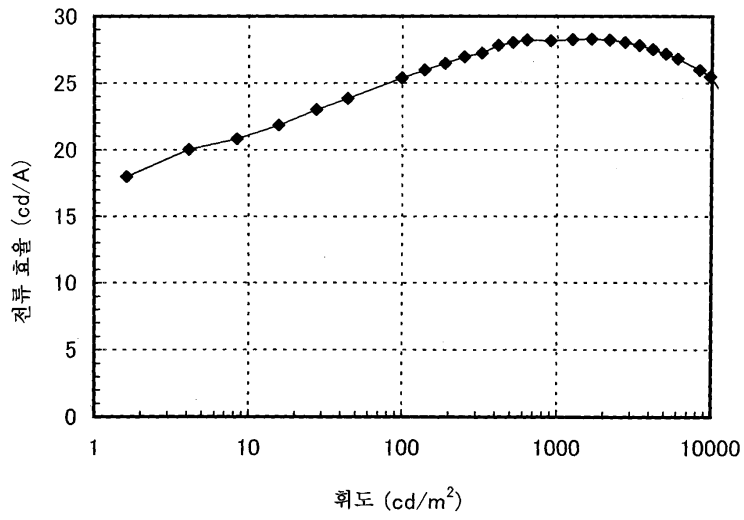
도면27



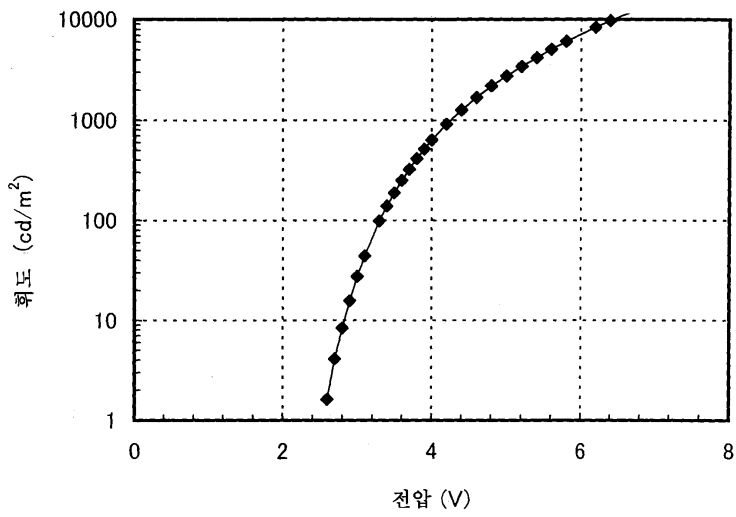
도면28



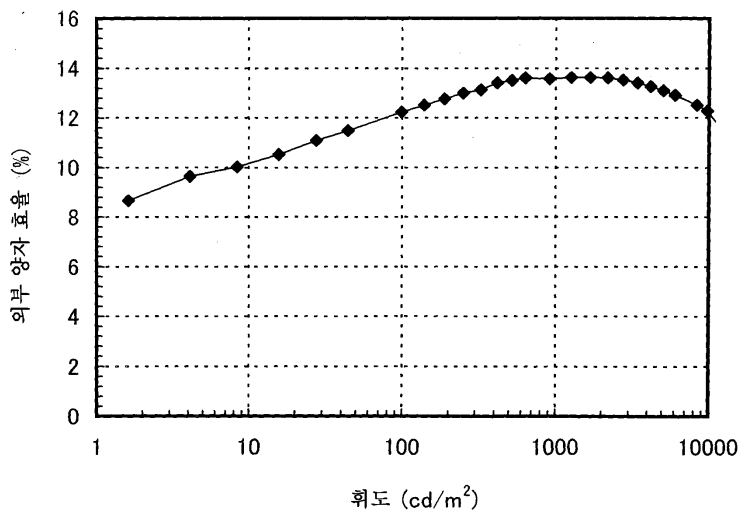
도면29



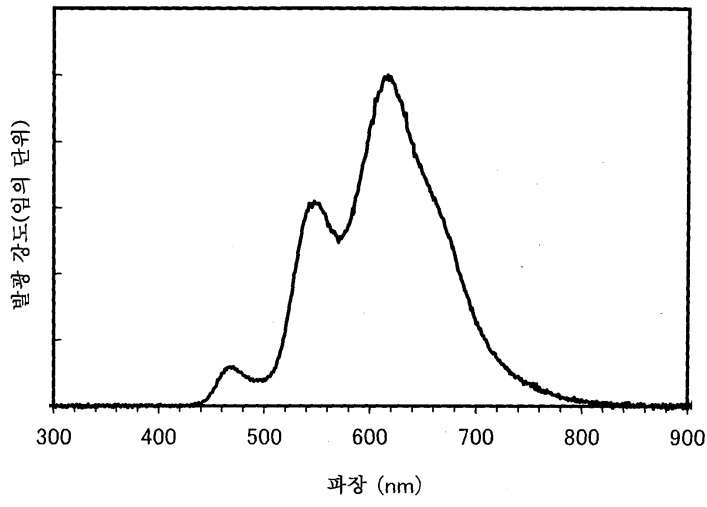
도면30



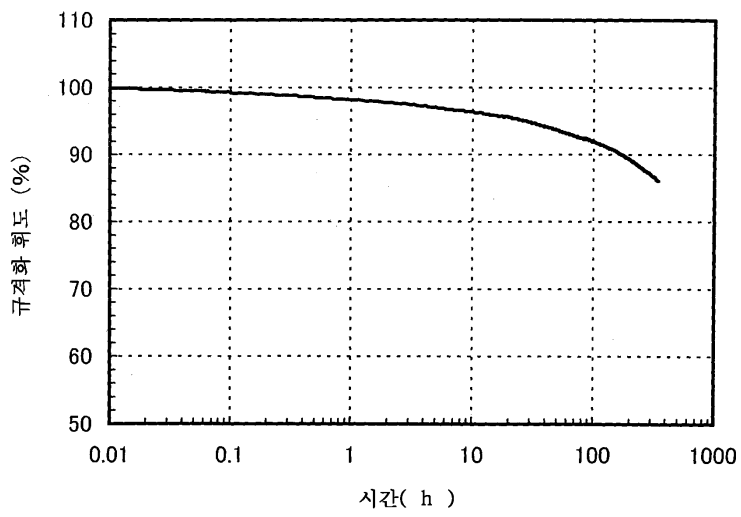
도면31



도면32



도면33



도면34

