

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

C09K 11/06 (2006.01)
H05B 33/26 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0048920
(43) 공개일자 2006년05월18일

(21) 출원번호 10-2005-0069335
(22) 출원일자 2005년07월29일

(30) 우선권주장	JP-P-2004-00224905	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00224906	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00224907	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00224908	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00224909	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00224910	2004년07월30일	일본(JP)
	JP-P-2004-00347296	2004년11월30일	일본(JP)
	JP-P-2005-00024212	2005년01월31일	일본(JP)
	JP-P-2005-00050034	2005년02월25일	일본(JP)
	JP-P-2005-00050035	2005년02월25일	일본(JP)

(71) 출원인 산요덴키가부시키가이샤
일본 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2쵸메 5반 5고

(72) 발명자 니시무라 가즈끼
일본 오사카후 히라까따시 아사히가오까즈 10-49
하마다 유지
일본 나라깽 이꼬마궁 혜구리쪼 하쓰까다이 2-6-36
이요리 마사히로
일본 오사카후 히라까따시 니시킨야 1-10-3
하시모또 하루히사
일본 오사카후 도요나까시 기따조쪼 4-4-37-201
사까따 마사까즈
일본 오사카후 히라까따시 기따나까부리 3-24-26-607
히로끼 이시다
일본 기후깽 안파찌쪼 미나미이마가후찌 418-1
이즈미 히로아끼
일본 오사카후 히라까따시 아사히가오까즈 10-49-디-1
이또 가나메
일본 오사카후 모리구찌시 혼마찌 1-1-18-1101
이시까와 가오리
일본 효고깽 니시노미야시 이찌반쪼 고시엔 1-25

(74) 대리인

장수길
이중희
구영창

심사청구 : 없음

(54) 유기 일렉트로루미네센스 소자 및 유기 일렉트로루미네센스표시 장치

요약

음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극과 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 |LUMO(A)| 와, 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 |HOMO(B)| 가, |HOMO(B)| - |LUMO(A)| $\leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

내포도

도 1

색인어

전자 뽑아냄 층, 절대값, 양극, 음극, 중간 유닛

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은, 본 발명에 따른 일 실시예의 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도.

도 2는, 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

도 3은, Li_2O 층의 막 두께와 발광 효율 간의 관계를 나타내는 도면.

도 4는, 본 발명에 따른 실시예의 보텀 에미션형 유기 EL 표시 장치를 도시하는 단면도.

도 5는, 본 발명에 따른 실시예의 톱 에미션형 유기 EL 표시 장치를 도시하는 단면도.

도 6은, 본 발명에 따른 다른 실시예의 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도.

도 7은, 두께가 상이한 금속 리튬 박막의 Li에 대한 SIMS 프로파일.

도 8은, 두께가 상이한 금속 리튬 박막의 탄소에 대한 SIMS 프로파일.

도 9는, 본 발명에 따른 일 실시예의 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도.

도 10은, 도 9에 도시하는 유기 EL 소자의 홀 주입 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

도 11은, 도 9에 도시하는 유기 EL 소자의 홀 주입 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

도 12는, 본 발명에 따른 일 실시예의 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도.

도 13은, 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

도 14는, 본 발명에 따른 일 실시예의 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도.

도 15는, 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

도 16은, 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 유기 일렉트로루미네센스 소자 및 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치에 관한 것이다.

유기 일렉트로루미네센스 소자(유기 EL 소자)는, 디스플레이이나 조명에의 응용의 관점으로부터 활발히 개발이 행해지고 있다. 유기 EL 소자의 구동 원리는, 이하와 같은 것이다. 즉, 양극 및 음극으로부터 각각 홀과 전자가 주입되고, 이들이 유기 박막 내로 수송되어, 발광층에서 재결합하여 여기 상태가 발생하고, 이 여기 상태로부터 발광이 얻어진다. 발광 효율을 높이기 위해서는, 효율적으로 홀 및 전자를 주입시켜, 유기 박막 내로 수송시키는 것이 필요하다. 그러나, 유기 EL 소자 내의 캐리어의 이동은, 전극과 유기 박막 사이의 에너지 장벽이나, 유기 박막 내의 캐리어 이동도가 낮음에 따라 제한을 받기 때문에, 발광 효율의 향상에도 한계가 있다.

한편, 발광 효율을 향상시키는 다른 방법으로서, 복수의 발광층을 적층하는 방법을 예로 들 수 있다. 예를 들면, 보색 관계에 있는 오렌지색 발광층과 청색 발광층을 직접 접하도록 적층함으로써, 1층인 경우보다 높은 발광 효율을 얻을 수 있는 경우가 있다. 예를 들면, 청색 발광층의 발광 효율이 10cd/A이고, 오렌지색 발광층의 발광 효율이 8cd/A인 경우에, 이들을 적층하여 백색 발광 소자로 한 경우에, 15cd/A의 발광 효율이 얻어지고 있다.

그러나, 발광층을 3층 이상 각각 직접 접하도록 적층한 경우에는, 발광 효율의 향상을 얻을 수 없다. 이것은 전자와 홀의 재결합 영역의 확대에 한계가 있어, 재결합 영역이 3층 이상으로 걸치지 않기 때문이다.

2004년 춘계 제51회 응용 물리학 관계 연합 강연회 강연 예비 요약 원고집 No.3 1464페이지 강연 번호 28p-ZQ-14 「2중 절연층을 갖는 캐리어 재결합형 유기 EL 소자」에서는, V_2O_5 , ITO 등의 무기 반도체층을 개재하여 2개의 발광 유닛을 적층하고, 무기 반도체층의 내부에서 캐리어를 발생시켜서, 2개의 발광층에 캐리어를 공급하는 방법이 보고되어 있다. 이 방법은, 무기 반도체층 중에 포함되는 캐리어를 이용하는 방법으로, 캐리어를 발생시키기 위해서는 높은 전압을 인가해야 한다. 이 때문에, 구동 전압이 높아져서, 휴대 기기 등의 저전압 구동에는 적용할 수 없는 것이었다.

특히 문헌 1, 특히 문헌 2, 특히 문헌 3 및 특히 문헌 4에서도, 전하 발생층 등을 개재하여 복수의 발광 유닛을 적층한 유기 EL 소자가 제안되어 있지만, 높은 전압으로 구동하는 것이 필요하고, 높은 발광 효율이 얻어지는 것은 아니었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자에서, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높아서, 원하는 발광색을 나타낼 수 있는 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치를 제공하는 것에 있다.

발명의 구성 및 작용

<제1 국면>

본 발명의 제1 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피침 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 각 국면에 공통되는 사항에 대해서는, 「본 발명」으로서 설명하는 경우가 있다.

본 발명에 따르면, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛 사이에, 중간 유닛이 형성되고, 중간 유닛에, 전자 뽑아냄층이 형성되어 있다. 전자 뽑아냄 층의 음극측에는, 인접층이 형성되어 있다. 인접층의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 와, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 는, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있다. 즉, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨은, 인접층의 HOMO의 에너지 레벨에 가까운 값으로 되어 있다. 이 때문에, 전자 뽑아냄 층은 인접층으로부터 전자를 뽑아낼 수 있다. 이 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해, 인접층에는 홀이 발생한다. 인접층이 제1 발광 유닛 내에 형성되어 있는 경우에는, 제1 발광 유닛에 홀이 발생한다. 또한, 인접층이 전자 뽑아냄 층과 제1 발광 유닛 사이에 형성되어 있는 경우, 즉 중간 유닛 내에 형성되어 있는 경우에는, 인접층에 발생한 홀이, 제1 발광 유닛에 공급된다. 제1 발광 유닛에 공급된 홀은, 음극으로부터의 전자와 재결합하고, 이에 의해서 제1 발광 유닛이 발광한다.

한편, 전자 뽑아냄 층에 방출된 전자는, 제2 발광 유닛에 공급되고, 양극으로부터 공급된 홀과 재결합하고, 이에 의해서 제2 발광 유닛이 발광한다.

따라서, 본 발명에 따르면, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 각각에서 재결합 영역을 형성할 수 있어, 이에 의해서 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛을 각각 개별로 발광시킬 수 있다.

본 발명에서, 전자 뽑아냄 층이 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위해서는, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨이, 인접층의 LUMO의 에너지 레벨보다도, 인접층의 HOMO의 에너지 레벨에 가까운 것이 바람직하다. 즉, 인접층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(B)|$ 는, 이하의 관계를 만족하는 것이 바람직하다.

$$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| < |LUMO(A)| - |LUMO(B)|$$

또한, 전자 뽑아냄 층으로서 이용하는 재료의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값은, 일반적으로 인접층의 HOMO를 에너지 레벨의 절대값보다도 작기 때문에, 이러한 경우, 각각의 에너지 레벨의 절대값은, 이하의 관계식으로 나타낸다.

$$0\text{eV} < |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$$

본 발명에서의 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 각각 단일의 발광층으로 형성되어 있어도 되고, 복수의 발광층을 직접 접하도록 적층하여 구성되어 있어도 된다. 그러나, 본 발명은, 제1 발광층 및 제2 발광층이, 각각 2개의 발광층을 직접 접하도록 적층한 구조를 갖는 경우에, 특히 유용하다. 즉, 이러한 경우에, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛을 직접 적층시키면, 4개의 발광층을 직접 적층한 구조로 되고, 전술된 바와 같이, 전자와 홀의 재결합 영역의 확대에 한도가 있기 때문에, 재결합 영역은 4개의 발광층을 걸치지 않는다. 이 때문에, 4개의 발광층의 두께 방향의 1 개소에서 재결합이 발생하고, 높은 발광 효율을 얻을 수 없다. 또한, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 각각이 개별로 발광한 경우의 재결합 영역과 상이한 영역에서 재결합하기 때문에, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 발광색과 상이한 색이 발광한다.

본 발명에 따라, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛 사이에 중간 유닛을 형성함으로써, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 각각에서 재결합시킬 수 있다. 즉, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 각각에 재결합 영역을 형성할 수 있고, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛을 각각 독자적으로 발광시킬 수 있다. 이 때문에, 높은 발광 효율을 얻을 수 있음과 함께, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 발광색과 동일한 색을 발광할 수 있다.

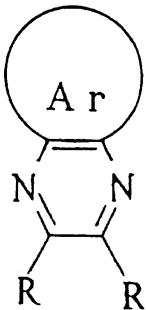
본 발명에서, 인접층은, 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하고, 특히 아릴아민계 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명에서, 인접층은 제1 발광 유닛 내에 형성되어 있어도 된다. 특히, 제1 발광 유닛 내에서 중간 유닛측에 위치하는 발광층의 호스트 재료가 인접층으로서 적합한 홀 수송성 재료인 경우에는, 제1 발광 유닛 내의 중간 유닛측의 발광층을 인접층으로 할 수 있다.

또한, 본 발명에서, 인접층은 중간 유닛 내에 형성되어 있어도 된다. 제1 발광 유닛 내의 중간 유닛측의 발광층의 호스트 재료가 인접층으로서 적합한 홀 수송성 재료가 아닌 경우에는, 인접층으로서 기능시킬 수 없는 경우가 있기 때문에, 이러한 경우에는, 중간 유닛 내에 인접층을 형성할 수 있다. 이러한 경우, 인접층은, 전자 뽑아냄 층과 제1 발광 유닛 사이에 배치된다.

본 발명에서, 전자 뽑아냄 층은, LUMO의 에너지 레벨의 절대값이, 인접층의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값보다 1.5eV 작은 것이면 특별히 제한없이 이용할 수 있다. 구체예로서는, 예를 들면 이하에 기재하는 구조식으로 나타내는 피라진 유도체로 형성할 수 있다.

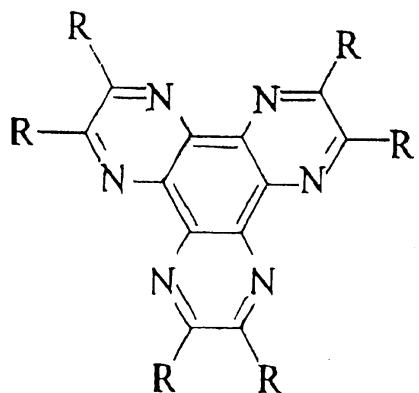
화학식 1



(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

본 발명에서, 더욱 바람직하게는, 이하에 기재하는 구조식으로 나타내는 헥사아자토리페닐렌 유도체로부터 전자 뽑아냄 층을 형성할 수 있다.

화학식 2



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

본 발명에 따른 바람직한 실시 양태에서, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛은, 실질적으로 동일한 색을 발광하는 유닛이다. 이 경우, 실질적으로 동일한 재료를 이용하여 동일한 구조로 되도록 형성되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명에서의 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛을 구성하는 발광층은, 호스트 재료와 도우편트 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다. 필요에 따라 캐리어 수송성의 제2 도우편트 재료가 함유되어 있어도 된다. 도우편트 재료로서는, 1중항 발광 재료라도 되고, 3중항 발광 재료(인광 발광 재료)라도 된다.

본 발명에서는, 전자 뽑아냄 층과 제2 발광 유닛 사이에, 전자 주입층이 형성되어 있는 것이 바람직하다. 전자 주입층이 금속 리튬으로 형성되어 있는 경우, 그 두께는, 0.3~0.9nm의 범위 내인 것이 바람직하다. 금속리튬으로 이루어지는 전자 주입층의 두께를 이러한 범위 새로 함으로써, 소자 수명을 길게 할 수 있고, 또한 구동 전압을 낮게 할 수 있다. 전자 주입층의 보다 바람직한 두께는, 0.6~0.9nm의 범위 내이다.

또한, 전자 주입층과 제2 발광 유닛 사이에는, 전자 수송층을 형성하는 것이 바람직하다. 전자 수송층은, 유기 EL 소자에서 전자 수송성 재료로서 일반적으로 이용되고 있는 재료로 형성할 수 있다.

본 발명의 제1 국면에 따른 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판 위에 배치하고, 음극 및 양극 중 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

유기 일렉트로루미네센스 소자가 백색 발광의 소자인 경우, 액티브 매트릭스 구동 기판과 유기 일렉트로루미네센스 소자 사이에 컬러 필터를 배치하는 것이 바람직하다.

본 발명의 제1 국면에 따른 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 형성되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판 사이에 배치하고, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

유기 일렉트로루미네센스 소자가 백색 발광의 소자인 경우, 밀봉 기판과 유기 일렉트로루미네센스 소자 사이에 컬러 필터를 배치하는 것이 바람직하다.

본 발명의 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치에서, 유기 일렉트로루미네센스 소자에서 발광한 광은, 액티브 매트릭스가 형성되어 있는 측과 반대측의 밀봉 기판으로부터 출사된다. 일반적으로 액티브 매트릭스 기판은 다수의 층을 적층하여 형성하는 것이며, 또한 화소마다 설치되는 박막 트랜지스터 등의 능동 소자는, 광을 투과시키지 않기 때문에, 보텀 에미션형의 경우에는 이와 같은 다수의 층이나 박막 트랜지스터 등의 능동 소자의 존재에 의해 출사광이 감쇠하지만, 티 에미션형이면, 이러한 액티브 매트릭스 회로에 의한 영향을 받지 않고 광을 출사할 수 있다. 특히, 본 발명의 유기 일렉트로루미네센스 소자는 복수의 발광 유닛을 갖는 것이기 때문에, 티 에미션형인 경우 보텀 에미션형에 비하여 발광한 광이 통과하는 막 수가 적어도 되기 때문에, 광의 간섭에 의한 출사광의 감쇠 혹은 출사광의 시야각의 감쇠를 제어하기 위한 설계의 자유도를 높일 수 있다.

본 발명의 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자이고, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높은 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제2 국면>

본 발명의 제2 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되고, 제1 발광 유닛과 실질적으로 상이한 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아 내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제2 국면에 따라, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛 사이에 중간 유닛을 형성함으로써, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛 각각에서 재결합시킬 수 있다. 즉, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛 각각에 재결합 영역을 형성할 수 있어, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛을 각각 독자적으로 발광시킬 수 있다. 이 때문에, 높은 발광 효율을 얻을 수 있음과 함께, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 각각의 발광색이 합성된 색을 발광할 수 있다.

본 발명에서, 중간 유닛 내의 전자 주입층은, 예를 들면 Li 및 Cs 등의 알칼리 금속, Li_2O 등의 알칼리 산화물, 알칼리 토류 금속, 알칼리토류 금속 산화물등으로 형성하는 것이 바람직하다.

본 발명의 제2 국면에 따른 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판 위에 배치하고, 음극 및 양극 중 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되고, 제1 발광 유닛과 실질적으로 상이한 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{LUMO}(A) |$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{HOMO}(B) |$ 가, $| \text{HOMO}(B) | - | \text{LUMO}(A) | \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제2 국면에 따른 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 형성되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판 사이에 배치하고, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되고, 제1 발광 유닛과 실질적으로 상이한 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{LUMO}(A) |$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{HOMO}(B) |$ 가, $| \text{HOMO}(B) | - | \text{LUMO}(A) | \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제2 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 실질적으로 상이한 색을 발광하는 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자로서, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높아서, 원하는 발광색을 나타내는 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제3 국면>

본 발명의 제3 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{LUMO}(A) |$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $| \text{HOMO}(B) |$ 가, $| \text{HOMO}(B) | - | \text{LUMO}(A) | \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 제1 발광 유닛의 중간 유닛측에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고, 상기 발광층이 인접층으로서 기능하도록 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 발광층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제3 국면에 따르면, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛 사이에, 중간 유닛이 형성되고, 중간 유닛에, 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있다. 또한, 제1 발광 유닛의 중간 유닛측에 위치하는 발광층은, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고,

상기 발광층은 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되어 있다. 따라서, 제3 국면에서는, 상기 발광층이 인접층으로서 기능한다. 본 발명의 제3 국면에 따라, 제1 발광 유닛의 중간 유닛층에 위치하는 발광층을 인접층으로서 기능시킴으로써, 중간 유닛 내에 인접층을 형성하는 경우에 비하여, 구동 전압을 낮게 할 수 있어, 발광 효율을 높일 수 있다.

본 발명의 제3 국면에서는, 제1 발광 유닛의 중간 유닛층에 위치하는 발광층에 아릴아민계 홀 수송성 재료가 함유되어 있다. 아릴아민계 홀 수송성 재료는, 상기 발광층에서, 50중량% 이상 함유되어 있는 것이 바람직하고, 또한 70 중량% 이상 함유되어 있는 것이 바람직하다. 상기 아릴아민계 홀 수송성 재료는, 호스트 재료로서 상기 발광층에 함유되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명의 제3 국면에 따른 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판 위에 배치하고, 음극 및 양극 중 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 제1 발광 유닛의 중간 유닛층에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고, 상기 발광층이 상기 인접층으로서 기능하도록 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 발광층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제3 국면에 따른 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 형성되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판 사이에 배치하고, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 티 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 제1 발광 유닛의 중간 유닛층에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있어, 상기 발광층이 상기 인접층으로서 기능하도록 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 발광층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제3 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자로서, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높은 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제4 국면>

본 발명의 제4 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층과, 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하는 전자 주입층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일 함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, $|LUMO(A)|$ 보다 작고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 주입층을 개재하여 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제4 국면에서, 전자 주입층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일 함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 보다 작다. 이 때문에, 전자 뽑아냄 층으로부터 방출된 전자는, 전자 주입층으로 이동하고, 전자 주입층으로부터 제2 발광 유닛에 공급된다.

본 발명에서, 전자 뽑아냄 층의 두께는, 8~100nm의 범위 내인 것이 바람직하다. 이러한 범위 내로 함으로써, 수명 특성 및 발광 효율이 우수한 유기 일렉트로루미네센스 소자로 할 수 있다. 전자 뽑아냄 층의 두께가 8nm 미만이면, 수명 특성 및 발광 효율이 저하하는 경우가 있다. 또한, 전자 뽑아냄 층의 두께가 100nm를 초과하면, 수명 특성 및 발광 효율이 저하하고, 또한 다크 스포트이 발생하는 경우가 있다. 전자 뽑아냄 층의 보다 바람직한 두께는 10~80nm의 범위 내이고, 특히 바람직하게는 10~30nm의 범위 내이다.

본 발명의 제4 국면에 따른 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판 위에 배치하고, 음극 및 양극 중 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층과, 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하는 전자 주입층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일 함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, $|LUMO(A)|$ 보다 작고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 주입층을 개재하여 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제4 국면에 따른 톱 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 형성하는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판 사이에 배치하고, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층과, 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하는 전자 주입층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일 함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, $|LUMO(A)|$ 보다 작고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 주입층을 개재하여 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제4 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자로서, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높은 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제5 국면>

본 발명의 제5 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 양극 및 제2 발광 유닛 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있고, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 상기 양극 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있고, 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(X)|$ 가, 양극의 일 함수의 절대값 $|WF(Y)|$ 및 홀 주입층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(Z)|$ 와, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제5 국면에 따르면, 양극 및 제2 발광 유닛 사이에 홀 주입 유닛이 구비되고 있고, 홀 주입 유닛은, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 양극 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있다. 또한, 홀 주입 촉진층의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(X)|$ 는, 양극의 일 함수의 절대값 $|WF(Y)|$ 및 홀 주입층

의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(Z)|$ 와, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖고 있다. 양극, 홀 주입 촉진층 및 홀 주입층은, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖기 때문에, 양극으로부터의 홀이 효율적으로 홀 주입 촉진층 및 홀 주입층으로 이동하여, 제2 발광 유닛에 공급된다.

본 발명의 제5 국면에 따른 유기 EL 소자는, 제1 발광 유닛 및 발광 유닛 중 적어도 2개의 발광 유닛과, 이들의 발광 유닛 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛에는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있다. 이 전자 뽑아냄 층의 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해, 인접층에 홀이 발생하고, 이 홀이 제1 발광 유닛에 공급된다. 이 때문에, 제1 발광 유닛에는 홀이 효율적으로 공급된다. 그 결과, 제1 발광 유닛에 비하여, 제2 발광 유닛에의 홀의 공급이 충분하지 않고, 제1 발광 유닛의 발광 강도와, 제2 발광 유닛의 발광 강도의 밸런스가 나빠지는 경우가 있었다.

본 발명의 제5 국면에 따르면, 상기한 바와 같은 홀 주입층과 홀 주입 촉진층으로 이루어지는 홀 주입 유닛이, 제2 발광 유닛의 양극측에 형성되어 있기 때문에, 제2 발광 유닛에 대한 홀의 주입을 촉진할 수 있고, 제2 발광 유닛의 발광 강도를 높일 수 있다. 따라서, 본 발명의 제5 국면에 따르면, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛을 밸런스좋게 발광할 수 있도록 되고, 원하는 발광색을 얻을 수 있게 된다.

본 발명의 제5 국면에서, 홀 주입 유닛의 홀 주입층은, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 형성된다. 아릴아민계 홀 수송성 재료로서는, 예를 들면 N, N'-비스-(3-메틸페닐)-N, N'-비스-(페닐)-벤지진(TPD) 및 N, N'-디(나프타센-1-일)-N, N'-디페닐벤지진(NPB) 등을 예로 들 수 있다.

또한, 홀 주입 유닛의 홀 주입 촉진층은, 그 HOMO의 에너지 레벨의 절대값이, 상기 식의 관계를 만족하는 것이면 특별히 제한없이 이용할 수 있다.

본 발명의 제5 국면에 따른 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 형성된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판 위에 배치하고, 음극 및 양극 중 기판측에 형성되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 양극 및 제2 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있으며, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 양극의 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있으며, 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(X)|$ 가, 양극의 일함수 관계의 절대값 $|WF(Y)|$ 및 홀 주입층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(Z)|$ 와, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제5 국면에 따른 티 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 티 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 음극 및 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 양극 및 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 양극 및 제2 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고, 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있으며, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛은, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 양극의 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있고, 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(X)|$ 가, 양극의 일함수 관계의 절대값 $|WF(Y)|$ 및 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(Z)|$ 와, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제5 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자이며, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높고, 원하는 발광색을 나타내는 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제6 국면>

본 발명의 제6 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극 및 양극의 사이에 배치되는 발광 유닛과, 양극 및 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하는 유기 EL 소자이며, 홀 주입 유닛이, 양극측에 설치되는 제1 전자 뽑아냄 층과, 음극측에서 제1 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되는 홀 수송성 재료로 이루어지는 제1 인접층을 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제6 국면에서의 홀 주입 유닛은, 제1 전자 뽑아냄 층과, 제1 인접층을 갖고 있으며, 제1 전자 뽑아냄 층은 양극 측에 설치되어 있고, 제1 인접층은 음극측에 설치되며, 제1 전자 뽑아냄 층에 인접하고 있다. 제1 인접층은 홀 수송성 재료로 이루어지고, 유기 EL 소자에 전압이 인가됨으로써, 제1 인접층 내의 전자는, 제1 전자 뽑아냄 층으로 방출된다. 이 전자 뽑아냄에 의해, 제1 인접층에는, 홀이 발생하며, 이 홀은, 발광 유닛에 공급된다. 발광 유닛에서, 공급된 홀은, 음극으로부터의 전자와 재결합하여, 발광 유닛이 발광한다. 한편, 제1 전자 뽑아냄 층으로 방출된 전자는 양극에 흡수된다.

이상과 같이, 본 발명에서는, 제1 인접층으로부터 제1 전자 뽑아냄 층에 의해 전자가 방출됨으로써, 제1 인접층에 홀이 발생하고, 이 홀이 발광 유닛에 공급된다. 이 때문에, 본 발명의 제6 국면에 따르면, 홀 주입 유닛으로부터 홀을 효율적으로 발광 유닛에 공급할 수 있다. 따라서, 구동 전압을 낮게 할 수 있어서, 발광 효율을 높일 수 있다.

본 발명의 제6 국면에서는, 홀 주입 유닛의 제1 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A_1)|$ 과, 제1 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B_1)|$ 이, $|HOMO(B_1)| - |LUMO(A_1)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있는 것이 바람직하다. 즉, 제1 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨은, 제1 인접층의 HOMO의 에너지 레벨에 가까운 값으로 되어 있는 것이 바람직하다. 이에 따라, 제1 전자 뽑아냄 층은 제1 인접층으로부터 전자를 용이하게 뽑아낼 수 있게 되어, 제1 인접층에 의해 많은 홀을 발생시킬 수 있다. 따라서, 구동 전압을 보다 낮게 하여, 발광 효율을 보다 향상시킬 수 있다.

본 발명의 제6 국면에서, 발광 유닛은, 단일 발광 유닛이어야 되며, 복수의 발광 유닛을 조합한 것이어야 된다. 복수의 발광 유닛을 조합하는 경우에는, 상기 본 발명과 같이 중간 유닛을 끼워 조합하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 중간 유닛을 끼워 음극측에 설치되는 제1 발광 유닛과, 양극측에 설치되는 제2 발광 유닛을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 중간 유닛에는, 홀 주입 유닛과 마찬가지의 전자 뽑아냄 층과 인접층이 형성되어 있으며, 이것에 의해 제1 발광 유닛에 홀을 공급할 수 있도록 이루어져 있는 것이 바람직하다.

본 발명의 제6 국면에서, 제1 및 제2 인접층은, 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하며, 특히 아릴아민계 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명의 제6 국면에서, 중간 유닛의 제2 인접층은 제1 발광 유닛 내에 형성되어 있어도 된다. 특히, 제1 발광 유닛 내에서 중간 유닛측에 위치하는 발광층의 호스트 재료가 제2 인접층으로서 적합한 홀 수송성 재료인 경우에는, 제1 발광 유닛 내의 중간 유닛측의 발광층을 제2 인접층으로 하는 것이 가능하다.

또한, 본 발명의 제6 국면에서, 제2 인접층은 중간 유닛 내에 설치되어 있어도 된다. 제1 발광 유닛 내의 중간 유닛측의 발광층의 호스트 재료가 제2 인접층으로서 적합한 홀 수송성 재료가 아닌 경우에는, 제2 인접층으로서 기능시킬 수 없는 경우가 있기 때문에, 이러한 경우에는, 중간 유닛 내에 제2 인접층을 형성할 수 있다. 이러한 경우, 제2 인접층은, 제2 전자 뽑아냄 층과 제1 발광 유닛의 사이에 배치된다.

본 발명에서, 제1 및 제2 전자 뽑아냄 층은, 예를 들면, 상기 구조식으로 나타나는 피라진 유도체로 형성할 수 있다.

본 발명에서, 제1 및 제2 전자 뽑아냄 층은, 보다 바람직하게는, 상기 구조식으로 나타나는 헥사아자트리페닐렌 유도체로부터 제1 및 제2 전자 뽑아냄 층을 형성할 수 있다.

본 발명의 제6 국면에 따른 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능

동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판의 위에 배치하며, 음극 및 양극 중 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 발광 유닛과, 양극 및 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이며, 홀 주입 유닛이, 양극측에 설치되는 제1 전자 뽑아냄 층과, 음극측에서 제1 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성되는 홀 수송성 재료로 이루어지는 제1 인접층을 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제6 국면에 따른 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판의 사이에 배치하며, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 발광 유닛과, 양극 및 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이며, 홀 주입 유닛이, 양극측에 설치되는 제1 전자 뽑아냄 층과, 음극측에서 제1 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성하는 홀 수송성 재료로 이루어지는 제1 인접층을 갖는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제6 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 저전압으로 구동 가능하며, 또한 발광 효율이 높은 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치이다.

<제7 국면>

본 발명의 제7 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 음극과, 음극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에도, 전자 수송층이 형성되어 있으며, 각 전자 수송층의 막 두께가, 음극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 40nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

복수의 발광 유닛을 구비한 종래의 유기 EL 소자에서, 음극에 가까운 쪽의 발광 유닛에서는 전자의 주입이 원활하게 행해지지만, 음극으로부터 먼 발광 유닛에서는, 전자의 주입이 적어진다. 이 때문에, 음극으로부터 먼 발광 유닛에서의 발광 강도가 상대적으로 약해져서, 높은 발광 효율을 얻을 수 없다는 문제가 있었다. 본 발명의 제7 국면에서는, 각 전자 수송층의 막 두께를, 음극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정하고 있다. 이 때문에, 음극으로부터 먼 발광 유닛에서의 전자의 주입이 높여져서, 음극으로부터 먼 발광 유닛에서의 발광 강도를 상대적으로 높일 수 있다. 이 결과, 각 발광 유닛에서의 발광 강도의 밸런스를 개선할 수 있어서, 소자 전체로서 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

또한, 본 발명의 제7 국면에서, 각 전자 수송층의 막 두께는, 40nm 이하로 되도록 설정되어 있다. 전자 수송층의 막 두께가 40nm 를 초과하면, 전자의 이동이 원활하게 행해지지 않게 되기 때문에 발광 강도가 저하되는 경향이 있다.

또한, 발광 유닛이 복수 설치되어 있는 경우, 상기의 전자의 주입과 마찬가지로, 홀의 주입도, 양극으로부터 멀어짐에 따라, 발광 유닛으로의 주입이 불충분하게 되는 경우가 있다. 중간 유닛에서는, 전자 뽑아냄 층으로부터 홀이 주입된다. 따라서, 양극과, 양극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에 홀 주입층이 형성되어 있는 경우에, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께는, 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있는 것이 바람직하다. 이와 같이 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 설정함으로써, 양극에서 먼 발광 유닛에서도, 홀을 충분히 주입할 수 있어서, 각 발광 유닛에서의 발광 강도의 밸런스를 개선할 수 있으므로, 소자 전체로서 발광 효율을 더욱 높일 수 있다.

홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층은, 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것이 바람직하다. 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 100nm 를 초과하면, 홀의 이동이 도리어 방해되어서, 발광 강도가 저하되는 경향이 있다.

본 발명의 제7 국면의 다른 양태에 따른 유기 EL 소자는, 상기한 바와 같이 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있으며, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면의 다른 양태에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 양극과, 양극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 형성되어 있으며, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면에서는, 복수의 발광 유닛의 사이에 중간 유닛을 배치하고, 상기 중간 유닛으로부터 캐리어를 공급함으로써, 발광 유닛을 발광시키고 있다. 중간 유닛의 기능에 대해서는, 전술한 바와 같다.

또한, 본 발명의 제7 국면에서, 음극측 및 중간 유닛 내의 전자 수송층은, 유기 EL 소자에서 일반적으로 전자 수송성 재료로서 이용되고 있는 재료로 형성할 수 있다. 예를 들면, 페난트롤린 유도체, 실룰 유도체, 트리아졸 유도체, 퀴놀리놀 금속착체 유도체, 옥사디아졸 유도체 등을 들 수 있다.

본 발명의 제7 국면에 따른 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판의 위에 배치하며, 음극 및 양극 중 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 설치하는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이고, 음극과, 음극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에도, 전자 수송층이 형성되어 있으며, 각 전자 수송층의 막 두께가, 음극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있으며, 또한 40nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면에 따른 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판의 사이에 배치하며, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 설치하는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이며, 음극과, 음극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에도, 전자 수송층이 형성되어 있으며, 각 전자 수송층의 막 두께가, 음극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 40nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면의 다른 양태에 따른 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼우는 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판의 위에 배치하며, 음극 및 양극 중 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내

기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이며, 양극과, 양극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 형성되어 있으며, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면의 다른 양태에 따른 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼우는 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판의 사이에 배치하며, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자이며, 양극과, 양극에 가장 가까운 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 형성되어 있으며, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제7 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 복수의 발광 유닛을 적층하여 구비하는 것이며, 높은 발광 효율을 나타낸다.

<제8 국면>

본 발명의 제8-1 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아냄 층진 재료가, 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8-2 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아냄 층진 재료로 이루어지는 전자 뽑아냄 층진층이, 전자 뽑아냄 층과 인접층의 사이에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8-3 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 최저 공분자 궤도

(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료가, 전자 수송층 및/또는 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8-4 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 훌을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8-5 국면에 따른 유기 EL 소자는, 음극과, 양극과, 음극 및 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고, 중간 유닛이, 양극측에 형성되는 전자 수송층과, 음극측에 형성되는 전자 뽑아냄 층을 가지며, 전자 뽑아냄 층은, 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 중간 유닛이, 전자 뽑아냄 층에 의한 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 훌을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 전자 수송층을 통해 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 알칼리 금속, 알칼리토류 금속, 및 이들의 산화물로부터 선발되는 적어도 1종으로 이루어지는 전자 주입층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 전자 수송층의 사이에 설치되어 있으며, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료, 또는 전자 뽑아냄 층의 재료가, 전자 주입층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8 국면에서는, 복수의 발광 유닛의 사이에 중간 유닛을 배치하며, 상기 중간 유닛으로부터 캐리어를 공급함으로써, 발광 유닛을 발광시키고 있다. 중간 유닛의 기능에 대해서는 전술한 바와 같다.

본 발명의 제8-1 국면에 따른 유기 EL 소자는, 상기 본 발명의 유기 EL 소자에서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아냄 층진 재료가, 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다. 전자 뽑아냄 층진 재료의 LUMO의 에너지 레벨은, 인접층의 HOMO의 에너지 레벨과, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨 사이의 값을 갖고 있다. 이 때문에, 이러한 전자 뽑아냄 층진 재료가 도핑된 전자 뽑아냄 층에서는, 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄이 용이해진다. 따라서, 본 발명의 제8-1 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층이 인접층으로부터 효율적으로 전자를 뽑아낼 수 있기 때문에, 발광 효율을 더욱 높일 수 있다.

예를 들면, 전자 뽑아냄 층의 $|LUMO(A)|$ 와, 인접층의 $|HOMO(B)|$ 의 관계가 이하의 관계를 만족하는 것이 바람직한 것을 전술하였다.

$$0 \leq |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$$

그러나, <제8 국면>에서는, 전자 뽑아냄 층과 인접층의 사이에 $|LUMO(C)|$ 의 에너지값을 갖는 전자 뽑아냄 층진 재료가 존재하며, 그 에너지의 절대값의 대소 관계가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 로 되어 있는 경우, $|HOMO(B)|$ 와 $|LUMO(A)|$ 의 허용 범위를 이하의 범위로 확대할 수 있다.

$$0 \leq |HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$$

이것은, 전자 뽑아냄 보조 재료의 존재에 의해, 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄이, 전자 뽑아냄 보조재를 경유하여 발생하기 때문이다. 따라서, 전자 뽑아냄 층의 $|LUMO(A)|$ 와 인접층의 $|HOMO(B)|$ 의 에너지 차가 커져도, 충분히, 전자의 뽑아냄 효과가 발생하는 것이다. 이 경우, 전자 뽑아냄 보조 재료는, 도우편트로서 이용하여도 되며, 층으로서 삽입하여도 된다.

예를 들면, 표 8의 제10 실시예는, 전자 뽑아냄 층 HAT-CN6과 인접층 CBP의 조합이다. 그 경우, HAT-CN6의 $|LUMO(HAT-CN6)|$ 과 CBP의 $|HOMO(CBP)|$ 의 차는 1.5eV이다(표 9를 참조).

이 제10 실시예의 전자 뽑아냄 층을 HAT-CN6으로부터 DTN으로 바꾼 경우에는,

$|HOMO(CBP)| - |LUMO(DTN)| = 2.0\text{eV}$ 로 된다. 여기서, $|HOMO(CBP)| = 5.9\text{eV}$, $|LUMO(DTN)| = 3.9\text{eV}$ 이다.

이와 같이 하면, 이 소자는 구동 전압이 45V로 되어, 발광 효율이 8cd/A로 되어서, 전압이 증가됨과 함께, 발광 효율이 약간 저하되었다. 여기에, 전자 뽑아냄 보조재인 4F-TCNQ를 DTN층에 25%의 도핑량으로 도핑하였다. 4F-TCNQ의 $|LUMO(4F-TCNQ)|$ 는 4.6eV이다. 이와 같이 하면, 이 소자의 전압은 29V로 저하되어, 발광 효율은, 22cd/A로 개선할 수 있다. 이에 따라, 가령 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 2.0\text{eV}$ 이어도, 중간의 에너지값 $|LUMO(C)|$ 를 갖는 전자 뽑아냄 보조재료가 존재하면, 충분히, 발광 특성을 향상시킬 수 있다.

본 발명의 제8-2 국면에 따른 유기 EL 소자, 상기 본 발명의 유기 EL 소자에서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아냄 층진 재료로 이루어지는 전자 뽑아냄 층진층이, 전자 뽑아냄 층과 인접층의 사이에 형성되어 있는 것을 특징으로 한다. 본 발명의 제8-2 국면에서는, 전자 뽑아냄 층진 재료로 이루어지는 전자 뽑아냄 층진층이, 전자 뽑아냄 층과 인접층의 사이에 형성되어 있다. 전술한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층진 재료의 LUMO의 에너지 레벨은, 인접층의 HOMO의 에너지 레벨과, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨 사이의 값을 갖고 있다. 이 때문에, 전자 뽑아냄 층이 인접층에 직접 접하여 있는 경우에 비해, 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄을 보다 용이하게 행할 수 있다. 따라서, 본 발명의 제8-2 국면에 따르면, 인접층으로부터의 전자를 효율적으로 뽑아낼 수 있기 때문에, 발광 효율을 더욱 높일 수 있다.

본 발명의 제8-3 국면에 따른 유기 EL 소자는, 상기 본 발명의 유기 EL 소자에서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료가, 전자 수송층 및/또는 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다. 전자 주입 유기 재료의 LUMO의 에너지 레벨은, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨과, 전자 수송층의 LUMO의 에너지 레벨 사이의 값이다. 이러한 전자 주입 유기 재료가, 전자 수송층 및/또는 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있기 때문에, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 중간적인 에너지 레벨을 제공할 수 있으며, 이것에 의해 전자 뽑아냄 층으로부터 전자 수송층으로의 전자의 주입을 촉진할 수 있다. 따라서, 본 발명의 제8-3 국면에 따르면, 효율적으로 전자 뽑아냄 층으로부터 전자 수송층에 전자를 주입할 수 있기 때문에, 발광 효율을 더욱 높일 수 있다.

본 발명의 제8-4 국면에 따른 유기 EL 소자는, 상기 본 발명의 유기 EL 소자에서, 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 형성되어 있는 것을 특징으로 하고 있다. 제8-4 국면에서는, 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 형성되어 있다. 이 때문에, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨과, 전자 수송층의 LUMO의 에너지 레벨의 사이에, 이들 사이의 중간의 값을 갖는 전자 주입 유기 재료층의 LUMO의 에너지 레벨이 제공되게 되어, 전자 뽑아냄 층으로부터 전자 수송층으로의 전자의 주입이 촉진된다. 따라서, 본 발명의 제8-4 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층으로부터 전자 수송층으로 전자를 효율적으로 주입 할 수 있어서, 발광 효율을 더욱 향상시킬 수 있다.

본 발명의 제8-1 국면~제8-3 국면에서는, 알칼리 금속, 알칼리토류 금속, 및 이들의 산화물로부터 선발되는 적어도 1종으로 이루어지는 전자 주입층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 형성되어 있는 것이 바람직하다. 전자 주입층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(F)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(F)|$ 는, 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 보다 작은 것이 바람직하다. 전자 뽑아냄 층으로부터 방출된 전자는, 전자 주입층으로 이동하며, 전자 주입층으로부터 전자 수송층을 통해 발광 유닛에 공급된다.

또한, 전자 수송층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 는, 전자 주입층의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(F)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(F)|$ 보다 작은 것이 바람직하다. 전자 주입층으로 이동한 전자는, 전자 수송층을 통해 발광 유닛에 공급된다.

본 발명의 제8-4 국면에서는, 상기 전자 주입층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 주입 유기 재료층의 사이에 형성되어 있는 것이 바람직하다. 전자 뽑아냄 층과 전자 주입 유기 재료층의 사이에 전자 주입층을 형성함으로써, 전자 뽑아냄 층으로부터의 전자를, 보다 효율적으로 전자 수송층에 공급할 수 있다.

본 발명의 제8-5 국면에서는, 상기 전자 주입층이, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 형성되어 있으며, 상기 전자 주입 유기 재료 또는 전자 뽑아냄 층의 재료가, 전자 주입층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 한다. 전자 주입 유기 재료 또는 전자 뽑아냄 층의 재료가, 전자 주입층에 도핑됨으로써, 전자 뽑아냄 층으로부터의 전자를, 보다 효율적으로 전자 수송층에 공급할 수 있다. 전자 주입 유기 재료 및 전자 뽑아냄 층의 재료를 도핑한 전자 주입층은, 복수의 층으로 구성되어 있어도 된다. 예를 들면, 전자 뽑아냄 층의 재료를 도핑한 제1 전자 주입층을 음극측에 배치하며, 전자 주입 유기 재료를 도핑한 제2 전자 주입층을 양극측에 배치한 적층 구조로부터 전자 주입층이 구성되어 있어도 된다.

전자 주입층을 형성하는 알칼리 금속으로서는, Li, Cs 등을 들 수 있다. 알칼리 금속 산화물로서는, Li_2O 등을 들 수 있다. 알칼리토류 금속으로서는, Mg 등을 들 수 있다. 또한, 알칼리 금속 및 알칼리토류 금속의 탄산염(예를 들면, Cs_2CO_3 등)에 의해서도 전자 주입층을 형성할 수 있다.

본 발명에서의 중간 유닛 내의 전자 수송층은, 유기 EL 소자에서 일반적으로 전자 수송성 재료로서 이용되고 있는 재료로 형성할 수 있다. 예를 들면, 페난트롤린 유도체, 실룰 유도체, 트리아졸 유도체, 퀴놀리놀 금속착체 유도체, 옥사디아졸 유도체 등을 들 수 있다.

본 발명의 제8 국면에 따른 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판의 위에 배치하며, 음극 및 양극 중 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 본 발명의 제8-1 국면~제8-5 국면 중 어느 하나에 따른 유기 일렉트로루미네센스 소자인 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8 국면에 따른 텁 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치는, 양극과 음극에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 유기 일렉트로루미네센스 소자를 액티브 매트릭스 구동 기판과 밀봉 기판의 사이에 배치하며, 음극 및 양극 중 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 텁 에미션형 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서, 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 본 발명의 제8-1 국면~제8-5 국면 중 어느 하나에 따른 유기 일렉트로루미네센스 소자인 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제8 국면에 따른 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치는, 복수의 발광 유닛을 적층하여 구비하는 것이며, 높은 발광 효율을 나타낸다.

본 발명의 제8-1 국면 및 제8-2 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층진 재료가, 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있거나, 혹은 전자 뽑아냄 층진 재료로 이루어지는 전자 뽑아냄 층진층이, 전자 뽑아냄 층과 인접층의 사이에 형성되어 있다. 이 때문에, 인접층으로부터의 전자 뽑아냄 층에 의한 전자의 뽑아냄을 보다 효율적으로 행할 수 있어서, 발광 효율을 더욱 높일 수 있다. 본 발명의 제8-3 국면~제8-5 국면에 따르면, 전자 주입 유기 재료가, 전자 수송층 및/또는 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있거나, 혹은 전자 주입 유기 재료 또는 전자 뽑아냄 층의 재료가 전자 주입층에 도핑되어 있거나, 혹은 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층의 사이에 설치되어 있다. 이에 따라, 전자 뽑아냄 층으로부터 전자 수송층으로의 전자의 주입을 보다 효율적으로 행할 수 있다. 이 때문에, 발광 효율을 더욱 높일 수 있다.

〈실시예〉

도 1은, 본 발명에 따른 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 음극(51)과 양극(52)의 사이에는, 제1 발광 유닛(41) 및 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)과 제2 발광 유닛(42)의 사이에는, 중간 유닛(30)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)은, 중간 유닛(30)에 대하여 음극(51)측에 설치되어 있으며, 제2 발광

유닛(42)은, 중간 유닛(30)에 대하여 양극(52)측에 설치되어 있다. 중간 유닛(30) 내에는, 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있다. 이 전자 뽑아냄 층의 음극(51)측에 인접층이 형성되어 있다. 인접층은, 전술한 바와 같이, 제1 발광 유닛(41) 내에 형성되어 있어도 되며, 중간 유닛(30) 내에 형성되어 있어도 된다.

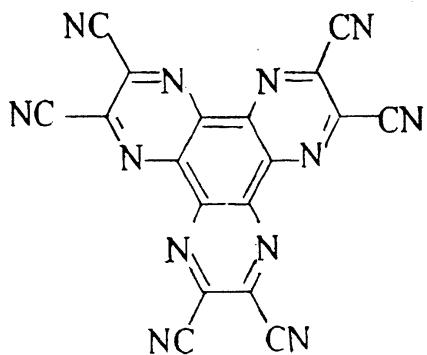
도 2는, 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면이다. 중간 유닛(30)은, 전자 뽑아냄 층(31), 전자 주입층(32) 및 전자 수송층(33)으로 구성되어 있다. 전자 뽑아냄 층(31)의 음극측에는, 인접층(40)이 형성되어 있다. 또한, 중간 유닛(30)의 양극측에는, 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 도 2에서는, 제2 발광 유닛(42)의 중간 유닛(30)측의 층만이 도시되어 있다.

도 2에 도시한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층(31)과 제2 발광 유닛(42)의 사이에는, 전자 주입층(32)을 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 전자 주입층(32)과 제2 발광 유닛(42)의 사이에는, 전자 수송층(33)을 설치하는 것이 바람직하다.

도 2에 나타내는 실시예에서, 전자 뽑아냄 층(31)은, 이하에 기재하는 구조식으로 나타나는 헥사아자트리페닐렌 혼사카르보니트릴(이하, 「HAT-CN6」이라 함)로 형성되어 있다. HAT-CN6은, 예를 들면 SYNTHESIS, April, 1994, 378~380 페이지

"Improved Synthesis of 1, 4, 5, 8, 9, 12-Hexaazatriphenylenehexacarboxylic Acid"에 기재된 방법에 의해 제조할 수 있다.

화학식 3 H A T - C N 6

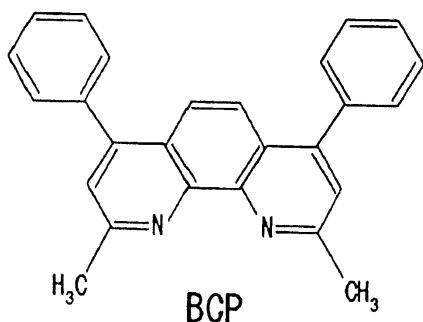


HAT-CN6

또한, 전자 주입층(32)은, Li(금속 리튬)으로 형성되어 있다. 전자 주입층(32)으로서는, Li 및 Cs 등의 알칼리 금속, Li₂O 등의 알칼리 금속 산화물, 알칼리토류 금속, 알칼리토류 금속 산화물 등을 이용할 수 있다.

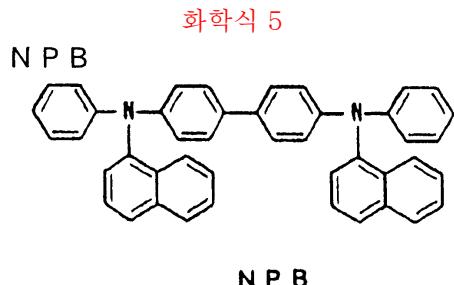
또한, 전자 수송층(33)은, 이하에 기재하는 구조를 갖는 BCP(2, 9-디메틸-4, 7-디페닐-1, 10-페난트롤린) 등의 o-, m-, 또는 p-페난트롤린 유도체로 형성되어 있다. 전자 수송층(33)은, 예를 들면, 트리스(8-퀴놀리라토) 알루미늄 유도체, 옥사디아졸 유도체, 실룰 유도체, 트리아롤 유도체 등의 퀼레이트 금속 착제 등의 유기 EL 소자에서 일반적으로 전자 수송성 재료로서 이용되는 재료로 형성할 수 있다.

화학식 4 B C P

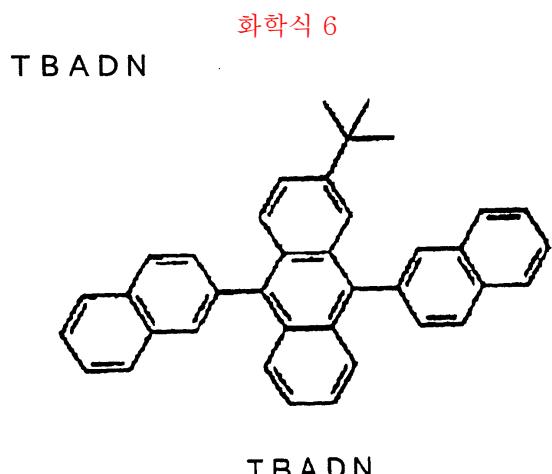


본 발명에서, 전자 뽑아냄 층(31)의 두께는, 1nm~150nm의 범위 내인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 5nm~100nm의 범위 내이다. 전자 주입층(32)의 두께는, 0.1nm~10nm의 범위인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 0.1nm~1nm의 범위 내이다. 전자 수송층(33)의 두께는, 1nm~100nm의 범위 내인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 5~50nm의 범위 내이다.

도 2에 나타내는 실시예에서, 인접층(40)은, 이하의 구조를 갖는 NPB(N, N'-디(나프타센-1-일)-N, N'-디페닐벤디진)로 형성되어 있다.



도 2에 나타내는 실시예에서, 제2 발광 유닛(42)으로서 나타내고 있는 층은, 이하의 구조를 갖는 TBADN(2-타-샤리-부틸-9, 10-디(2-나프탈)안트라센)으로 형성되어 있다.



도 2에 도시한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층(31)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값(4.4eV)과, 인접층(40)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값(5.4eV)의 차는, 1.5eV 이내이다. 또한, 전자 주입층(32)의 LUMO 에너지 레벨(일함수)의 절대값은, 전자 뽑아냄 층(31)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값보다도 작고, 전자 수송층(33)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값은, 전자 주입층(32)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값보다도 작다.

따라서, 전자 뽑아냄 층(31)은, 양극 및 음극에 전압이 인가되었을 때, 인접층(40)으로부터 전자를 뽑아낼 수 있다. 방출된 전자는, 전자 주입층(32) 및 전자 수송층(33)을 통해, 제2 발광 유닛(42)에 공급된다.

또한, 인접층(40)에서는, 전자가 방출되기 때문에 홀이 발생한다. 이 홀은, 제1 발광 유닛에 공급되며, 음극으로부터 공급된 전자와 재결합한다. 이 결과, 제1 발광 유닛 내에서 발광한다.

제2 발광 유닛에 공급된 전자는, 양극으로부터 공급된 홀과 제2 발광 유닛(42) 내에서 재결합한다. 이 결과, 제2 발광 유닛(42) 내에서 발광한다.

이상과 같이, 본 발명에 따르면, 제1 발광 유닛 내 및 제2 발광 유닛 내에서, 각각 재결합 영역을 형성할 수 있으며, 발광시킬 수 있다. 이 결과, 발광 효율을 높일 수 있음과 함께, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 발광색으로 발광시킬 수 있다.

이하, 본 발명의 제1 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

<실험 1>

(제1 내지 제5 실시예 및 비교예 1 및 비교예 2)

표 1에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제1 내지 제5 실시예 및 비교예 1 및 비교예 2의 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판의 위에, 플루오로 카본(CFx)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF₃ 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는, 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극의 위에, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

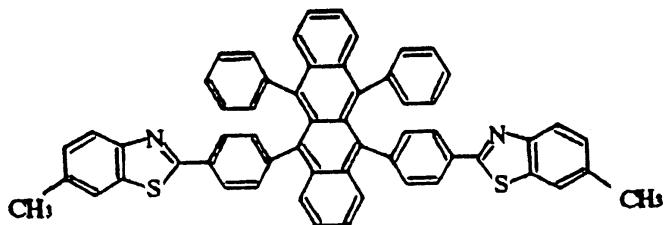
홀 주입층은, HAT-CN6으로 형성하였다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 3.0%DBzR) 및 청색 발광층(TBADN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 모든 발광 유닛은, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하며, 청색 발광층이 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하고, DBzR을 도우펀트 재료로서 이용하고 있다. DBzR은, 5, 12-비스{4-(6-메틸 벤조티아졸-2-일)페닐}-6, 11-디페닐나프타센이며, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 7

D B z R



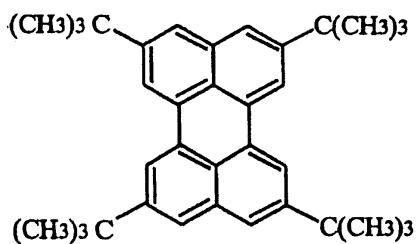
D B z R

청색 발광층은, TBADN을 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도우펀트 재료로서 이용하고 있다.

TBP는, 2, 5, 8, 11-테트라-타-사리-부틸페릴렌이며, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 8

T B P



T B P

[표 1]

	양극	홀 주입층	제2 발광 유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
제1실 시 예	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 (15)/(0.1)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
제2실 시 예	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/HAT-CN6 (15)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
제3실 시 예	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(100)/(20)	NPB+3.0%DBzR (10) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
제4실 시 예	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li/HAT-CN6 (15)/(0.3)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
제5실 시 예	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Cs/HAT-CN6 (15)/(0.3)/(100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
비교 예 1	ITO /CFx	HAT-CN6 (50)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	없음	없음	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.2)/(200)
비교 예 2	ITO /CFx	HAT-CN6 (100)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O (15)/(0.1)	NPB+3.0%DBzR (30) /TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 색도(CIE(x, y)), 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 2에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 10mA/cm²에서의 값이다.

[표 2]

	구동 전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광 효율 (cd/A)
제1실 시 예	10.3	0.37	0.41	22.8
제2실 시 예	22.1	0.32	0.36	10.2
제3실 시 예	16.8	0.33	0.38	15.3
제4실 시 예	10.0	0.36	0.40	23.1
제5실 시 예	10.1	0.36	0.40	22.9
비교 예 1	6.0	0.30	0.40	10.1
비교 예 2	26.0	0.15	0.21	3.1

표 2에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 각 유기 EL 소자는, 오렌지색 발광층과 청색 발광층을 갖는 발광 유닛을 구비하고 있으며, 색도의 측정 결과로부터 백색을 발광하고 있음을 알 수 있다.

제1 내지 제5 실시예와 비교예 2의 비교로부터 분명한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층인 「HAT-CN6」을 구비하고 있는 제1 내지 제5 실시예는, 전자 뽑아냄 층을 구비하고 있지 않은 비교예 2에 비해 높은 발광 효율이 얻어지고 있다. 또한, 제1 내지 제5 실시예의 유기 EL 소자는, 비교예 2에 비해, 발광 유닛 본래가 갖는 발광색을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

제1 내지 제5 실시예의 유기 EL 소자가 높은 발광 효율을 나타내는 이유에 대해서는 이하와 같다고 생각된다. 즉, 제1 내지 제5 실시예의 유기 EL 소자에서는, 제2 발광 유닛은 양극측에 위치하고 있기 때문에, 상대적으로 홀이 많은 상태로 되어 있다. 따라서, 중간 유닛이 존재하지 않는 경우, 전자가 부족한 상태로 되어 있다. 한편, 제1 발광 유닛은, 음극측에 위치하고 있기 때문에, 상대적으로 전자가 많은 상태로 되어 있으며, 중간 유닛이 존재하지 않으면, 홀이 부족한 상태로 되어 있다.

전술한 바와 같이, 중간 유닛이 존재하지 않는 경우, 4개의 발광층이 연속하여 직접적으로 접촉한 상태로 되어 있기 때문에, 4개의 발광층 중 1개의 영역에서 캐리어가 재결합한다. 본 발명에 따라, 4개의 발광층의 한가운데에 중간 유닛을 설치함으로써, 양극측의 제2 발광 유닛에서의 전자의 부족을 보충하고, 음극측의 제1 발광 유닛에서의 홀의 부족을 보충할 수 있다. 그 메카니즘은, 도 2를 참조하여 설명한 바와 같이, 양극 및 음극에 전압이 인가되면, 제1 발광 유닛에서의 인접층으로부터 전자 뽑아냄 층에 전자의 뽑아냄이 발생하고, 전자 뽑아냄 층의 LUMO에 방출된 전자가 들어간다. 또한, 전자가 방출된 결과, 인접층의 HOMO에 홀이 발생한다. 전자 뽑아냄 층의 LUMO의 전자는, 중간 유닛 내의 전자 주입층을 지나 전자 수송층의 LUMO에 들어가고, 그 후 제2 발광 유닛에 들어가서, 양극에서 주입된 홀과 재결합한다. 이 때, 중간 유닛으로부터의 전자 이외에, 음극으로부터 주입된 전자로서, 제1 발광 유닛에서 소비되지 않은 전자도 동시에 재결합에 기여하고 있다고 생각된다. 이에 따라, 제2 발광 유닛 내의 오렌지색 발광층과 청색 발광층이 동시에 발광하여, 보색형의 백색 발광이 발생한다.

한편, 제1 발광 유닛의 인접층의 HOMO에 발생한 홀, 및 제2 발광 유닛에서 소비되지 않았던 양극으로부터의 훌은, 고전계 내에서, 제1 발광 유닛으로 이동하여, 제1 발광 유닛 내에서, 음극으로부터 주입된 전자와 재결합한다. 이에 따라, 제1 발광 유닛의 오렌지색 발광층 및 청색 발광층이 동시에 발광하여, 보색형의 백색 발광이 발생한다.

이상과 같이, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛의 2 부분에서 백색 발광이 발생하기 때문에, 발광 효율은 2배로 향상된다. V_2O_5 등의 무기 반도체층을 개재시켜 복수의 발광 유닛을 조합한 종래의 유기 EL 소자의 경우, 무기 반도체층 내에 원래 존재하고 있었던 캐리어를 이용하고 있다. 이것에 대하여, 본 발명에서는, 캐리어가 존재하지 않는 중성의 유기층 즉 인접층으로부터, 캐리어를 분리시키고, 이 캐리어를 이용하여 발광시키고 있다. 따라서, 본 발명의 유기 EL 소자는, 종래의 소자에 비해, 낮은 구동 전압으로 하는 것이 가능하다. 즉, 전자를 뽑아내는 에너지(전자 뽑아냄 층의 LUMO와 인접층의 HOMO의 차) 및 발생한 전자를 양극측의 발광층에 주입하기 위한 에너지 차로 발광시킬 수 있다.

또한, 본 발명에서는, 발광 효율을 2배로 할 수 있기 때문에, 소자의 신뢰성도 높일 수 있다. 예를 들면, 초기 휘도 5000cd/ m^2 의 휘도로, 연속 발광시키는 경우, 통상의 유기 EL 소자에서는, 5000cd/ m^2 의 휘도로 그대로 발광시켜야만 한다. 이것에 대하여, 본 발명의 유기 EL 소자에서는, 발광 효율이 2배로 되어 있기 때문에, 소자 내의 1개의 발광 유닛은 5000cd/ m^2 의 절반인 2500cd/ m^2 의 휘도로 발광시키면 된다. 따라서, 소자를 흐르는 전류량은 절반이어도 되므로, 소자에 걸리는 부하가 작아진다. 연속 발광에서의 소자의 수명은, 흐르는 전류값에 영향받기 때문에, 본 발명에 따르면 소자의 수명을 향상시키는 것이 가능하다.

이상과 같이, 본 발명에 따라, 전자 뽑아냄 층을 중간 유닛 내에 형성함으로써, 저전압으로 구동 가능하며, 또한 발광 효율이 높아서, 원하는 발광색을 나타내는 유기 EL 소자로 할 수 있는 것을 알 수 있다.

<실험 2>

(제6 실시예 및 비교예 3)

표 3에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 구비한 제6 실시예의 유기 EL 소자를, 상기 실험 1과 마찬가지로 하여 제작하였다. 또한, 중간 유닛 및 제1 발광 유닛을 갖지 않는 것 이외에는, 제4 실시예의 유기 EL 소자와 마찬가지인, 표 3에 도시하는 구조의 비교예 3의 유기 EL 소자를 제작하였다.

본 실시예에서는, 중간 유닛의 「HAT-CN6」 층과, 제1 발광 유닛의 사이에, NPB로 이루어지는 인접층을 형성하고 있다. 또한, 본 실시예에서, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 청색의 단일 발광층으로 구성되어 있다. 이와 같이, 제1 발광 유닛의 양극측의 층에서, NPB 등의 아릴아민계 홀 수송성 재료가 호스트 재료로서 이용되어 있지 않은 경우에는, 중간 유닛 내에 인접층을 형성하는 것이 바람직하다.

[표 3]

	양극	홀 주입층	제2 발광 유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
제6실 시예	ITO /Cpx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)
비교 예 3	ITO /Cpx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	없음	없음	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)

제6 실시예 및 비교예 3의 유기 EL 소자에 대하여, 실험 1과 마찬가지로 하여 색도 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 4에 나타내었다.

[표 4]

	구동전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광효율 (cd/A)
제6실시예	9.9	0.17	0.40	31.6
비교예 3	3.1	0.18	0.39	19.6

표 4에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 본 발명에 따른 제6 실시예의 유기 EL 소자는, 단일 발광 유닛을 구비하는 비교예 3과 마찬가지의 색도를 나타내고 있으며, 각 발광 유닛을 단독으로 이용한 경우와 마찬가지의 발광색이 얻어지고 있는 것을 알 수 있다. 또한, 제6 실시예의 발광 효율은, 비교예 3의 발광 효율의 약 1.6배로서, 높은 발광 효율이 얻어지고 있는 것을 알 수 있다.

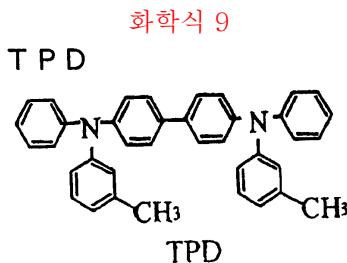
<실험 3>

표 5에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제7 실시예의 유기 EL 소자를, 상기 실험 1과 마찬가지로 하여 제작하였다.

본 실시예에서는, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛으로서, 제4 실시예와 마찬가지의 청색의 단일 발광층을 이용하고 있다. 또한, 본 실시예에서는, 중간 유닛 내에 TPD로 이루어지는 인접층을 형성하고 있다. 이 TPD로 이루어지는 인접층과, 제1 발광 유닛의 사이에는, NPB로 이루어지는 홀 수송층을 형성하고 있다.

또한, 본 실시예에서는, 양극과 제2 발광 유닛 사이에 형성되는 홀 주입층에도, TPD를 이용하고 있다. 표 5에 도시한 바와 같이 「HAT-CN6」 층과, NPB층의 사이에, TPD로 이루어지는 층을 형성하고 있다.

TPD는, N, N'-비스-(3-메틸페닐)-N, N'-비스-(페닐)-벤디진이고, 이하의 구조를 갖고 있다.



TPD의 HOMO 에너지 레벨은 -5.3eV이며, LUMO 에너지 레벨은 -2.5eV이고, NPB(HOMO 에너지 레벨=-5.4eV, LUMO 에너지 레벨=-2.6eV)과 거의 동일한 정도이다.

[표 5]

	양극	홀 주입층	제2 발광유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
제7실시예	ITO /CFx	HAT-CN6/TPD/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 /TPD/NPB (15)/(0.1)/(50) (10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0.1)/(200)

제7 실시예의 유기 EL 소자에 대하여, 실험 1과 마찬가지로 하여 색도 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 6에 나타내었다.

[표 6]

	구동전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광효율 (cd/A)
제7실시예	8.9	0.16	0.39	32.0

표 6에 도시한 바와 같이, TPD로 이루어지는 인접층을 형성한 경우에도, NPB로 이루어지는 인접층의 경우와 마찬가지로, 높은 발광 효율을 얻을 수 있다. 이것은, 전술한 바와 같이, 그 HOMO 에너지 레벨 및 LUMO 에너지 레벨이, NPB와 동일한 정도이기 때문에, 인접층으로부터의 전자 뽑아냄이 발생하기 쉬워서, 인접층에 발생한 홀이 제1 발광 유닛으로 이동하기 쉽기 때문이라고 생각된다.

<실험 4>

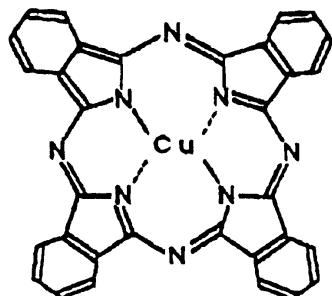
표 7에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 구비하는 제8 내지 제11 실시예의 유기 EL 소자를 제작하였다.

제8 실시예는, 제7 실시예와 마찬가지로, TPD로 이루어지는 인접층을 형성하고, 홀 주입층에도 TPD로 이루어지는 층을 형성하고 있다.

제9 실시예에서는, CuPc로 이루어지는 인접층을 형성하고, 홀 주입층에도 CuPc층을 형성하고 있다. CuPc는 구리 프타로 시아닌이며, 이하에 기재하는 구조를 갖고 있다.

화학식 10

CuPc

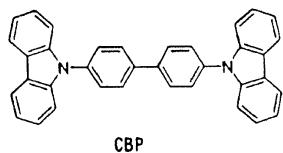


CuPc

제10 실시예에서는, CBP로 이루어지는 인접층을 형성하고, 홀 주입층에도 CBP층을 형성하고 있다. CBP는, 4, 4'-N, N'-디카르바졸-비페닐이며, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 11

CBP



CBP

제11 실시예에서는, NPB를 인접층으로서 이용하고 있다.

제8 내지 제11 실시예의 유기 EL 소자에서는, 제7 실시예와 마찬가지로, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛으로서, 청색의 단일 발광층을 이용하고 있다.

[표 7]

	양극	홀주입층	제2 발광 유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
제8실 시예	ITO /CFx	HAT-CN6/TPD/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 /TPD/NPB (15)/(0.1)/(50) (10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/Al (0.1)/(200)
제9실 시예	ITO /CFx	HAT-CN6/CuPc/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 /CuPc/NPB (15)/(0.1)/(50) (10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/Al (0.1)/(200)
제10실 시예	ITO /CFx	HAT-CN6/CBP/NPB (50)/(10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 /CBP/NPB (15)/(0.1)/(50) (10)/(20)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/Al (0.1)/(200)
제11실 시예	ITO /CFx	HAT-CN6/NPB (50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6/NPB (15)/(0.1)/(50)/(30)	TBADN+2.5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/Al (0.1)/(200)

제8 내지 제11 실시예의 각 유기 EL 소자에 대하여, 상기 실험 1과 마찬가지로 하여, 색도 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 8에 나타내었다.

[표 8]

	인접층	구동전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광효율 (cd/A)
제8실 시 예	TPD	8.9	0.16	0.39	32.0
제9실 시 예	CuPc	6.6	0.13	0.36	25.1
제10실 시 예	CBP	39.0	0.16	0.34	20.1
제11실 시 예	NPB	9.9	0.17	0.40	31.6

표 8에 나타낸 바와 같이, 제8 내지 제11 실시예의 모든 유기 EL 소자에서, 높은 발광 효율이 얻어지고 있으며, 또한 발광 유닛에 이용한 청색 발광층과 실질적으로 동일한 발광색이 얻어지고 있다.

[인접층의 재료 및 전자 뽑아냄 층의 재료의 HOMO 및 LUMO 에너지 레벨의 측정]

인접층에 이용한 재료 및 전자 뽑아냄 층에 이용한 재료에 대하여, 사이클릭 볼탄메트리(CV)에 의해, HOMO 및 LUMO의 각 에너지 레벨의 값을 이하와 같이 하여 산출하였다.

1. CV 측정

(1) 산화측의 측정

클로로메탄을 용매로 하여, 지지 전해질 tert-부틸 암모늄 파클로레이트를 농도 10^{-1} mol/l로 되도록 넣고, 측정 재료를 10^{-3} mol/l로 되도록 넣어, 샘플을 조제하였다. 측정 분위기는 대기 중으로 하고, 실온에서 측정하였다.

(2) 환원측의 측정

테트라히드로플란을 용매로 하여, 지지 전해질 tert-부틸 암모늄 파클로레이트를 농도 10^{-1} mol/l로 되도록 넣고, 측정 재료를 10^{-3} mol/l로 되도록 넣어, 샘플을 조제하였다. 측정 분위기는 질소 가스 분위기로 하고, 실온에서 측정하였다.

2. HOMO와 LUMO의 산출

(1) 미리 이온화 포텐셜 측정 장치(리켄게기사제 「AC-2」)를 이용하여 표준적 시료의 NPB의 박막에서의 이온화 포텐셜을 측정해둔다. AC-2의 측정 원리는 이하와 같다. 광원부로부터 발생한 분광된 자외선을, 샘플에 조사하여, 자외선 에너지(파장)를 크게(짧게) 해간다. 샘플이 반도체인 경우, 자외선의 에너지가 이온화 포텐셜을 초과하면, 샘플의 표면으로부터 광전자가 방출되기 시작한다. 이 광전자는, 검지기(오븐 카운터)를 이용하여 계수된다.

자외선의 에너지와 광전자의 계수치(Yield)의 평방근의 관계를 그래프화하고, 이 그래프에 최소 제곱법에 의해 근사 직선을 뽑아내어, 광전자 방출의 임계값 에너지를 구한다. 이 임계값 에너지는, 샘플이 반도체인 경우, 이온화 포텐셜로 해석된다. 샘플이 금속인 경우는, 일함수이다. AC-2에 의해 측정한 NPB의 이온화 포텐셜은 -5.4eV이다.

(2) 다음으로, NPB를 CV 측정하고, 산화 환원 전위를 측정한다. NPB의 산화 전위는, -0.5V, 환원 전위는 -2.3V이다. 따라서, NPB의 HOMO는 -5.4eV이며, LUMO는 $-2.6\text{eV}(5.4-(0.5+2.3)=2.6)$ 이다. 또한, 다른 재료의 측정에서는, 예를 들면 Alq인 경우, 산화 전위는 +0.8V, 환원 전위는 -2.0V이다. 따라서, NPB를 기준으로 한 경우, Alq의 HOMO는 $-5.7\text{eV}(5.4-(0.8-0.5)=5.7)$ 이고, LUMO는 $-2.9\text{eV}(5.7-(0.8+2.0)=2.9)$ 로 된다.

이상의 측정 방법에 의해, TPD, CuPc, CBP, NPB, 및 HAT-CN6의 HOMO 및 LUMO의 에너지 레벨을 산출하고, 그 결과를 표 9에 도시하였다. 또한, 표 9에는, 각 재료를 인접층의 재료에 이용하였을 때의 발광 효율(제6 내지 제9 실시예의 발광 효율)을 더불어 나타내고 있다.

[표 9]

	HOMO(eV)	LUMO(eV)	$ HOMO(B) - LUMO(A) $ (eV)	발광 효율 (cd/A)
TPD	5.3	2.5	0.9	32.0
CuPc	5.1	3.3	0.7	25.1
CBP	5.9	2.6	1.5	20.1
NPB	5.4	2.6	1.0	31.6
HAT-CN6	7.0	4.4	—	—

표 9에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 인접층의 재료의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값과, 전자 뽑아냄 층의 재료의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값의 차가, 0~1.5eV의 범위에서, 높은 발광 효율의 유기 EL 소자가 얻어지는 것을 알 수 있다.

<실험 5>

표 10에 나타내는, 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 가지며, 중간 유닛 내의 Li_2O 층의 두께 x 를 0.1nm, 0.2nm, 0.3nm, 0.5nm, 1nm, 및 3nm로 변화시킨 유기 EL 소자를 각각 제작하였다.

[표 10]

양극	홀주입층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1발광 유닛		전자 수송층	음극
		오렌지색 발광층	청색 발광층		오렌지색 발광층	청색 발광층		
ITO /CFx	HAT-CN6 (80)	NPB+ 3.0%DBzR (20)	80%TBADN+ 20%NPB+ 2.5%TBP (50)	BCP (15) / $\text{Li}_2\text{O}(x)$ /HAT-CN6 (80)	NPB+ 3.0%DBzR (20)	80%TBADN+ 20%NPB+ 2.5%TBP (50)	BCP (15)	$\text{Li}_2\text{O}(0.1)$ /Al (200)

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛에서의 오렌지색 발광층은, 실험 1에서의 오렌지색 발광층과 마찬가지이다. 또한, 청색 발광층은, 80중량%의 TBADN을 호스트 재료로서 이용하고, 2.5중량%의 TBP를 제1 도우핀트 재료로서 이용하며, 20중량%의 NPB를 제2 도우핀트 재료로서 이용하고 있다.

Li_2O 층의 막 두께를 변화시킨 각 유기 EL 소자에 대하여, 10mA/cm^2 에서의 발광 효율을 측정하고, 그 결과를 도 3에 나타내었다.

도 3에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이 Li_2O 의 막 두께가 0.1nm~10nm의 범위 내에서, 발광이 가능한 것을 알 수 있다. 또한, Li_2O 의 막 두께가 0.1nm~3nm의 범위에서, 특히 발광 효율이 높아지는 것을 알 수 있다.

<실험 6>

도 6에 도시하는 유기 EL 소자를 제작하였다. 도 6에 도시하는 유기 EL 소자는, 클래스 기판(50)의 위에 양극(52)이 형성되어 있으며, 양극(52)의 위에는, HAT-CN6으로 이루어지는 홀 주입층(44)이 형성되어 있다. 홀 주입층(44)의 위에는, 청색 발광층(42a) 및 오렌지색 발광층(42b)으로 이루어지는 제2 발광 유닛(42)이 형성되어 있다. 제2 발광 유닛(42)의 위에는, 중간 유닛(30)이 형성되어 있다. 중간 유닛(30)은, 전자 뽑아냄 층(31), 전자 주입층(32), 및 전자 수송층(33)으로 구성되어 있다. 중간 유닛(30)의 위에는, 청색 발광층(41a) 및 오렌지색 발광층(41b)으로 이루어지는 제1 발광 유닛(41)이 형성되어 있다. 제1 발광 유닛(41)의 위에는, BCP로 이루어지는 전자 수송층(43)이 형성되어 있다. 전자 수송층(43)의 위에는, 음극(51)이 형성되어 있다. 표 11에 나타낸 바와 같이, 금속 리튬으로 이루어지는 전자 주입층(32)의 두께를 0.2nm ~ 1.0nm의 범위 내에서 변화시킨 제12 내지 제19 실시예의 유기 EL 소자를 제작하였다.

[표 11]

설시 예	양극 ITO /CF _x	홀주입층 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극 LiF/AI (1)/200
			오렌지색 발광층	청색 발광층		BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.2)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)		
12	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.2)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
13	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.3)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
14	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (15)/(0.5)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
15	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
16	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
17	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (20)/(0.8)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
18	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.9)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		
19	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(1.0)/(10) NPB+3.0KDBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP	LiF/AI (1)/200		

제12 내지 제19 실시예의 각 유기 EL 소자에 대하여, 그 특성을 평가하였다. 평가 결과를 표 12에 나타낸다. 또한, 전압 및 색도는 10mA/cm²의 전류로 구동시켰을 때의 값이다. 또한, 휘도 반감기는, 40mA/cm²의 전류로 구동시켰을 때의 값이다.

[표 12]

설시 예	Li 충의 두께 (nm)	전압 (V)	CIE _x	CIE _y	휘도 반감기 (hr) at 40mA/cm ²
12	0.2	9.58	0.33	0.37	46
13	0.3	9.33	0.32	0.37	670
14	0.5	9.33	0.32	0.4	500
15	0.6	9.14	0.31	0.36	1000
16	0.6	8.98	0.29	0.37	1100
17	0.8	8.33	0.29	0.38	1000
18	0.9	8.64	0.29	0.35	730
19	1.0	9.44	0.32	0.37	300

표 12에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, Li로 이루어지는 전자 주입층의 두께가 0.3nm~0.9nm의 범위 내에서, 휘도 반감기가 500시간 이상으로 되어 있어서, 우수한 수명 특성이 얻어지는 것을 알 수 있다. 특히, 0.6~0.9nm의 범위 내에서는, 구동 전압이 낮아져 있으며, 또한 휘도 반감기도 1000시간 이상의 값이 얻어지고 있다.

전자 주입층의 두께가 0.2nm인 제12 실시예에서는, 수명이 극단적으로 짧아지며, 또한 구동 전압도 높아져 있다. 또한, 전자 주입층의 두께가 1.0nm인 제19 실시예는, 수명이 짧으며, 또한 구동 전압이 높아져 있다.

이상의 점으로부터, Li로 이루어지는 전자 주입층을 형성하는 경우에는, 전자 주입층의 두께를 0.3nm~0.9nm의 범위 내로 함으로써, 구동 전압이 낮고, 또한 수명 특성이 우수한 유기 EL 소자로 할 수 있는 것을 알 수 있다.

Li로 이루어지는 전자 주입층을 형성함으로써, BCP로 이루어지는 전자 수송층과의 계면에서, Li-BCP의 착체가 형성되는 것이 생각된다. 이러한 착체의 형성에 의해, BCP의 LUMO값이 내려가고, Li로부터 BCP로의 전자의 주입이 원활하게 되는 것으로 생각된다.

[금속 리튬 박막의 두께의 측정]

실험 6에서, 전자 주입층인 금속 리튬 박막의 두께의 측정은, 이하와 같이 하여 행하였다.

즉, 표준 시료를 제작하여, 표준 시료의 금속 리튬 박막의 두께를 측정한 후, 표준 시료에 대하여 SIMS에 의해 검량선을 제작하고, 이 검량선을 이용하여, 유기 EL 소자에 대하여 SIMS를 측정하여, 금속 리튬 박막의 두께를 산출하였다. 이하에 이 측정법의 상세 내용을 설명한다.

(1) 표준 시료의 금속 리튬 박막의 두께의 측정

제12 실시예, 제13 실시예, 제14 실시예, 제15 실시예, 및 제19 실시예의 유기 EL 소자를 제작하였을 때에, ICP(유도 결합 플라즈마법)에 의해 금속 리튬 박막의 두께를 측정하였다. 즉, 각 소자를 제작하기 직전에, 동일한 조건에서 금속 리튬 박막만을 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 의 크기의 클래스 기판 상에 형성하고, 이들 박막을, 염산과 물이 체적비 1:9의 액(液) 50mL을 이용하여 리튬 금속을 추출하였다. 추출액을 ICP법에 의해 금속 리튬막의 중량을 측정하였다. 리튬의 고체 밀도 0.534mg/mm^3 로부터, 금속 리튬 박막의 체적(mm^3)을 구하였다.

다음으로, 이 체적을 막 면적 10000m^2 ($100\text{mm} \times 100\text{mm}$)로 나눔으로써, 실제의 두께(nm)가 산출된다.

이상과 같이 하여 금속 리튬 박막의 두께를 산출하였다. 실제로 제작한 유기 EL 소자(제12 실시예, 제13 실시예, 제14 실시예, 제15 실시예, 및 제19 실시예) 내의 전자 주입층(금속 리튬 박막)의 두께는, 상기한 바와 같이 하여 제작한 금속 리튬 박막의 두께와 동일하다고 생각할 수 있다.

ICP법에 의해 상기한 바와 같이 하여 구한 금속 리튬 박막의 두께를 표 13에 나타낸다.

[표 13]

실시 예	상정막두께 (nm)	Li농도 (mg/l)	Li중량 (mg)	Li실체적 (mm^3)	Li실제막두께 (nm)
12	0.2	0.022	0.0011	0.0021	0.21
13	0.3	0.031	0.0016	0.0029	0.29
15	0.6	0.063	0.0032	0.0059	0.59
19	1.0	0.11	0.0054	0.0101	1.01

(2) 표준 시료에 대한 SIMS에 의한 검량선의 제작

상기의 제12 실시예, 제13 실시예, 제14 실시예, 제15 실시예, 및 제19 실시예의 각 시료에 대하여, SIMS에 의해 리튬의 깊이 방향의 농도 분포를 측정하였다.

도 7은, Li에 대한 SIMS 프로파일을 나타내고 있으며, 도 8에서는 탄소에 대한 SIMS 프로파일을 나타내고 있다. 도 7 및 도 8로부터, Li와 C의 강도비(Li/C 카운트비)를 산출하고, 표 14에 나타내었다. 또한, 카운트비란, 탄소 프로파일에서의 탄소의 평균 강도를 1로 하였을 때의 Li의 강도(피크 높이)이다. 예를 들면, 탄소의 평균적 강도가 1×10 이고, Li의 피크 강도가 4×100 인 경우, 카운트비는 40으로 된다.

[표 14]

실시 예	Li막두께 (nm)	Li/C 카운트비
12	0.2	15.2
13	0.3	14.2
15	0.6	22.2
19	1.0	40.5

표 14로부터 분명한 바와 같이, 금속 리튬 박막의 두께가 0.3nm 이상의 범위에서 금속 리튬의 막 두께와 Li/C 카운트비는 비례 관계에 있는 것을 알 수 있다. 따라서, Li/C 카운트비를 구함으로써, 금속 리튬 박막의 두께를 산출할 수 있다. 표 14

의 결과에 기초하여 금속 리튬 박막의 두께와 Li/C 카운트비의 검량선을 제작하고, 제14 실시예, 제16 실시예, 제17 실시예, 및 제18 실시예에 대하여 SIMS를 측정하며, Li/C 카운트비로부터 각각에서의 금속 리튬 박막(전자 주입층)의 두께를 측정하였다.

이하, 본 발명의 제2 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

<실험 7>

(제20 내지 제22 실시예 및 비교예 4)

표 15에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제1 실시예의 유기 EL 소자를 제작하였다. 또한, 표 15에 나타낸 바와 같이, 중간 유닛을 설치하지 않는 것 이외에는, 제20 내지 제22 실시예와 마찬가지로 하여 비교예 4의 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

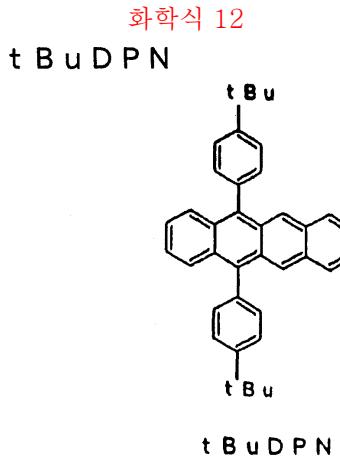
양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판의 위에, 플루오로 카본(CFx)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF₃ 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는, 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극의 위에, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

홀 주입층은, HAT-CN6으로 형성하였다.

제2 발광 유닛은, 녹색 발광층(NPB+ 1.0%tBuDPN) 및 청색 발광층(TBADN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 제2 발광 유닛에서, 녹색 발광층은 양극측에 위치하며, 청색 발광층은 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

녹색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하고, tBuDPN을 도우편트 재료로서 이용하고 있다. tBuDPN은, 5, 12-비스(4-타-샤리-부틸페닐)나프타센이며, 이하의 구조를 갖고 있다.



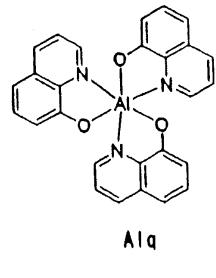
청색 발광층은, TBADN을 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도편트 재료로서 이용하고 있다.

제1 발광 유닛은, 적색 발광층(Alq+ 20%rubrene+ 1.0%DCJTB)으로 형성되어 있다. 따라서, 제1 발광 유닛은 단일 발광층으로 형성되어 있다.

적색 발광층에서는, Alq을 호스트 재료로서 이용하고, DCJTB를 제1 도우편트 재료(발광 재료)로서 이용하며, 루브렌(rubrene)을 제2 도우편트 재료(캐리어 수송성 재료)로서 이용하고 있다. Alq는, 트리스-(8-퀴놀리라토)알루미늄(III)이며, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 13

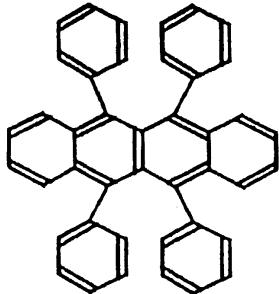
Alq



Alq

루브렌은, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 14

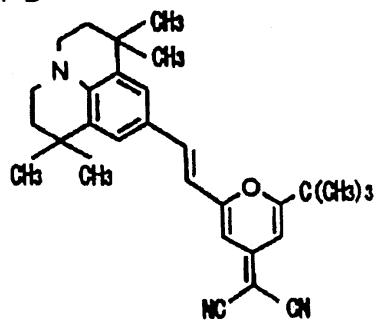


루브렌

DCJTB는, (4-디시아노메틸렌)-2-타-샤리-부틸-6-(1, 1, 7, 7-테트라메틸유롤리딜(tetramethyljulolidyl)-9-에닐)-4H-피란이며, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 15

D C J T B



D C J T B

본 실시예에서는, 중간 유닛의 「HAT-CN6」 층과, 제1 발광 유닛 간의 중간 유닛 내에, NPB로 이루어지는 인접층을 형성하고 있다. 또한, 본 실시예에서, 제1 발광 유닛은, 적색의 단일 발광층으로 구성되어 있다. 이와 같이, 제1 발광 유닛의 양극측의 층에서, NPB 등의 아릴아민계 훌 수송성 재료가 호스트 재료로서 이용되어 있지 않은 경우에는, 중간 유닛 내에 인접층을 형성하는 것이 바람직하다.

[표 15]

	양극	홀주입층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
제20 실시 예	ITO /CF _x	HAT -CN6 (50)	NPB +1. 0% tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20% rubrene +1. 0% DCJTB (30)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제21 실시 예	ITO /CF _x	HAT -CN6 (50)	NPB +1. 0% tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0. 3) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20% rubrene +1. 0% DCJTB (30)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제22 실시 예	ITO /CF _x	HAT -CN6 (50)	NPB +1. 0% tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0. 3) /HAT-CN6 (50) /NPB (30)	Alq +20% rubrene +1. 0% DCJTB (30)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
비교 예 4	ITO /CF _x	HAT -CN6 (50)	NPB +1. 0% tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	없음	Alq +20% rubrene +1. 0% DCJTB (30)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 색도(CIE(x, y)), 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 2에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 10mA/cm²에서의 값이다.

[표 16]

	구동 전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광 효율 (cd/A)
제20 실시 예	6. 7	0. 23	0. 38	20. 5
제21 실시 예	6. 2	0. 23	0. 37	21. 5
제22 실시 예	6. 4	0. 23	0. 38	20. 9
비교 예 4	18	0. 63	0. 34	2. 6

표 16에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 제20 내지 제22 실시 예의 유기 EL 소자는, 비교 예 4의 유기 EL 소자에 비해, 높은 발광 효율이 얻어지고 있다. 또한, 색도의 측정 결과로부터 분명한 바와 같이, 제20 내지 제22 실시 예의 유기 EL 소자는, 비교 예 4의 유기 EL 소자에 비해, 보다 백색에 가까운 발광이 얻어지고 있다. 비교 예 4에서는, 적색 발광층을 중심으로 하여 재결합이 발생하여서, 적색 발광으로 되어 있다.

제20 내지 제22 실시 예의 유기 EL 소자가 높은 발광 효율 및 양호한 백색을 나타내는 이유에 대해서는 전술한 바와 같다.

본 실시 예에서는, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛의 2 부분에서 발광이 발생하기 때문에, 발광 효율은 2배로 향상된다. 또한, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛의 각각에 있어 발광시키고 있기 때문에, 제1 발광 유닛의 녹색 및 청색과, 제2 발광 유닛의 적색을 조합한 백색 발광을 얻을 수 있다. 이것에 대하여, 중간 유닛을 설치하고 있지 않은 경우에는, 전술한 바와 같이, 3개의 발광층 중 1개의 영역에서 발광하기 때문에, 발광 영역의 위치가 어긋남으로써, R(적색), G(녹색) 및 B(청색)의 발광 강도의 밸런스가 무너지기 쉬워, 양호한 백색을 얻을 수 없다. 따라서, 본 발명의 제2 국면에 따르면 RGB의 밸런스가 양호한 백색 발광을 얻을 수 있다.

본 실시 예의 제2 발광 유닛에 한하지 않으며, 발광층을 2층 적층하는 발광 유닛의 경우, 발광층의 호스트 재료는, 전자 수송성 재료와 홀 수송성 재료를 쌍으로 하여 이용하는 것이 바람직하다(본 실시 예에서는, 청색 발광층은 전자 수송성 재료인 TBADN, 녹색 발광층은 홀 수송성인 NPB를 이용하고 있음). 그와 같이 함으로써, 전자와 홀의 재결합이 양 발광층의 계면에서 고정되어서, 소자에의 인가 전압의 변화에 대해서도 발광 사이트가 이동함으로써 발광색이 변화되는 경우는 없다. 여기서, 전자 수송성 재료란, 홀의 이동도보다도 전자의 이동도가 높은 유기 재료이며, 홀 수송성 재료란, 전자의 이동도보다도 홀의 이동도가 높은 유기 재료이다.

<실험 8>

(제23 실시 예 및 비교 예 5)

표 17에 도시하는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 구비한 제23 실시예의 유기 EL 소자를, 상기 실험 7과 같이 하여 제작하였다. 또한, 중간 유닛을 갖지 않는 것 이외에는, 제23 실시예의 유기 EL 소자와 마찬가지인, 표 17에 도시하는 구조의 비교예 5의 유기 EL 소자를 제작하였다.

본 실시예에서, 제1 발광 유닛은, 실험 7의 제2 발광 유닛과 같이 형성되어 있으며, 양극측에 형성되는 녹색 발광층과 음극 측에 형성되는 청색 발광층으로 형성되어 있다.

본 실시예에서, 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 3.0%DBzR) 및 청색 발광층(TBADN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성되어 있다. 오렌지색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하고, DBzR을 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

제23 실시예 및 비교예 5의 유기 EL 소자는, 상기의 구조를 갖고 있으며, 오렌지색/청색/녹색/청색의 4개의 발광층을 갖는 것이다.

[표 17]

	양극	홀 주입층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극
제23 실시 예	ITO /CF _x	HAT -CN6 (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100)	NPB +1. 0%tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
비교 예 5	ITO /CF _x	HAT -CN6 (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	없음	NPB +1. 0%tBuDPN (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)

제23 실시예 및 비교예 5의 유기 EL 소자에 대하여, 실험 7과 마찬가지로 하여 색도 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 18에 도시하였다.

[표 18]

	구동 전압(V)	CIE _x	CIE _y	발광 효율(cd/A)
제23 실시 예	17. 0	0. 25	0. 35	13. 0
비교 예 5	24. 0	0. 26	0. 34	6. 3

표 18에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 본 발명에 따른 제23 실시예의 유기 EL 소자는, 비교예 5의 유기 EL 소자에 비해 높은 발광 효율을 나타내고 있다. 또한, 제23 실시예의 유기 EL 소자는, 비교예 5의 유기 EL 소자에 비해, 양호한 백색 발광을 나타내고 있다. 이것은, 제23 실시예의 유기 EL 소자에서는, 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛의 각각에서 별개로 발광하고 있는 데 대하여, 비교예 5의 유기 EL 소자에서는, 연속하여 설치되어 있는 4개의 발광층 중 1 부분에서 발광하고 있기 때문이다. 비교예 5에서는, 한쪽의 발광 유닛밖에 재결합이 발생하지 않으며, 또한, 재결합 영역도 넓어지지 않기 때문에 발광 효율은 반감되어 있다.

이하, 본 발명의 제3 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

<실험 9>

(제24 내지 제26 실시예 및 비교예 6)

표 19에 나타내는 양극, 홀 수송층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제24 내지 제26 실시예 및 비교예 6의 유기 EL 소자를 제작하였다. 표 19에 나타낸 바와 같이, 제24 내지 제26 실시예에서는, 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층인 「HAT-CN6」층을 제1 발광 유닛에 직접 접촉하도록 인접하여 형성하고 있다. 비교예 6에서는, 전자 뽑아냄 층인 「HAT-CN6」층과 제1 발광 유닛의 사이에, 인접층으로서 NPB층을 형성하고 있다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판의 위에, 플루오로 카본(CFx)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF₃ 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는, 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극의 위에, 훌 수송층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

훌 수송층은, NPB로 형성하였다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 3.0%DBzR) 및 청색 발광층(TBADN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 모든 발광 유닛은, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하며, 청색 발광층이 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하고, DBzR을 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

청색 발광층은, TBADN을 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

[표 19]

	양극	훌수송층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극
제24 실시 예	ITO /CF _x	NPB (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제25 실시 예	ITO /CF _x	NPB (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0. 3) /HAT-CN6 (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제26 실시 예	ITO /CF _x	NPB (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0. 3) /HAT-CN6 (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
비교 예 6	ITO /CF _x	NPB (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 색도(CIE(x, y)), 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 20에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 10mA/cm²에서의 값이다.

[표 20]

	구동 전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광 효율 (cd/A)
제24실시 예	21. 2	0. 36	0. 42	11. 7
제25실시 예	20. 8	0. 35	0. 41	12. 0
제26실시 예	21. 0	0. 36	0. 41	11. 9
비교 예 6	23. 2	0. 35	0. 41	9. 7

표 20에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 제1 발광 유닛의 오렌지색 발광층을 인접층으로서 이용한 제24 내지 제26 실시 예에서는, 중간 유닛 내의 NPB층을 인접층으로서 이용한 비교예 6에 비해, 구동 전압이 낮아져 있는 것을 알 수 있다. 또한, 발광 효율도 향상되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은, 제1 발광 유닛의 오렌지색 발광층을 전자 뽑아냄 층에 인접하여 형성함으로써, 전자 뽑아냄 층으로부터의 전자 뽑아냄에 의해 발생한 훌이 효율적으로 제1 발광 유닛에 공급되기 때문이라고 생각된다.

본 발명의 제3 국면에 따르면, 제1 발광 유닛의 중간 유닛측의 발광층이 인접층으로서 기능한다. 따라서, 전자 뽑아냄 층과 직접 접촉하도록 제1 발광 유닛이 설치되어 있으며, 전자 뽑아냄 층과 제1 발광 유닛의 사이에 인접층을 형성하는 경우에 비해, 구동 전압을 낮게 할 수 있어서, 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

이하, 본 발명의 제4 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

<실험 10>

도 6에 도시하는 유기 EL 소자를 제작하였다.

표 21에 도시한 바와 같이, 도 6에 도시하는 소자 구조에서, 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층(HAT-CN6)의 두께를 5~150nm의 범위 내에서 변화시켰다.

[표 21]

설시 예	양극 /CF _x	홀주입층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수층	음극
			오렌지 색발광층	청색발광층		오렌지 색발광층	청색발광층		
27	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(5)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)
28	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)
29	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(30)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)
30	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.69)/(80)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)
31	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(100)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)
32	ITO /CF _x	HAT-CN6 (10)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP/Li/HAT-CN6 (10)/(0.6)/(150)	NPB+3.0%DBzR (60)	TBADN+2.5%TBP (50)	BCP (10)	LiF/AI (1)/(200)

제27 내지 제32 실시예의 유기 EL 소자의 특성을 평가하였다. 전압, 색도 및 효율은, 10mA/cm²의 전류로 구동하였을 때의 값이고, 휘도 반감기는 40mA/cm²의 전류로 구동하였을 때의 값이다. 평가 결과를 표 22에 나타낸다.

[표 22]

설시 예	전자 뽑아냄 층의 두께 (nm)	전압 (V)	CIE _x	CIE _y	전류 효율 (cd/A)	전력 효율 (lm/W)	휘도 반감기 (hr) at 40mA/cm ²
27	5	8.85	0.29	0.36	28.74	10.20	500
28	10	8.98	0.29	0.37	29.84	10.44	1100
29	30	8.93	0.31	0.4	33.15	11.66	1000
30	80	8.94	0.31	0.41	30.21	10.62	950
31	100	8.97	0.31	0.41	29.14	10.2	900
32	150	8.99	0.32	0.42	25.71	8.98	600

표 22에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 제28 내지 제31 실시예는, 휘도 반감기가 900시간 이상이어서, 수명 특성이 우수한 것을 알 수 있다. 또한, 전력 효율에서도 우수하다. 특히, 제28 및 제29 실시예는, 휘도 반감기가 1000시간 이상이며, 전력 효율이 101m/W 이상이어서, 수명 특성 및 발광 효율이 양호한 것을 알 수 있다.

이것에 대하여, 제27 실시예는, 휘도 반감기가 낮고, 수명 특성이 열화되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은, 전자 뽑아냄 층의 두께가 너무 얇기 때문에, Li가 전자 주입층으로부터 음극의 방향으로 확산되며, 확산된 리튬이 제1 발광 유닛의 발광층까지 도달하여, 홀과 전자의 재결합을 억제하였기 때문이라고 생각된다.

또한, 제32 실시예에서는, 휘도 반감기가 저하되고, 전력 효율도 낮아져 있어서, 수명 특성 및 발광 효율에서 저하되어 있는 것을 알 수 있다. 또한, 제32 실시예에서는, 다크 스���이 발생하였다.

이상의 점으로부터, 전자 뽑아냄 층의 두께는, 8~100nm의 범위 내인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 10~80nm의 범위 내이고, 특히 바람직하게는 10~30nm의 범위 내인 것을 알 수 있다.

이하, 본 발명의 제5 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

도 9는, 본 발명에 따른 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도이다.

도 9에 도시한 바와 같이, 음극(51)과 양극(52)의 사이에는, 제1 발광 유닛(41) 및 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)과 제2 발광 유닛(42)의 사이에는, 중간 유닛(30)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)은, 중간 유닛(30)에 대하여 음극(51)측에 설치되어 있으며, 제2 발광 유닛(42)은, 중간 유닛(30)에 대하여 양극(52)측에 설치되어 있다. 중간 유닛(30) 내에는, 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있다. 이 전자 뽑아냄 층의 음극(51)측에 인접층이 형성되어 있다. 인접층은, 전술한 바와 같이, 제1 발광 유닛(41) 내에 형성되어 있어도 되며, 중간 유닛(30) 내에 형성되어 있어도 된다.

제2 발광 유닛(42)과 양극(52)의 사이에는, 홀 주입 유닛(10)이 설치되어 있다. 홀 주입 유닛(10)은, 제2 발광 유닛(42)측에 위치하는 홀 주입층(10b)과, 양극(52)측에 위치하는 홀 주입 촉진층(10a)으로 구성되어 있다.

도 10은, 홀 주입 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면이다.

도 10에 나타내는 실시예에서, 양극(52)은 ITO(인듐 주석 산화물)로 형성되어 있다.

홀 주입 촉진층(10a)은, CuPc로 형성되어 있다.

홀 주입층(10b)은, NPB로 형성되어 있다.

도 10에서, 양극(52)측의 발광층인 오렌지색 발광층만이 제2 발광 유닛(42)으로서, 도시되어 있다. 이 오렌지색 발광층은, NPB를 호스트 재료로서 이용하고 있다.

도 10에 도시한 바와 같이, 양극(52)의 일함수의 절대값은 4.7eV이며, 홀 주입 촉진층(10a)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값은 5.0eV이고, 홀 주입층(10b)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값은 5.4eV이다.

홀 주입 촉진층(10a)의 HOMO의 값은, 전술한 바와 같이, 양극(52)의 일함수의 값과 홀 주입층(10b)의 HOMO의 값 사이의 값이기 때문에, 양극(52)으로부터 홀 주입층(10b)으로의 홀의 이동을 용이하게 할 수 있다. 따라서, 양극(52)으로부터 제2 발광 유닛으로의 홀의 주입을 촉진할 수 있다. 이것에 의해, 효율적으로 제2 발광 유닛에 홀을 주입할 수 있어, 제2 발광 유닛에서의 발광 강도를 상대적으로 높여서, 소자 전체의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

본 발명의 제5 국면에서, 홀 주입 촉진층(10a)의 두께는, 1nm~100nm의 범위인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는, 5nm~20nm의 범위이다. 또한, 홀 주입층(10b)의 두께는, 1nm~300nm의 범위인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는, 10nm~200nm의 범위 내이다.

<실험 11>

(제33 내지 제35 실시예 및 비교예 7)

표 23에 나타내는 양극, 홀 주입 유닛, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제33 내지 제35 실시예 및 비교예 7의 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판의 위에, 플루오로 카본(CFx)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF₃ 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는, 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극의 위에, 홀 주입 유닛, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

제33 내지 제35 실시예에서, 홀 주입 유닛은, CuPc로 이루어지는 홀 주입 촉진층과, NPB로 이루어지는 홀 주입층으로 구성되어 있다. 비교예 7에서는, NPB층으로 되는 홀 주입 유닛을 형성하고 있다.

또한, 중간 유닛은, 전자 주입층을 Li₂O, Li 또는 Cs로 형성하는 것 이외에는, 도 2에 도시하는 중간 유닛(30)과 마찬가지로 하여 형성하고 있다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 3.0%DBzR) 및 청색 발광층(TBADN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 모든 발광 유닛은, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하며, 청색 발광층이 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하며, DBzR을 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

청색 발광층은, TBADN을 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

[표 23]

	양극	홀주입유닛	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극
제33실 시 예	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 (15) / (0. 1) / (100)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0. 1) / (200)
제34실 시 예	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP/Li/HAT-CN6 (15) / (0. 3) / (100)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0. 1) / (200)
제35실 시 예	ITO /CFx	CuPc/NPB (10) / (50)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP/Cs/HAT-CN6 (15) / (0. 3) / (100)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0. 1) / (200)
비교예 7	ITO /CFx	NPB (100)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP/Li ₂ O/HAT-CN6 (15) / (0. 1) / (100)	NPB+ 3. 0%DBzR (30)	TBADN+ 2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O/AI (0. 1) / (200)

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 색도(CIE(x, y)), 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 24에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 10mA/cm²에서의 값이다.

[표 24]

	구동전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광효율 (cd/A)
제33실시 예	16. 7	0. 33	0. 39	19. 8
제34실시 예	15. 8	0. 33	0. 38	20. 8
제35실시 예	16. 1	0. 32	0. 38	20. 1
비교예7	21. 2	0. 36	0. 42	11. 7

표 24에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 본 발명의 제5 국면에 따라 홀 주입 촉진층 및 홀 주입층으로 이루어지는 홀 주입 유닛을 설치한 제33 내지 제35 실시예에서는, NPB층만을 홀 주입 유닛으로 한 비교예 7에 비해, 구동 전압이 낮아져 있어서, 높은 발광 효율이 얻어지고 있다. 이것은, 본 발명의 제5 국면에 따라, 양극과 홀 주입층의 사이에 홀 주입 촉진층을 형성함으로써, 양극으로부터 제2 발광 유닛으로의 홀의 이동이 용이해져서, 제2 발광 유닛으로의 홀의 주입이 촉진되었기 때문이라고 생각된다.

이하, 본 발명의 제6 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

본 발명의 제6 국면에 따른 실시예의 유기 EL 소자는, 도 9에 도시하는 구조를 갖고 있으며, 도 9에서, 홀 주입 유닛(10)이 제1 전자 뽑아냄 층(10a)과 제1 인접층(10b)으로 구성되어 있다.

도 11은, 홀 주입 유닛(10)의 주변의 에너지 다이어그램을 나타내는 도면이다. 홀 주입 유닛(10)은, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)과 제1 인접층(10b)으로 구성되어 있으며, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)은, HAT-CN6으로 형성되어 있다.

제1 인접층(10b)은, NPB로 형성되어 있다.

본 발명의 제6 국면에서, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)의 두께는, 1nm~150nm의 범위 내인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 5nm~100nm의 범위 내이다. 또한, 제1 인접층(10b)의 두께는, 1nm~300nm의 범위인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 5nm~200nm의 범위 내이다.

양극(52)은, ITO(인듐 주석 산화물)로 형성되어 있다.

도 11에 도시한 바와 같이, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값(4.4eV)과, 제1 인접층(10b)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값(5.4eV)의 차는, 1.0eV이다. 따라서, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)은, 양극 및 음극에 전압이 인가되었을 때, 제1 인접층(10b)으로부터 전자를 뽑아낼 수 있다. 방출된 전자는, 양극(52)에 흡수된다.

한편, 제1 인접층(10b)에서는, 전자가 방출되기 때문에 홀이 발생한다. 이 홀은, 제2 발광 유닛에 공급되어, 중간 유닛(30) 또는 음극(51)으로부터 공급된 전자와 재결합한다. 이상과 같이 하여, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)이 제1 인접층(10b)으로부터 전자를 뽑아냄으로써, 제1 인접층(10b)에 홀이 발생하고, 이 홀이 발광 유닛에 공급된다. 양극(52)의 일함수의 절대값은 4.8eV이며, 제1 전자 뽑아냄 층(10a)의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값은 7.0eV이고, 그 차는 2.2eV로 크기 때문에, 양극(52)으로부터 제1 전자 뽑아냄 층(10a)으로는 홀은 주입되기 어렵다. 본 발명의 제6 국면에서는, 전술한 바와 같이, 제1 인접층(10b)에서 제1 전자 뽑아냄 층(10a)이 전자를 뽑아냄으로써, 제1 인접층(10b)에 홀을 발생시키고, 이 홀을 발광 유닛에 공급하고 있다.

본 발명의 제6 국면에서는, 상기한 바와 같은 메카니즘에 의해, 홀 주입 유닛(10)으로부터 발광 유닛에 홀을 효율적으로 공급할 수 있으며, 이 때문에 구동 전압을 낮게 할 수 있어서, 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

<실험 12>

(제36 내지 제38 실시예 및 비교예 8 및 비교예 9)

표 25에 나타내는 양극, 홀 주입 유닛, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제36 내지 제38 실시예 및 비교예 8 및 비교예 9의 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판의 위에, 플루오로 카본(CFx)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF₃ 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는, 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극의 위에, 홀 주입 유닛, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

제36 내지 제38 실시예의 홀 주입 유닛에서는, 「HAT-CN6」층을 제1 전자 뽑아냄 층으로서 형성하고, 이 위에 NPB층을 제1 인접층으로서 형성하였다. 비교예 8에서는, NPB층만을 이용하여 홀 주입 유닛을 형성하였다. 비교예 9에서는, 홀 주입 유닛을 형성하지 않고, 양극 위에 직접 제2 발광 유닛을 형성하였다.

중간 유닛에서는, Li₂O, Li 또는 Cs를 이용하여 전자 주입층을 형성하고 있다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 3.0%DBzR) 및 청색 발광층(TBASN+ 2.5%TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 모든 발광 유닛은, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하며, 청색 발광층이 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, NPB를 호스트 재료로서 이용하고, DBzR을 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

청색 발광층은, TBASN을 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

[표 25]

	양극	홀주입유닛	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극
제36설 시 예	ITO /CF _x	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제37설 시 예	ITO /CF _x	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li (0. 3) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
제38설 시 예	ITO /CF _x	HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Cs (0. 3) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
비교 예 8	ITO /CF _x	NPB (100)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)
비교 예 9	ITO /CF _x	없음	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15) /Li ₂ O (0. 1) /HAT-CN6 (100) /NPB (20)	NPB +3. 0%DBzR (30)	TBADN +2. 5%TBP (40)	BCP (15)	Li ₂ O (0. 1) /Al (200)

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 색도(CIE(x, y)), 및 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 26에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 10mA/cm²에서의 값이다.

[표 26]

	구동 전압 (V)	CIE _x	CIE _y	발광 효율 (cd/A)
제36설시 예	12. 4	0. 35	0. 42	20. 2
제37설시 예	11. 5	0. 34	0. 41	21. 2
제38설시 예	11. 8	0. 35	0. 42	20. 9
비교 예 8	21. 0	0. 36	0. 42	11. 7
비교 예 9	13. 0	0. 32	0. 41	17. 3

표 26에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 본 발명의 제6 국면에 따라 제1 전자 뽑아냄 층과 제1 인접층으로 되는 홀 주입 유닛을 형성한 제36 내지 제38 실시예의 유기 EL 소자는, 비교예 8 및 비교예 9의 유기 EL 소자에 비해, 구동 전압이 낮고, 발광 효율이 높아져 있다.

이하, 본 발명의 제7 국면에 따른 실시예에 대하여 설명한다.

도 12는, 본 발명의 제7 국면에 따른 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도이다. 도 12에 도시한 바와 같이, 음극(51)과 양극(52)의 사이에는, 제1 발광 유닛(41), 제2 발광 유닛(42), 및 제3 발광 유닛(43)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)과 제2 발광 유닛(42)의 사이에는, 중간 유닛(30)이 설치되어 있다. 제2 발광 유닛(42)과 제3 발광 유닛(43)의 사이에는, 중간 유닛(31)이 설치되어 있다.

중간 유닛(30)은, 음극(51)측에 위치하는 전자 뽑아냄 층(30a)과, 양극(52)측에 위치하는 전자 수송층(30c)과, 전자 뽑아냄 층(30a) 및 전자 수송층(30c)의 사이에 형성되는 전자 주입층(30b)으로 구성되어 있다. 중간 유닛(31)도 마찬가지로, 음극(51)측에 형성되어 있는 전자 뽑아냄 층(31a)과, 음극(52)측에 형성되는 전자 수송층(31c)과, 전자 뽑아냄 층(31a) 및 전자 수송층(31c)의 사이에 형성되는 전자 주입층(31b)으로 구성되어 있다.

음극(51)과, 제1 발광 유닛(41)의 사이에는, 전자 수송층(12)이 형성되어 있다. 양극(52)과 제3 발광 유닛(43)의 사이에는, 홀 주입층(10)이 형성되어 있다.

본 발명의 제7 국면에서는, 각 전자 수송층(12, 30c 및 31c)의 막 두께는, 음극(51)으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있다. 따라서, 전자 수송층(30c)의 막 두께는, 전자 수송층(12)의 막 두께보다 두꺼워지도록 설정되어 있으며, 전자 수송층(31c)의 막 두께는, 전자 수송층(30c)의 막 두께보다 두꺼워지도록 설정되어 있다. 또한, 전자 수송층(12, 30c 및 31c)의 각각의 막 두께는, 40nm 이하로 되도록 설정되어 있다.

전자 수송층(12, 30c 및 31c)의 막 두께를, 상기한 바와 같이 설정함으로써, 각 발광 유닛(41, 42 및 43)에 대한 전자의 주입의 밸런스를 개선시킬 수 있다. 이 때문에, 각 발광 유닛(41, 42 및 43)에서의 발광 강도를 균일하게 균접시킬 수 있으며, 이 결과 소자 전체로서의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

본 발명의 제7 국면의 다른 양태에 따르면, 홀 주입층(10) 및 전자 뽑아냄 층(30a 및 31a)의 막 두께는, 양극(52)으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있다. 따라서, 전자 뽑아냄 층(31a)의 막 두께는, 홀 주입층(10)의 막 두께보다도 두꺼워지도록 설정되어 있으며, 전자 뽑아냄 층(30a)의 막 두께는, 전자 뽑아냄 층(31a)의 막 두께보다 두꺼워지도록 설정되어 있다. 또한, 홀 주입층 및 전자 뽑아냄 층(30a, 31a)의 각각의 막 두께는, 100nm 이하로 되도록 설정되어 있다.

홀 주입층(10) 및 전자 뽑아냄 층(30a, 31a)의 막 두께를, 상기한 바와 같이 설정함으로써, 각 발광 유닛(41, 42, 43)에 대한 홀의 주입의 밸런스를 개선시킬 수 있다. 이 결과, 각 발광 유닛(41, 42, 43)에서의 발광 강도를 균일하게 균접시킬 수 있어, 소자 전체로서의 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

도 12에 도시한 실시예에서는, 3개의 발광 유닛을 갖고 있지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니라, 적어도 2개의 발광 유닛이 설치되어 있으면 된다.

도 13은 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 도시하는 도면이다. 중간 유닛(30)은, 전자 뽑아냄 층(30a), 전자 주입층(30b) 및 전자 수송층(30c)으로 구성되어 있다. 전자 뽑아냄 층(30a)의 음극측에는, 인접층(40)이 형성되어 있다. 또한, 중간 유닛(30)의 양극측에는, 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 도 13에서는, 제2 발광 유닛(42)의 중간 유닛(30)측의 층만이 도시되어 있다.

도 13에 도시한 실시예에서, 전자 뽑아냄 층(30a)은, HAT-CN6으로 형성되어 있다.

또한, 전자 주입층(30b)은, Li(금속 리튬)로 형성되어 있다.

또한, 전자 수송층(30c)은, BCP로 형성되어 있다.

본 발명의 제7 국면에서, 전자 수송층의 막 두께는, 상술한 바와 같이 40 nm 이하이며, 더 바람직하게는, 1~40nm의 범위이다. 전자 주입층(30b)의 막 두께는, 0.1~10nm의 범위인 것이 바람직하며, 더 바람직하게는 0.1~1nm의 범위이다. 전자 뽑아냄 층(30a)의 막 두께는, 상술한 바와 같이 100nm 이하인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 1~100nm의 범위 내이며, 더 바람직하게는 5~50nm의 범위 내이다.

도 13에 도시한 실시예에서, 인접층(40)은, NPB로 형성되어 있다.

도 13에 도시한 실시예에서, 제2 발광 유닛(42)으로서 도시되어 있는 층은, TBADN으로 형성되어 있다.

도 13에 도시한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층(30a)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값(4.4eV)과, 인접층(40)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값(5.4eV)의 차는, 1.5eV 이내이다. 또한, 전자 주입층(30b)의 LUMO 에너지 레벨(일함수)의 절대값은, 전자 뽑아냄 층(30a)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값보다 작고, 전자 수송층(30c)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값은, 전자 주입층(30b)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값보다 작다.

따라서, 전자 뽑아냄 층(30a)은, 양극 및 음극에 전압이 인가되었을 때, 인접층(40)으로부터 전자를 뽑아낼 수 있다. 뽑아내어진 전자는, 전자 주입층(30b) 및 전자 수송층(30c)을 통과하여, 제2 발광 유닛(42)에 공급된다.

또한, 인접층(40)에서는, 전자가 뽑아지기 때문에 홀이 발생한다. 이 홀은, 제1 발광 유닛에 공급되어, 음극 또는 인접하는 중간 유닛으로부터 공급된 전자와 재결합한다. 이 결과, 제1 발광 유닛 내에서 발광한다.

제2 발광 유닛에 공급된 전자는, 양극 또는 인접하는 중간 유닛으로부터 공급된 홀과 제2 발광 유닛(42) 내에서 재결합한다. 이 결과, 제2 발광 유닛(42) 내에서 발광한다.

제3 발광 유닛에서도 마찬가지로 발광한다.

이상과 같이, 본 발명에 따르면, 제1 발광 유닛 내, 제2 발광 유닛 내 및 제3 발광 유닛 내에서, 각각 재결합 영역을 형성할 수 있어, 발광시키는 것이 가능하다. 이 결과, 발광 효율을 높일 수 있음과 함께, 제1 발광 유닛, 제2 발광 유닛 및 제3 발광 유닛의 발광색으로 발광시킬 수 있다.

<실험13>

표 27에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 숫자는, 각 층의 막 두께(nm)를 나타내고 있다. 중간 유닛에서, BCP로 형성되어 있는 전자 수송층의 막 두께 X는, 표 28에 나타낸 바와 같이 70nm 내지 500nm 사이에서 변화시켰다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 클래스 기판 상에, 플루오로 카본(CF_x)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF_3 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극 상에, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

홀 주입층은, HAT-CN6으로 형성되어 있다.

중간 유닛은, 전자 주입층을 Li_2O 로 형성하는 것 이외에는, 도 2에 도시한 중간 유닛(30)과 마찬가지로 하여 형성하고 있다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(90% NPB+ 10% tBuDPN+ 3.0% DBzR) 및 청색 발광층(80% TBADN+ 20% NPB+ 2.5% TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 어느 발광 유닛에서도, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하고, 청색 발광층이 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, 90% NPB+ 10% tBuDPN을 호스트 재료로서 이용하고, NPB와 tBuDPN의 합계 100중량%에 대하여 3.0중량%의 DBzR을 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

청색 발광층은, 80% TBADN+ 20% NPB를 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBADN과 NPB의 합계 100중량%에 대하여 2.5중량%의 TBP를 도우편트 재료로서 이용하고 있다.

[표 27]

양극	홀 주입층	제2 발광 유닛		중간 유닛	제1 발광 유닛		전자 수송층	음극
ITO $/CF_x$	HAT -CN6 (50) 60)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) LiF (1) /Al (200)	

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 28에 나타내었다. 또한, 발광 효율은, 20mA/cm²에서의 값이다.

[표 28]

음극측 전자 수송층의 막 두께 (nm)	중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 (nm)	전자 수송층의 막 두께의 비 (중간유닛/음극측)	발광 효율 (cd/A)	발광 효율 의비 (%)	구동 전압 (V)
12	7	0.6	22.8	93	7.9
12	12	1.0	24.1	100	7.2
12	17	1.4	29.5	122	7.8
12	22	1.8	30.5	127	7.7
12	32	2.7	26.4	110	7.8
12	40	3.3	24.4	101	8.2
12	50	4.2	19.1	79	8.5

표 28에 나타내는 결과로부터 명백해지는 바와 같이, 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 17nm~40nm로 하여, 음극측의 전자 수송층보다 두껍게 한 경우, 음극측의 전자 수송층의 막 두께와 동일한 120nm로 한 경우에 비해 발광 효율이 향상되는 것을 알 수 있다. 이것은, 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 두껍게 함으로써, 음극측으로부터 떨어진 제2 발광 유닛에서의 전자의 주입이 촉진되며, 이 결과 제1 발광 유닛과 제2 발광 유닛에서 전자의 주입이 거의 동일한 정도로 되어, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 발광 강도가 균일하게 균접하여, 전체적으로 발광 효율이 높아지게 된 것에 의한 것으로 생각된다.

중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 50nm로 한 경우에는, 발광 효율이 저하되어 있다. 이것은, 전자 수송층의 막 두께가 너무 두껍게 되기 때문에, 전자의 주입에 장애가 발생하고, 이에 의해 발광 효율이 저하된 것에 의한 것으로 생각된다.

또한 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 7nm로 하여, 음극측의 전자 수송층의 막 두께보다 얇게 한 경우에는, 발광 효율이 저하되어 있는 것을 알 수 있다.

이상의 점으로부터, 본 발명의 제7 국면에 따라, 각 전자 수송층의 막 두께가, 음극으로부터 떨어짐에 따라 두껍게 되도록 설정하고, 또한 40nm 이하로 되도록 설정함으로써, 양호한 발광 효율이 얻어지는 것을 알 수 있다.

<실험14>

표 29에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제3 발광 유닛, 제2 중간 유닛, 제2 발광 유닛, 제1 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다. 이하의 표에서, () 내의 두께는, 각 층의 두께(nm)를 나타내고 있다.

제1 중간 유닛 및 제2 중간 유닛에 대해서는, 제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 X 및 제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 Y를, 표 30에 나타낸 바와 같이 변화시키는 것 이외에는, 실험 13과 마찬가지로 하여 형성하고 있다.

또한, 제1~제3 발광 유닛도, 실험13에서의 발광 유닛과 마찬가지로 하여 형성하고 있다. 또한, 양극, 홀 주입층, 전자 수송층, 및 음극도, 실험13과 마찬가지로 하여 형성하고 있다.

제작한 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 표 30에 나타내었다.

[표 29]

양극 ITO /CFx	홀 주입층 HAT -CN6 (50)	제3 발광 유닛 90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	제2 중간유닛 80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	제2 발광 유닛 BCP (Y) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (50)	제1 중간유닛 90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	제1 발광 유닛 80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	음극 BCP (X) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (50)

제1 발광 유닛 90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	전자수송층 80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	음극 BCP (12) LiF (1) /Al (200)

[표 30]

음극측 전자수송층의 막두께 (nm)	제1 중간유닛의 전자수송층의 막두께 X (nm)	제2 중간유닛의 전자수송층의 막두께 Y (nm)	전자수송층의 막두께의 비 (제1 중간유닛 /음극측)	전자수송층의 막두께의 비 (제2 중간유닛 /음극측)	발광효율 (cd/A)	구동전압 (V)
12	12	12	1. 00	1. 00	57. 1	11. 2
12	14	18	1. 17	1. 50	65	11. 3

표 30에 나타내는 바와 같이, 제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 음극측의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 하고, 또한 제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 함으로써, 높은 발광 효율이 얻어지는 것을 알 수 있다.

<실험15>

표 31에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제4 발광 유닛, 제3 중간 유닛, 제3 발광 유닛, 제2 중간 유닛, 제2 발광 유닛, 제1 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다.

제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 X, 제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 Y, 및 제3 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 Z를, 표 32에 나타내는 바와 같은 값으로 설정하는 것 이외에는, 실험13의 중간 유닛과 마찬가지로 하여 형성하였다.

제1~제4 발광 유닛은, 실험13의 발광 유닛과 마찬가지로 하여 형성하였다. 또한, 양극, 홀 주입층, 전자 수송층, 및 음극은, 실험13과 마찬가지로 하여 형성하고 있다.

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여 발광 효율을 측정하고, 발광 효율을 구동 전압과 함께 표 32에 나타낸다.

[표 31]

양극 홀 주입층		제4 발광 유닛	제3 중간 유닛	제3 발광 유닛	제2 중간 유닛		
ITO /CFx	HAT -CN6 (20)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Z) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (20)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Y) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (20)

제2 발광 유닛	제1 중간유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극	
90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (20)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) LiF (I) /Al (200)

[표 32]

음극측 전자 수송층의 막두께 (nm)	제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막두께 X (nm)	제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막두께 Y (nm)	제3 중간 유닛의 전자 수송층의 막두께 Z (nm)	발광 효율 (cd/A)	구동 전압 (V)
12	12	12	12	75. 3	17. 6
12	14	16	18	79. 2	17. 5

표 32에 나타내는 결과로부터 명백해지는 바와 같이, 제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를, 음극측의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 하고, 제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 제1 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 하며, 제3 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를, 제2 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 함으로써, 높은 발광 효율이 얻어지고 있다.

<실험16>

본 실험에서는, 홀 주입층 및 전자 뽑아냄 층의 두께를 변화시켰다.

표 33에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다.

중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께 Y를, 표 34에 나타내는 바와 같이 10nm~110nm의 범위에서 변화시켜, 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 음극측의 전자 수송층의 막 두께와 동일한 12nm로 하는 것 이외에는, 실험13과 마찬가지로 하여 각 층을 형성하였다.

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 발광 효율을 구동 전압과 함께 표 34에 나타냈다.

[표 33]

양극 홀 주입층	제2 발광 유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극		
ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li ₂ O (0. 2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) LiF (I) /Al (200)

[표 34]

양극측 홀주입층의 막두께 X (nm)	중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막두께 Y (nm)	발광효율 (cd/A)	발광효율 (%)	구동전압 (V)
50	10	18.6	77	7.7
50	50	24.1	100	7.2
50	70	26.5	110	7.7
50	100	24.8	103	8.1
50	110	19.2	80	8.6

표 34에 나타내는 결과로부터 명백해지는 바와 같이, 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를, 음극측의 홀 주입층의 막 두께보다 두꺼운 70nm~100nm 범위 내로 함으로써, 홀 주입층의 막 두께와 동일한 50nm로 한 경우보다, 높은 발광 효율이 얻어지는 것을 알 수 있다. 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 110nm로 하면, 발광 효율이 저하되는 것을 알 수 있다. 이것은, 전자 뽑아냄 층의 두께가 너무 두껍게 되면, 홀의 이동에 장해가 발생하게 되기 때문으로 생각된다. 또한, 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 홀 주입층의 막 두께보다 너무 얇게 하면, 발광 효율이 저하되는 것을 알 수 있다.

<실험17>

본 실험에서는, 발광 유닛을 3개로 하고, 중간 유닛에서의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 변화시켰다.

표 35에 나타내는, 양극, 홀 주입층, 제3 발광 유닛, 제2 중간 유닛, 제2 발광 유닛, 제1 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다.

제1 발광 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께 Z 및 제2 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께 Y를, 표 36에 나타내는 바와 같이 변화시켰다. 그 이외에는, 실험13과 마찬가지로 하여 양극, 홀 주입층, 각 발광 유닛, 각 중간 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 형성하였다.

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 구동 전압과 함께 측정 결과를 표 36에 나타냈다.

[표 35]

양극 홀 주입층	제3 발광 유닛	제2 중간유닛	제2 발광 유닛	제1 중간유닛
ITO /CFx /-CN6 (X)	HAT +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	90%NPB +20%NPB +2.5%TBP (50)	80%TBALN BCP (12) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)

제1 발광 유닛	전자 수송층	음극
90%NPB +10%BuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBALN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /LiF (1) /Al (200)

[표 36]

양극측 홀 주입층의 막두께X (mm)	제1 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막두께 Y (mm)	제2 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막두께 Z (mm)	발광 효율 (cd/A)	구동 전압 (V)
50	50	50	57.1	11.2
50	60	70	61.2	11.7

표 36에 나타내는 결과로부터 명백해지는 바와 같이, 제1 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 양극측의 홀 주입층의 막 두께보다 두껍게 하여, 제2 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 제1 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께보다 두껍게 함으로써, 높은 발광 효율이 얻어지고 있다.

<실험18>

본 실험에서는, 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층 및 전자 수송층의 양방을 변화시켰다.

표 37에 나타내는, 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층 및 음극을 갖는 유기 EL 소자를 제작하였다.

중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께 Z 및 전자 뽑아냄 층의 막 두께 Y를, 표 38에 나타내는 바와 같이 변화시켰다. 그 이외에는, 실험13과 마찬가지로 하여, 양극, 홀 주입층, 각 발광 유닛, 중간 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 형성하였다.

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 38에 나타냈다.

[표 37]

양극	홀 주입층	제2 발광 유닛	중간 유닛	제1 발광 유닛	전자 수송층	음극		
I TO /CFx	HAT -CN6 (X) (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR	80%TBADN +20%TPB +2.5%TBP	BCP (Z) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (W)	LiF (I) /Al (200)

[표 38]

양극측 홀 주입층의 막두께X (mm)	중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막두께Y (mm)	음극측 전자 수송층의 막두께W (mm)	중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막두께Z (mm)	발광 효율 (cd/A)	발 광 효 율 (%)	구동 전 압 (V)
50	10	12	7	18.8	78	7.8
50	50	12	12	24.1	100	7.2
50	70	12	17	30.2	125	7.6

표 38에 나타내는 바와 같이, 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 음극측의 전자 수송층의 막 두께보다 두껍게 하고, 또한 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 양극측의 홀 주입층의 막 두께보다 두껍게 함으로써, 높은 발광 효율이 얻어지고 있다. 또한, 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 음극측의 전자 수송층의 막 두께보다 얕게 하고, 중간 유닛의 전자 뽑아냄 층의 막 두께를 양극측의 홀 주입층의 막 두께보다 얕게 함으로써, 발광 효율이 저하되고 있는 것을 알 수 있다.

표 28에서 중간 유닛의 전자 수송층의 막 두께를 17mm로 한 경우(발광 효율 29.5cd/A), 및 표 34에서 중간 유닛의 볼 주입층의 막 두께를 70mm로 한 경우(26.5cd/A)에 비해, 발광 효율이 30.2cd/A보다 높게 되어 있다. 이 때문에, 중간 유닛에서, 전자 수송층 및 홀 주입층의 어느 막 두께도 본 발명의 제7 국면에 따라 두껍게 함으로써, 발광 효율을 한층 더 높게 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

이하, 본 발명의 제8 국면에 따르는 실시예에 대하여 설명한다.

도 14는 본 발명의 제8 국면에 따르는 유기 EL 소자를 도시하는 모식적 단면도이다. 도 14에 도시한 바와 같이, 음극(51)과 양극(52) 사이에는, 제1 발광 유닛(41) 및 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)과 제2 발광 유닛(42) 사이에는, 중간 유닛(30)이 설치되어 있다. 제1 발광 유닛(41)은, 중간 유닛(30)에 대하여 음극(51)측에 설치되어 있으며, 제2 발광 유닛(42)은, 중간 유닛(30)에 대하여 양극(52)측에 설치되어 있다.

중간 유닛(30) 내에는, 전자 뽑아냄 층(31) 및 전자 수송층(33)이 형성되어 있다.

본 발명의 제8-1 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층(31)에, 전자 뽑아냄 측진 재료가 도핑되어 있다. 전자 뽑아냄 층(31)에서의 전자 뽑아냄 측진 재료의 함유량은, 0.1~50중량%의 범위 내가 바람직하고, 더 바람직하게는 1~45중량%이다.

본 발명의 제8-2 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층(31)과, 제1 발광 유닛(41) 사이에, 전자 뽑아냄 측진층(34)이 형성된다. 전자 뽑아냄 측진층(34)의 두께는, 0.1~100mm의 범위가 바람직하고, 더 바람직하게는 0.5~50mm의 범위 내이다.

본 발명의 제8-3 국면에 따르면, 전자 수송층(33) 및/또는 전자 뽑아냄 층(31)에, 전자 주입 유기 재료가 도핑되어 있다. 전자 주입 유기 재료의 함유량은, 0.1~50중량%의 범위 내인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 1~45중량%의 범위 내이다.

본 발명의 제8-4 국면에 따르면, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에, 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층(35)이 형성된다. 전자 주입 유기 재료층(35)의 두께는, 0.1~100mm의 범위 내인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.5~50mm의 범위 내이다.

본 발명의 제8 국면에서, 전자 주입층(32)이 형성되는 경우에는, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에 형성되고, 전자 주입 유기 재료층(35)이 존재하는 경우에는, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 주입 유기 재료층(35) 사이에 형성된다. 전자 주입층(32)의 두께는, 0.1~100mm의 범위 내인 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 0.2~50mm의 범위 내이다. 전자 주입층(32)의 두께는 매우 얇기 때문에, 인접하는 전자 주입 유기 재료층(35)이나 전자 수송층(33)의 표면으로 확산되어 도핑된 상태에서 형성되어 있어도 된다.

도 15는 본 발명의 제8-1 국면에 따르는 일 실시예의 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 도시하는 도면이다. 중간 유닛(30)은, 전자 뽑아냄 층(31), 전자 주입층(32) 및 전자 수송층(33)으로 구성되어 있다. 전자 뽑아냄 층(31)의 음극측에는, 제1 발광 유닛(41)의 중간 유닛(30)측의 발광층인 인접층(40)이 형성되어 있다. 또한, 중간 유닛(30)의 양극측에는, 제2 발광 유닛(42)이 설치되어 있다. 도 2에서는, 제2 발광 유닛(42)의 중간 유닛(30)측의 발광층만이 도시되어 있다.

도 15에 도시하는 실시예에서, 전자 뽑아냄 층(31)은, HAT-CN6으로 형성되어 있다.

전자 주입층(32)은, Li(금속리튬)로 형성되어 있다.

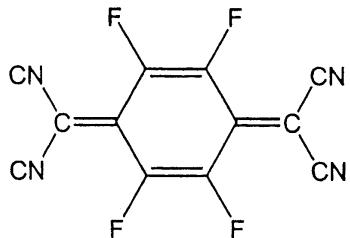
전자 수송층(33)은, BCP로 형성되어 있다.

인접층(발광층)(40)은, NBP를 호스트 재료로서 함유하고 있다.

제2 발광 유닛(42)으로서 나타내고 있는 발광층은, TBADN을 호스트 재료로서 함유하고 있다.

도 15에 도시한 실시예에서는, 전자 뽑아냄 층(31)에, 4F-TCNQ(2, 3, 5, 6-테트라플루오로-7, 7, 8, 8-테트라시아노-퀴노지메탄)이 도핑되어 있다. 즉, 4F-TCNQ가, 전자 뽑아냄 측진 재료로서 도핑되어 있다. 4F-TCNQ는, 이하의 구조를 갖고 있다.

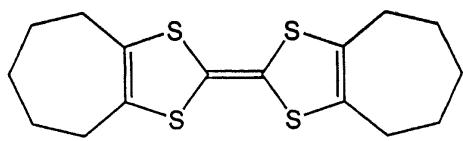
화학식 16
4 F - T C N Q



4F-TCNQ

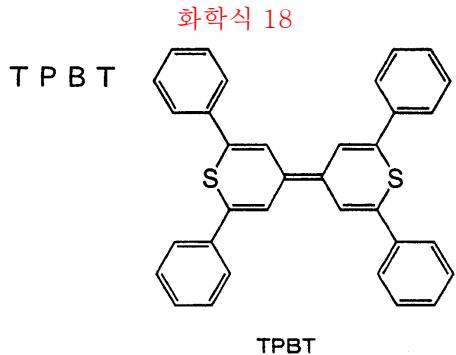
후술하는 실시예에서, 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 이용하는 OHBBDT(4, 5, 6, 7, 4', 5', 6', 7'-옥타히드로-[2, 2'] 비[벤조[1, 3] 디티오릴리덴])은, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 17
O H B B D T



OHBBDT

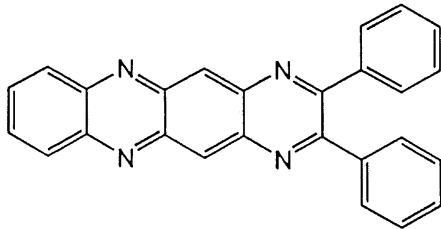
또한, 후술하는 실시예에서, 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 이용하는 TPBT(2, 2, 2', 2'-테트라페닐-비-티아피린-4, 4'-디아리덴)은, 이하의 구조를 갖고 있다.



또한, 후술하는 실시예에서 전자 주입 유기 재료로서 이용하는 DTN(2, 3-디페닐-1, 4, 6, 11-테트라아저-나프타센)은, 이하의 구조를 갖고 있다.

화학식 19

DTN



DTN

도 15에 도시한 바와 같이, 전자 뽑아냄 층(31)의 LUMO 에너지 레벨의 절대값(4.4eV)과, 인접층(40)의 HOMO 에너지 레벨의 절대값(5.4eV)의 차는, 2.0eV 이내이고, 도 15의 경우, 1.0eV로 되어 있다. 이 값이 2.0eV인 경우, 전자 뽑아냄 층(31)은, 양극 및 음극에 전압이 인가되었을 때, 인접층(40)으로부터 전자를 뽑아낼 수 있다. 또한, 이 값이 작은 쪽이 전자 뽑아냄 효과는 크다. 예를 들면, 이 값이 1.5eV인 경우에는, 이 값이 2.0eV인 경우보다, 보다 전자의 뽑아냄 효과가 크고, 또한 도 15와 같이 1.0eV 이하의 것이 가장 바람직하다. 전자 뽑아냄 층(31)에는, 4F-TCNQ가 도핑되어 있고, 이 4F-TCNQ의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값은, 4.6eV이다. 따라서, 전자 뽑아냄 층(31)은, 4F-TCNQ를 도핑함으로써, 인접층(40)으로부터 전자의 뽑아냄이 용이하게 되어, 효율적으로 전자를 뽑아낼 수 있다. 뽑아내어진 전자는, 전자 주입층(32) 및 전자 수송층(33)을 통과하여, 제2 발광 유닛(42)에 공급된다.

인접층(40)에서는, 전자가 뽑아내어지기 때문에 홀이 발생한다. 이 홀은, 제1 발광 유닛 내에서 음극으로부터 공급된 전자와 재결합한다. 이 결과, 제1 발광 유닛 내에서 발광한다.

제2 발광 유닛에 공급된 전자는, 양극으로부터 공급된 홀과 제2 발광 유닛(42) 내에서 재결합한다. 이 결과 제2 발광 유닛(42) 내에서 발광한다.

이상과 같이, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛 내에서 각각 재결합 영역을 형성할 수 있어, 발광시킬 수 있다. 따라서, 발광 효율을 높일 수 있음과 함께, 제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛의 발광색을 발광시킬 수 있다.

도 16은 본 발명의 제8-1 국면 및 제8-4 국면에 따르는 중간 유닛 주변의 에너지 다이어그램을 도시하는 도면이다. 도 16에 도시한 실시예에서는, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층(35)이 형성되어 있다.

전자 뽑아냄 층(31)에는, 도 15에 도시한 실시예와 마찬가지로, 4F-TCNQ가, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에 형성하고 있지만, 본 발명의 제8-3 국면에 따라, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층(35)이 형성되어 있으며, 그 LUMO의 에너지 레벨은, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이의 값이기 때문에, 전자 수송층(33)에 효율적으로 전자를 주입할 수 있다.

도 16에 도시한 실시예에서는, 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 유기 재료층(35)을 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에 형성하고 있지만, 본 발명의 제8-3 국면에 따라, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료를, 전자 뽑아냄 층(31) 및/또는 전자 수송층(33)에 도핑해도, 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

도 15 및 도 16에 도시한 각각의 실시예에서는, 전자 뽑아냄 층(31) 내에, 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에 형성하고 있지만, 4F-TCNQ로 이루어지는 전자 뽑아냄 층(31)과 전자 수송층(33) 사이에 형성해도, 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

<실험19>

(제39 실시예~53 및 비교예10~비교예12)

표 39에 나타내는 양극, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 갖는 제39 실시예~제53 실시예 및 비교예10~비교예12의 유기 EL 소자를 제작하였다.

양극은, ITO(인듐 주석 산화물)막이 형성된 글래스 기판 상에, 플루오로 카본(CF_x)층을 형성함으로써 제작하였다. 플루오로 카본층은, CHF_3 가스의 플라즈마 중첩에 의해 형성하였다. 플루오로 카본층의 두께는 1nm로 하였다.

이상과 같이 하여 제작한 양극 상에, 홀 주입층, 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층, 및 음극을 증착법에 의해 순차적으로 퇴적하여 형성하였다.

제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛은, 오렌지색 발광층(NPB+ 10% tBuDPN+ 3.0% DBzR) 및 청색 발광층(TBADN+ 20% NPB+ 2.5% TBP)을 적층하여 형성하고 있다. 어느 발광 유닛에서도, 오렌지색 발광층이 양극측에 위치하고, 청색 발광층은 음극측에 위치하고 있다. 또한, %는 특별히 언급하지 않는 한 중량%이다.

오렌지색 발광층에서는, NPB 및 tBuDPN을 호스트 재료로서 이용하고, DBzR을 도우펀트 재료로서 이용하고 있다.

청색 발광층은, TBADN 및 NPB를 호스트 재료로서 이용하고 있으며, TBP를 도우펀트 재료로서 이용하고 있다.

제작한 각 유기 EL 소자에 대하여, 발광 효율을 측정하고, 측정 결과를 구동 전압과 함께 표 39에 나타내었다. 또한, 발광 효율은 $10mA/cm^2$ 에서의 값이다.

[豆 39]

제작일	양극	홀주입증	제2 반향 유닛		제1 반향 유닛						
			오·현지 채널복종	청색 방광증	오·현지 채널복종	청색 방광증					
제 39회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP/L1,0/HAT-CN6+25%4F-T-CNQ	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.2	32.0
제 40회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 41회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP/L1,0/HAT-CN6+20%HBRDT	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	28.8
제 42회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 43회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP/L1,0/HAT-CN6+25%TPBT	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.2	29.8
제 44회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 45회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP/L1,0/HAT-CN6/TPBT	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	8.5	29.7
제 46회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(47)/(3)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 47회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /TN/ L1,0 / HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.1	33.1
제 48회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 49회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /BP/ 50%DTN/L1,0/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	24.5
제 50회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 51회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /DTN/L1,0/HAT-CN6+25%4F-T-CNQ	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	6.8	34.5
제 52회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6/NPB (50) / (30)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 53회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6/NPB (50) / (30)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 54회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /50%DTN+50%HAT-CN6/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	11.0	27.0
제 55회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 56회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6/NPB (50) / (30)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	BCP /DTN/L1,0/HAT-CN6+25%4F-T-CNQ/NPB	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	32.5
제 57회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6/NPB (50) / (30)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 58회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /DTN/CS/HAT-CN6+25%4F-T-CNQ/NPB	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	32.6
제 59회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 60회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /L1,0/HAT-CN6+25%4F-T-CNQ	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.2	31.8
제 61회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6/NPB (50) / (30)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 62회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /50%DTN+50%HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	29.7
제 63회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 64회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /L1,0/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.2	31.3
제 65회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 66회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /50%DTN+50%HAT-CN6/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.3	33.8
제 67회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 68회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	14.2	11.5
제 69회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 70회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /L1,0/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	7.4	24.0
제 71회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)/(0, 2)/(50)	+3.0%DBRz(30)	+2.5%TFB(40)	(10)	(10)/(2000)	L1/F/AI	
제 72회 시 예	I70 /TFX	HAT-CN6 (50)	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP /L1,0/HAT-CN6	NPB+10%BaDPN	TBDN+20%NPB	BCP	L1/F/AI	6.0	12.1

표 39에 나타내는 바와 같이, 제39 실시예에서는, 4F-TCNQ를 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 전자 수송층 내에 도핑하고 있다. 제40 실시예에서는, OHBBDT를 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 전자 뽑아냄 층에 도핑하고 있다. 제41 실시예에서는, TPBT를 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 전자 뽑아냄 층에 도핑하고 있다.

제42 실시예에서는, TPBT로 이루어지는 전자 뽑아냄 촉진충을, 전자 수송충과, 인접충인 제1 발광 유닛의 오렌지색 발광 충 사이에 형성하고 있다.

제43 실시예에서는, 전자 주입 유기 재료인 DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층을, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Li_2O 로 이루어지는 전자 주입층 사이에 형성하고 있다.

제44 실시예에서는, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Li_2O 로 이루어지는 전자 주입층 사이에, 50% DTN을 도핑한 BCP의 층을 형성하고 있다. 따라서, 전자 수송층의 표면에 DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료가 도핑되어 있다.

제45 실시예에서는, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Li₂O로 이루어지는 전자 주입층 사이에 DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이 형성되어 있다. 또한, 전자 뽑아냄 층에서는, 4F-TCNQ로 이루어지는 전자 뽑아냄 촉진 재료가 도핑되어 있다.

제46 실시예에서는, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Li₂O로 이루어지는 전자 주입층 사이에, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이 형성되어 있다. 또한, 전자 뽑아냄 층에는, 4F-TCNQ가 도핑되어 있고, 인접층으로서, 중간 유닛 내에 NPB로 이루어지는 층이 형성되어 있다.

제47 실시예에서는, 전자 뽑아냄 층과 BCP로 이루어지는 전자 수송층 사이에, 50% DTN을 도핑한 HAT-CN6으로 이루어지는 층이 형성되어 있다. 따라서, 전자 뽑아냄 층의 표면에 DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료가 도핑되어 있다.

제48 실시예에서는, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Li로 이루어지는 전자 주입층 사이에, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이 형성되어 있다. 전자 뽑아냄 층에는, 4F-TCNQ가 도핑되어 있고, 중간 유닛 내에, NPB로 이루어지는 인접층이 형성되어 있다.

제49 실시예에서는, BCP로 이루어지는 전자 수송층과, Cs로 이루어지는 전자 주입층 사이에, DTN으로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이 형성되어 있다. 또한, 전자 뽑아냄 층에는, 4F-TCNQ로 이루어지는 전자 뽑아냄 촉진 재료가 도핑되어 있다. 또한, 중간 유닛에는, NPB로 이루어지는 인접층이 형성되어 있다.

제50 실시예에서는, 전자 뽑아냄 층에, 4F-TCNQ로 이루어지는 전자 뽑아냄 촉진 재료가 도핑되어 있다.

제51 실시예에서는, Mg로 이루어지는 전자 주입층에, 전자 뽑아냄 층의 재료로서 HAT-CN6이 50% 도핑되어 있다. 또한, Mg의 일함수는 -3.7eV이다.

제52 실시예에서는, Mg로 이루어지는 전자 주입층에, 전자 주입 유기 재료로서 DTN이 50% 도핑되어 있다.

제53 실시예에서는, Mg에 50%의 HAT-CN6을 도핑한 제1 전자 주입층과, Mg에 50%의 DTN을 도핑한 제2 전자 주입층이 형성되어 있다. 제1 전자 주입층은 음극측에 배치되어 있고, 제2 전자 주입층은 양극측에 배치되어 있다.

비교예10에서는, 중간 유닛 내에, 전자 뽑아냄 층과 전자 수송층만이 형성되어 있다.

비교예11에서는, 전자 뽑아냄 층과, 전자 주입층과, 전자 수송층만이 형성되어 있다.

비교예12에서는, 중간 유닛이 설치되어 있지 않다.

표 39에 나타내는 결과로부터 명백해지는 바와 같이, 본 발명의 제8-1 국면에 따르는 제39 실시예~제41 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-2 국면에 따르는 제42 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-4 국면에 따르는 제43 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-3 국면에 따르는 제44 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-1 국면 및 제8-4 국면에 따르는 제45 실시예 및 제46 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-3 국면에 따르는 제47 실시예는, 비교예10~비교예12에 비하여, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-1 국면 및 제8-4 국면에 따르는 제48 실시예 및 제49 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-1 국면에 따르는 제50 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

본 발명의 제8-5 국면에 따르는 제51 실시예~제53 실시예는, 비교예10~비교예12에 비해, 양호한 발광 효율을 나타내고 있다.

표 40은, 4F-TCNQ, OHBBDT, TPBT, DTN, HAT-CN6, NPB, 및 BCP의 HOMO 에너지 레벨의 절대값 및 LUMO의 에너지 레벨의 절대값을 나타내고 있다.

[표 40]

	HOMO (eV)	LUMO (eV)
4F-TCNQ	—	4. 6
OHBBDT	—	5. 0
TPBT	—	4. 9
DTN	6. 5	3. 9
HAT-CN6	7. 0	4. 4
NPB	5. 4	2. 6
BCP	6. 4	2. 7

표 40에 나타내는 바와 같이 본 발명의 제8 국면에서, 전자 뽑아냄 촉진 재료로서 이용하고 있는 4F-TCNQ, OHBBDT, 및 TPBT의 LLTMO의 에너지 레벨의 절대값은, 전자 뽑아냄 촉진 HAT-CN6의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값보다 높고, 인접층의 호스트 재료인 NPB의 HOMO의 에너지 레벨의 절대값보다 낮은 값으로 되어 있다.

또한, 본 발명의 제8 국면에서, 전자 주입 유기 재료로서 이용되고 있는 DTN의 LUMO의 에너지 레벨은, 전자 뽑아냄 촉진 HAT-CN6의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값보다 작고, 전자 수송층의 BCP의 LUMO의 에너지 레벨의 절대값보다 크게 되어 있다.

도 4는 본 발명에 따르는 실시예의 보텀 에미션형의 유기 EL 표시 장치를 도시하는 단면도이다. 이 유기 EL 표시 장치에서는, 능동 소자로서 TFT를 이용하여 각 화소에서의 발광을 구동하고 있다. 또한, 능동 소자로서 다이오드 등도 이용할 수 있다. 또한, 이 유기 EL 표시 장치에서는, 컬러 필터가 설치되어 있다. 이 유기 EL 표시 장치는, 화살표로 나타내고 있는 바와 같이 기판(1)의 하방에 광을 출사하여 표시하는 보텀 에미션형의 표시 장치이다.

도 4를 참조하면, 글래스 등의 투명 기판으로 이루어지는 기판(1) 상에는, 제1 절연층(2)이 형성되어 있다. 제1 절연층(2)은, 예를 들면 SiO_2 및 SiN_x 등으로 형성되어 있다. 제1 절연층(2) 상에는, 폴리실리콘층으로 이루어지는 채널 영역(20)이 형성되어 있다. 채널 영역(20) 상에는, 드레인 전극(21) 및 소스 전극(23)이 형성되어 있고, 또한 드레인 전극(21)과 소스 전극(23) 사이에는, 제2 절연층(3)을 개재하여 게이트 전극(22)이 설치되어 있다. 게이트 전극(22) 상에는, 제4 절연층(4)이 형성되어 있다. 제2 절연층(3)은, 예를 들면 SiN_x 및 SiO_2 로 형성되어 있고, 제3 절연층(4)은, SiO_2 및 SiN_x 로 형성되어 있다.

제3 절연층(4) 상에는, 제4 절연층(5)이 형성되어 있다. 제4 절연층(5)은, 예를 들면, SiN_x 로 형성되어 있다. 제4 절연층(5) 상의 화소 영역의 부분에는, 컬러 필터층(7)이 형성되어 있다. 컬러 필터층(7)으로서는, R(적), G(녹), 또한 B(청) 등의 컬러 필터가 설치된다. 컬러 필터층(7) 상에는, 제1 평탄화막(6)이 형성되어 있다. 드레인 전극(21)의 상방의 제1 평탄화막(6)에는 관통 홀부가 형성되며, 제1 평탄화막(6) 상에 형성되어 있는 ITO(인듐-주석 산화물)로 이루어지는 홀 주입 전극(8)이 관통 홀부 내에 도입되어 있다. 화소 영역에서의 홀 주입 전극(양극)(8) 상에는, 홀 주입층(10)이 형성되어 있다. 화소 영역 이외의 부분에서는, 제2 평탄화막(9)이 형성되어 있다.

홀 주입층(10) 상에는, 본 발명에 따라 적층한 발광 소자층(11)이 형성되어 있다. 발광 소자층(11)은, 제2 발광 유닛 상에 중간 유닛을 통해 제1 발광 유닛을 적층한 본 발명에 따르는 구조를 갖고 있다. 발광 소자층(11) 상에는, 전자 수송층(12)이 형성되고, 전자 수송층(12) 상에는, 전자 주입 전극(음극)(13)이 설치되어 있다.

이상과 같이, 본 실시예의 유기 EL 소자에서는, 화소 영역 상에, 홀 주입 전극(양극)(8)과, 홀 주입층(10)과, 본 발명에 따르는 구조를 갖는 발광 소자층(11)과, 전자 수송층(12)과, 전자 주입 전극(음극)(13)이 적층되어 유기 EL 소자가 구성되어 있다.

본 실시예의 발광 소자층(11)에서는, 오렌지색 발광층과 청색 발광층을 적층한 발광 유닛을 이용하고 있기 때문에, 발광 소자층(11)으로부터는 백색의 발광이 이루어진다. 이 백색의 발광은, 기판(1)을 통과하여 외부로 출사하는데, 발광측에 컬러 필터층(7)이 형성되어 있기 때문에, 컬러 필터층(7)의 색에 따라, R, G 또는 B의 색이 출사된다. 단색으로 발광하는 소자의 경우, 컬러 필터층(7)은 없어도 된다.

도 5는 본 발명에 따르는 실시예의 톱 에미션형의 유기 EL 표시 장치를 도시하는 단면도이다. 본 실시예의 유기 EL 표시 장치는, 화살표로 도시하고 있는 바와 같이 기판(1)의 상방에 광을 출사하여 표시하는 톱 에미션형의 유기 EL 표시 장치이다.

기판(1)으로부터 양극(8)까지의 부분은, 도 4에 도시한 실시예와 거의 마찬가지로 하여 제작되어 있다. 단, 컬러 필터층(7)은, 제4 절연층(5) 상에 형성되어 있지 않고, 유기 EL 소자의 상방에 배치되어 있다. 구체적으로는, 클래스 등으로 이루어지는 투명한 밀봉 기판(10) 상에 컬러 필터층(7)을 부착하고, 이 위에 오버코트층(15)을 코팅하며, 이것을 투명 접착제층(14)을 통해 양극(8) 상에 접착함으로써 부착되어 있다. 또한, 본 실시예에서는, 양극과 음극의 위치를 도 4에 도시한 실시예와는 반대로 하고 있다.

양극(8)으로서, 투명한 전극이 형성되어 있고, 예를 들면, 막 두께 100nm 정도의 ITO와 막 두께 20nm 정도의 은을 적층함으로써 형성되어 있다. 음극(13)으로서는, 반사 전극이 형성되어 있고, 예를 들면, 막 두께 100nm 정도의 알루미늄, 크롬, 또는 은의 박막이 형성되어 있다. 오버코트층(15)은, 아크릴 수지 등에 의해 두께 1μm 정도로 형성되어 있다. 컬러 필터층(7)은, 안료 타입의 것이어도 되고 염료 타입의 것이어도 된다. 그 두께는 1μm 정도이다.

발광 소자층(11)으로부터 발광된 백색광은, 밀봉 기판(16)을 통과하여 외부로 출사되는데, 발광측에 컬러 필터층(7)이 형성되어 있기 때문에, 컬러 필터층(7)의 색에 따라 R, G 또는 B의 색이 출사된다. 본 실시예의 유기 EL 표시 장치는 톱 에미션형이기 때문에, 박막 트랜지스터가 설치되어 있는 영역도 화소 영역으로서 이용할 수 있어, 도 4에 도시한 실시예보다 넓은 범위에 컬러 필터층(7)이 형성되어 있다. 발광 소자층(11)은 본 발명에 따른 유기 EL 소자로 형성되어 있어, 발광 효율이 높은 발광 소자층인데, 본 실시예에 따르면 보다 넓은 영역을 화소 영역으로서 이용할 수 있기 때문에, 발광 효율이 높은 발광 소자층의 이점을 충분히 활용할 수 있다. 또한, 복수의 발광 유닛을 갖는 발광 소자층의 형성도, 액티브 매트릭스에 의한 영향을 고려하지 않고 행할 수 있기 때문에, 설계의 자유도를 높일 수 있다.

상기 실시예에서는, 밀봉 기판으로서 클래스판을 이용하고 있지만, 본 발명에서 밀봉 기판은 클래스판에 한정되는 것이 아니라, 예를 들면 SiO₂ 등의 산화막이나 SiN_x 등의 질화막 등의 막 형상의 것도 밀봉 기판으로서 이용할 수 있다. 이 경우, 소자 상에 막 형상의 밀봉 기판을 직접 형성할 수 있기 때문에, 투명 접착제층을 형성할 필요가 없어진다.

또한, 톱 에미션형의 표시 장치라도, 소자의 구조는, 보텀 에미션형과 마찬가지로 제1 평탄화막(6) 상에 홀 주입 전극을 형성하고, 홀 주입층(10), 제2 발광 유닛, 중간 유닛, 제1 발광 유닛, 전자 수송층(12), 전자 주입 전극(13)을 순서대로 형성해도 된다. 이 경우, 홀 주입 전극(양극)은, 광 반사성을 갖는 금속막 혹은, ITO와 금속막의 적층 구조로 하고, 전자 주입 전극(음극)은, 매우 얇고 광 투과성이 있는 금속막 혹은, 그와 같은 금속막과 ITO 등의 투광성 도전체층의 적층 구조로 한다. 이에 의해, 광을 음극측으로 취출할 수 있다.

상기 각 실시예에서는, 양극 및 음극 사이에 2개 발광 유닛(제1 발광 유닛 및 제2 발광 유닛)을 배치한 유기 EL 소자를 예시하고 있지만, 본 발명에서의 발광 유닛의 수는 2개에 한정되는 것이 아니라, 3개 이상 발광 유닛을 설치하고, 각 발광 유닛 사이에 중간 유닛을 설치해도 된다.

발명의 효과

이상, 본 발명에 따르면, 적어도 2개의 발광 유닛을 구비한 유기 EL 소자에서, 저전압으로 구동 가능하고, 또한 발광 효율이 높아서, 원하는 발광색을 나타낼 수 있는 유기 EL 소자 및 유기 EL 표시 장치를 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 형성되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 파전 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 제2 발광 유닛이, 상기 제1 발광 유닛과 실질적으로 동일한 색을 발광하는 발광 유닛인 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 제1 발광 유닛 및 상기 제2 발광 유닛이, 2개의 발광층을 직접 접하도록 적층한 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 인접층이, 상기 제1 발광 유닛 내에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 인접층이, 상기 중간 유닛 내에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 인접층이, 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 7.

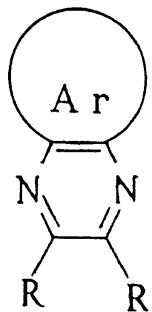
제1항에 있어서,

상기 인접충이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 충이, 이하의 구조식



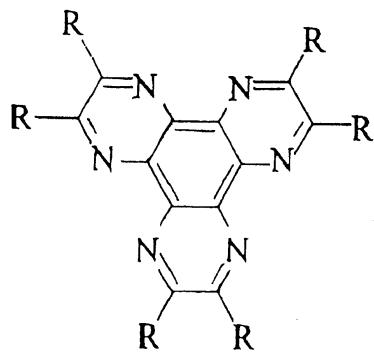
(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 피라진 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 충이, 이하의 구조식



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 헥사아자트리페닐렌 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층과 상기 제2 발광 유닛의 사이에, 전자 주입층이 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 전자 주입층이 금속 리튬으로 형성되어 있고, 그 두께가 0.3~0.9nm의 범위 내인 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 12.

제10항에 있어서,

상기 전자 주입층과 상기 제2 발광 유닛의 사이에, 전자 수송층이 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 13.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 | LUMO(A) | 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(B) | 가, | HOMO(B) | - | LUMO(A) | ≤1.5eV의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 14.

제13항에 있어서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가 백색 발광 소자이고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자와 상기 기판 사이에, 컬러 필터가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 15.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스

구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 텁 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가 백색 발광 소자이고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자와 상기 밀봉 기판 사이에, 컬러 필터가 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 17.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되고, 상기 제1 발광 유닛과 실질적으로 서로 다른 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 18.

제17항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하여 전자 주입층이 설치되어 있고, 상기 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, $|LUMO(A)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 19.

제18항에 있어서,

상기 전자 주입층과 상기 제2 발광 유닛 사이의 상기 중간 유닛 내에, 전자 수송층이 설치되어 있고, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 은, $|LUMO(C)|$ 또는 $|WF(C)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층 및 상기 전자 수송층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 20.

제17항에 있어서,

상기 제1 발광 유닛 및 상기 제2 발광 유닛 중 적어도 한쪽이, 2개의 발광층을 직접 접하도록 적층한 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 21.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되고, 상기 제1 발광 유닛과 실질적으로 서로 다른 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 22.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되고, 상기 제1 발광 유닛과 실질적으로 서로 다른 색을 발광하는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 23.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

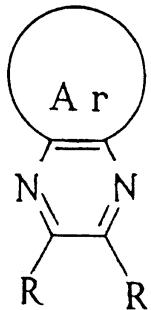
상기 제1 발광 유닛의 중간 유닛측에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고, 상기 발광층이 상기 인접층으로서 기능하도록 상기 전자 뽑아냄 층에 인접하여 설치되고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 발광층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 24.

제23항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



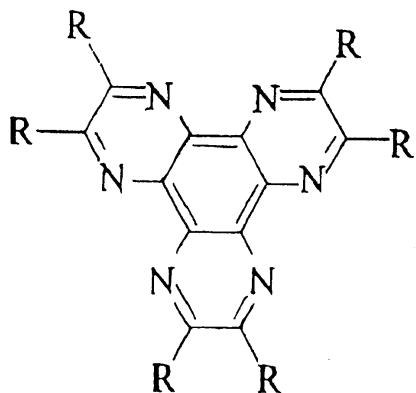
(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 피라진 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 25.

제23항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 헥사아자트리페닐렌 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 26.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 제1 발광 유닛의 중간 유닛측에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고, 상기 발광층이 상기 인접층으로서 기능하도록 상기 전자 뽑아냄 층에 인접하여 설치되고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 발광층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 27.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 투 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 제1 발광 유닛의 중간 유닛측에 위치하는 발광층이, 아릴아민계 홀 수송성 재료를 함유하고 있고, 상기 발광층이 상기 인접층으로서 기능하도록 상기 전자 뽑아냄 층에 인접하여 설치되고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 발광층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 28.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층과, 상기 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하는 전자 주입층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(C)|$ 은, $|LUMO(A)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 29.

제28항에 있어서,

상기 중간 유닛 내의 상기 전자 주입층과, 상기 제2 발광 유닛 사이의 상기 중간 유닛 내에 전자 수송층이 설치되어 있고, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 은, $|LUMO(C)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(C)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층 및 상기 전자 수송층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 30.

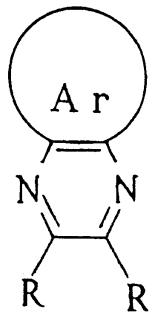
제28항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층의 두께가 8~100nm의 범위 내인 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 31.

제28항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



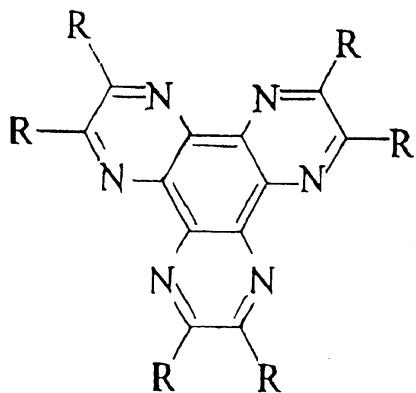
(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 피라진 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 32.

제28항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 헥사아자트리페닐렌 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 33.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 제2 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 파동 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아냄에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 상기 양극의 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있고, 상기 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(X) | 이, 상기 양극의 일함수의 절대값 | WF(Y) | 및 상기 홀 주입층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(Z) | 와, | WF(Y) | < | HOMO(X) | < | HOMO(Z) | 의 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 34.

제33항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하여 전자 주입층이 설치되어 있고, 상기 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 | LUMO(C) | 또는 일함수의 절대값 | WF(C) | 은, | LUMO(A) | 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 35.

제34항에 있어서,

상기 전자 주입층과 상기 제2 발광 유닛 사이의 상기 중간 유닛 내에, 전자 수송층이 설치되어 있으며, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도의 에너지 레벨의 절대값 | LUMO(D) | 은, | LUMO(C) | 또는 | WF(C) | 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층 및 상기 전자 수송층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 36.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 제2 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 | LUMO(A) | 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(B) | 가, | HOMO(B) | - | LUMO(A) | ≤ 1.5eV의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 상기 양극의 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있고, 상기 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(X) | 이, 상기 양극의 일함수의 절대값 | WF(Y) | 및 상기 홀 주입층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 | HOMO(Z) | 와, | WF(Y) | < | HOMO(X) | < | HOMO(Z) | 의 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 37.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 텁 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 중간 유닛과, 상기 음극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제1 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 중간 유닛의 사이에 배치되는 제2 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 제2 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 홀 주입 유닛이, 아릴아민계 홀 수송성 재료로 이루어지는 홀 주입층과, 상기 홀 주입층 및 상기 양극의 사이에 배치되는 홀 주입 촉진층으로 구성되어 있고, 상기 홀 주입 촉진층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(X)|$ 이, 상기 양극의 일함수의 절대값 $|WF(Y)|$ 및 상기 홀 주입층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(Z)|$ 와, $|WF(Y)| < |HOMO(X)| < |HOMO(Z)|$ 의 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

청구항 38.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 발광 유닛과, 상기 양극 및 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 홀 주입 유닛을 구비하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 홀 주입 유닛이, 상기 양극측에 설치되는 제1 전자 뽑아냄 층과, 상기 음극측에서 상기 제1 전자 뽑아냄 층에 인접하여 설치되는 홀 수송성 재료로 이루어지는 제1 인접층을 갖는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 39.

제38항에 있어서,

상기 제1 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A_1)|$ 과, 상기 제1 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B_1)|$ 가, $|HOMO(B_1)| - |LUMO(A_1)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 40.

제38항에 있어서,

상기 발광 유닛이, 중간 유닛을 사이에 두고 음극측에 설치되는 제1 발광 유닛과, 양극측에 설치되는 제2 발광 유닛을 갖고,

상기 중간 유닛에, 음극측에 인접하는 제2 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 제2 전자 뽑아냄 층이 설치되어 있고, 상기 제2 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A_2)|$ 과, 상기 제2 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B_2)|$ 가, $|HOMO(B_2)| - |LUMO(A_2)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며,

상기 중간 유닛은, 상기 제2 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 제2 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 상기 제1 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 41.

제40항에 있어서,

상기 제2 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하여 전자 주입층이 설치되어 있고, 상기 제2 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(C)|$ 은, $|LUMO(A_2)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 제2 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 42.

제41항에 있어서,

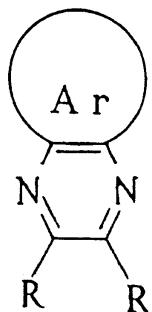
상기 전자 주입층과 상기 제2 발광 유닛 사이의 상기 중간 유닛 내에, 전자 수송층이 설치되어 있고, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 은, $|LUMO(C)|$ 또는 $|WF(C)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 제2 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층 및 상기 전자 수송층을 통하여 상기 제2 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 43.

제38항에 있어서,

상기 제1 전자 뽑아냄 층 및/또는 제2 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



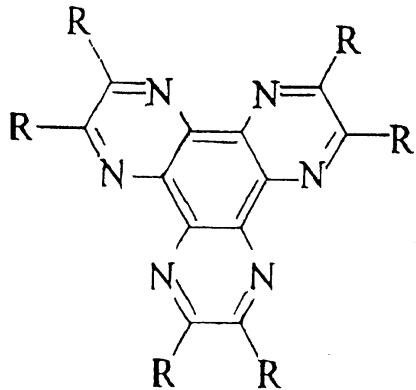
(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 피라진 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 44.

제38항에 있어서,

상기 제1 전자 뽑아냄 층 및/또는 제2 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 헥사아자트리페닐렌 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 45.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 음극과, 상기 음극에 가장 가까운 상기 발광 유닛 사이에도, 전자 수송층이 설치되어 있으며, 각 전자 수송층의 막 두께가, 상기 음극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 40nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 46.

제45항에 있어서,

상기 양극과, 상기 양극에 가장 가까운 상기 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 설치되어 있고, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 상기 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 47.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

상기 양극과, 상기 양극에 가장 가까운 상기 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 설치되어 있고, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 상기 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 48.

제45항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층의 양극측에 인접하여 전자 주입층이 설치되어 있고, 상기 전자 주입층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 또는 일함수의 절대값 $|WF(C)|$ 는, $|LUMO(A)|$ 보다 작고, 또한 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 는, $|LUMO(C)|$ 또는 $|WF(C)|$ 보다 작고,

상기 중간 유닛은, 상기 전자 뽑아냄 층이 뽑아낸 전자를 상기 전자 주입층 및 상기 전자 수송층을 통하여 상기 발광 유닛에 공급하는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 49.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 상기 양극과, 상기 양극에 가장 가까운 상기 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 설치되어 있고, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 상기 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 장치.

청구항 50.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 텁 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 상기 음극과, 상기 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 1.5\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서, 상기 양극과, 상기 양극에 가장 가까운 상기 발광 유닛 사이에, 홀 주입층이 설치되어 있고, 상기 홀 주입층 및 각 전자 뽑아냄 층의 막 두께가 상기 양극으로부터 멀어짐에 따라 두꺼워지도록 설정되어 있고, 또한 100nm 이하로 되도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 장치.

청구항 51.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 이, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아내기 촉진 재료가, 상기 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 52.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(C)|$ 가, $|HOMO(B)| > |LUMO(C)| > |LUMO(A)|$ 의 관계에 있는 전자 뽑아내기 촉진 재료로 이루어지는 전자 뽑아내기 촉진층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 인접층의 사이에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 53.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 흘을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 가, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료가, 상기 전자 수송층 및/또는 상기 전자 뽑아냄 층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 54.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 괴점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 흘을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 이, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료로 이루어지는 전자 주입 유기 재료층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 전자 수송층의 사이에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 55.

제51항에 있어서,

알칼리 금속, 알칼리토류 금속, 및 이들 산화물로부터 선발되는 적어도 1종으로 이루어지는 전자 주입층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 전자 수송층의 사이에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 56.

제54항에 있어서,

알칼리 금속, 알칼리토류 금속, 및 이들 산화물로부터 선발되는 적어도 1종으로 이루어지는 전자 주입층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 전자 주입 유기 재료층의 사이에 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 57.

음극과, 양극과, 상기 음극 및 상기 양극의 사이에 배치되는 복수의 발광 유닛과, 상기 발광 유닛의 사이에 배치되는 중간 유닛을 구비하고,

상기 중간 유닛이, 양극측에 설치되는 전자 수송층과, 음극측에 설치되는 전자 뽑아냄 층을 갖고, 상기 전자 뽑아냄 층은, 상기 전자 뽑아냄 층의 음극측에 인접하는 인접층으로부터 전자를 뽑아내기 위한 층이고, 상기 전자 뽑아냄 층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(A)|$ 와, 상기 인접층의 최고 피점 분자 궤도(HOMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|HOMO(B)|$ 가, $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \leq 2.0\text{eV}$ 의 관계에 있으며, 상기 중간 유닛이, 상기 전자 뽑아냄 층에 의한 상기 인접층으로부터의 전자의 뽑아내기에 의해 발생한 홀을 음극측의 발광 유닛에 공급함과 함께, 뽑아낸 전자를 상기 전자 수송층을 통하여 양극측의 발광 유닛에 공급하는 유기 일렉트로루미네센스 소자로서,

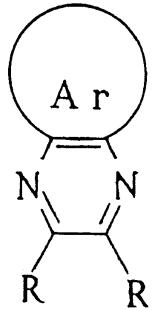
일칼리 금속, 일칼리토류 금속, 및 이들 산화물로부터 선발되는 적어도 1종으로 이루어지는 전자 주입층이, 상기 전자 뽑아냄 층과 상기 전자 수송층의 사이에 설치되어 있고,

최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(D)|$ 이, 상기 전자 수송층의 최저 공분자 궤도(LUMO)의 에너지 레벨의 절대값 $|LUMO(E)|$ 및 $|LUMO(A)|$ 에 대하여, $|LUMO(A)| > |LUMO(D)| > |LUMO(E)|$ 의 관계에 있는 전자 주입 유기 재료, 또는 상기 전자 뽑아냄 층의 재료가, 상기 전자 주입층에 도핑되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 58.

제51항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



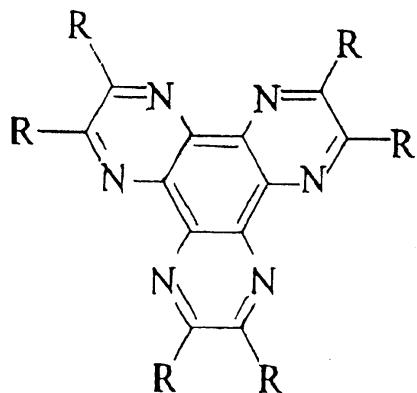
(여기서, Ar은 아릴기를 나타내고, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 피라진 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 59.

제89항에 있어서,

상기 전자 뽑아냄 층이, 이하의 구조식



(여기서, R은 수소, 탄소수 1~10의 알킬기, 알킬옥시기, 디알킬아민기, 또는 F, Cl, Br, I 혹은 CN을 나타냄)

으로 표현되는 헥사아자트리페닐렌 유도체로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 소자.

청구항 60.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판 상에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 보텀 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 제51항의 유기 일렉트로루미네센스 소자인 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

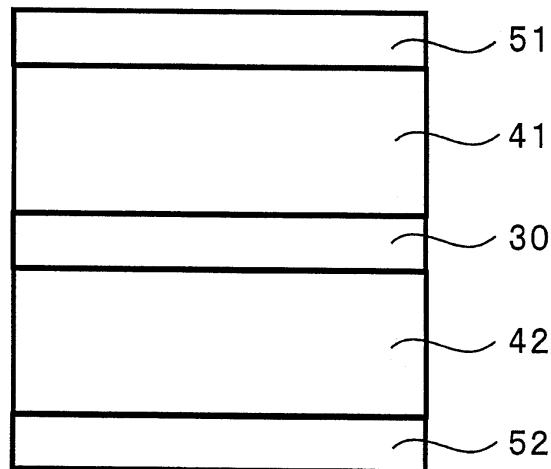
청구항 61.

양극과 음극 사이에 끼워진 소자 구조를 갖는 유기 일렉트로루미네센스 소자와, 표시 화소마다 대응한 표시 신호를 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자에 공급하기 위한 능동 소자가 설치된 액티브 매트릭스 구동 기판과, 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 대향하여 설치되는 투명한 밀봉 기판을 구비하고, 상기 유기 일렉트로루미네센스 소자를 상기 액티브 매트릭스 구동 기판과 상기 밀봉 기판의 사이에 배치하고, 상기 음극 및 상기 양극 중 상기 밀봉 기판측에 설치되는 전극을 투명 전극으로 한 톱 에미션형의 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치로서,

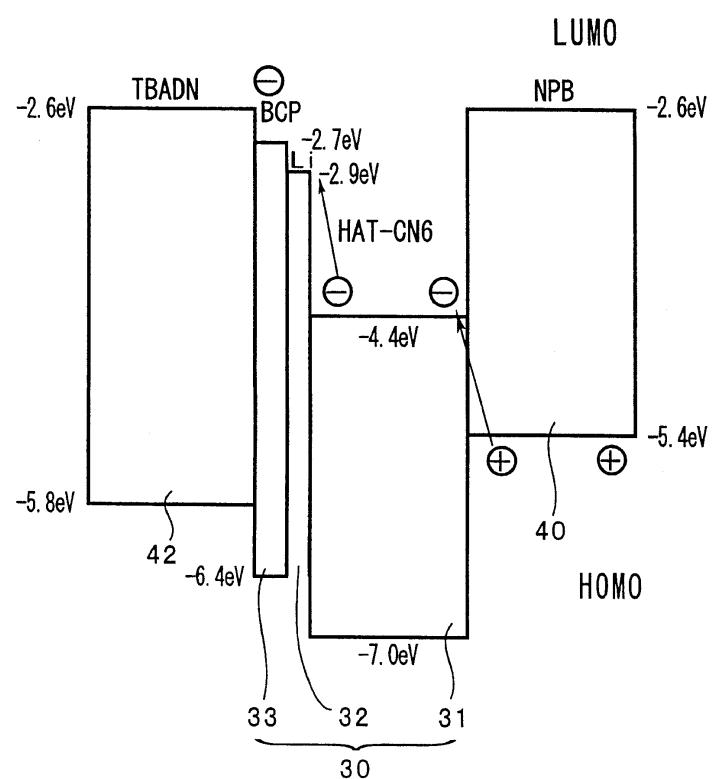
상기 유기 일렉트로루미네센스 소자가, 제51항의 유기 일렉트로루미네센스 소자인 것을 특징으로 하는 유기 일렉트로루미네센스 표시 장치.

도면

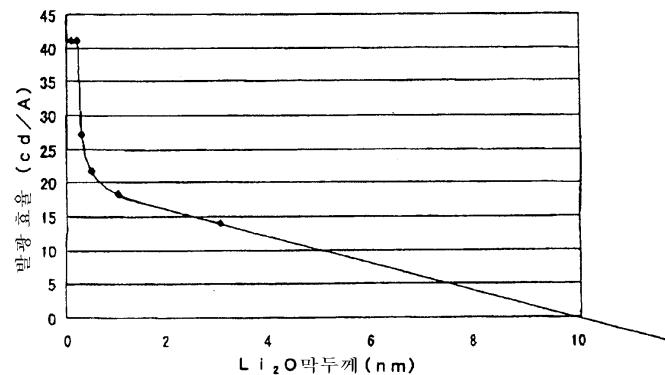
도면1



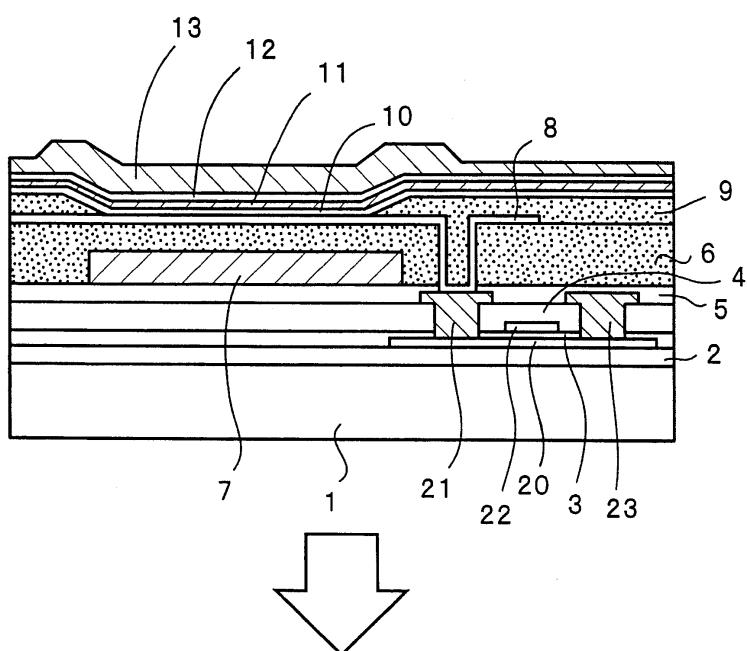
도면2



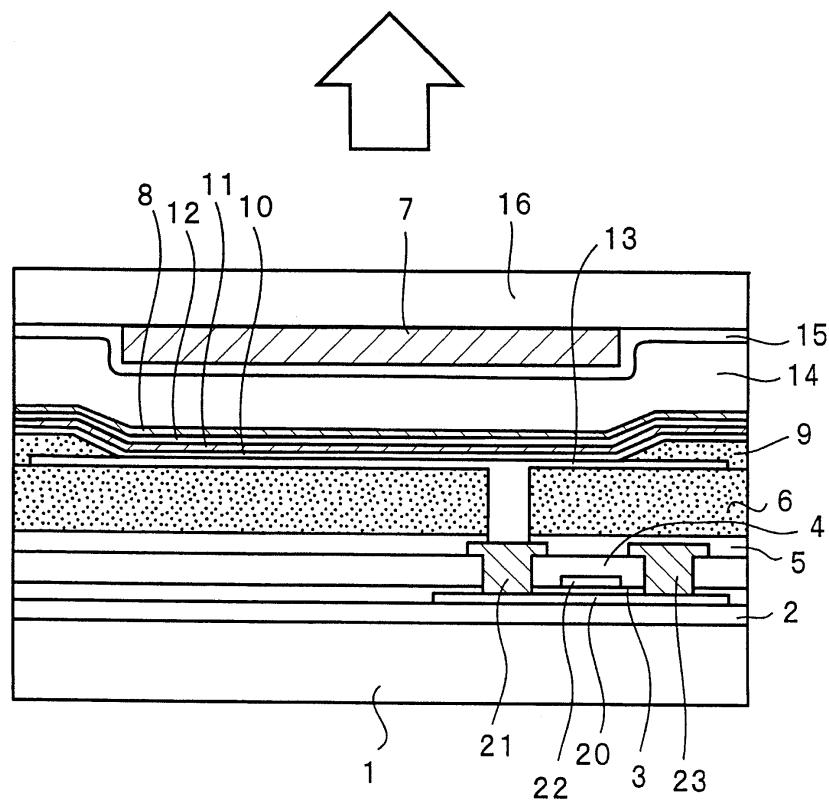
도면3



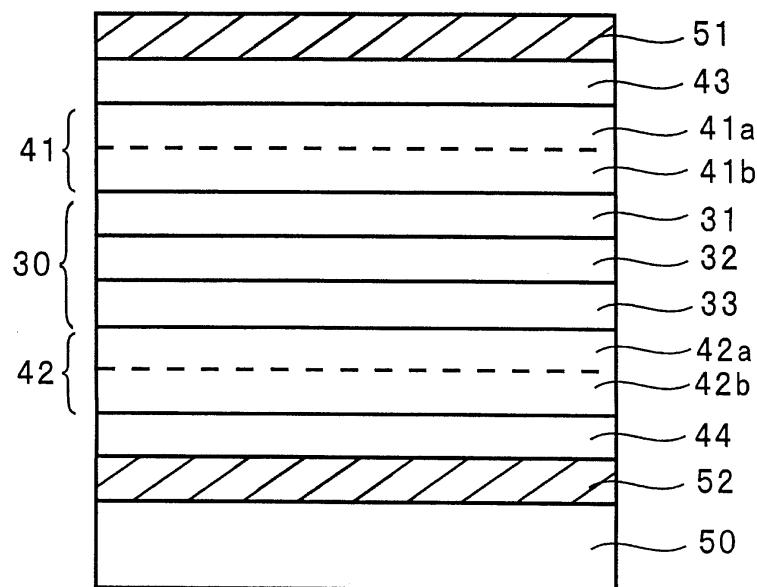
도면4



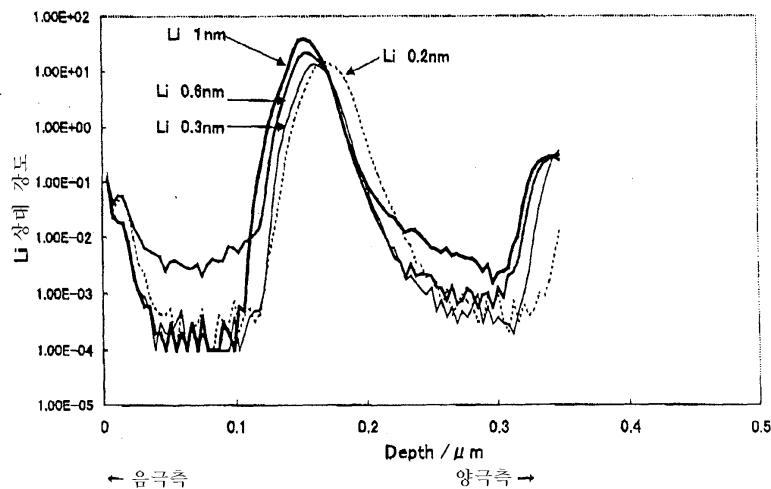
도면5



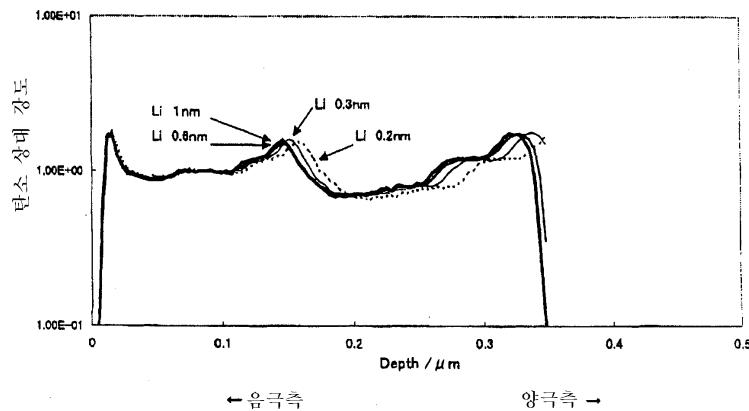
도면6



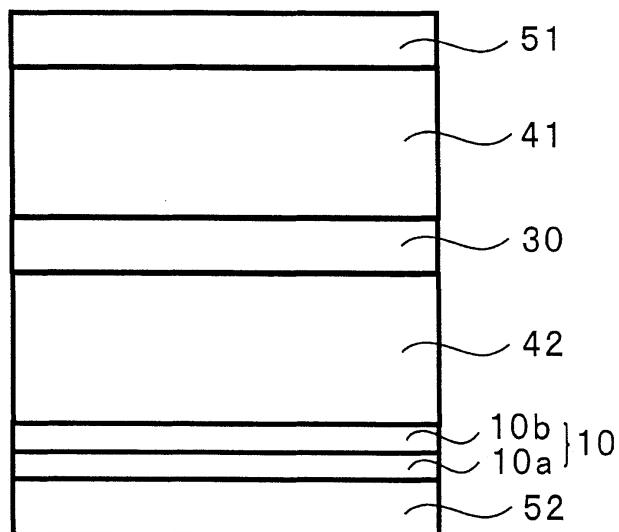
도면7



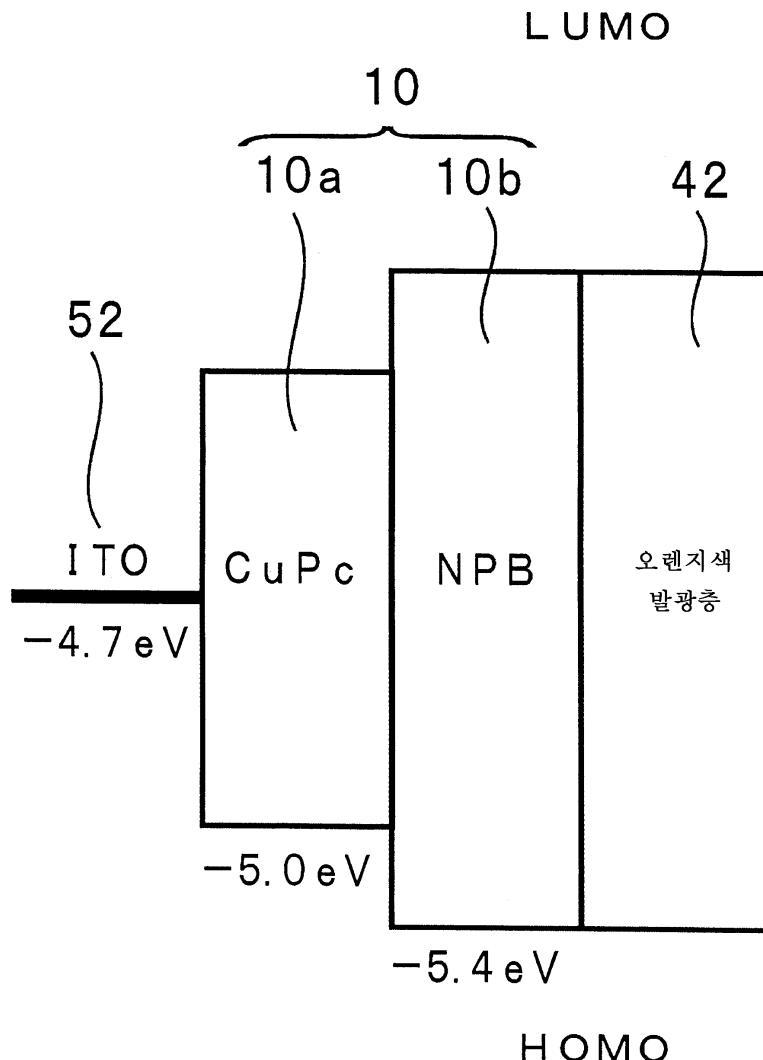
도면8



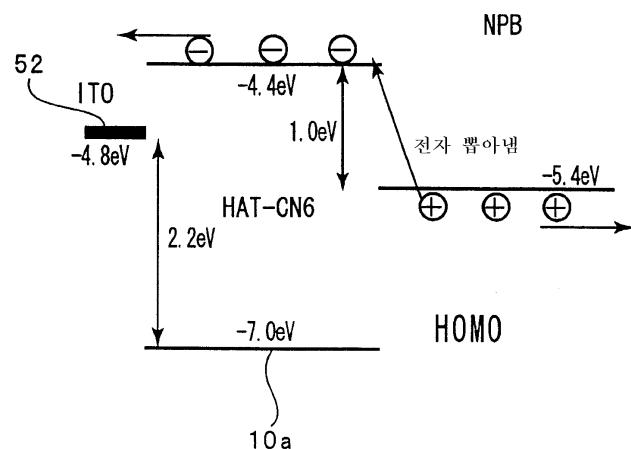
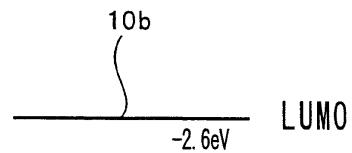
도면9



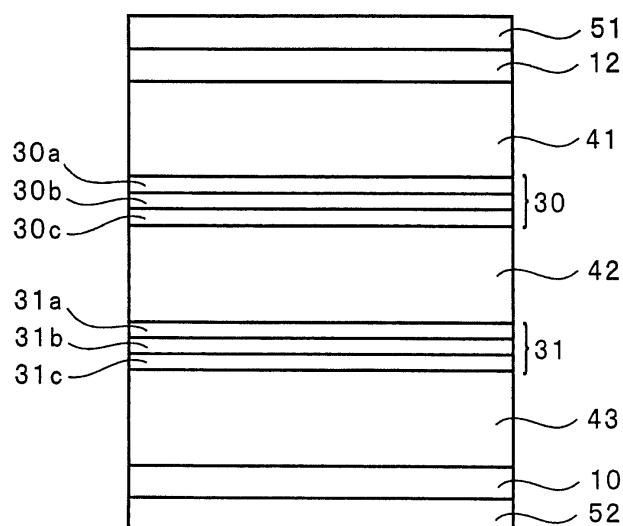
도면10



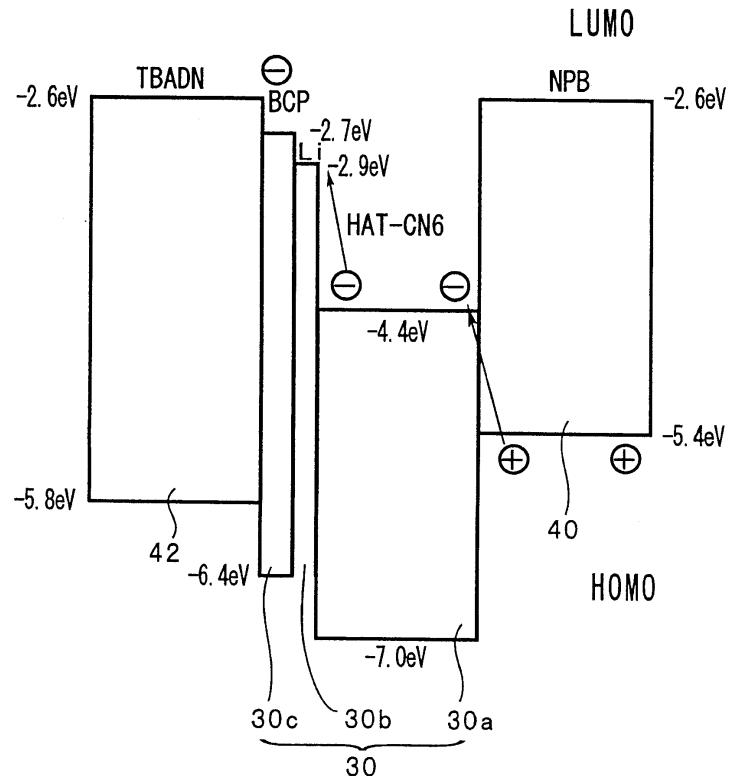
도면11



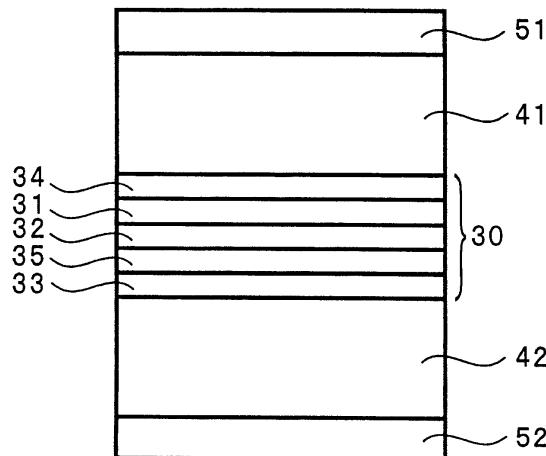
도면12



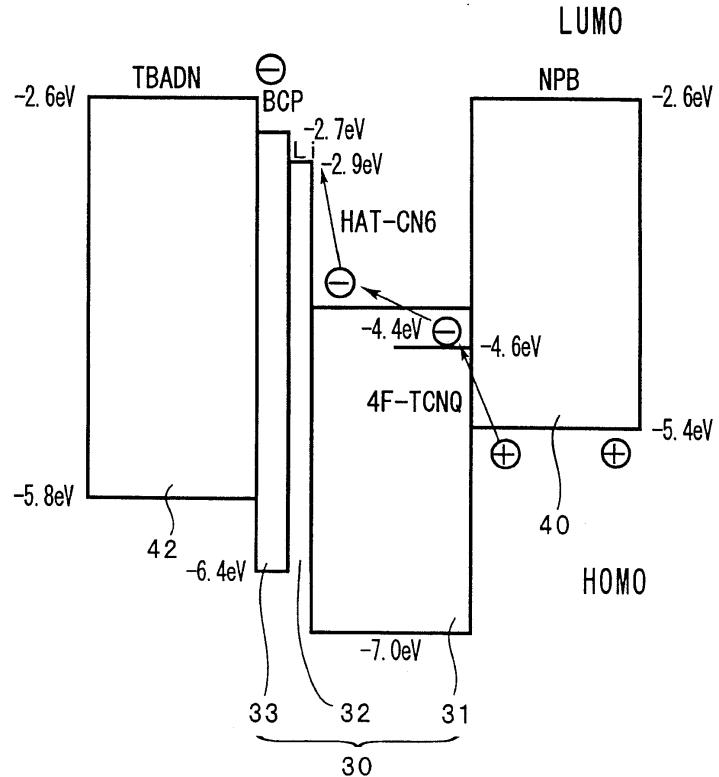
도면13



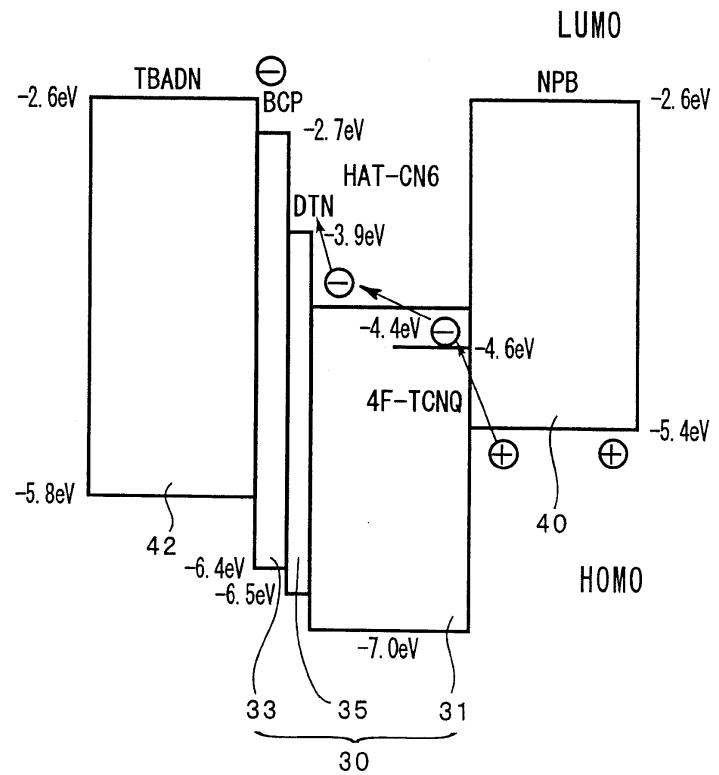
도면14



도면15



도면16



专利名称(译)	有机电致发光器件和有机电致发光显示器件		
公开(公告)号	KR1020060048920A	公开(公告)日	2006-05-18
申请号	KR1020050069335	申请日	2005-07-29
[标]申请(专利权)人(译)	三洋电机株式会社 山洋电气株式会社		
申请(专利权)人(译)	三洋电机有限公司是分租		
当前申请(专利权)人(译)	三洋电机有限公司是分租		
[标]发明人	NISHIMURA KAZUKI 니시무라가즈끼 HAMADA YUJI 하마다유지 IYORI MASAHIRO 이요리마사히로 HASHIMOTO HARUHISA 하시모또하루히사 SAKATA MASAKAZU 사까따마사까즈 HIROKI ISHIDA 히로끼이시다 IZUMI HIROAKI 이즈미히로아끼 ITO KANAME 이또가나메 ISHIKAWA KAORI 이시까와가오리		
发明人	니시무라가즈끼 하마다유지 이요리마사히로 하시모또하루히사 사까따마사까즈 히로끼이시다 이즈미히로아끼 이또가나메 이시까와가오리		
IPC分类号	C09K11/06 H05B33/26 H01L51/50		
CPC分类号	C09K2211/1011 H01L27/3248 H01L51/0072 H01L51/0054 C09K2211/1037 H01L51/0068 C09K2211/1007 H05B33/14 C09K11/06 H01L51/5036 H01L2251/5315 H01L51/0065 H01L51/5278 H01L2251/558 H01L51/0051 H01L2251/552 Y10T428/24116		
代理人(译)	CHANG, SOO KIL LEE , JUNG HEE		
优先权	2004224905 2004-07-30 JP 2004224906 2004-07-30 JP 2004224907 2004-07-30 JP 2004224908 2004-07-30 JP 20042224909 2004-07-30 JP		

2004224910 2004-07-30 JP
2004347296 2004-11-30 JP
2005024212 2005-01-31 JP
2005050034 2005-02-25 JP
2005050035 2005-02-25 JP

其他公开文献 KR101249172B1

外部链接 [Espacenet](#)

摘要(译)

布置在阴极和中间部和所述第一发光单元和一个阴极和设置在阴极和设置在所述正电极，负电极和正电极之间的中间部之间的中间部之间的第二发光单元，和中间部，拉电子从相邻的阴极侧和间隙层相邻的层提取电子设置，间隙地板的在最低球分子轨道 (LUMO) 的能级绝对值萃取电子| LUMO的 (a) |是，|| HOMO (B) |，和相邻层HOMO (B) 的最高pijgeom分子轨道 (HOMO) 的能级的绝对值| - | LUMO的 (a) |≤1.5eV 和的关系，中间的单元与供给通过BET电子产生的空穴电子提取在从相邻层通过层的第一发光单元，四场有机电致发光，其特征在于，用于供给所提取电子到一第二发光单元感测元件上拉。 1 指数方面 电子退出层，绝对值，阳极，阴极，中间单元

