



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년11월16일  
 (11) 등록번호 10-1084100  
 (24) 등록일자 2011년11월10일

(51) Int. Cl.

*H01L 51/50* (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2009-7026023(분할)
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2007년05월23일  
 심사청구일자 2009년12월14일
- (85) 번역문제출일자 2009년12월14일
- (65) 공개번호 10-2010-0017799
- (43) 공개일자 2010년02월16일
- (62) 원출원 특허 10-2008-7030531  
 원출원일자(국제출원일자) 2007년05월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2007/060940
- (87) 국제공개번호 WO 2007/139124  
 국제공개일자 2007년12월06일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2006-154077 2006년06월01일 일본(JP)  
 JP-P-2007-012700 2007년01월23일 일본(JP)

- (56) 선행기술조사문헌  
 JP2001319779 A\*  
 JP2004095546 A\*  
 WO2005109542 A1\*  
 US07365360 B2

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼  
 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
- (72) 발명자  
 오사와 노부하루  
 일본국 2430036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
 부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
- (74) 대리인  
 황의만

전체 청구항 수 : 총 14 항

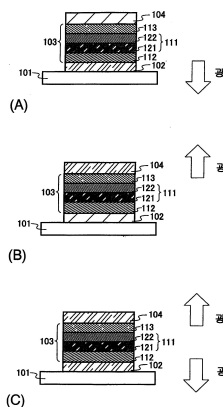
심사관 : 김주승

**(54) 발광소자**

**(57) 요약**

본 발명은, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층과 정공 수송층, 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층과 제2 층을 포함하고, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광을 얻도록 하는 발광소자를 제공한다.

**대표도 - 도1**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

제1 전극과;  
 상기 제1 전극 위의 제1 층과;  
 상기 제1 층과 접하여 그 위에 있는 제2 층과;  
 상기 제2 층 위에 제1 전하 발생층과;  
 상기 제1 전하 발생층 위의 제3 층과;  
 상기 제3 층과 접하여 그 위에 있는 제4 층과;  
 상기 제4 층 위에 제2 전극을 구비하고,  
 상기 제1 층은 제1 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제1 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제2 층은 상기 제1 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제2 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제3 층은 제2 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제3 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제4 층은 상기 제2 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제4 유기 화합물을 포함하는, 발광소자.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,  
 상기 제4 층 위에 제2 전하 발생층과;  
 상기 제2 전하 발생층 위에 제5 층과;  
 상기 제5 층과 접하여 그 위에 있는 제6 층을 더 구비하고,  
 상기 제2 전극은 상기 제6 층위에 있고,  
 상기 제5 층은 제3 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제5 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제6 층은 상기 제3 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제6 유기 화합물을 포함하는, 발광소자.

**청구항 3**

제1 전극과;  
 상기 제1 전극 위의 제1 층과;  
 상기 제1 층과 접하여 그 위에 있는 제2 층과;  
 상기 제2 층 위에 제1 전하 발생층과;  
 상기 제1 전하 발생층 위의 제3 층과;  
 상기 제3 층과 접하여 그 위에 있는 제4 층과;  
 상기 제4 층 위에 제2 전극을 구비하고,  
 상기 제1 층은 제1 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제1 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제2 층은 상기 제1 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제2 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제3 층은 제2 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제3 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제4 층은 상기 제2 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제4 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제1 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-5.0\text{ eV}$  이하이고, 상기 제1 유기 화합물의 최저

공궤도 준위는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하이며,

상기 제2 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-5.0\text{ eV}$  이하이고, 상기 제2 유기 화합물의 최저 공궤도 준위는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하이며,

상기 제3 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-5.0\text{ eV}$  이하이고, 상기 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하이며,

상기 제4 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-5.0\text{ eV}$  이하이고, 상기 제4 유기 화합물의 최저 공궤도 준위는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하인, 발광소자.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제4 층 위에 제2 전하 발생층과;

상기 제2 전하 발생층 위에 제5 층과;

상기 제5 층과 접하여 그 위에 있는 제6 층을 더 구비하고,

상기 제2 전극은 상기 제6 층위에 있고,

상기 제5 층은 제3 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제5 유기 화합물을 포함하고,

상기 제6 층은 상기 제3 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제6 유기 화합물을 포함하는, 발광소자.

#### 청구항 5

제1 전극과;

상기 제1 전극 위의 제1 층과;

상기 제1 층과 접하여 그 위에 있는 제2 층과;

상기 제2 층 위에 제1 전하 발생층과;

상기 제1 전하 발생층 위의 제3 층과;

상기 제3 층과 접하여 그 위에 있는 제4 층과;

상기 제4 층 위에 제2 전극을 구비하고,

상기 제1 층은 제1 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제1 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 층은 상기 제1 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제3 층은 제2 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제3 유기 화합물을 포함하고,

상기 제4 층은 상기 제2 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물과, 상기 제2 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물과, 상기 제4 유기 화합물은 산화반응과 환원반응에 대하여 가역적인, 발광소자.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제4 층 위에 제2 전하 발생층과;

상기 제2 전하 발생층 위에 제5 층과;

상기 제5 층과 접하여 그 위에 있는 제6 층을 더 구비하고,

상기 제2 전극은 상기 제6 층위에 있고,  
 상기 제5 층은 제3 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제5 유기 화합물을 포함하고,  
 상기 제6 층은 상기 제3 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제6 유기 화합물을 포함하는, 발광소자.

**청구항 7**

제1 전극과;

상기 제1 전극 위의 제1 층과;

상기 제1 층과 접하여 그 위에 있는 제2 층과;

상기 제2 층 위에 제1 전하 발생층과;

상기 제1 전하 발생층 위의 제3 층과;

상기 제3 층과 접하여 그 위에 있는 제4 층과;

상기 제4 층 위에 제2 전극을 구비하고,

상기 제1 층은 제1 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제1 유기 화합물을 포함하고,

상기 제2 층은 상기 제1 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제2 유기 화합물을 포함하고,

상기 제3 층은 제2 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제3 유기 화합물을 포함하고,

상기 제4 층은 상기 제2 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제4 유기 화합물을 포함하고,

상기 제1 유기 화합물의 최고 피점 궤도 전위와 상기 제2 유기 화합물의 최고 피점 궤도 전위의 차가 0.3eV 이하이고,

상기 제1 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 상기 제2 유기 화합물의 최저 공궤도 준위의 차가 0.3eV 이하이고,

상기 제3 유기 화합물의 최고 피점 궤도 전위와 상기 제4 유기 화합물의 최고 피점 궤도 전위의 차가 0.3eV 이하이고,

상기 제3 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 상기 제4 유기 화합물의 최저 공궤도 준위의 차가 0.3eV 이하인, 발광소자.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 제4 층 위에 제2 전하 발생층과;

상기 제2 전하 발생층 위에 제5 층과;

상기 제5 층과 접하여 그 위에 있는 제6 층을 더 구비하고,

상기 제2 전극은 상기 제6 층위에 있고,

상기 제5 층은 제3 발광성 유기 화합물과 정공 수송성을 가진 제5 유기 화합물을 포함하고,

상기 제6 층은 상기 제3 발광성 유기 화합물과 전자 수송성을 가진 제6 유기 화합물을 포함하는, 발광소자.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발광소자는 백색광을 발광하는, 발광소자.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 발광소자는 조명장치에 적용되는, 발광소자.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 발광소자는 데스크 램프, 실내 조명장치, 액정 표시 장치의 백라이트 중의 하나에 적용된, 발광소자.

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제1 발광성 유기 화합물과 상기 제1 유기 화합물은 상기 제1 층 내에서 혼합되고,  
상기 제1 발광성 유기 화합물과 상기 제2 유기 화합물은 상기 제2 층 내에서 혼합되고,  
상기 제2 발광성 유기 화합물과 상기 제3 유기 화합물은 상기 제3 층 내에서 혼합되고,  
상기 제2 발광성 유기 화합물과 상기 제4 유기 화합물은 상기 제4 층 내에서 혼합되는, 발광소자.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제1 유기 화합물과, 상기 제2 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물과, 상기 제4 유기 화합물은 3 환 축합 방향족 화합물, 4환 축합 방향족 화합물, 5환 축합 방향족 화합물, 6환 축합 방향족 화합물 중 적어도 하나를 포함하는, 발광소자.

**청구항 14**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제1 유기 화합물과, 상기 제2 유기 화합물과, 상기 제3 유기 화합물과, 상기 제4 유기 화합물은 안트라센 유도체인, 발광소자.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 전류 여기형 발광소자에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 근년, 일렉트로루미네스스(electroluminescence)를 이용한 발광소자의 연구 개발이 활발히 행해지고 있다. 그러한 발광소자의 기본 구성은 한 쌍의 전극 사이에 발광성의 물질을 끼운 것이다. 이 소자에 전압을 인가함으

로써, 발광성의 물질로부터의 발광을 얻을 수 있다.

- [0003] 이와 같은 발광소자는 자기발광형이기 때문에, 액정 디스플레이에 비하여 화소의 시인성(視認性)이 높고, 백라이트가 불필요하다는 등의 이점(利點)이 있어, 플랫 패널 디스플레이 소자로서 매우 적합하다고 생각되고 있다. 또한, 이러한 발광소자는 박형 경량으로 제작할 수 있는 것도 큰 이점이다. 또한, 응답 속도가 매우 빠른 것도 이점 중의 하나이다.
- [0004] 또한, 이 발광소자는 막 형상으로 형성하는 것이 가능하기 때문에, 대면적의 소자를 형성함으로써, 면 발광을 용이하게 얻을 수 있다. 이것은, 백열 전구나 LED로 대표되는 점 광원, 또는 형광등으로 대표되는 선 광원에서는 얻기 어려운 특징이기 때문에, 발광소자는 조명 등에 응용할 수 있는 면 광원으로서의 이용 가치도 높다.
- [0005] 일렉트로루미네스스를 이용한 발광소자는, 발광성의 물질로서 유기 화합물을 사용하는지 무기 화합물을 사용하는지에 따라 크게 나누어진다.
- [0006] 발광성의 물질로서 유기 화합물을 사용하는 경우, 발광소자에 전압을 인가함으로써 한 쌍의 전극으로부터 전자와 정공이 각각 발광성의 유기 화합물을 포함하는 층에 주입되어, 전류가 흐른다. 그리고, 전자와 정공(즉, 캐리어)이 재결합하는 것에 의해, 발광성의 유기 화합물이 여기 상태를 형성하고, 그 여기 상태가 기저 상태로 복귀할 때 발광한다. 이러한 메카니즘으로부터, 이러한 발광소자는 전류 여기형의 발광소자라고 불린다.
- [0007] 또한, 유기 화합물에 의해 발생되는 여기 상태의 종류로서는, 일중항 여기 상태와 삼중항 여기 상태가 가능하고, 일중항 여기 상태로부터의 발광을 형광이라 부르고, 삼중항 여기 상태로부터의 발광을 인광이라 부른다.
- [0008] 이러한 발광소자의 소자 특성을 향상시키는데 있어서는, 사용되는 재료에 의존한 문제가 많고, 이들 문제를 해결하기 위해, 소자 구조의 개량이나 재료 개발 등이 행해지고 있다.
- [0009] 예를 들어, 문헌 1은, 전극들 사이의 유기 기능층 전체에 게스트 물질을 분산시켜, 전자와 정공의 주입 및 재결합의 가능성을 증가시킨 발광소자에 대하여 기재하고 있다. 그러나, 문헌 1은 발광소자의 수명에 대해서는 기재하고 있지 않다.
- [0010] 발광성의 유기 화합물을 포함하는 발광소자는 발광성의 무기 화합물을 사용한 발광소자에 비하여 저전압에서의 구동이 가능하지만, 소자의 수명이 짧다는 문제를 가지고 있고, 따라서, 그러한 발광소자를 더욱 장수명화하는 것이 요구되고 있다.
- [0011] [문헌 1] 일본국 공개특허공고 평6-158038호 공보

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0012] 상기 문제점을 감안하여, 본 발명의 목적은, 수명이 긴 발광소자를 제공하는 데 있다.

**과제 해결수단**

- [0013] 본 발명에 따르면, 발광소자의 발광층의 실질적인 발광 영역을 이 발광층의 중앙 부근에 형성된다. 즉, 발광층과 정공 수송층과의 계면이나 발광층과 전자 수송층과의 계면이 아니라, 발광층의 중앙 부근에 발광 영역을 형성하도록, 캐리어 수송 특성이 상이한 층들을 조합하여 발광층을 구성한다.
- [0014] 따라서, 본 발명의 일 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하며, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.
- [0015] 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송

층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-0.5\text{ eV}$  이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하이며, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)는  $-6.0\text{ eV}$  이상  $-0.5\text{ eV}$  이하이고, 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는  $-3.0\text{ eV}$  이상  $-2.0\text{ eV}$  이하이며, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 3환 축합 방향족 화합물, 4환 축합 방향족 화합물, 5환 축합 방향족 화합물, 6환 축합 방향족 화합물 중 적어도 하나를 포함하고, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응에 대하여 가역적이고, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0018] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 안트라센 유도체이고, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0019] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 전자 수송층 및 정공 수송층; 및 전자 수송층과 정공 수송층 사이의 제1 층 및 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와의 차이가  $0.3\text{ eV}$  이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와의 차이가  $0.3\text{ eV}$  이하이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0020] 상기 구성에 있어서, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와의 차이가  $0.1\text{ eV}$  이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와의 차이가  $0.1\text{ eV}$  이하인 것이 보다 바람직하다.

[0021] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극층에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포

함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0022] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)는  $-6.0$  eV 이상  $-0.5$  eV 이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는  $-3.0$  eV 이상  $-2.0$  eV 이하이며, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)는  $-6.0$  eV 이상  $-0.5$  eV 이하이고, 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는,  $-3.0$  eV 이상  $-2.0$  eV 이하이며, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0023] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 3환 축합 방향족 화합물, 4환 축합 방향족 화합물, 5환 축합 방향족 화합물, 6환 축합 방향족 화합물 중 적어도 하나를 포함하고, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0024] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응에 대하여 가역적이고, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0025] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이고, 정공 수송성의 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물은 안트라센 유도체이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0026] 또한, 본 발명의 다른 양태는, 제1 전극과 제2 전극 사이의 발광층을 포함하고, 발광층은 제1 층과 제2 층을 포함하는 발광소자이고, 이 발광소자에서, 제1 층은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층은 제2 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제1 층은 제2 층의 제1 전극측에 접하여 형성되어 있고, 제1 유기 화합물과 제2 유기 화합물은 같은 유기 화합물이며, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와의 차이가  $0.3$  eV 이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와의 차이가  $0.3$  eV 이하이며, 제1 전극의 전위가 제2 전극의 전위보다 높도록 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가함으로써, 제1 층에 포함되는 제1 유기 화합물과 제2 층에 포함되는 제2 유기 화합물 모두로부터 발광이 얻어지도록 한다.

[0027] 상기 구성에 있어서, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위와의 차이가  $0.1$  eV 이하이고, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위와의 차이가  $0.1$  eV 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0028] 또한, 본 명세서에 있어서의 발광장치는, 화상 표시 디바이스, 발광 디바이스, 및 광원(조명 장치를 포함한다)을 포함한다. 또한, 발광소자가 형성된 패널에 커넥터, 예를 들어, FPC(Flexible Printed Circuit) 또는 TAB(Tape Automated Bonding) 테이프 또는 TCP(Tape Carrier Package)가 부착된 모듈, TAB 테이프나 TCP의 끝에 프린트 배선판이 설치된 모듈, 및 발광소자에 COG(Chip On Glass) 방식에 의해 IC(집적회로)가 직접 실장된

모듈도 모두 발광장치에 포함하는 것으로 한다.

- [0029] 또한, 본 발명의 발광소자를 표시부에 사용한 전자기기도 본 발명의 범주에 포함하는 것으로 한다. 따라서, 본 발명의 전자기기는 그의 표시부에 상술한 발광소자와 발광소자의 발광을 제어하는 컨트롤러를 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0030] 본 발명의 발광소자에서는, 발광층과 정공 수송층과의 계면 또는 발광층과 전자 수송층과의 계면이 아니고, 발광층의 중앙 부근에 발광 영역이 형성되어 있기 때문에, 정공 수송층이나 전자 수송층에 발광 영역이 근접하는 것에 의한 발광소자의 열화(劣化)가 적다. 즉, 발광 휘도의 경시(經時) 변화가 적고, 수명이 긴 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 발광소자를 발광장치 및 전자기기에 적용함으로써, 수명이 긴 발광장치 및 전자기기를 얻을 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0032] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명은 많은 다른 양태로 실시될 수 있다. 여기에 개시된 형태 및 상세한 사항은 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어남이 없이 다양하게 변경될 수 있다는 것은 당업자에 의해 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다.
- [0033] 또한, 본 명세서에 있어서, "복합"이란, 단순히 2가지 재료를 혼합한 상태 뿐만 아니라, 복수의 재료를 혼합하고 재료들 사이에서 전하의 수수(授受)를 행하는 상태를 말한다.
- [0034] [실시형태 1]
- [0035] 본 발명의 발광소자의 일 양태에 대하여 도 1(A)를 참조하여 이하에 설명한다.
- [0036] 본 발명의 발광소자는 한 쌍의 전극들 사이에 복수의 층을 가진다. 본 명세서에서, 한 쌍의 전극 사이에 형성된 복수의 층을 합하여 EL 층이라고 한다.
- [0037] 본 실시형태에서, 발광소자는 제1 전극(102), 제2 전극(104), 및 제1 전극(102)과 제2 전극(104) 사이에 형성된 EL 층(103)을 포함한다. 또한, 본 실시형태에서는, 제1 전극(102)은 양극으로서 기능하고, 제2 전극(104)은 음극으로서 기능하는 것으로 한다. 즉, 제1 전극(102)의 전위가 제2 전극(104)의 전위보다 높도록 제1 전극(102)과 제2 전극(104)에 전압을 인가했을 때, 발광이 일어날 수 있다. 이하에서는 그러한 경우를 설명한다.
- [0038] 기판(101)은 발광소자의 지지체로서 사용된다. 기판(101)으로서는, 예를 들어, 유리, 플라스틱 등을 사용할 수 있다. 또한, 발광소자의 지지체로서 기능하는 것이라면, 이것들 이외의 것이라도 사용할 수 있다.
- [0039] 제1 전극(102)은, 일 함수가 큰(구체적으로는, 4.0 eV 이상이 바람직하다) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등으로 형성되는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 예를 들어, 인듐 주석 산화물(ITO : Indium Tin Oxide), 규소 또는 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물(IZO : Indium Zinc Oxide), 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO) 등을 들 수 있다. 이들 도전성 금속 산화물의 막은 통상 스퍼터링에 의해 성막되지만, 졸-겔(sol-gel)법 등을 사용하여도 좋다. 예를 들어, 인듐 아연 산화물(IZO)은, 산화 인듐에 대하여 1~20 wt%의 산화 아연을 첨가한 타겟을 이용하여 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 또한, 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO)은, 산화 인듐에 대하여 산화 텅스텐을 0.5~5 wt%, 산화 아연을 0.1~1 wt% 함유한 타겟을 이용하여 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다. 이 외에, 금(Au), 백금(Pt), 니켈(Ni), 텅스텐(W), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 코발트(Co), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 금속 재료의 질화물(예를 들어, 질화티탄(TiN)) 등을 사용할 수 있다.
- [0040] EL 층(103)의 적층 구조에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 전자 수송성이 높은 물질, 정공 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 정공 주입성이 높은 물질, 바이폴라성 물질(전자 수송성 및 정공 수송성이 높은 물질) 등으로 형성된 층을 적절히 조합하여 구성하여도 좋다. 예를 들어, 정공 주입층, 정공 수송층, 정공 저지층(홀 블로킹층), 발광층, 전자 수송층, 전자 주입층 등을 적절히 조합하여 EL 층(103)을 구성할 수 있다. 각 층을 구성하는 재료에 대하여 이하에 구체적으로 나타낸다. 도 1(A)~도 1(C)는, 제1 전극(102), 정공 수송

층(112), 발광층(111), 전자 수송층(113), 및 제2 전극(104)이 순차적으로 적층된 예들을 나타내고 있다.

- [0041] 제1 전극(102)과 정공 수송층(112) 사이에 정공 주입층을 형성하여도 좋다. 정공 주입층은 정공 주입성이 높은 물질을 포함하는 층이다. 정공 주입성이 높은 물질로서는, 몰리브덴 산화물(MoO<sub>x</sub>), 바나듐 산화물(VO<sub>x</sub>), 루테튬 산화물(RuO<sub>x</sub>), 텅스텐 산화물(WO<sub>x</sub>), 망간 산화물(MnO<sub>x</sub>) 등을 사용할 수 있다. 이 외에, 프탈로시아닌(약칭 : H<sub>2</sub>Pc)이나 구리 프탈로시아닌(약칭 : CuPc) 등의 프탈로시아닌계 화합물, 또는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)/폴리(스티렌술폰산)(PEDOT/PSS) 등의 고분자 등에 의해서도 정공 주입층을 형성할 수 있다.
- [0042] 또한, 정공 주입층으로서, 정공 수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 복합 재료를 사용할 수 있다. 또한, 정공 수송성이 높은 물질에 엑셉터성 물질을 함유시킨 것을 사용함으로써, 전극을 형성하는 재료를 전극의 일 함수에 상관없이 선택할 수 있다. 즉, 제1 전극(102)으로서, 일 함수가 큰 재료 뿐만 아니라, 일 함수가 작은 재료도 사용할 수 있다. 엑셉터성 물질로서는, 7,7,8,8-테트라시아노-2,3,5,6-테트라플루오로퀴노디메탄(약칭 : F<sub>4</sub>-TCNQ), 클로랄린 등을 들 수 있다. 또한, 천이금속 산화물을 들 수 있다. 또한, 원소 주기율표의 제4족 내지 제8족에 속하는 금속의 산화물을 들 수 있다. 구체적으로는, 산화 바나듐, 산화 니오브, 산화 탄탈, 산화 크롬, 산화 몰리브덴, 산화 텅스텐, 산화 망간, 산화 레늄은 전자 수용성이 높기 때문에 바람직하다. 그 중에서도 특히, 산화 몰리브덴은, 대기 중에서도 안정하고, 흡습성이 낮고, 취급하기 쉽기 때문에 바람직하다.
- [0043] 복합 재료에 사용하는 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등, 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 복합 재료에 사용하는 유기 화합물로서는, 정공 수송성이 높은 유기 화합물인 것이 바람직하다. 구체적으로는, 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 정공 이동도를 가지는 물질이 바람직하다. 그러나, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이라면, 이것들 이외의 것을 사용하여도 좋다. 이하에서는, 복합 재료에 사용할 수 있는 유기 화합물을 구체적으로 열거한다.
- [0044] 예를 들어, 방향족 아민 화합물로서는, N,N'-비스(4-메틸페닐)-N,N'-디페닐-p-페닐렌디아민(약칭 : DTDPPA), 4,4'-비스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : DPAB), 4,4'-비스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : DNTPD), 1,3,5-트리스[N-(4-디페닐아미노페닐)-N-페닐아미노]벤젠(약칭 : DPA3B) 등을 들 수 있다.
- [0045] 복합 재료에 사용할 수 있는 카르바졸 유도체로서는, 구체적으로는, 3-[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭 : PCzPCA1), 3,6-비스[N-(9-페닐카르바졸-3-일)-N-페닐아미노]-9-페닐카르바졸(약칭 : PCzPCA2), 3-[N-(1-나프틸)-N-(9-페닐카르바졸-3-일)아미노]-9-페닐카르바졸(약칭 : PCzPCN1) 등을 들 수 있다.
- [0046] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 카르바졸 유도체로서는, 그 밖에, 4,4'-디(N-카르바졸릴)비페닐(약칭 : CBP), 1,3,5-트리스[4-(N-카르바졸릴)페닐]벤젠(약칭 : TCPB), 9-[4-(10-페닐-9-안트라세닐)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA), 1,4-비스[4-(N-카르바졸릴)페닐]-2,3,5,6-테트라페닐벤젠 등을 사용할 수도 있다.
- [0047] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화수소로서는, 예를 들어, 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : t-BuDNA), 2-tert-부틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭 : DPPA), 2-tert-부틸-9,10-비스(4-페닐페닐)안트라센(약칭 : t-BuDPA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : DNA), 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth), 2-tert-부틸안트라센(약칭 : t-BuAnth), 9,10-비스(4-메틸-1-나프틸)안트라센(약칭 : DMNA), 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]-2-tert-부틸안트라센, 9,10-비스[2-(1-나프틸)페닐]안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(1-나프틸)안트라센, 2,3,6,7-테트라메틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센, 9,9'-비안트릴, 10,10'-디페닐-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스(2-페닐페닐)-9,9'-비안트릴, 10,10'-비스[(2,3,4,5,6-펜타페닐)페닐]-9,9'-비안트릴, 안트라센, 테트라센, 루브렌, 페릴렌, 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌 등을 들 수 있다. 또한, 이 외에, 펜타센, 코로넨 등도 사용할 수 있다. 특히, 1×10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 정공 이동도를 가지고, 탄소수 14~42인 방향족 탄화수소를 사용하는 것이 보다 바람직하다.
- [0048] 또한, 복합 재료에 사용할 수 있는 방향족 탄화수소는 비닐 골격을 가지고 있어도 좋다. 비닐기를 가지고 있는 방향족 탄화수소로서는, 예를 들어, 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭 : DPVBi), 9,10-비스[4-(2,2-디페닐비닐)페닐]안트라센(약칭 : DPVPA) 등을 들 수 있다.

- [0049] 또한, 폴리(N-비닐카르바졸)(약칭 : PVK)이나 폴리(4-비닐트리페닐아민)(약칭 : PVTPA) 등의 고분자 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0050] 정공 수송층(112)은 정공 수송성이 높은 물질을 함유하는 층이다. 정공 수송성이 높은 물질로서는, 예를 들어, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB 또는  $\alpha$ -NPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(약칭 : TPD), 4,4',4''-트리스(N,N-디페닐아미노)트리페닐아민(약칭 : TDATA), 4,4',4''-트리스[N-(3-메틸페닐)-N-페닐아미노]트리페닐아민(약칭 : MTDATA), 4,4'-비스[N-(스피로-9,9'-비플루오렌-2-일)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : BSPB) 등의 방향족 아민 화합물 등을 사용할 수 있다. 이들 물질은, 주로  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 정공 이동도를 가지는 물질이다. 그러나, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이면, 이것들 이외의 것을 사용하여도 좋다. 또한, 정공 수송성이 높은 물질을 함유하는 층은 단층의 것 뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층을 2층 이상 적층한 것으로 하여도 좋다.
- [0051] 발광층(111)은 발광성이 높은 물질을 가지는 층이다. 본 발명의 발광소자에서, 발광층은 제1 층(121)과 제2 층(122)을 가진다. 제1 층(121)은 제1 유기 화합물과 정공 수송성의 유기 화합물을 포함하고, 제2 층(122)은 제1 유기 화합물과 전자 수송성의 유기 화합물을 포함한다. 제1 층은 제2 층의 제1 전극측, 즉, 제2 층의 양극측에 제공되어 있다.
- [0052] 제1 유기 화합물은 발광성이 높은 물질이고, 다양한 재료를 사용할 수 있다. 구체적으로는, N,N'-디메틸퀴나크리돈(약칭 : DMQd), N,N'-디페닐퀴나크리돈(약칭 : DPQd), 쿠마린 6, 쿠마린 545T, (2-(2-[4-(디메틸아미노)페닐]에테닐)-6-메틸-4H-피란-4-일리덴)프로판디니트릴(약칭 : DCM1), {2-메틸-6-{2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐}-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭 : DCM2), {2-(1,1-디메틸에틸)-6-[2-(2,3,6,7-테트라하이드로-1,1,7,7-테트라메틸-1H,5H-벤조[ij]퀴놀리진-9-일)에테닐]-4H-피란-4-일리덴}프로판디니트릴(약칭 : DCJTB), 5,12-디페닐테트라센(약칭 : DPT), 4-(9H-카르바졸-9-일)-4'-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭 : YGAPA), 4,4'-(2-tert-부틸안트라센-9,10-디일)비스[N-[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N-페닐아닐린](약칭 : YGABPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA), N,N'-(2-tert-부틸안트라센-9,10-디일)-4,1-페닐렌]비스[N,N',N'-트리페닐-1,4-페닐렌디아민](약칭 : DPABPA), N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티벤-4,4'-디아민(약칭 : YGA2S), N-[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N-페닐스티벤-4-아민(약칭 : YGAS), N,N'-디페닐-N,N'-비스(9-페닐카르바졸-3-일)스티벤-4,4'-디아민(약칭 : PCA2S), 4,4'-비스(2,2-디페닐비닐)비페닐(약칭 : DPVBi), 2,5,8,11-테트라(tert-부틸)페릴렌(약칭 : TBP), 페릴렌, 루브렌, 1,3,6,8-테트라페닐피렌 등을 사용할 수 있다.
- [0053] 제1 층(121)에 포함되는 정공 수송성의 유기 화합물은 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이다. 제2 층(122)에 포함되는 전자 수송성의 유기 화합물은 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이다.
- [0054] 여기에서, 도 20은 도 1(A) 및 도 1(B)에서 나타난 본 발명의 발광소자의 밴드도의 일례를 나타낸다. 도 20에서, 제1 전극(102)으로부터 주입된 정공은 제1 층(121)에 주입된다. 제1 층(121)에 주입된 정공은 제1 층(121)을 통하여 수송되고, 또한 제2 층(122)에도 주입된다. 여기에서, 제2 층(122)에 포함되는 전자 수송성의 유기 화합물은 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이기 때문에, 제2 층(122)에 주입된 정공은 이동하기 어렵게 된다. 그 결과, 정공은 제1 층(121)과 제2 층(122)과의 계면 부근에 많이 존재하게 된다. 또한, 정공과 전자가 재결합하는 일 없이 전자 수송층(113)에까지 도달하게 되는 현상이 억제될 수 있다.
- [0055] 한편, 제2 전극(104)으로부터 주입된 전자는 제2 층(122)에 주입된다. 제2 층(122)에 주입된 전자는 제2 층(122)을 통하여 수송되고, 제1 층(121)에도 주입된다. 여기에서, 제1 층(121)에 포함되는 정공 수송성의 유기 화합물은 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이기 때문에, 제1 층(121)에 주입된 전자는 이동하기 어렵게 된다. 그 결과, 전자는 제1 층(121)과 제2 층(122)과의 계면 부근에 많이 존재하게 된다. 또한, 전자와 정공이 재결합하는 일 없이 정공 수송층(112)에까지 도달하게 되는 현상이 억제될 수 있다.
- [0056] 상기한 바와 같이, 제1 층(121)과 제2 층(122)과의 계면 부근의 영역(131)에 정공과 전자가 많이 존재하게 되어, 그 계면 부근의 영역(131)에서의 재결합 확률이 높아질 수 있다. 즉, 발광층(111)의 중앙 부근에 발광 영역이 형성된다. 그 결과, 정공이 재결합하는 일 없이 전자 수송층(113)에 도달하고, 전자가 재결합하는 일 없이 정공 수송층(112)에 도달하게 되는 현상이 억제될 수 있기 때문에, 재결합 확률의 저하를 방지할 수 있다. 이것에 의해, 경시적인 캐리어 밸런스의 저하를 방지할 수 있기 때문에, 신뢰성의 향상으로 이어진다.
- [0057] 제1 층(121)에 정공 및 전자가 주입되도록 하기 위해서는, 정공 수송성의 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응이 가능한 유기 화합물일 필요가 있다. 따라서, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준

위)는 -6.0 eV 이상 -0.5 eV 이하인 것이 바람직하다. 또한, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는 -3.0 eV 이상 -2.0 eV 이하인 것이 바람직하다.

[0058] 마찬가지로, 제2 층(122)에 정공 및 전자가 주입되도록 하기 위해서는, 전자 수송성의 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응이 가능한 유기 화합물일 필요가 있다. 따라서, 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)는 -6.0 eV 이상 -0.5 eV 이하인 것이 바람직하다. 또한, 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)는 -3.0 eV 이상 -2.0 eV 이하인 것이 바람직하다.

[0059] 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위) 및 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)의 측정 방법으로는, 사이클릭 볼탐메트리(CV : Cyclic Voltammetry) 측정을 이용한 산출 방법이 있다. 또한, 박막 상태에서의 이온화 포텐셜을 광전자 분광 장치에 의해 측정하고, HOMO 준위를 산출할 수 있다. 그 다음, 그 결과와, 박막 상태에서의 흡수 스펙트럼으로부터 구할 수 있는 에너지 갭으로부터 LUMO 준위를 산출할 수 있다.

[0060] 이와 같이 산화 반응 및 환원 반응이 가능한 유기 화합물로서는, 3환 축합 방향족 화합물, 4환 축합 방향족 화합물, 5환 축합 방향족 화합물, 6환 축합 방향족 화합물을 들 수 있다. 구체적으로는, 안트라센 유도체, 페난트렌 유도체, 피렌 유도체, 크리센 유도체, 디벤조[g,p]크리센 유도체 등을 들 수 있다. 예를 들어, 제1 층에 사용할 수 있는 정공 수송성의 화합물로서는, 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth), N,N-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : CzAIPA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭 : DPhPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA), N,9-디페닐-N-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPBA), 6,12-디메톡시-5,11-디페닐크리센, N,N,N',N',N'',N''',N''''-옥타페닐디벤조[g,p]크리센-2,7,10,15-테트라아민 등을 들 수 있다. 또한, 제2 층에 사용할 수 있는 전자 수송성의 화합물로서는, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : DPCzPA), 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭 : DPPA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : DNA), 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : t-BuDNA), 9,9'-비안트릴(약칭 : BANT), 9,9'-(스틸벤-3,3'-디일)디페난트렌(약칭 : DPNS), 9,9'-(스틸벤-4,4'-디일)디페난트렌(약칭 : DPNS2), 3,3',3''-(벤젠-1,3,5-트리일)트리피렌(약칭 : TPB3) 등을 들 수 있다.

[0061] 또한, 도 20을 참조하여 앞에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 발광소자는, 제1 층(121)으로부터 제2 층(122)에 정공이 주입되도록 구성되기 때문에, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)와의 차이는 작은 것이 바람직하다. 또한, 본 발명의 발광소자는, 제2 층(122)으로부터 제1 층(121)에 전자가 주입되도록 구성되기 때문에, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)와의 차이는 작은 것이 바람직하다. 정공 수송성의 유기 화합물의 HOMO 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 HOMO 준위와의 차이가 크면, 발광 영역이 제1 층과 제2 층 중의 어느 한쪽으로 치우쳐 버린다. 마찬가지로, 정공 수송성의 유기 화합물의 LUMO 준위와 전자 수송성의 유기 화합물의 LUMO 준위와의 차이가 큰 경우에도, 발광 영역이 제1 층과 제2 층 중의 어느 한쪽으로 치우쳐 버린다. 따라서, 정공 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)와 전자 수송성의 유기 화합물의 최고 피점 궤도 준위(HOMO 준위)와의 차이는 0.3 eV 이하, 보다 바람직하게는, 0.1 eV인 것이 바람직하다. 또한, 정공 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)와 전자 수송성의 유기 화합물의 최저 공궤도 준위(LUMO 준위)와의 차이는 0.3 eV 이하, 보다 바람직하게는, 0.1 eV 이하인 것이 바람직하다.

[0062] 또한, 발광소자는 전자와 정공이 재결합함으로써 발광을 제공하기 때문에, 발광층(111)에 사용되는 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 안정한 것이 바람직하다. 즉, 이 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응에 대하여 가역적인 것이 바람직하다. 특히, 정공 수송성의 유기 화합물 및 전자 수송성의 유기 화합물은 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 안정한 것이 바람직하다. 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 그 유기 화합물이 안정한지 여부는 사이클릭 볼탐메트리(CV) 측정에 의해 확인할 수 있다.

[0063] 구체적으로는, CV 측정에서 산화 반응 및 환원 반응을 반복했을 때, 유기 화합물의 산화 반응에서의 산화 피크 전위( $E_{pa}$ ) 및 환원 반응에서의 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )의 변화를 관측함으로써, 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 그 유기 화합물이 안정한지 여부는 확인할 수 있다. 산화 반응 및 환원 반응의 반복수는 많은 것이 바람직하지만, 50회~200회 반복함으로써, 대략 안정성을 추측할 수 있다. 이와 같은 측정에서, 발광층(111)에 사용하는 정공 수송성의 유기 화합물 및 전자 수송성의 유기 화합물에서는, 산화 피크 전위의 강도 및 환원 피크 전위의 강도의 변화가 50%보다 작은 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는, 30%보다 작은 것이 바람직하다. 즉, 예를 들어, 산화 피크 전위가 감소하여도 50% 이상의 피크 강도를 유지하고 있는 것이 바람직하다. 보다 바람

직하게는, 70% 이상의 피크 강도를 유지하고 있는 것이 바람직하다. 또한, 산화 피크 전위 및 환원 피크 전위의 값의 변화는 0.05 V 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는, 0.02 V 이하인 것이 바람직하다.

[0064] 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 안정할 수 있는 유기 화합물, 즉, 산화 반응 및 환원 반응에 대하여 가역적인 유기 화합물로서는, 안트라센 유도체가 바람직하다. 제1 층(121)에 포함되는 정공 수송성의 유기 화합물로서는, 구체적으로는, 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth), N,N-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : CzA1PA), 4-(10-페닐-9-안트릴)트리페닐아민(약칭 : DPhPA), N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA), N,9-디페닐-N-{4-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]페닐}-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPBA) 등을 들 수 있다. 제2 층(122)에 포함되는 전자 수송성의 유기 화합물로서는, 구체적으로는, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA), 3,6-디페닐-9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : DPCzPA), 9,10-비스(3,5-디페닐페닐)안트라센(약칭 : DPPA), 9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : DNA), 2-tert-부틸-9,10-디(2-나프틸)안트라센(약칭 : t-BuDNA), 9,9'-비안트릴(약칭 : BANT) 등을 들 수 있다. 이러한 안트라센 유도체는 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 안정하므로 바람직하다.

[0065] 제1 층에 포함되는 발광성이 높은 물질과 제2 층에 포함되는 발광성이 높은 물질에 같은 물질을 사용함으로써, 발광층의 중앙 부근에서 발광시키는 것이 가능하게 된다. 한편, 제1 층과 제2 층에 서로 다른 발광성이 높은 물질을 사용하면, 제1 층과 제2 층 중 어느 한쪽 층에서만 발광하게 될 가능성이 있다. 어느 한쪽 층에서만 발광하게 되면, 발광층의 중앙 부근에서 발광시키는 것이 곤란하게 되어 버린다. 또한, 제1 층과 제2 층을 서로 다른 발광성이 높은 물질을 사용하여 형성하면, 양쪽의 발광성이 높은 물질이 발광하게 되어, 색 순도가 좋은 발광을 얻을 수 없게 되어 버린다. 또한, 발광색이 변화하게 될 가능성이 있다. 따라서, 제1 층에 포함되는 발광성이 높은 물질과 제2 층에 포함되는 발광성이 높은 물질을 같은 물질로 하는 것이 바람직하다.

[0066] 발광층인 제1 층 및 제2 층의 재료는, 상술한 관점으로부터 적절히 선택하여 조합하는 것이 가능하다.

[0067] 전자 수송층(113)은 전자 수송성이 높은 물질을 함유하는 층이다. 예를 들어, 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 : Alq), 트리스(4-메틸-8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 : Almq<sub>3</sub>), 비스(10-하이드록시벤조[h]퀴놀리나토)베릴륨(약칭 : BeBq<sub>2</sub>), 비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)(4-페닐페놀라토)알루미늄(약칭 : BAlq) 등, 퀴놀린 골격 또는 벤조퀴놀린 골격을 가지는 금속 착체를 함유하는 층을 사용할 수 있다. 또한, 이 외에, 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조옥사졸라토]아연(약칭 : Zn(BOX)<sub>2</sub>), 비스[2-(2-하이드록시페닐)벤조티아졸라토]아연(약칭 : Zn(BTZ)<sub>2</sub>) 등의 옥사졸계 또는 티아졸계 배위자를 가지는 금속 착체 등도 사용할 수 있다. 또한, 금속 착체 이외에도, 2-(4-비페닐릴)-5-(4-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸(약칭 : PBD), 1,3-비스[5-(p-tert-부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠(약칭 : OXD-7), 3-(4-비페닐릴)-4-페닐-5-(4-tert-부틸페닐)-1,2,4-트리아졸(약칭 : TAZ), 바소페난트롤린(약칭 : BPhen), 바소큐프로인(약칭 : BCP) 등도 사용할 수 있다. 여기에 기재한 물질은, 주로 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 이상의 전자 이동도를 가지는 물질이다. 또한, 정공 수송성보다 전자 수송성이 높은 물질이면, 상기 이외의 물질로 전자 수송층을 형성하여도 좋다. 또한, 전자 수송층은 단층의 것뿐만 아니라, 상기 물질로 이루어지는 층을 2층 이상 적층한 것으로 하여도 좋다.

[0068] 또한, 전자 수송층(113)과 제2 전극(104)과의 사이에, 전자 주입성이 높은 물질을 포함하는 층인 전자 주입층을 제공하여도 좋다. 전자 주입층으로서, 불화 리튬(LiF), 불화 세슘(CsF), 불화 칼슘(CaF<sub>2</sub>) 등과 같은 알칼리 금속 또는 알칼리토류 금속 또는 그들의 화합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 전자 수송성을 가지는 물질로 이루어지는 층 중에 알칼리 금속 또는 알칼리토류 금속 또는 그들의 화합물을 함유시킨 것, 예를 들어, Alq 층에 마그네슘(Mg)을 함유시킨 것 등을 사용할 수도 있다. 또한, 전자 주입층으로서, 전자 수송성을 가지는 물질로 이루어지는 층 중에 알칼리 금속 또는 알칼리토류 금속을 함유시킨 것을 사용함으로써, 제2 전극(104)으로부터의 전자 주입이 효율 좋게 행해지기 때문에, 보다 바람직하다.

[0069] 제2 전극(104)은, 일 함수가 작은(구체적으로는, 3.8 eV 이하가 바람직하다) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등으로 형성할 수 있다. 이러한 음극 재료의 구체예로서는, 원소 주기율표의 제1족 또는 제2족에 속하는 원소, 즉, 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 또는 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리토류 금속; 이것들 중 어느 것인가를 함유하는 합금(MgAg, AlLi 등); 유클로프(Eu), 이테르븀(Yb) 등의 희토류 금속; 희토류 금속을 함유하는 합금 등을 들 수 있다. 그러나, 제2 전극(104)과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 제공하면, 일 함수의 대소에 상관없이, Al, Ag, ITO, 또는 규소나 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물 등의 다양한 도전성 재료로 제2 전극(104)을 형성할 수 있다.

- [0070] 또한, EL 층(103)의 형성 방법으로서, 다양한 방법을 이용할 수 있고, 건식법과 습식법 중 어느 것이라도 이용할 수 있다. 예를 들어, 진공 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등을 이용하여도 좋다. 또한, 각 전극 또는 각 층마다 다른 성막 방법을 이용하여도 좋다.
- [0071] 이상과 같은 구성을 가지는 본 발명의 발광소자에서는, 제1 전극(102)과 제2 전극(104) 사이에 생긴 전위차에 의해 전류가 흐르고, EL 층(103)에서 정공과 전자가 재결합하여 발광하는 것이다. 보다 구체적으로는, EL 층(103) 중의 발광층(111)에서, 제1 층(121) 및 제2 층(122)의 중앙 부근에 발광 영역이 형성되어 있다.
- [0072] 발광은, 제1 전극(102)과 제2 전극(104) 중의 어느 한쪽 또는 양쪽 모두를 통하여 외부로 취출된다. 따라서, 제1 전극(102)과 제2 전극(104) 중의 어느 한쪽 또는 양쪽 모두는 투광성을 가지는 전극이다. 제1 전극(102)만이 투광성을 가지는 전극인 경우, 도 1(A)에 나타내는 바와 같이, 발광은 제1 전극(102)을 통하여 기관측으로부터 취출된다. 또한, 제2 전극(104)만이 투광성을 가지는 전극인 경우, 도 1(B)에 나타내는 바와 같이, 발광은 제2 전극(104)을 통하여 기관과 반대측으로부터 취출된다. 제1 전극(102)과 제2 전극(104) 모두가 투광성을 가지는 전극인 경우, 도 1(C)에 나타내는 바와 같이, 발광은 제1 전극(102) 및 제2 전극(104)을 통하여 기관측 및 기관측과 반대측의 양쪽 모두로부터 취출된다.
- [0073] 또한, 제1 전극(102)과 제2 전극(104)과의 사이에 제공되는 층의 구성은 상기의 것에 한정되지 않는다. 상기한 구성 외에, 발광 영역과 금속이 근접함으로써 발생하는 소광(消光)을 방지할 수 있도록, 정공과 전자가 재결합하는 발광 영역을 제1 전극(102) 및 제2 전극(104)으로부터 떨어진 부위에 제공하고, 발광층이 제1 층(121)과 제2 층(122)을 가지는 구성이라면, 어떠한 구성이라도 좋다.
- [0074] 즉, 층의 적층 구조에 대해서는 특별히 한정되지 않고, 전자 수송성이 높은 물질 또는 정공 수송성이 높은 물질, 전자 주입성이 높은 물질, 정공 주입성이 높은 물질, 바이폴라성 물질(전자 및 정공의 수송성이 높은 물질), 정공 블록 재료 등으로 이루어지는 층들을 자유롭게 조합하여도 좋다.
- [0075] 도 2에 나타내는 발광소자는, 기관(301) 위에, 음극으로서 기능하는 제2 전극(304), EL 층(303), 양극으로서 기능하는 제1 전극(302)이 순차로 적층된 구성으로 되어 있다. EL 층(303)은 정공 수송층(312), 발광층(311), 전자 수송층(313)을 포함하고, 발광층(311)은 제1 층(321)과 제2 층(322)을 포함한다. 제1 층(321)은 제2 층(322)층보다는 양극으로서 기능하는 제1 전극측에 제공되어 있다.
- [0076] 본 실시형태에서는, 유리, 플라스틱 등으로 이루어지는 기관 위에 발광소자를 형성하고 있다. 일 기관 위에 이러한 발광소자를 복수 형성함으로써, 패시브 매트릭스형의 발광장치를 제작할 수 있다. 또한, 유리, 플라스틱 등으로 이루어지는 기관 위에, 예를 들어, 박막트랜지스터(TFT)를 형성하고, 그 TFT에 전기적으로 접속된 전극 위에 발광소자를 제작하여도 좋다. 이것에 의해, TFT에 의해 발광소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형의 발광장치를 제작할 수 있다. 또한, TFT의 구조는 특별히 한정되는 것은 아니다. 스테거형의 TFT이어도 좋고, 역스테거형의 TFT이어도 좋다. 또한, TFT 기관 위에 형성되는 구동회로에 대해서도, N채널형 TFT와 P채널형 TFT로 형성되는 것이어도 좋고, 또는, N채널형 TFT와 P채널형 TFT 중의 어느 한쪽으로부터 이루어지는 것이어도 좋다. 또한, TFT에 사용되는 반도체막의 결정성에 대해서도 특별히 한정되지 않는다. 비정질 반도체막을 사용하여도 좋고, 결정성 반도체막을 사용하여도 좋다.
- [0077] 본 발명의 발광소자에서는, 발광층과 정공 수송층과의 계면 또는 발광층과 전자 수송층과의 계면에 발광 영역이 형성되어 있는 것이 아니라, 발광층의 중앙 부근에 발광 영역이 형성되어 있다. 따라서, 정공 수송층이나 전자 수송층에 발광 영역이 근접하는 것에 의해 야기되는 영향을 받는 일이 거의 없다. 따라서, 열화(劣化)가 적고 수명이 긴 발광소자를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명의 발광소자의 발광층은 산화 반응 및 환원 반응을 반복하여도 안정한 화합물을 사용하여 형성되어 있기 때문에, 전자와 정공의 재결합에 의한 발광을 반복하여도 열화가 어렵다. 따라서, 보다 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0078] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태 및 실시예와 자유롭게 조합하는 것이 가능하다.
- [0079] [실시형태 2]
- [0080] 본 실시형태는, 본 발명에 따른 복수의 발광 유닛을 적층한 구성의 발광소자(이하, 적층형 소자라고 한다)의 양태에 대하여 도 3을 참조하여 설명한다. 이 발광소자는, 제1 전극과 제2 전극과의 사이에 복수의 발광 유닛을 가지는 발광소자이다. 발광 유닛으로서, 실시형태 1에서 나타낸 EL 층과 같은 구성을 사용할 수 있다. 즉, 실시형태 1에서 나타낸 발광소자는 하나의 발광 유닛을 가지는 발광소자이고, 본 실시형태에서는, 복수의 발광

유닛을 가지는 발광소자에 대하여 설명한다.

- [0081] 도 3에서, 제1 전극(501)과 제2 전극(502) 사이에는, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512)이 적층되어 있다. 제1 전극(501)과 제2 전극(502)에는 실시형태 1에서 나타낸 것과 같은 전극을 적용할 수 있다. 또한, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512)은 같은 구성이어도 좋고 상이한 구성이어도 좋고, 그 구성으로서, 실시형태 1에서 나타낸 것과 같은 것을 적용할 수 있다.
- [0082] 전하 발생층(513)은, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 포함하고 있다. 이 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는 실시형태 1에서 나타낸 복합 재료이고, 유기 화합물과 산화 바나듐이나 산화 몰리브덴이나 산화 텅스텐 등의 금속 산화물을 포함한다. 유기 화합물로서는, 방향족 아민 화합물, 카르바졸 유도체, 방향족 탄화수소, 고분자 화합물(올리고머, 덴드리머, 폴리머 등) 등의 다양한 화합물을 사용할 수 있다. 또한, 유기 화합물로서는, 정공 수송성을 가지고 정공 이동도가  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  이상인 유기 화합물을 사용하는 것이 바람직하다. 그러나, 전자 수송성보다 정공 수송성이 높은 물질이라면, 상기한 것들 이외의 것을 사용하여도 좋다. 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료는, 캐리어 주입성과 캐리어 수송성이 우수하기 때문에, 저전압 구동 및 저전류 구동을 실현할 수 있다.
- [0083] 또한, 전하 발생층(513)은, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료와 다른 재료를 조합하여 형성하여도 좋다. 예를 들어, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과, 전자 공여성 물질 중에서 선택된 하나의 화합물과 전자 수송성이 높은 화합물을 함유하는 층을 조합하여 형성하여도 좋다. 또한, 유기 화합물과 금속 산화물의 복합 재료를 함유하는 층과, 투명 도전막을 조합하여 형성하여도 좋다.
- [0084] 어쨌든, 제1 발광 유닛(511)과 제2 발광 유닛(512) 사이에 끼워지는 전하 발생층(513)은, 제1 전극(501)과 제2 전극(502)에 전압을 인가했을 때, 한쪽의 발광 유닛에 전자를 주입하고, 다른 쪽의 발광 유닛에 정공을 주입하는 것이면 된다.
- [0085] 본 실시형태에서는, 2개의 발광 유닛을 가지는 발광소자에 대하여 설명하였지만, 3개 이상의 발광 유닛을 적층한 발광소자에 대해서도 마찬가지로 본 발명을 적용하는 것이 가능하다. 본 실시형태의 발광소자와 같이, 한 쌍의 전극 사이에 복수의 발광 유닛을 전하 발생층에서 구분하여 배치함으로써, 전류 밀도를 낮게 유지한 채로 고휘도에서도 장수명의 소자를 실현할 수 있다. 또한, 발광소자를 조명에 응용한 경우에는, 전극 재료의 저항에 의한 전압 강하를 작게 할 수 있으므로, 대면적에서의 균일한 발광이 가능하게 된다. 또한, 저전압 구동이 가능하고 소비전력이 낮은 발광장치를 실현할 수 있다.
- [0086] 또한, 각각의 발광 유닛의 발광색을 다른 것으로 함으로써, 발광소자 전체로서, 소망의 색의 발광을 얻을 수 있다. 예를 들어, 2개의 발광 유닛을 가지는 발광소자에서, 제1 발광 유닛의 발광색과 제2 발광 유닛의 발광색을 보색(補色)의 관계가 되도록 함으로써, 발광소자 전체로서 백색 발광하는 발광소자를 얻는 것도 가능하다. 또한, "보색"이란, 혼합하면 무채색이 되는 색들끼리의 관계를 말한다. 즉, 보색의 관계에 있는 색을 발광하는 물질들로부터 얻어진 광을 혼합하면, 백색 발광을 얻을 수 있다. 또한, 3개의 발광 유닛을 가지는 발광소자의 경우에도 마찬가지이다. 예를 들어, 제1 발광 유닛의 발광색이 적색이고, 제2 발광 유닛의 발광색이 녹색이고, 제3 발광 유닛의 발광색이 청색인 경우, 발광소자 전체로는, 백색 발광을 얻을 수 있다.
- [0087] 또한, 본 실시형태는 다른 실시형태 및 실시예와 자유롭게 조합하는 것이 가능하다.
- [0088] [실시형태 3]
- [0089] 본 실시형태에서는, 본 발명의 발광소자를 가지는 발광장치에 대하여 설명한다.
- [0090] 본 실시형태에서는, 화소부에 본 발명의 발광소자를 가지는 발광장치에 대하여 도 4(A) 및 도 4(B)를 참조하여 설명한다. 도 4(A)는 발광장치를 나타내는 상면도이고, 도 4(B)는 도 4(A)의 A-A'선 및 B-B'선에서 절단한 단면도이다. 점선으로 나타낸 부호 601은 구동회로부(소스측 구동회로), 부호 602는 화소부, 부호 603은 구동회로부(게이트측 구동회로)이다. 또한, 부호 604는 봉지(封止) 기관, 부호 605는 시일(seal)재이며, 시일재(605)로 둘러싸인 내측은 공간(607)으로 되어 있다.
- [0091] 또한, 리드(lead) 배선(608)은 소스측 구동회로(601) 및 게이트측 구동회로(603)에 입력되는 신호를 전송하기 위한 배선이고, 외부 입력 단자가 되는 FPC(Flexible Printed Circuit)(609)로부터 비디오 신호, 클럭 신호, 스타트 신호, 리셋 신호 등을 받는다. 또한, 여기에서는 FPC 밖에 도시하지 않았지만, 이 FPC에는 프린트 배선

판(PWB)이 장착되어 있어도 좋다. 본 명세서에서의 발광장치는, 발광장치 본체 뿐만 아니라, 거기에 FPC 또는 PWB가 부착된 상태도 포함하는 것으로 한다.

- [0092] 다음에, 단면 구조에 대하여 도 4(B)를 참조하여 설명한다. 소자 기판(610) 위에는 구동회로부 및 화소부가 형성되어 있지만, 여기서는, 구동회로부인 소스측 구동회로(601)와, 화소부(602) 중의 하나의 화소가 나타나 있다.
- [0093] 또한, 소스측 구동회로(601)에서는 N채널형 TFT(623)와 P채널형 TFT(624)를 조합한 CMOS 회로가 형성되어 있다. 또한, 구동회로는, 다양한 CMOS 회로, PMOS 회로 또는 NMOS 회로로 형성하여도 좋다. 또한, 본 실시형태에서는, 기판 위에 구동회로를 형성한 드라이버 일체형을 나타내지만, 반드시 그럴 필요는 없고, 구동회로를 기판 위가 아니라 외부에 형성하여도 좋다.
- [0094] 또한, 화소부(602)는, 스위칭용 TFT(611)와 전류 제어용 TFT(612)와 그 전류 제어용 TFT의 드레인에 전기적으로 접속된 제1 전극(613)을 포함하는 복수의 화소에 의해 형성된다. 또한, 제1 전극(613)의 단부를 덮도록 절연물(614)이 형성되어 있다. 여기서는, 절연물(614)이 포지티브형의 감광성 아크릴 수지막을 사용함으로써 형성된다.
- [0095] 또한, 피복성을 양호한 것으로 하기 위해, 절연물(614)의 상단부 또는 하단부는 곡률을 가지는 곡면이 형성되도록 한다. 예를 들어, 절연물(614)의 재료로서 포지티브형의 감광성 아크릴을 사용한 경우, 절연물(614)의 상단부에만 곡률 반경(0.2  $\mu\text{m}$ ~3  $\mu\text{m}$ )을 가지는 곡면을 가지게 하는 것이 바람직하다. 또한, 절연물(614)로서, 광의 조사에 의해 에천트에 불용해성이 되는 네거티브형과, 광의 조사에 의해 에천트에 용해성이 되는 포지티브형의 어느 것이나 사용할 수 있다.
- [0096] 제1 전극(613) 위에는, EL 층(616) 및 제2 전극(617)이 형성되어 있다. 여기서, 양극으로서 기능하는 제1 전극(613)은, 다양한 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물로 형성할 수 있다. 제1 전극을 양극으로서 사용하는 경우에는, 그 중에서도, 일 함수가 큰(일 함수 4.0 eV 이상) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 규소를 함유한 인듐 주석 산화물, 산화 인듐에 산화 아연(ZnO)을 2~20 wt% 혼합한 인듐 아연 산화물(IZO), 질화티탄막, 크롬막, 텅스텐막, Zn막, Pt막 등의 단층막 외에, 질화티탄과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과의 적층, 질화티탄막과 알루미늄을 주성분으로 하는 막과 질화티탄막과의 3층 구조 등을 사용할 수 있다. 또한, 적층 구조로 하면, 배선으로서의 저항도 낮고, 양호한 옴믹 콘택트(ohmic contact)를 취할 수 있어, 더욱 양극으로서 기능시킬 수 있다.
- [0097] EL 층(616)은, 증착 마스크를 사용한 증착법, 잉크젯법, 스핀 코팅법 등의 다양한 방법에 의해 형성된다. EL 층(616)은, 실시형태 1 또는 실시형태 2에서 나타난 발광층을 가지고 있다. 또한, EL 층(616)을 구성하는 다른 재료로서는, 저분자 화합물, 중분자 화합물(올리고머, 덴드리머를 포함한다), 고분자 화합물 중 어느 것이나 사용하여도 좋다. 또한, EL 층에 사용하는 재료로서는, 유기 화합물 뿐만 아니라, 무기 화합물을 사용하여도 좋다.
- [0098] 제2 전극(617)에 사용하는 재료로서는, 다양한 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물을 사용할 수 있다. 그 중에서도, 일 함수가 작은(일 함수 3.8 eV 이하) 금속, 합금, 전기 전도성 화합물, 및 이들의 혼합물 등을 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 원소 주기율표의 제1족 또는 제2족에 속하는 원소, 즉, 리튬(Li)이나 세슘(Cs) 등의 알칼리 금속, 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr) 등의 알칼리토류 금속, 및 이들 중 어느 것인가를 함유하는 합금(MgAg, AlLi 등) 등을 들 수 있다. 또한, EL 층(616)에서 생긴 광이 제2 전극(617)을 투과하는 경우에는, 제2 전극(617)은, 막 두께를 얇게 한 금속 박막과, 투명 도전막(인듐 주석 산화물(ITO), 규소 또는 산화규소를 함유한 인듐 주석 산화물, 인듐 아연 산화물(IZO), 산화 텅스텐 및 산화 아연을 함유한 산화 인듐(IWZO) 등)과의 적층을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다.
- [0099] 또한, 시일재(605)에 의해 봉지 기판(604)과 소자 기판(610)을 서로 부착시킴으로써, 소자 기판(610), 봉지 기판(604), 및 시일재(605)로 둘러싸인 공간(607)에 발광소자(618)를 구비한 구조로 된다. 또한, 공간(607)에는, 충전재가 충전되어도 좋고, 불활성 기체(질소나 아르곤 등), 시일재(605) 등이 충전되어도 좋다.
- [0100] 또한, 시일재(605)에는 에폭시계 수지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 이 재료는 수분이나 산소를 가능한 한 투과하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또한, 봉지 기판(604)에 사용하는 재료로서, 유리 기판이나 석영 기판 외에, FRP(Fiberglass-Reinforced Plastics), PVF(폴리비닐 플루로라이드), 폴리에스터 또는 아크릴 등으로 이루어지는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.

- [0101] 이상과 같이 하여, 본 발명의 발광소자를 가지는 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0102] 본 발명의 발광장치는, 실시형태 1 또는 실시형태 2에서 나타낸 발광소자를 가진다. 따라서, 수명이 긴 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0103] 이상과 같이, 본 실시형태에서는, 트랜지스터에 의해 발광소자의 구동을 제어하는 액티브 매트릭스형의 발광장치에 대하여 설명하였지만, 트랜지스터와 같은 구동용 소자를 특별히 제공하지 않고 발광소자를 구동하는 패시브 매트릭스형의 발광장치이어도 좋다. 도 5는 본 발명을 적용하여 제작한 패시브 매트릭스형의 발광장치의 사시도를 나타낸다. 도 5에서, EL 층(955)이 기판(951) 위에서 전극(952)과 전극(956)과의 사이에 제공되어 있다. 전극(952)의 단부는 절연층(953)으로 덮여 있다. 그리고, 절연층(953) 위에는 격벽층(954)이 제공되어 있다. 격벽층(954)의 측벽은, 한쪽의 측벽과 다른쪽의 측벽과의 간격이 기판면에 가까워질 수록 좁아지도록 하는 경사를 가진다. 즉, 격벽층(954)의 짧은 변 방향에서의 단면은 사다리꼴 형상으로서, 저변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향으로 향하고, 절연층(953)과 접하는 측)이 상변(절연층(953)의 면 방향과 같은 방향으로 향하고, 절연층(953)과 접하지 않는 측)보다 짧다. 이와 같이, 격벽층(954)을 제공함으로써, 정전기 등에 기인한 발광소자의 불량을 막을 수 있다. 또한, 패시브 매트릭스형의 발광장치에서도, 수명이 긴 본 발명의 발광소자를 포함하는 것에 의해, 수명이 긴 발광장치를 얻을 수 있다.
- [0104] [실시형태 4]
- [0105] 본 실시형태에서는, 실시형태 3에서 나타내는 발광장치를 일부에 포함하는 본 발명의 전자기기에 대하여 설명한다. 본 발명의 전자기기는 실시형태 1 또는 실시형태 2에서 나타낸 발광소자를 가지고, 수명이 긴 표시부를 가진다.
- [0106] 본 발명의 발광장치를 사용하여 제작되는 전자기기로서, 비디오 카메라나 디지털 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이, 내비게이션 시스템, 음향 재생장치(카 오디오, 오디오 컴포넌트 등), 컴퓨터, 게임기기, 휴대형 정보 단말기(모바일 컴퓨터, 휴대 전화기, 휴대형 게임기, 또는 전자 서적 등), 기록 매체를 구비한 화상 재생장치(구체적으로는 Digital Versatile Disc(DVD) 등의 기록 매체를 재생하고, 그의 화상을 표시할 수 있는 표시장치를 구비한 장치) 등을 들 수 있다. 이들 전자기기의 구체예를 도 6(A)~도 6(D)에 나타낸다.
- [0107] 도 6(A)는 본 발명에 따른 텔레비전 장치를 나타내고, 이 텔레비전 장치는 케이스(9101), 지지대(9102), 표시부(9103), 스피커부(9104), 비디오 입력 단자(9105) 등을 포함한다. 이 텔레비전 장치에서, 표시부(9103)는, 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 구성되어 있다. 이 발광소자는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9103)도 같은 특징을 가지기 때문에, 이 텔레비전 장치는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 즉, 장시간 사용할 수 있는 텔레비전 장치를 제공할 수 있다.
- [0108] 도 6(B)는 본 발명에 따른 컴퓨터를 나타내고, 이 컴퓨터는 본체(9201), 케이스(9202), 표시부(9203), 키보드(9204), 외부 접속 포트(9205), 포인팅 디바이스(9206) 등을 포함한다. 이 컴퓨터에서, 표시부(9203)는, 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 구성되어 있다. 이 발광소자는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9203)도 같은 특징을 가지기 때문에, 이 컴퓨터는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 즉, 장시간 사용할 수 있는 컴퓨터를 제공할 수 있다.
- [0109] 도 6(C)는 본 발명에 따른 휴대 전화기를 나타내고, 이 휴대 전화기는 본체(9401), 케이스(9402), 표시부(9403), 음성 입력부(9404), 음성 출력부(9405), 조작 키(9406), 외부 접속 포트(9407), 안테나(9408) 등을 포함한다. 이 휴대 전화기에서, 표시부(9403)는 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 구성되어 있다. 이 발광소자는, 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9403)도 같은 특징을 가지기 때문에, 이 휴대 전화기는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 즉, 장시간 사용할 수 있는 휴대 전화기를 제공할 수 있다.
- [0110] 도 6(D)는 본 발명에 따른 카메라를 나타내고, 이 카메라는 본체(9501), 표시부(9502), 케이스(9503), 외부 접속 포트(9504), 리모콘 수신부(9505), 수상부(9506), 배터리(9507), 음성 입력부(9508), 조작 키(9509), 접안부(9510) 등을 포함한다. 이 카메라에서, 표시부(9502)는 실시형태 1 및 실시형태 2에서 설명한 것과 같은 발광소자를 매트릭스 형상으로 배열하여 구성되어 있다. 이 발광소자는, 수명이 길다고 하는 특징을 가지고

있다. 그 발광소자로 구성되는 표시부(9502)도 같은 특징을 가지기 때문에, 이 카메라는 수명이 길다고 하는 특징을 가지고 있다. 즉, 장시간 사용할 수 있는 카메라를 제공할 수 있다.

[0111] 이상과 같이, 본 발명의 발광장치의 적용 범위는 매우 넓고, 이 발광장치를 모든 분야의 전자기기에 적용하는 것이 가능하다. 본 발명의 발광장치를 사용함으로써, 장시간 사용할 수 있고, 수명이 긴 표시부를 가지는 전자기기를 제공하는 것이 가능하게 된다.

[0112] 또한, 본 발명의 발광장치는 조명장치로서 사용할 수도 있다. 본 발명의 발광소자를 조명장치로서 사용하는 일 예를 도 7을 참조하여 설명한다.

[0113] 도 7은 본 발명의 발광장치를 백라이트로서 사용한 액정 표시장치의 일 예를 나타낸다. 도 7에 나타난 액정 표시장치는 케이스(901), 액정층(902), 백라이트(903), 케이스(904)를 가지고, 액정층(902)은 드라이버 IC(905)에 접속되어 있다. 또한, 백라이트(903)는 본 발명의 발광장치를 사용하고 있고, 전류가 단자(906)를 통해 백라이트(903)에 공급되고 있다.

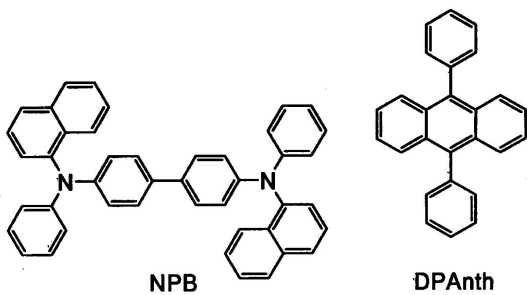
[0114] 본 발명의 발광장치를 액정 표시장치의 백라이트로서 사용함으로써, 수명이 긴 백라이트를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명의 발광장치는 면 발광의 조명장치이고, 대면적화도 가능하기 때문에, 백라이트의 대면적화가 가능하고, 액정 표시장치의 대면적화도 가능하게 된다. 또한, 본 발명의 발광장치는 박형이고 저소비전력이기 때문에, 표시장치의 박형화, 저소비전력화도 가능하게 된다.

[0115] 도 8은 본 발명의 발광장치를 조명장치인 전기 스탠드로서 사용한 예를 나타낸다. 도 8에 나타내는 전기 스탠드는 케이스(2001)와 광원(2002)을 포함하고, 광원(2002)으로서, 본 발명의 발광장치가 사용되고 있다. 본 발명의 발광장치는 장수명이기 때문에, 전기 스탠드도 장수명으로 될 수 있다.

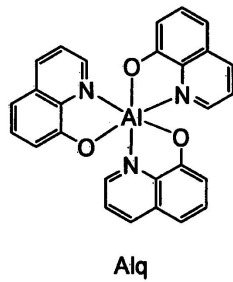
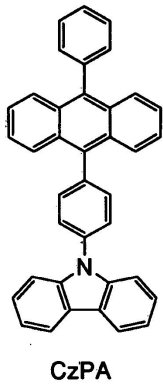
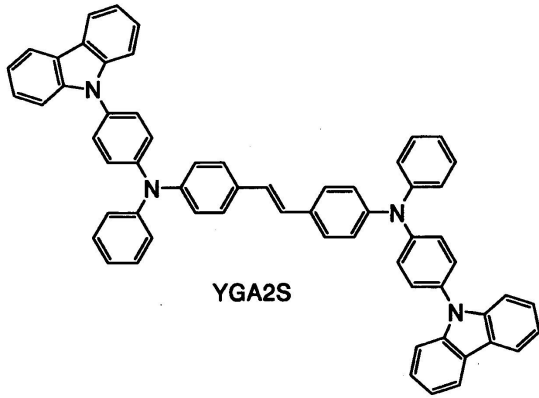
[0116] 도 9는 본 발명의 발광장치를 실내의 조명장치(3001)로서 사용한 예를 나타낸다. 본 발명의 발광장치는 대면적화도 가능하기 때문에, 대면적의 조명장치로서 사용할 수 있다. 또한, 본 발명의 발광장치는 장수명이기 때문에, 조명장치도 장수명으로 될 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 발광장치를 실내의 조명장치(3001)로서 사용한 방에, 도 6(A)를 참조하여 설명한 바와 같은 본 발명의 텔레비전 장치(3002)를 설치하여 공공 방송이나 영화를 감상할 수 있다. 이러한 경우, 조명장치와 텔레비전 장치 모두 장수명이므로, 조명장치나 텔레비전 장치의 교체 횟수를 줄일 수 있어, 환경에의 부하를 저감할 수 있다.

[0117] [실시에 1]

[0118] 본 실시예에서는, 본 발명의 발광소자에 대하여 도 10을 참조하여 구체적으로 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0119]



- [0120]
- [0121] (발광소자 1)
- [0122] 먼저, 유리 기판(2101) 위에, 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물의 막을 스퍼터링법에 의해 성막하고, 제1 전극(2102)을 형성하였다. 그의 막 두께는 110 nm로 하고, 전극 면적은 2 mm×2 mm로 하였다.
- [0123] 다음에, 제1 전극(2102)이 형성된 면이 하방이 되도록, 제1 전극(2102)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기관 홀더에 고정하였다. 압력을 10<sup>-4</sup> Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극(2102) 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)과 산화 몰리브덴(VI)을 공증착하여, 복합 재료를 함유하는 층(2103)을 형성하였다. 그의 막 두께는 50 nm로 하고, NPB 대 산화 몰리브덴(VI)의 중량비를 4 : 1 (= NPB : 산화 몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.
- [0124] 다음에, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층(2104)을 형성하였다.
- [0125] 다음에, 정공 수송층(2104) 위에 발광층(2105)을 형성하였다. 먼저, 정공 수송층(2104) 위에, 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth)과 N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티렌-4,4'-디아민(약칭 : YGA2S)을 공증착하여, 제1 발광층(2121)을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, DPAnth 대 YGA2S의 중량비를 1 : 0.05 (= DPAnth : YGA2S)가 되도록 조절하였다. 또한, 제1 발광층(2121) 위에, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA)과 N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티렌-4,4'-디아민(약칭 : YGA2S)을 공증착하여, 제2 발광층(2122)을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, CzPA 대 YGA2S의 중량비를 1 : 0.05 (= CzPA : YGA2S)가 되도록 조절하였다.
- [0126] 그 후, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 발광층(2105) 위에 트리스(8-퀴놀리놀라토)알루미늄(약칭 : Alq)의 막을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자 수송층(2106)을 형성하였다.
- [0127] 전자 수송층(2106) 위에, Alq와 리튬(Li)을 공증착하여, 막 두께 20 nm의 전자 주입층(2107)을 형성하였다. 여기서, Alq 대 리튬의 중량비를 1 : 0.01 (= Alq : 리튬)이 되도록 조절하였다.
- [0128] 마지막으로, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 알루미늄막을 200 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 제2 전극

(2108)을 형성하였다. 이렇게 하여, 발광소자 1가 제작되었다.

- [0129] (비교 발광소자 2)
- [0130] 먼저, 유리 기판 위에, 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물의 막을 스퍼터링법에 의해 성막하여, 제1 전극을 형성하였다. 그의 막 두께는 110 nm로 하고, 전극 면적은 2 mm×2 mm로 하였다.
- [0131] 다음에, 제1 전극이 형성된 면이 하방이 되도록, 제1 전극이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하였다. 압력을  $10^{-4}$  Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)과 산화 몰리브덴(VI)을 공증착하여, 복합 재료를 함유하는 층을 형성하였다. 그의 막 두께는 50 nm로 하고, NPB 대 산화 몰리브덴(VI)의 증량비를 4 : 1 (= NPB : 산화 몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.
- [0132] 다음에, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층을 형성하였다.
- [0133] 다음에, 정공 수송층 위에 발광층을 형성하였다. 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA)과 N,N'-비스[4-(9H-카르바졸-9-일)페닐]-N,N'-디페닐스티렌-4,4'-디아민(약칭 : YGA2S)을 공증착하여, 발광층을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, CzPA 대 YGA2S의 증량비를 1 : 0.05 (= CzPA : YGA2S)가 되도록 조절하였다.
- [0134] 그 후, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 발광층 위에 Alq의 막을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자 수송층을 형성하였다.
- [0135] 전자 수송층 위에, Alq와 리튬(Li)을 공증착하여, 막 두께 20 nm의 전자 주입층을 형성하였다. 여기서, Alq 대 리튬의 증량비를 1 : 0.01 (= Alq : 리튬)이 되도록 조절하였다.
- [0136] 마지막으로, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 알루미늄막을 200 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 제2 전극을 형성하였다. 이렇게 하여, 비교 발광소자 2가 제작되었다.
- [0137] 발광소자 1 및 비교 발광소자 2의 전류 밀도-휘도 특성을 도 11에 나타낸다. 또한, 전압-휘도 특성을 도 12에 나타낸다. 또한, 휘도-전류 효율 특성을 도 13에 나타낸다. 또한, 1 mA의 전류를 흘렸을 때의 발광 스펙트럼을 도 14에 나타낸다. 또한, 초기 휘도를  $1000 \text{ cd/m}^2$ 로 했을 때의 발광소자 1 및 비교 발광소자 2의 규격화 휘도의 시간 의존성을 도 15에 나타낸다.
- [0138] 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 비교 발광소자 2의 CIE 색도 좌표는  $x = 0.16$ ,  $y = 0.17$ 이고, 비교 발광소자 2는 청색의 발광을 나타냈다. 또한, 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전류 효율은  $3.9 \text{ cd/A}$ , 전압은  $6.4 \text{ V}$ , 전류 밀도는  $25.3 \text{ mA/cm}^2$ 이었다. 또한, 도 15로부터, 비교 발광소자 2는 통전 개시부터 910 시간 후에는 초기 휘도의 56%의 휘도를 나타내었다.
- [0139] 한편, 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 발광소자 1의 CIE 색도 좌표는  $x = 0.15$ ,  $y = 0.17$ 이고, 발광소자 1은 청색의 발광을 나타냈다. 또한, 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전류 효율은  $4.0 \text{ cd/A}$ , 전압은  $7.6 \text{ V}$ , 전류 밀도는  $25.5 \text{ mA/cm}^2$ 이었다. 또한, 도 15로부터, 발광소자 1은 통전 개시부터 1050 시간 후에도 초기 휘도의 67%의 휘도를 나타내었고, 발광소자 1은 장수명의 발광소자인 것을 알 수 있었다.
- [0140] 따라서, 본 발명을 적용함으로써, 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.
- [0141] [실시예 2]
- [0142] 본 실시예에서는, 발광소자 1의 발광층에 사용한 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth)과 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA)의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성을 사이클릭 볼탐메트리(CV) 측정에 의해 조사하였다. 또한, 그 측정으로부터, DPAnth 및 CzPA의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 산출하였다. 또한, 측정에는, 전기화학 애널리라이저(BAS Inc.제, ALS 모델 600A)를 사용하였다.

- [0143] CV 측정에서 사용한 용액에 대해서는, 용매로서 탈수 디메틸포름아미드(DMF)(Aldrich사제, 99.8%, 카탈로그 번호 : 22705-6)을 사용하였다. 지지 전해질인 과염소산 테트라-n-부틸암모늄( $n\text{-Bu}_4\text{NC10}_4$ )(도쿄화학사제, 카탈로그 번호 : T0836)을 100 mmol/L의 농도가 되도록 용해시켰다. 또한, 측정 대상을 1 mmol/L의 농도가 되도록 용해시켰다. 또한, 작용 전극으로서는 백금 전극(BAS Inc.제, PTE 백금 전극)을 사용하고, 카운터 전극으로서는 백금 전극(BAS Inc.제, VC-3 Pt 카운터 전극(5 cm))을 사용하고, 참조 전극으로서는  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극(BAS Inc.제, RE5 비수용매계 참조 전극)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20~25°C)에서 행하였다.
- [0144] (참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지의 산출)
- [0145] 먼저, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극( $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극)의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지(eV)를 산출하였다. 즉,  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극의 페르미 준위를 산출하였다. 메탄올 중에서의 페로센의 산화 환원 전위는 표준 수소 전극에 대하여 +0.610[Vvs. SHE]인 것이 알려져 있다(참고 문헌 : Christian R. Goldsmith et al., J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 1, 83-96, 2002). 한편, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극을 사용하여 메탄올 중에서의 페로센의 산화 환원 전위를 산출한 결과, +0.20 V[vs.  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ]이었다. 따라서, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 포텐셜 에너지는 표준 수소 전극의 것보다 0.41 [eV] 낮아져 있다는 것을 알 수 있었다.
- [0146] 여기서, 진공 준위로부터의 표준 수소 전극의 포텐셜 에너지는 -4.44 eV인 것이 알려져 있다(참고 문헌 : 오니시 토시히로 및 코야마 타마미 저(著), 고분자 EL 재료(코리츠 출판), p. 64-67). 이상으로부터, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지는  $-4.44 - 0.41 = -4.85$  [eV]이었다.
- [0147] (측정예 1 : DPAnth)
- [0148] 본 측정예 1에서는, DPAnth의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성을 사이클릭 볼탐메트리(CV) 측정에 의해 조사하였다. 스캔 속도는 0.1 V/sec로 하고, 100 사이클의 측정을 행하였다.
- [0149] 먼저, 산화 반응 특성의 측정 결과를 도 16(A)에 나타낸다. 산화 반응 특성의 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.05 V로부터 1.20 V까지 주사한 후, 1.20 V로부터 -0.05 V까지 주사하는 것을 1 사이클로 하였다.
- [0150] 도 16(A)에 나타내는 바와 같이, 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 100 사이클 전(초기 상태)과 100 사이클 후에 변화 없이 0.93 V인 채이었다. 또한, 산화 피크 전위에 있어서의 전류량(산화 피크 전류( $I_{pa}$ ))은 초기 상태에서는 -11.9  $\mu\text{A}$ 이고, 100 사이클 후에는 -8.49  $\mu\text{A}$ 이었다. 100 사이클 후에도, 초기 상태의 71%를 유지하고 있었다. 이상으로부터, DPAnth는 산화 반응에 대하여 안정한 화합물이라고 할 수 있다.
- [0151] 또한, 도 16(B)는 도 16(A)에 있어서의 초기 상태의 그래프를 나타낸다. 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 상기한 바와 같이 0.93 V이고, 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 0.81 V인 것을 관찰할 수 있다. 따라서, 반파(half-wave) 전위( $E_{pa}$ 와  $E_{pc}$ 의 중간 전위)는 0.87 V라고 산출할 수 있다. 이것은, DPAnth는 0.87 [Vvs.  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ ]의 전기 에너지에 의해 산화되는 것을 나타내고 있고, 이 에너지는 HOMO 준위에 상당한다. 여기서, 상기한 바와 같이, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지는 -4.85 [eV]이기 때문에, DPAnth의 HOMO 준위는  $-4.85 - 0.87 = -5.72$  [eV]인 것을 알 수 있었다.
- [0152] 다음에, 환원 반응 특성의 측정 결과를 도 17(A)에 나타낸다. 환원 반응 특성의 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.20 V로부터 -2.60 V까지 주사한 후, -2.60 V로부터 -0.20 V까지 주사하는 것을 1 사이클로 하였다.
- [0153] 도 17(A)에 나타내는 바와 같이, 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 100 사이클 전(초기 상태)과 100 사이클 후에 변화 없이 -2.30 V인 채이었다. 또한, 환원 피크 전위에 있어서의 전류량(환원 피크 전류( $I_{pc}$ ))은 초기 상태에서는 8.37  $\mu\text{A}$ 이고, 100 사이클 후에는 7.72  $\mu\text{A}$ 이었다. 100 사이클 후에도, 초기 상태의 92%를 유지하고 있었다. 이상으로부터, DPAnth는 환원 반응에 대하여 안정한 화합물이라고 할 수 있다.
- [0154] 또한, 도 17(B)는 도 17(A)에 있어서의 초기 상태의 그래프를 나타낸다. 환원 피크 전위( $E_{pc}$ )는 상기한 바와 같이 -2.30 V이고, 산화 피크 전위( $E_{pa}$ )는 -2.23 V인 것을 관찰할 수 있다. 따라서, 반파 전위( $E_{pc}$ 와  $E_{pa}$ 의 중간

전위)는 -2.27 V라고 산출할 수 있다. 이것은, DPAnth는 -2.27 [Vvs. Ag/Ag<sup>+</sup>]의 전기 에너지에 의해 환원되는 것을 나타내고 있고, 이 에너지는 LUMO 준위에 상당한다. 여기서, 상기한 바와 같이, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지는 -4.85 [eV]이기 때문에, DPAnth의 LUMO 준위는 -4.85 - (-2.27) = -2.58 [eV]인 것을 알 수 있었다.

[0155] (측정예 2 : CzPA)

[0156] 본 측정예 2에서는, CzPA의 산화 반응 특성 및 환원 반응 특성을 사이클릭 볼탐메트리(CV) 측정에 의해 조사하였다. 스캔 속도는 0.1 V/sec로 하고, 100 사이클의 측정을 행하였다.

[0157] 먼저, 산화 반응 특성의 측정 결과를 도 18(A)에 나타낸다. 또한, 산화 반응 특성의 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.41 V로부터 1.20 V까지 주사한 후, 1.20 V로부터 -0.41 V까지 주사하는 것을 1 사이클로 하였다.

[0158] 도 18(A)에 나타내는 바와 같이, 산화 피크 전위(E<sub>pa</sub>)는 100 사이클 전(초기 상태)과 100 사이클 후에 변화 없이 0.87 V인 채이었다. 또한, 산화 피크 전위에 있어서의 전류량(산화 피크 전류(I<sub>pa</sub>))은 초기 상태에서는 -12.5 μA이고, 100 사이클 후에는 -12.0 μA이었다. 100 사이클 후에도 초기 상태의 96%를 유지하고 있었다. 이상으로부터, CzPA는 산화 반응에 대하여 안정한 화합물이라고 할 수 있다.

[0159] 또한, 도 18(B)는 도 18(A)에 있어서의 초기 상태의 그래프를 나타낸다. 산화 피크 전위(E<sub>pa</sub>)는 상기한 바와 같이 0.87 V이고, 환원 피크 전위(E<sub>pc</sub>)는 0.79 V인 것을 관찰할 수 있다. 따라서, 반파 전위(E<sub>pa</sub>와 E<sub>pc</sub>의 중간 전위)는 0.83 V라고 산출할 수 있다. 이것은, CzPA는 0.83 [Vvs. Ag/Ag<sup>+</sup>]의 전기 에너지에 의해 산화되는 것을 나타내고 있고, 이 에너지는 HOMO 준위에 상당한다. 여기서, 상기한 바와 같이, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지는 -4.85 [eV]이기 때문에, CzPA의 HOMO 준위는 -4.85 - 0.83 = -5.68 [eV]인 것을 알 수 있었다.

[0160] 다음에, 환원 반응 특성의 측정 결과를 도 19(A)에 나타낸다. 또한, 환원 반응 특성의 측정에서는, 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.63 V로부터 -2.40 V까지 주사한 후, -2.40 V로부터 -0.63 V까지 주사하는 것을 1 사이클로 하였다.

[0161] 도 19(A)에 나타내는 바와 같이, 환원 피크 전위(E<sub>pc</sub>)는 100 사이클 전(초기 상태)과 100 사이클 후에 변화 없이 -2.27 V인 채이었다. 또한, 환원 피크 전위에 있어서의 전류량(환원 피크 전류(I<sub>pc</sub>))은 초기 상태에서는 6.15 μA이고, 100 사이클 후에는 4.88 μA이었다. 100 사이클 후에도 초기 상태의 79%를 유지하고 있었다. 이상으로부터, CzPA는 환원 반응에 대하여 안정한 화합물이라고 할 수 있다.

[0162] 또한, 도 19(B)는 도 19(A)에 있어서의 초기 상태의 그래프를 나타낸다. 환원 피크 전위(E<sub>pc</sub>)는 상기한 바와 같이 -2.27 V이고, 산화 피크 전위(E<sub>pa</sub>)는 -2.19 V인 것을 관찰할 수 있다. 따라서, 반파 전위(E<sub>pc</sub>와 E<sub>pa</sub>의 중간 전위)는 -2.23 V라고 산출할 수 있다. 이것은, DPAnth는 -2.23 [Vvs. Ag/Ag<sup>+</sup>]의 전기 에너지에 의해 환원되는 것을 나타내고 있고, 이 에너지는 LUMO 준위에 상당한다. 여기서, 상기한 바와 같이, 본 실시예 2에서 사용하는 참조 전극의 진공 준위에 대한 포텐셜 에너지는 -4.85 [eV]이기 때문에, CzPA의 LUMO 준위는 -4.85 - (-2.23) = -2.62 [eV]인 것을 알 수 있었다.

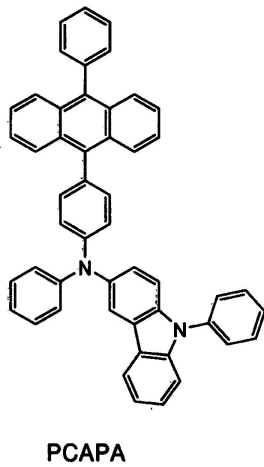
[0163] 또한, 상기한 바와 같이 하여 구한 DPAnth 및 CzPA의 HOMO 준위 및 LUMO 준위를 아래의 표 1에 나타낸다. 표 1로부터 알 수 있는 바와 같이, DPAnth와 CzPA의 HOMO 준위의 차이는 0.04 eV이고, LUMO 준위의 차이는 0.04 eV이었다. 즉, DPAnth와 CzPA의 HOMO 준위간의 에너지 장벽 및 LUMO 준위간의 에너지 장벽은 모두 0.1 eV 이하이었다. 따라서, 제1 층의 정공 수송성 화합물로서 DPAnth를 사용하고, 제2 층의 전자 수송성 화합물로서 CzPA를 사용한 실시예 1의 소자 구조는 본 발명에 바람직한 구조이다.

[0164] [표 1]

|        | HOMO 준위 [eV] | LUMO 준위 [eV] |
|--------|--------------|--------------|
| DPAnth | -5.72        | -2.58        |
| CzPA   | -5.68        | -2.62        |

[0166] [실시예 3]

[0167] 본 실시예에서는, 본 발명의 발광소자에 대하여 도 10을 참조하여 구체적으로 설명한다. 본 실시예에서 사용하는 유기 화합물의 구조식을 아래에 나타낸다.



[0168]

[0169] (발광소자 3)

[0170] 먼저, 유리 기판(2101) 위에, 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물의 막을 스퍼터링법에 의해 성막하여, 제1 전극(2102)을 형성하였다. 그의 막 두께는 110 nm로 하고, 전극 면적은 2 mm×2 mm로 하였다.

[0171] 다음에, 제1 전극(2102)이 형성된 면이 하방이 되도록, 제1 전극(2102)이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기판 홀더에 고정하였다. 압력을  $10^{-4}$  Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극(2102) 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)과 산화 몰리브덴(VI)을 공증착하여, 복합 재료를 함유하는 층(2103)을 형성하였다. 그의 막 두께는 50 nm로 하고, NPB 대 산화 몰리브덴(VI)의 중량비를 4 : 1 (= NPB : 산화 몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.

[0172] 다음에, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층(2104)을 형성하였다.

[0173] 다음에, 정공 수송층(2104) 위에 발광층(2105)을 형성하였다. 먼저, 정공 수송층(2104) 위에, 9,10-디페닐안트라센(약칭 : DPAnth)과 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)을 공증착하여, 제1 발광층(2121)을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, DPAnth 대 PCAPA의 중량비를 1 : 0.05 (= DPAnth : PCAPA)가 되도록 조절하였다. 또한, 제1 발광층(2121) 위에, 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA)과 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)을 공증착하여, 제2 발광층(2122)을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, CzPA 대 PCAPA의 중량비를 1 : 0.05 (= CzPA : PCAPA)가 되도록 조절하였다.

[0174] 그 후, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 발광층(2105) 위에 Alq의 막을 20 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자 수송층(2106)을 형성하였다.

[0175] 전자 수송층(2106) 위에, Alq와 리튬(Li)을 공증착하여, 막 두께 10 nm의 전자 주입층(2107)을 형성하였다. 여기서, Alq 대 리튬의 중량비를 1 : 0.01 (= Alq : 리튬)이 되도록 조절하였다.

[0176] 마지막으로, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 알루미늄막을 200 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 제2 전극(2108)을 형성하였다. 이렇게 하여, 발광소자 3이 제작되었다.

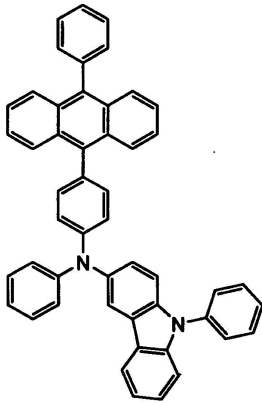
[0177] (비교 발광소자 4)

[0178] 먼저, 유리 기판 위에, 산화규소를 함유하는 인듐 주석 산화물을 스퍼터링법에 의해 성막하여, 제1 전극을 형성

하였다. 그의 막 두께는 110 nm로 하고, 전극 면적은 2 mm×2 mm로 하였다.

- [0179] 다음에, 제1 전극이 형성된 면이 하방이 되도록, 제1 전극이 형성된 기판을 진공 증착 장치 내에 설치된 기관 홀더에 고정하였다. 압력을  $10^{-4}$  Pa 정도까지 감압한 후, 제1 전극 위에, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)과 산화 몰리브덴(VI)을 공증착하여, 복합 재료를 함유하는 층을 형성하였다. 그의 막 두께는 50 nm로 하고, NPB 대 산화 몰리브덴(VI)의 중량비를 4 : 1 (= NPB : 산화 몰리브덴)이 되도록 조절하였다. 또한, 공증착법이란, 하나의 처리실 내에서 복수의 증발원으로부터 동시에 증착을 행하는 증착법이다.
- [0180] 다음에, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 4,4'-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐(약칭 : NPB)을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 정공 수송층을 형성하였다.
- [0181] 다음에, 정공 수송층 위에 발광층을 형성하였다. 9-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸(약칭 : CzPA)과 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)을 공증착하여, 발광층을 30 nm의 막 두께로 형성하였다. 여기서, CzPA 대 PCAPA의 중량비를 1 : 0.05 (= CzPA : PCAPA)가 되도록 조절하였다.
- [0182] 그 후, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해, 발광층 위에 Alq의 막을 10 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 전자 수송층을 형성하였다.
- [0183] 전자 수송층 위에, Alq와 리튬(Li)을 공증착하여, 막 두께 20 nm의 전자 주입층을 형성하였다. 여기서, Alq 대 리튬의 중량비를 1 : 0.01 (= Alq : 리튬)이 되도록 조절하였다.
- [0184] 마지막으로, 저항 가열을 이용한 증착법에 의해 알루미늄막을 200 nm의 막 두께가 되도록 성막하여, 제2 전극을 형성하였다. 이렇게 하여, 비교 발광소자 4가 제작되었다.
- [0185] 발광소자 3 및 비교 발광소자 4의 전류 밀도-휘도 특성을 도 21에 나타낸다. 또한, 전압-휘도 특성을 도 22에 나타낸다. 또한, 휘도-전류 효율 특성을 도 23에 나타낸다. 또한, 1 mA의 전류를 흘렸을 때의 발광 스펙트럼을 도 24에 나타낸다. 또한, 초기 휘도를  $1000 \text{ cd/m}^2$ 로 했을 때의 발광소자 3 및 비교 발광소자 4의 규격화 휘도의 시간 의존성을 도 25에 나타낸다.
- [0186] 휘도  $1100 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 비교 발광소자 4의 CIE 색도 좌표는  $x = 0.16$ ,  $y = 0.22$ 이고, 비교 발광소자 4는 청색의 발광을 나타냈다. 또한, 휘도  $1100 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전류 효율은  $4.6 \text{ cd/A}$ 이고, 외부 양자 효율은 3.0%이었다. 또한, 휘도  $1100 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전압은 5.6 V이고, 전류 밀도는  $23.7 \text{ mA/cm}^2$ 이었다. 또한, 도 25로부터, 비교 발광소자 4는 통전 개시부터 710 시간 후에 초기 휘도의 72%의 휘도를 나타내고 있었다.
- [0187] 한편, 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 발광소자 3의 CIE 색도 좌표는  $x = 0.15$ ,  $y = 0.20$ 이고, 발광소자 3은 청색의 발광을 나타냈다. 또한, 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전류 효율은  $4.8 \text{ cd/A}$ 이고, 외부 양자 효율은 3.4%이었다. 휘도  $1000 \text{ cd/m}^2$ 일 때의 전압은 7.0 V이고, 전류 밀도는  $21.0 \text{ mA/cm}^2$ 이었다. 또한, 도 25로부터, 발광소자 3은 통전 개시부터 1900 시간 후에도 초기 휘도의 73%의 휘도를 유지하고 있었다. 또한, 휘도가 초기 휘도의 50%가 되는 반감기를 계산에 의해 추측한 결과, 13000 시간이 되어, 발광소자 3은 매우 장수명의 발광소자인 것을 알 수 있었다.
- [0188] 따라서, 본 발명을 적용함으로써, 장수명의 발광소자를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.
- [0189] [실시예 4]
- [0190] 본 실시예에서는, 다른 실시예들에서 사용한 재료에 대하여 설명한다.
- [0191] <PCAPA의 합성예>
- [0192] 구조식 (101)로 나타내어지는 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)의 합성 방법에 대하여 설명한다.

[0193] [구조식 (101)]



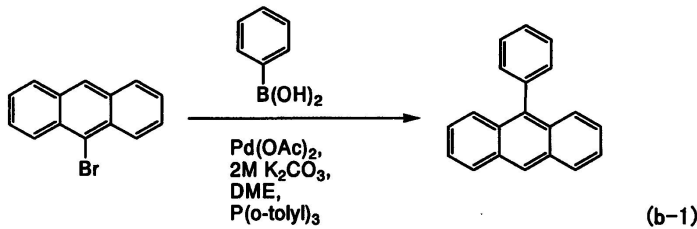
(101)

[0194]  
 [0195] [스텝 1 : 9-(4-브로모페닐)-10-페닐안트라센(약칭 : PA)의 합성 방법]

[0196] (1) 9-페닐안트라센의 합성.

[0197] 9-브로모안트라센 5.4 g(21.1 mmol), 페닐보론산 2.6 g(21.1 mmol), 초산 팔라듐(II)(약칭 : Pd(OAc)<sub>2</sub>) 60 mg(0.21 mmol), 탄산칼륨 수용액(2 mol/L) 10 mL(20 mmol), 트리소(오르토-톨릴)포스핀(약칭 : P(o-tolyl)<sub>3</sub>) 263 mg(0.84 mmol), 1,2-디메톡시에탄(약칭 : DME) 20 mL를 200 mL 3구 플라스크에 넣고, 질소 기류 하에 80°C 에서 9시간 교반하였다. 반응 후, 석출한 고체를 흡인 여과로 회수하고 나서, 톨루엔에 녹여 플로리실 (florisil), 셀라이트(celite), 알루미늄을 통하여 여과하였다. 여과액을 물과 포화 식염수로 세정한 후, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 혼합물을 자연 여과한 후, 여과액을 농축한 결과, 목적물인 9-페닐안트라센의 담갈 색 고체 21.5 g을 수율 85%로 얻었다(합성 스킴(scheme)(b-1)).

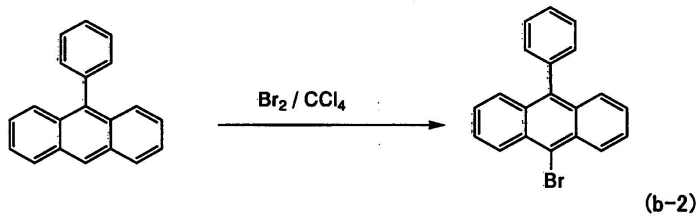
[0198] [합성 스킴(b-1)]



[0199]  
 [0200] (2) 9-브로모-10-페닐안트라센의 합성.

[0201] 9-페닐안트라센 6.0 g(23.7 mmol)을 사염화 탄소 80 mL에 녹이고, 그의 반응 용액에, 적하 깔때기에 의해, 브롬 3.80 g(21.1 mmol)을 사염화 탄소 10 mL에 녹인 용액을 적하하였다. 적하 종료 후, 실온에서 1시간 교반하였다. 반응 후, 티오황산 나트륨 수용액을 첨가하고 교반하고 나서, 유기층을 수산화 나트륨 수용액과 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 혼합물을 자연 여과한 후, 여과액을 농축하고, 톨루엔에 녹여, 플로리실, 셀라이트, 알루미늄을 통하여 여과를 행하였다. 여과액을 농축하고, 디클로로메탄과 헥산의 혼합 용액에 의해 재결정화를 행한 결과, 목적물인 9-브로모-10-페닐안트라센의 담황색 고체 7.0 g을 수율 89%로 얻었다(합성 스킴(b-2)).

[0202] [합성 스킴(b-2)]

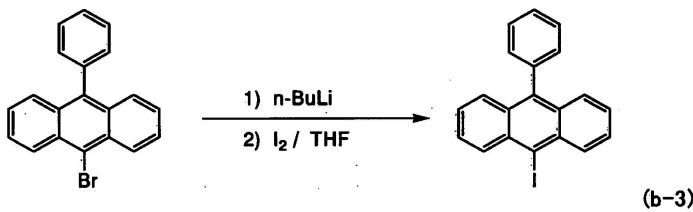


[0203]

[0204] (3) 9-요오드-10-페닐안트라센의 합성.

[0205] 9-브로모-10-페닐안트라센 3.33 g(10 mmol)을 테트라하이드로퓨란(약칭 : THF) 80 mL에 녹이고, -78℃로 냉각시키고 나서, 그의 반응 용액에, 적하 깔때기에 의해, n-부틸리튬(약칭 : n-BuLi)(1.6 mol/L 헥산 용액) 7.5 mL(12.0 mmol)을 적하하고, 1시간 교반하였다. 요오드 5 g(20.0 mmol)을 THF 20 mL에 녹인 용액을 적하하고, -78℃에서 2시간 더 교반하였다. 반응 후, 티오황산 나트륨 수용액을 첨가하고 교반하고 나서, 유기층을 티오황산 나트륨 수용액과 포화 식염수로 세정하고, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 혼합물을 자연 여과하고, 여과액을 농축한 다음, 에탄올로 재결정화한 결과, 목적물인 9-요오드-10-페닐안트라센의 담황색 고체 3.1 g을 수율 83%로 얻었다(합성 스킴(b-3)).

[0206] [합성 스킴(b-3)]

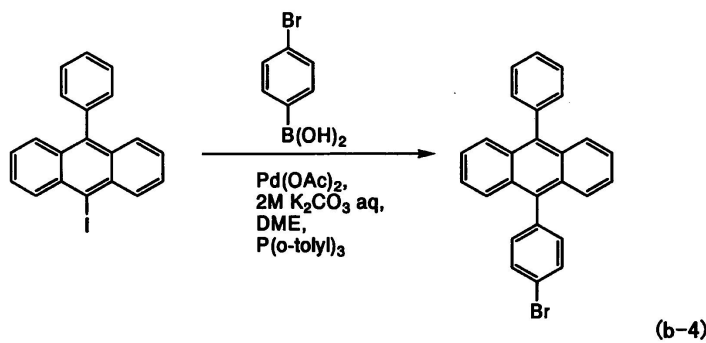


[0207]

[0208] (4) 9-페닐-10-(4-브로모페닐)안트라센(약칭 : PA)의 합성.

[0209] 9-요오드-10-페닐안트라센 1.0 g(2.63 mmol), p-브로모 페닐보론산 542 mg(2.70 mmol), 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0)(약칭 : Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub>) 46 mg(0.03 mmol), 탄산칼륨 수용액(2 mol/L) 3 mL(6 mmol), 톨루엔 10 mL의 혼합물을 80℃에서, 9시간 교반하였다. 반응 후, 톨루엔을 첨가하고 나서, 플로리실, 셀라이트, 알루미늄을 통하여 여과를 행하였다. 여과액을 물과 포화 식염수로 세정한 후, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 혼합물을 자연 여과한 후, 여과액을 농축하고, 클로로포름과 헥산으로 재결정화한 결과, 목적물인 9-페닐-10-(4-브로모페닐)안트라센의 담갈색 고체 562 mg을 수율 45%로 얻었다(합성 스킴(b-4)).

[0210] [합성 스킴(b-4)]



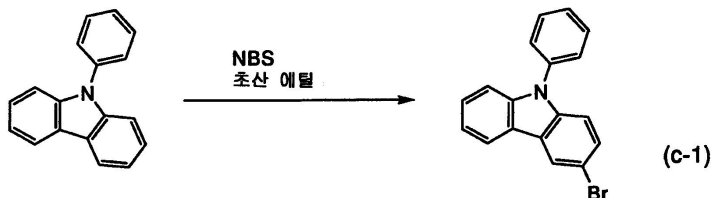
[0211]

[0212] [스텝 2 : N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCA)의 합성 방법]

[0213] (1) 3-브로모-9-페닐카르바졸의 합성.

[0214] 먼저, N-페닐카르바졸 24.3 g(100 mmol)을 빙초산 600 ml에 녹이고, N-브로모 호박산 이미드 17.8 g(100 mmol)을 천천히 첨가하고, 그 혼합물을 실온에서 약 12시간 교반하였다. 이 빙초산 용액을 빙수 1 리터에 교반하면서 적하하였다. 석출한 백색 고체를 물로 3회 세정하였다. 이 고체를 디에틸 에테르 150 ml에 용해하고, 포화 탄산수소 나트륨 수용액과 물로 세정하였다. 이 유기층을 황산 마그네슘으로 건조시키고 여과하였다. 얻어진 여과액을 농축하였다. 얻어진 잔사(殘渣)를 메탄올에 의해 재결정화한 결과, 목적물인 3-브로모-9-페닐카르바졸의 백색 분말 28.4 g을 수율 88%로 얻었다(합성 스킴(c-1)).

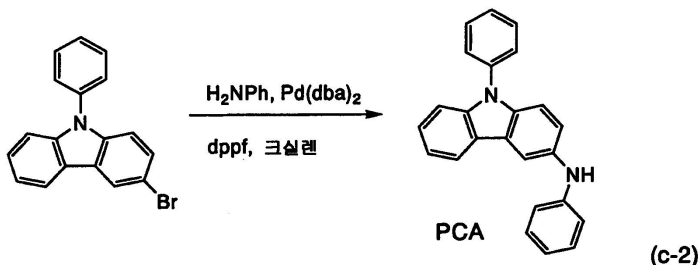
[0215] [합성 스킴(c-1)]



[0216] [0217] (2) N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCA)의 합성.

[0218] 3-브로모-9-페닐카르바졸 19 g(60 mmol), 비스(디벤질리덴아세톤)팔라듐(0)(약칭 : Pd(dba)<sub>2</sub>) 340 mg(0.6 mmol), 1,1-비스(디페닐포스피노)페로센(약칭 : dppf) 1.6 g(3.0 mmol), tert-부톡시나트륨(약칭 : t-BuONa) 13 g(180 mmol)을 500 mL 3구 플라스크에 넣고, 그 플라스크 내를 질소 치환하고 나서, 탈수 크실렌 110 mL와 아닐린 7.0 g(75 mmol)을 첨가하고, 90°C에서 7.5시간 가열 교반하였다. 반응 종료 후, 반응 용액에 50°C로 데운 톨루엔 약 500 mL를 첨가하고, 이 반응 용액을 플로리실, 알루미늄, 셀라이트를 통하여 여과하였다. 여과액을 농축하여, 얻어진 고체를 헥산과 초산 에틸의 혼합 용액에 의해 재결정화한 결과, 목적물인 N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCA)의 크림색 분말 15 g을 수율 75%로 얻었다(합성 스킴(c-2)).

[0219] [합성 스킴(c-2)]



[0220] 얻어진 PCA의 중용매에 CDCl<sub>3</sub>를 사용했을 때의 <sup>1</sup>H-NMR를 이하에 나타낸다. 또한, <sup>1</sup>H-NMR 차트를 도 26(A)에 나타내고, 도 26(A)에 있어서의 5.0~9.0 ppm의 범위를 확대한 차트를 도 26(B)에 나타낸다.

[0222] <sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) : δ = 6.84(t, J = 6.9, 1H), 6.97(d, J = 7.8, 2H), 7.20-7.61(m, 13H), 7.90(s, 1H), 8.04(d, J = 7.8, 1H).

[0223] 또한, 얻어진 PCA의 중용매에 DMSO를 사용했을 때의 <sup>1</sup>H-NMR를 이하에 나타낸다. <sup>1</sup>H-NMR 차트를 도 27(A)에 나타내고, 도 27(A)에 있어서의 6.5 ppm~8.5 ppm의 범위를 확대한 차트를 도 27(B)에 나타낸다.

[0224] <sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>) : δ = 6.73(t, J = 7.5, 1H), 7.02(d, J = 8.1, 2H), 7.16-7.70(m, 12H), 7.95(s, 1H), 8.06(s, 1H), 8.17(d, J = 7.8, 1H).

[0225] 또한, 얻어진 PCA의 중용매에 DMSO를 사용했을 때의 <sup>13</sup>C-NMR를 이하에 나타낸다. <sup>13</sup>C-NMR 차트를 도 28(A)에 나타내고, 도 28(A)에 있어서의 100 ppm~150 ppm의 범위를 확대한 차트를 도 28(B)에 나타낸다.

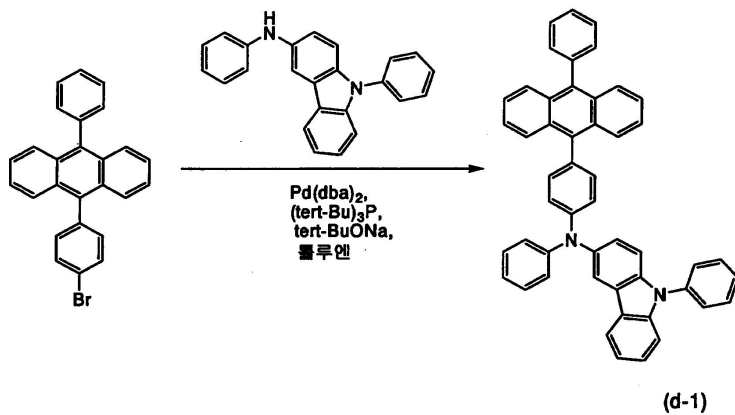
[0226] <sup>13</sup>C-NMR (75.5 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>) : δ = 109.55, 110.30, 110.49, 114.71, 118.22, 119.70, 120.14, 120.61,

122.58, 123.35, 126.18, 126.48, 127.37, 129.15, 130.14, 135.71, 136.27, 137.11, 140.41, 145.61.

[0227] [스텝 3 : N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)의 합성 방법]

[0228] 9-페닐-10-(4-브로모페닐)안트라센(PA) 409 mg(1.0 mmol), N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCA) 339 mg(1.0 mmol), Pd(dba)<sub>2</sub> 6 mg(0.01 mmol), tert-부톡시나트륨(약칭 : t-BuONa) 500 mg(5.2 mol), 트리(tert-부틸)포스핀(10 wt% 헥산 용액)(약칭 : P(tBu)<sub>3</sub>) 0.1 mL, 톨루엔 10 mL를 100 mL 3구 플라스크에 넣고, 80℃에서 4시간 교반하였다. 반응 후, 용액을 물로 세정하고, 수층(水層)을 톨루엔으로 추출하고, 유기층과 합하여 포화 식염수로 세정한 후, 황산 마그네슘으로 건조시켰다. 혼합물을 자연 여과하고 농축하여 얻어진 유상물을 실리카 겔 칼럼 크로마토그래피(헥산 : 톨루엔 = 7 : 3)에 의해 정제하고, 디클로로메탄과 헥산의 혼합 용액에 의해 재결정화한 결과, 목적물인 황색 분말상 고체 534 mg을 수율 81%로 얻었다(합성 스킴(d-1)). 이 화합물을 핵자기 공명법(NMR)에 의해 측정하 바, 이 화합물은 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭 : PCAPA)인 것을 확인하였다.

[0229] [합성 스킴(d-1)]



[0230]

[0231] 이 화합물의 <sup>1</sup>H-NMR를 이하에 나타낸다. 또한, <sup>1</sup>H-NMR 차트를 도 29(A) 및 도 29(B)에 나타낸다. 도 29(B)는 도 29(A)에 있어서의 6.5 ppm~8.5 ppm의 범위를 확대한 차트이다.

[0232] <sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, CDCl<sub>3</sub>) : δ = 8.11-8.08(m, 2H), 7.91-7.88(m, 2H), 7.70-7.67(m, 2H), 7.63-7.30(m, 28H).

[0233] 또한, PCAPA의 흡수 스펙트럼을 도 30에 나타낸다. 측정에는, 자외 가시 분광 광도계(JASCO사제, V-550형)를 사용하였다. 도 30에서, 횡축은 파장(nm), 종축은 강도(임의 단위)를 나타낸다. 또한, 도 30에서, 라인 (a)는 PCAPA가 단일 막인 상태에 있어서의 흡수 스펙트럼이고, 라인 (b)는 PCAPA가 톨루엔 용액에 용해된 상태에 있어서의 흡수 스펙트럼이다. 또한, PCAPA의 발광 스펙트럼을 도 31에 나타낸다. 도 31에서, 횡축은 파장(nm), 종축은 강도(임의 단위)를 나타낸다. 또한, 도 31에서, 라인 (a)는 PCAPA가 단일 막인 상태에 있어서의 발광 스펙트럼(여기 파장 402 nm)이고, 라인 (b)는 PCAPA가 톨루엔 용액에 용해된 상태에 있어서의 발광 스펙트럼(여기 파장 370 nm)이다. 도 31로부터, PCAPA로부터의 발광은 단일 막 상태에서는 486 nm에 피크를 가지고, 톨루엔 용액에 용해된 상태에서는 471 nm에 피크를 가지는 것을 알 수 있었다. 그리고, 이들 발광은 청색 광으로서 시인(視認)되었다. 이와 같이, PCAPA는, 특히 청색 광을 나타내는 발광 물질로서 적합한 물질인 것을 알 수 있었다.

[0234] 또한, 얻어진 PCAPA를 증착법에 의해 성막하고, 박막 상태에서의 PCAPA의 이온화 포텐셜을 광전자 분광 장치(리켄 계기사제, AC-2)를 사용하여 측정하 결과, 이온화 포텐셜은 5.29 eV이었다. 이 결과로부터, HOMO 준위는 -5.29 eV인 것을 알 수 있었다. 또한, 박막 상태에서의 PCAPA의 흡수 스펙트럼을 자외 가시 분광 광도계(JASCO 사제, V-550형)를 사용하여 측정하 결과, 흡수 스펙트럼(도 30에 있어서의 라인 (a))의 장파장측의 흡수단의 파장을 에너지 갭(2.74 eV)으로 하고, 이들 조건 하에 LUMO 준위를 구하 결과, LUMO 준위는 -2.55 eV이었다.

[0235] 또한, 얻어진 PCAPA의 분해 온도(T<sub>d</sub>)를 시차열 열중량 동시 측정 장치(세이코 전자 주식회사제, TG/DTA 320형)에 의해 측정하 결과, T<sub>d</sub>는 402℃ 이상이었으므로, PCAPA는 양호한 내열성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

- [0236] 또한, 사이클릭 불탐메트리(CV) 측정에 의해, PCAPA의 산화 환원 반응 특성을 조사하였다. 또한, 측정에는, 전기화학 애널리라이저(BAS Inc.제, ALS 모델 600A)를 사용하였다.
- [0237] CV 측정에 사용한 용액에 대해서는, 용매로서, 탈수 디메틸포름아미드(DMF)(99.8%, Sigma-Aldrich사제, 카탈로그 번호 : 22705-6)을 사용하고, 지지 전해질인 과염소산 테트라-n-부틸암모늄( $n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$ )(도쿄화학사제, 카탈로그 번호 : T0836)를 100 mmol/L의 농도가 되도록 상기 용매에 용해시키고, 또한, 측정 대상인 PCAPA를 1 mmol/L의 농도가 되도록 용해시켰다. 또한, 작용 전극으로서는 백금 전극(BAS Inc.제, PTE 백금 전극)을 사용하고, 카운터 전극으로서는 백금 전극(BAS Inc.제, VC-3용 Pt 카운터 전극(5 cm))을 사용하고, 참조 전극으로서는  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극(BAS Inc.제, RE5 비수용매계 참조 전극)을 사용하였다. 또한, 측정은 실온(20~25°C)에서 행하였다.
- [0238] 산화 반응 특성을 다음과 같이 하여 조사하였다. 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.27 V로부터 0.70 V까지 변화시킨 후, 0.70 V로부터 -0.27 V까지 변화시키는 주사를 1 사이클로 하여, 100 사이클 측정하였다. 또한, CV 측정의 스캔 속도는 0.1 V/s로 설정하였다.
- [0239] 환원 반응 특성을 다음과 같이 하여 조사하였다. 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위를 -0.36 V로부터 -2.60 V까지 변화시킨 후, -2.60 V로부터 -0.36 V까지 변화시키는 주사를 1 사이클로 하여, 100 사이클 측정하였다. 또한, CV 측정의 스캔 속도는 0.1 V/s로 설정하였다.
- [0240] PCAPA의 산화 반응 특성에 대하여 조사한 결과를 도 32(A)에 나타낸다. 또한, PCAPA의 환원 반응 특성에 대하여 조사한 결과를 도 32(B)에 나타낸다. 도 32(A) 및 도 32(B)에서, 횡축은 참조 전극에 대한 작용 전극의 전위(V)를 나타내고, 종축은 작용 전극과 카운터 전극 사이에서 흐른 전류값( $1 \times 10^{-5}$  A)을 나타낸다.
- [0241] 도 32(A)로부터, 산화 전위는 0.47 V(vs.  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극)인 것을 알 수 있었다. 또한, 도 32(B)로부터, 환원 전위는 -2.26 V(vs.  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  전극)인 것을 알 수 있었다. 또한, 100 사이클의 주사를 반복하고 있음에도 불구하고, 산화 반응과 환원 반응의 어느 것에 대해서도 CV 곡선의 피크가 명확하게 관측되었다. 이것으로부터, 안트라센 유도체는 산화 환원 반응, 특히 산화 반응에 대하여 우수한 가역성을 나타내는 물질인 것을 알 수 있다.

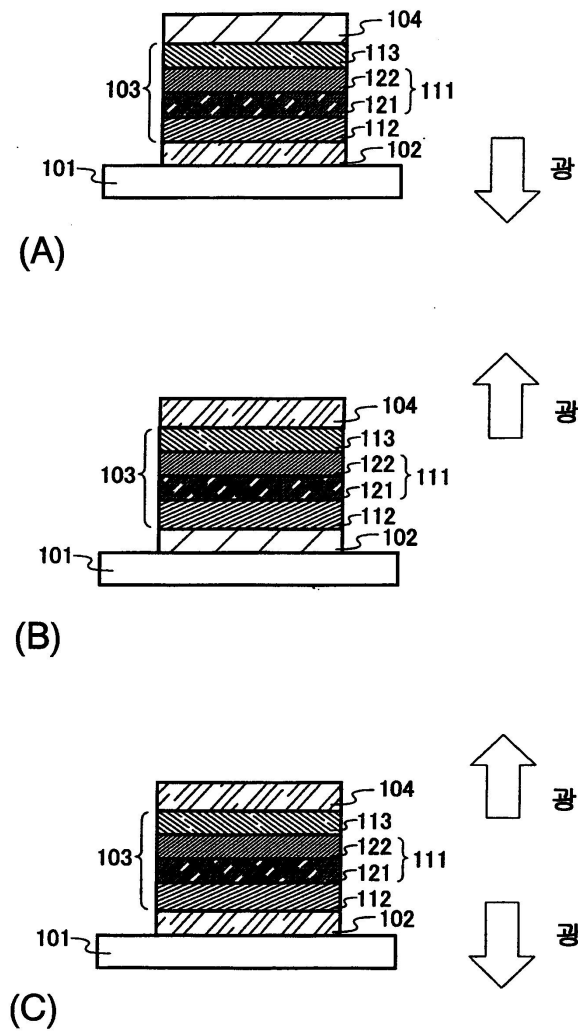
### 도면의 간단한 설명

- [0242] 도 1(A)~도 1(C)는 본 발명에 따른 발광소자를 설명한 도면.
- [0243] 도 2는 본 발명에 따른 발광소자를 설명한 도면.
- [0244] 도 3은 본 발명에 따른 발광소자를 설명한 도면.
- [0245] 도 4(A) 및 도 4(B)는 본 발명에 따른 발광장치를 설명한 도면.
- [0246] 도 5는 본 발명에 따른 발광장치를 설명한 도면.
- [0247] 도 6(A)~도 6(D)는 본 발명에 따른 전자기기를 설명한 도면.
- [0248] 도 7은 본 발명에 따른 전자기기를 설명한 도면.
- [0249] 도 8은 본 발명에 따른 조명 장치를 설명한 도면.
- [0250] 도 9는 본 발명에 따른 조명 장치를 설명한 도면.
- [0251] 도 10은 실시예들의 발광소자를 설명한 도면.
- [0252] 도 11은 실시예 1에서 형성한 발광소자의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 그래프.
- [0253] 도 12는 실시예 1에서 형성한 발광소자의 전압-휘도 특성을 나타내는 그래프.
- [0254] 도 13은 실시예 1에서 형성한 발광소자의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 그래프.
- [0255] 도 14는 실시예 1에서 형성한 발광소자의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면.
- [0256] 도 15는 실시예 1에서 형성한 발광소자의 규격화 휘도의 시간 의존성을 나타내는 그래프.

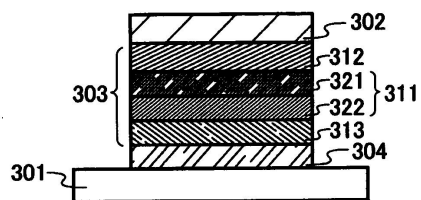
- [0257] 도 16(A) 및 도 16(B)는 DPAnth의 산화 반응 특성을 나타내는 그래프.
- [0258] 도 17(A) 및 도 17(B)는 DPAnth의 환원 반응 특성을 나타내는 그래프.
- [0259] 도 18(A) 및 도 18(B)는 CzPA의 산화 반응 특성을 나타내는 그래프.
- [0260] 도 19(A) 및 도 19(B)는 CzPA의 환원 반응 특성을 나타내는 그래프.
- [0261] 도 20은 본 발명에 따른 발광소자의 에너지 준위를 설명한 도면.
- [0262] 도 21은 실시예 3에서 형성한 발광소자의 전류 밀도-휘도 특성을 나타내는 그래프.
- [0263] 도 22는 실시예 3에서 형성한 발광소자의 전압-휘도 특성을 나타내는 그래프.
- [0264] 도 23은 실시예 3에서 형성한 발광소자의 휘도-전류 효율 특성을 나타내는 그래프.
- [0265] 도 24는 실시예 3에서 형성한 발광소자의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면.
- [0266] 도 25는 실시예 3에서 형성한 발광소자의 규격화 휘도의 시간 의존성을 나타내는 그래프.
- [0267] 도 26(A) 및 도 26(B)는 N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCA)의 <sup>1</sup>H-NMR 차트를 나타내는 도면.
- [0268] 도 27(A) 및 도 27(B)는 N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCA)의 <sup>1</sup>H-NMR 차트를 나타내는 도면.
- [0269] 도 28(A) 및 도 28(B)는 N,9-디페닐-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCA)의 <sup>13</sup>C-NMR 차트를 나타내는 도면.
- [0270] 도 29(A) 및 도 29(B)는 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA)의 <sup>1</sup>H-NMR 차트를 나타내는 도면.
- [0271] 도 30은 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA)의 흡수 스펙트럼을 나타내는 도면.
- [0272] 도 31은 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA)의 발광 스펙트럼을 나타내는 도면.
- [0273] 도 32(A) 및 도 32(B)는 N,9-디페닐-N-[4-(10-페닐-9-안트릴)페닐]-9H-카르바졸-3-아민(약칭: PCAPA)의 CV 측정 결과를 나타내는 도면.

도면

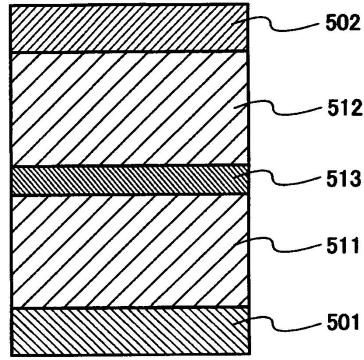
도면1



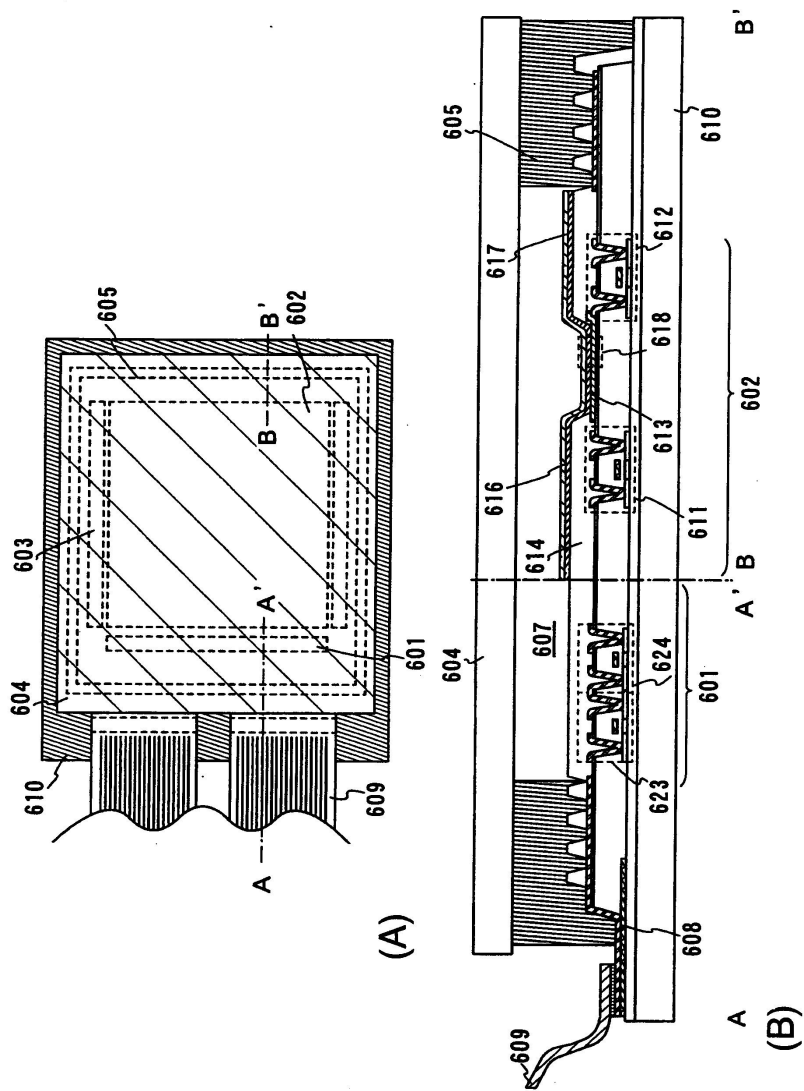
도면2



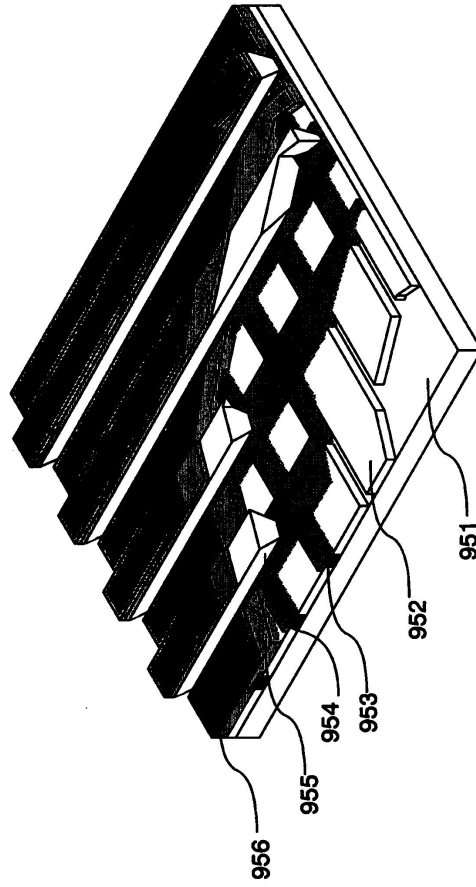
도면3



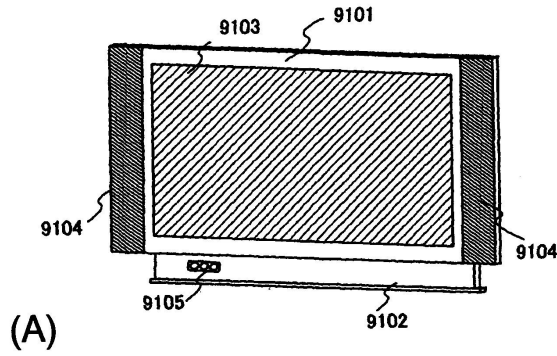
도면4



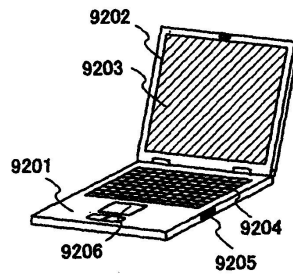
도면5



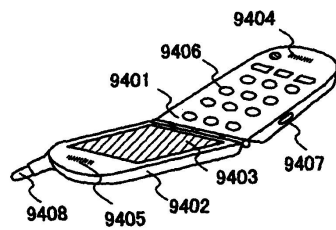
도면6



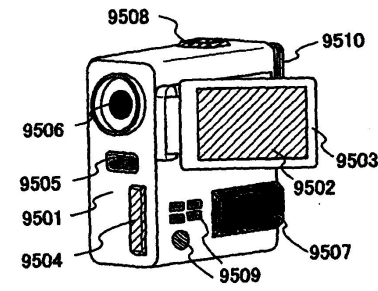
(A)



(B)

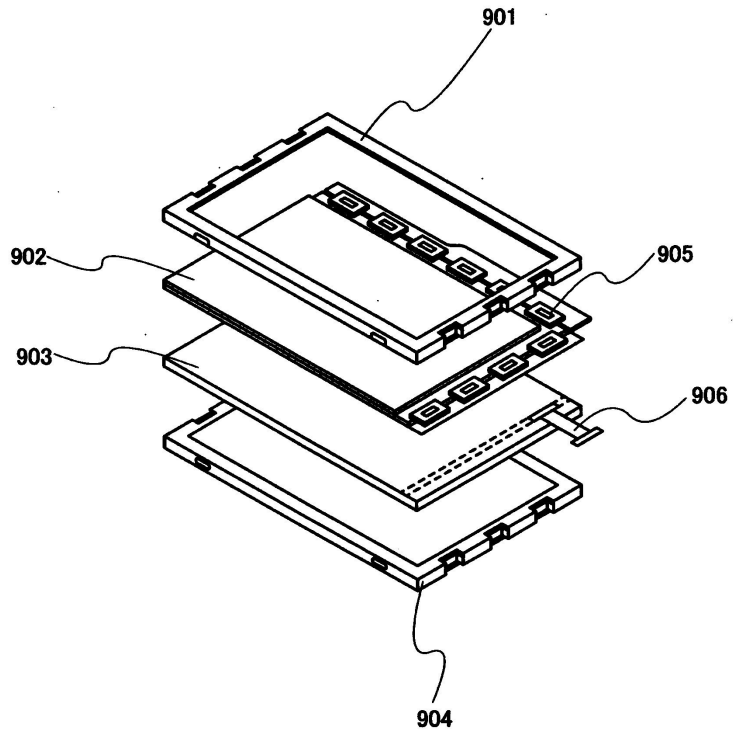


(C)

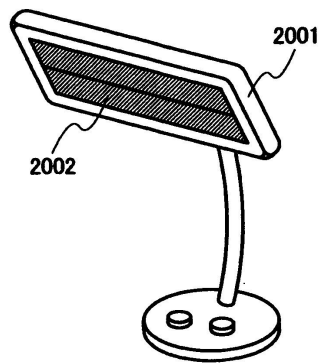


(D)

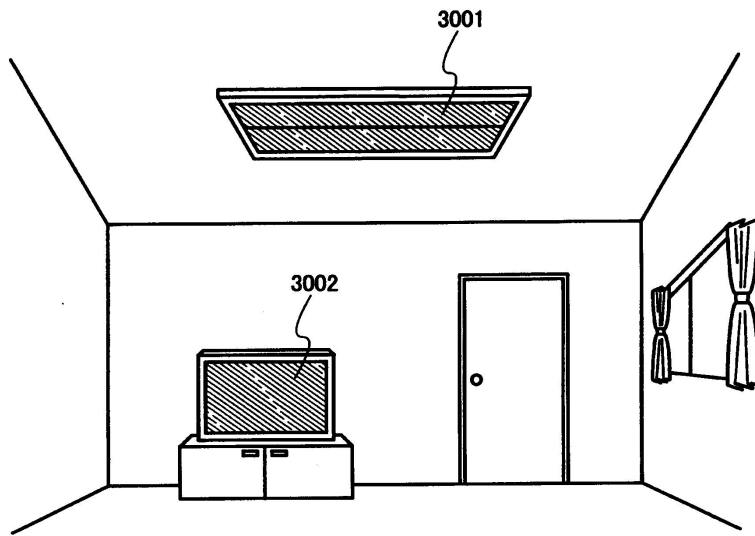
도면7



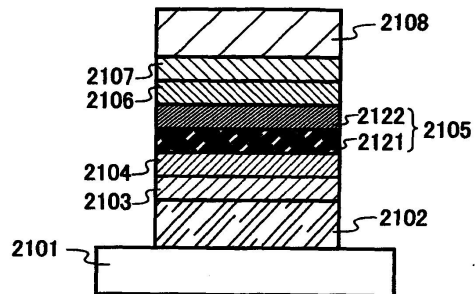
도면8



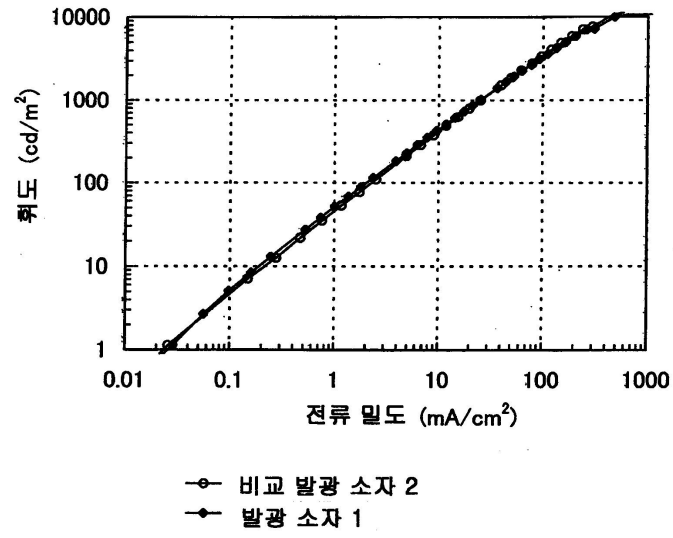
도면9



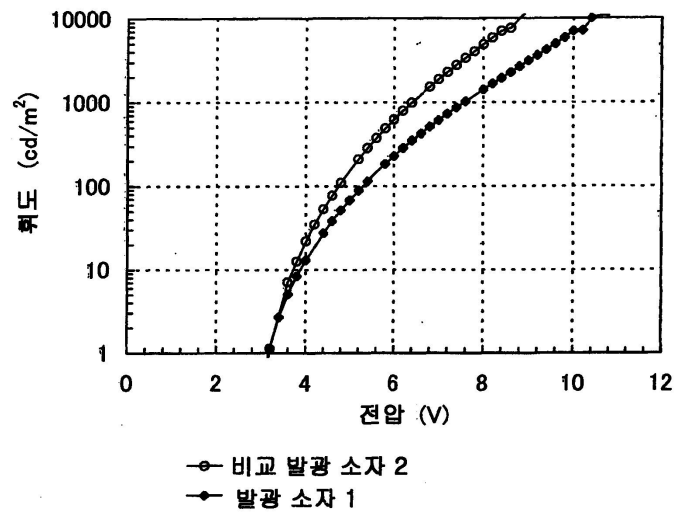
도면10



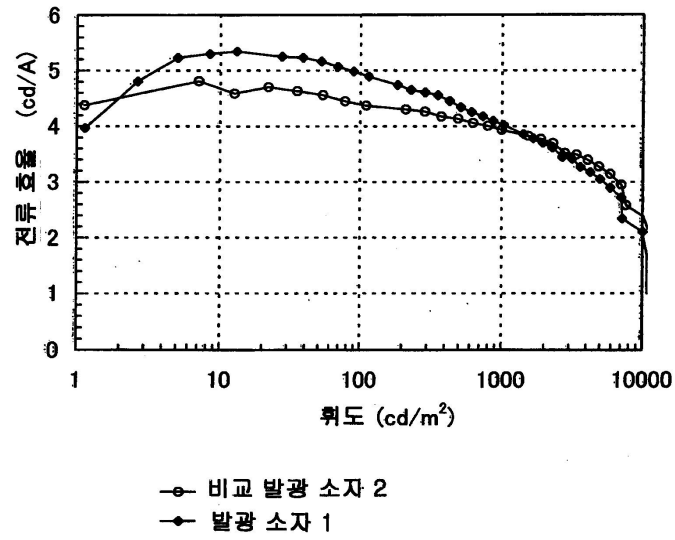
도면11



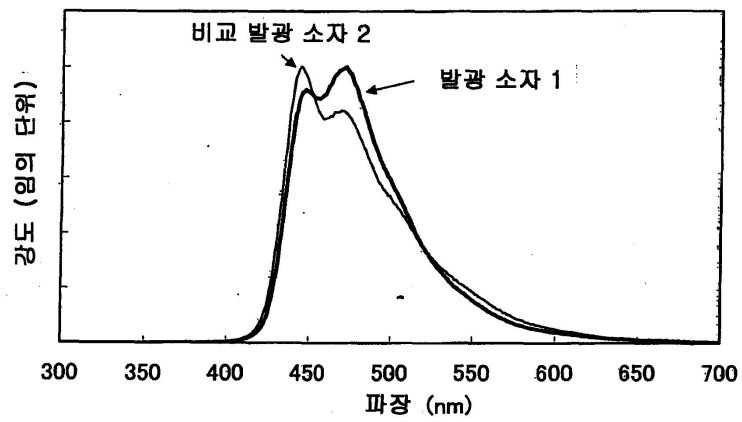
도면12



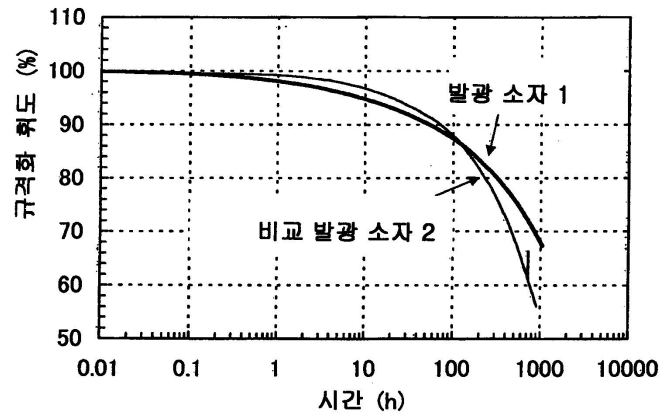
도면13



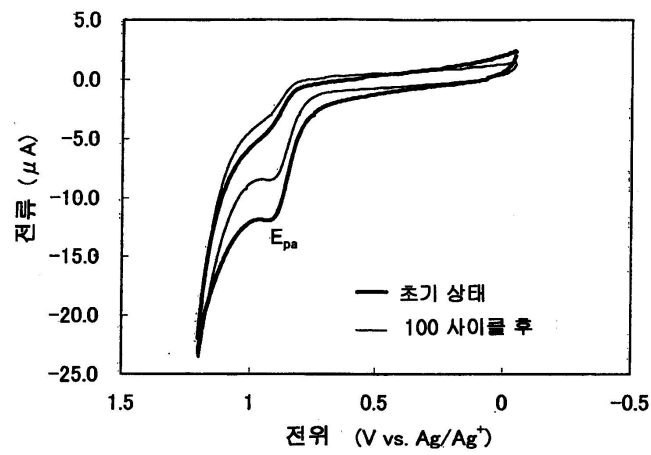
도면14



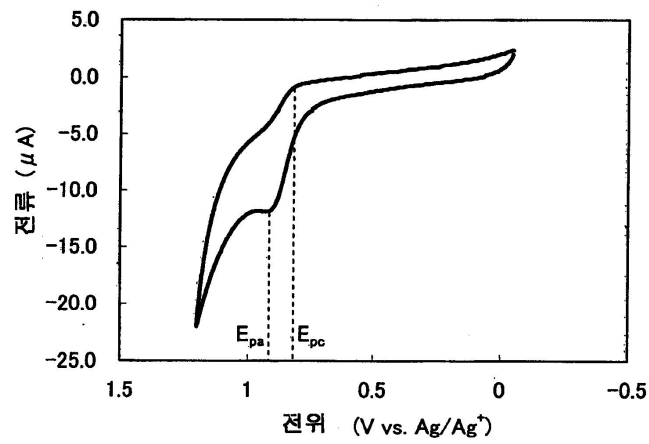
도면15



도면16

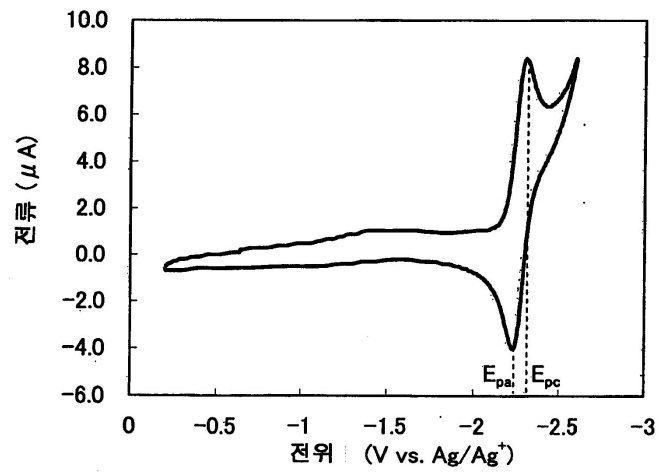
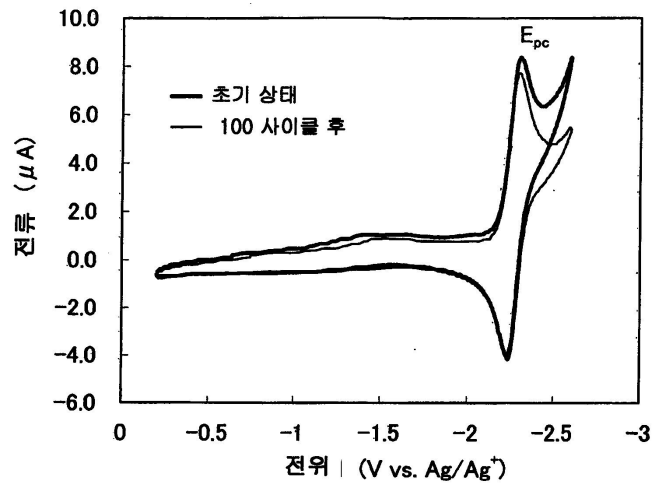


(A)

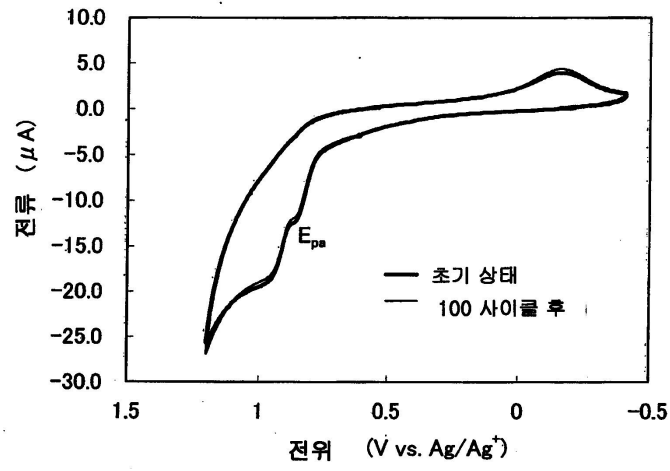


(B)

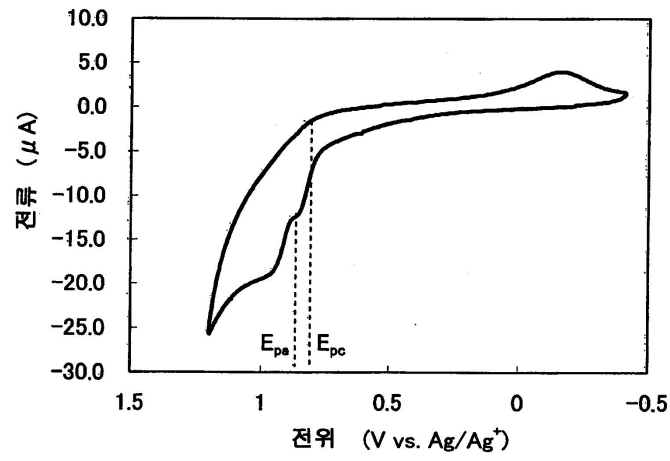
도면17



도면18

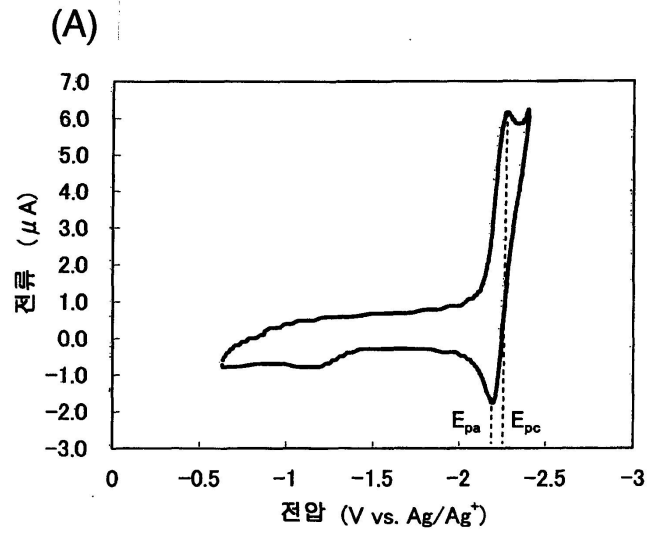
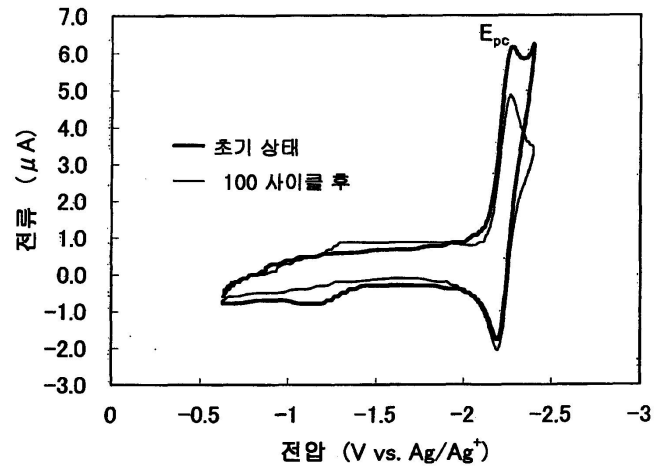


(A)



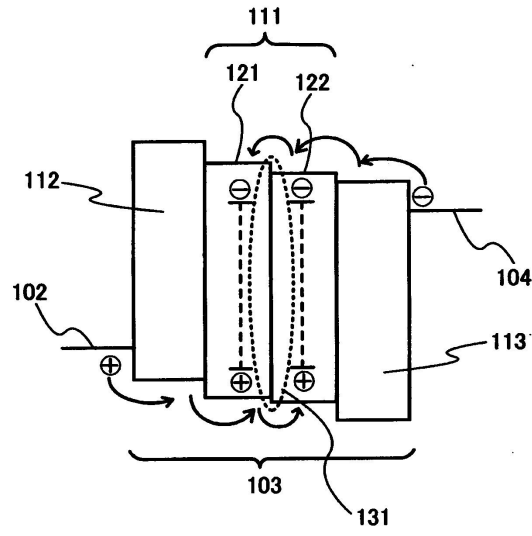
(B)

도면19

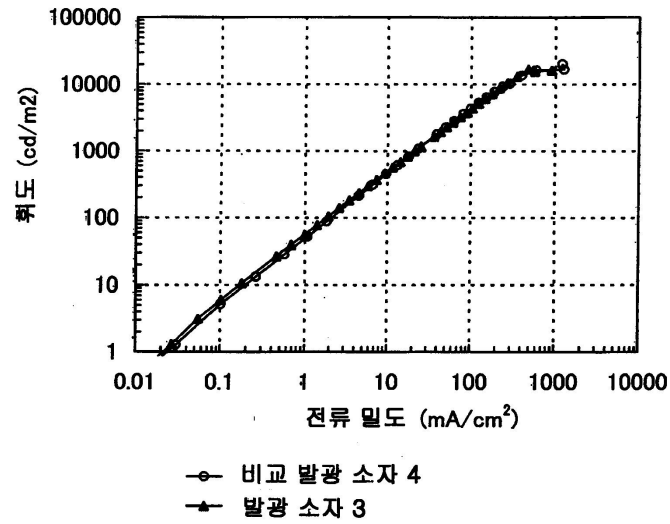


(B)

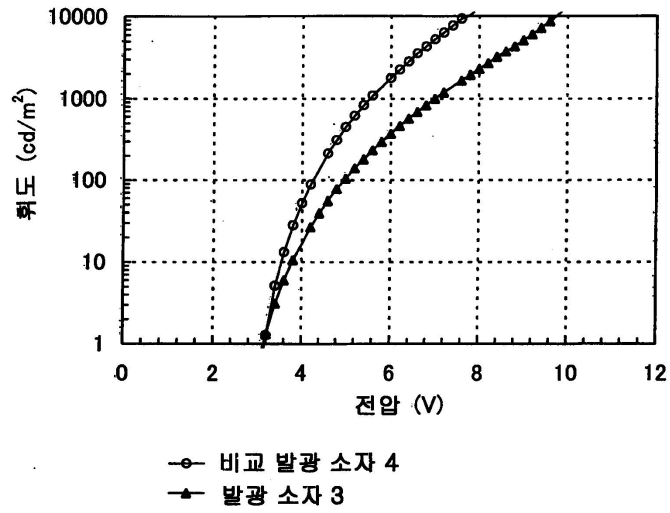
도면20



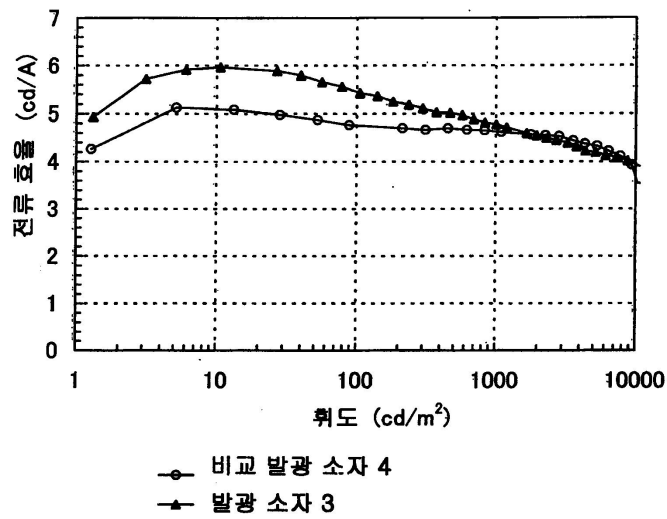
도면21



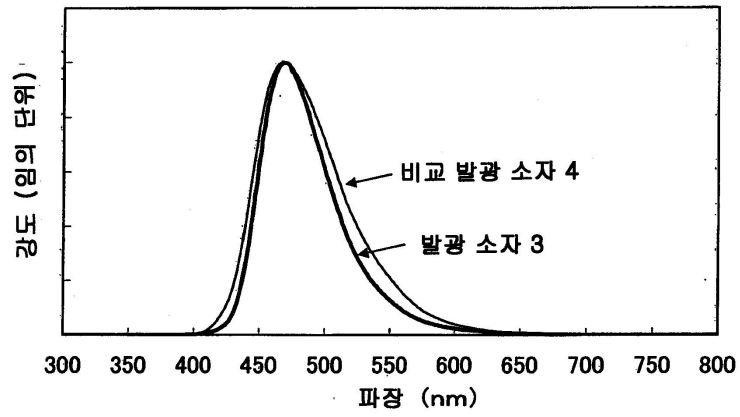
도면22



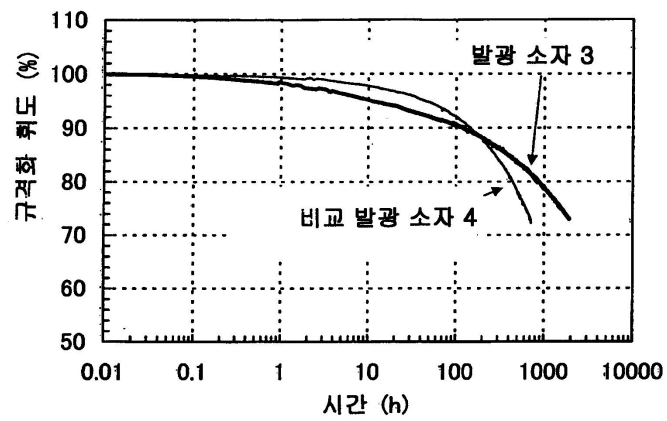
도면23



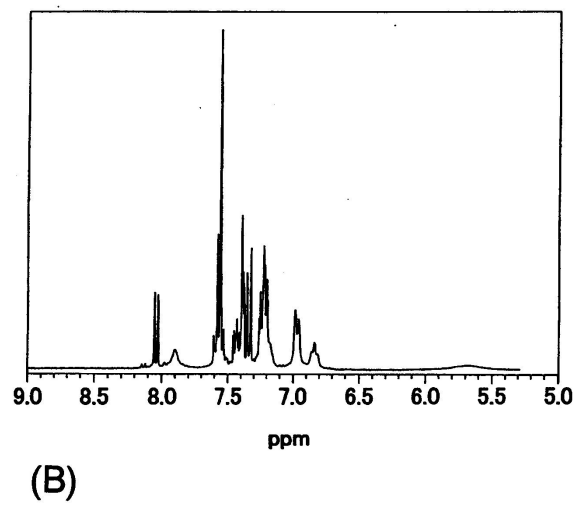
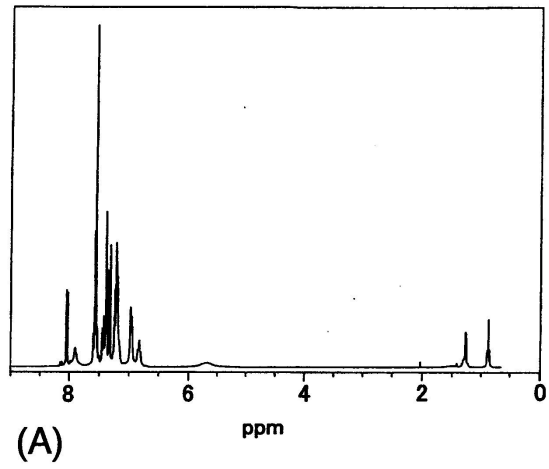
도면24



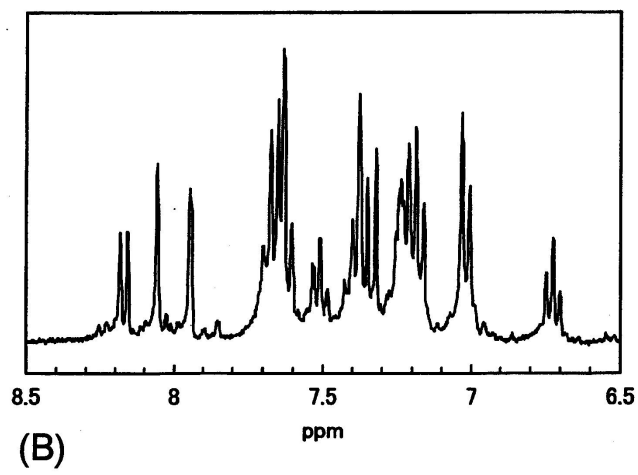
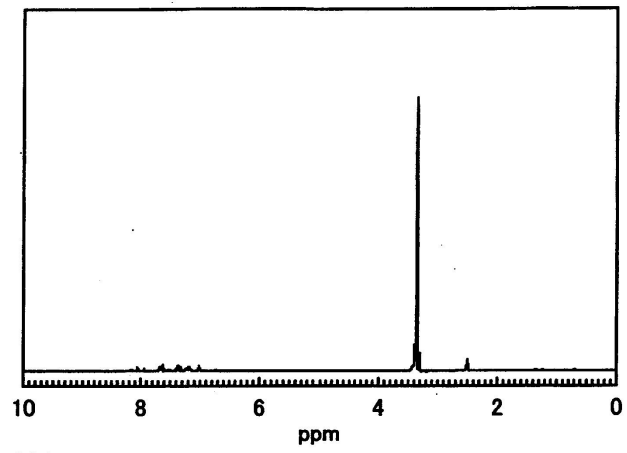
도면25



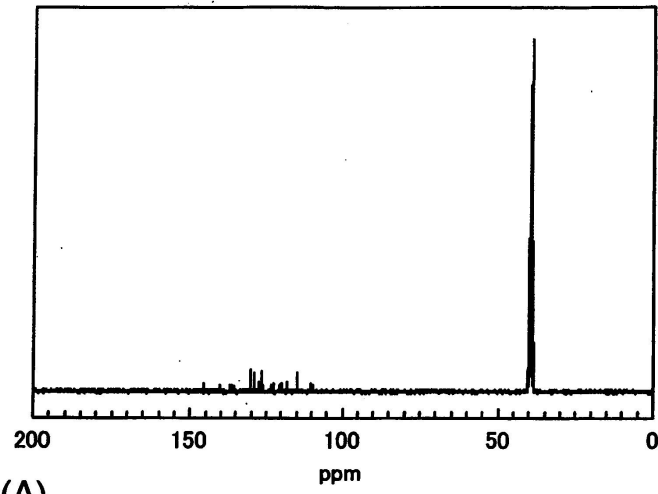
도면26



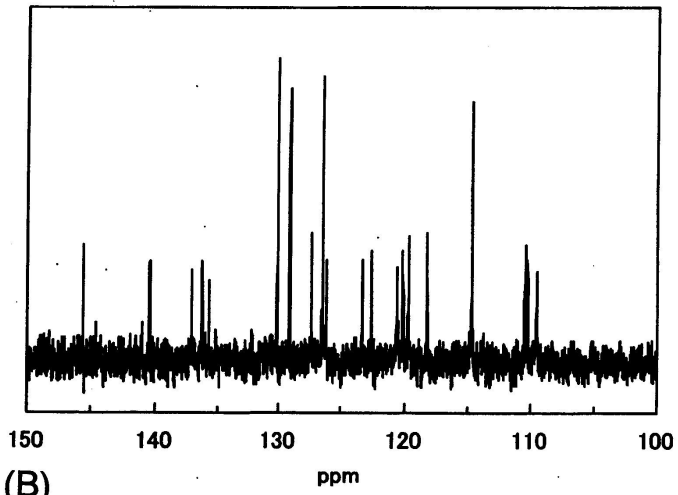
도면27



도면28

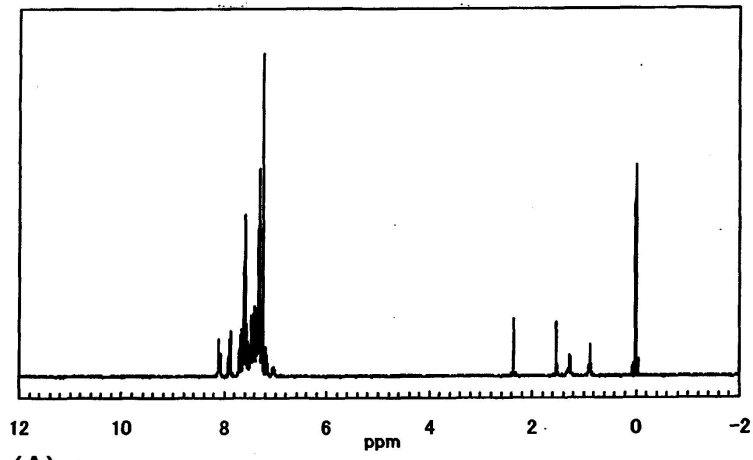


(A)

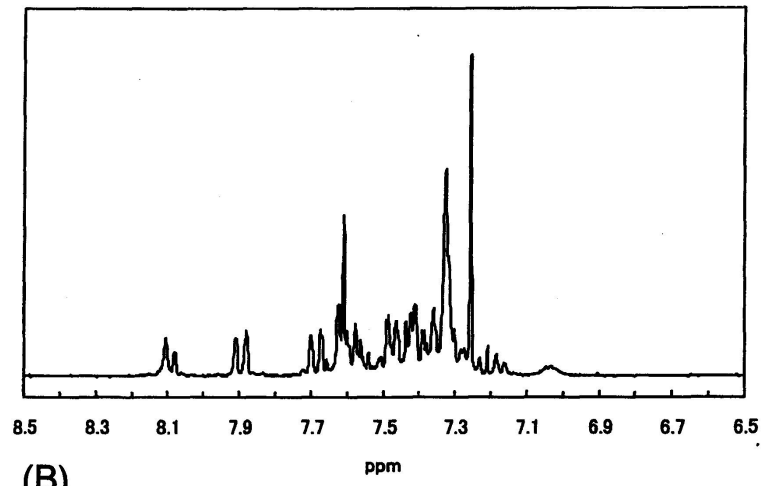


(B)

도면29

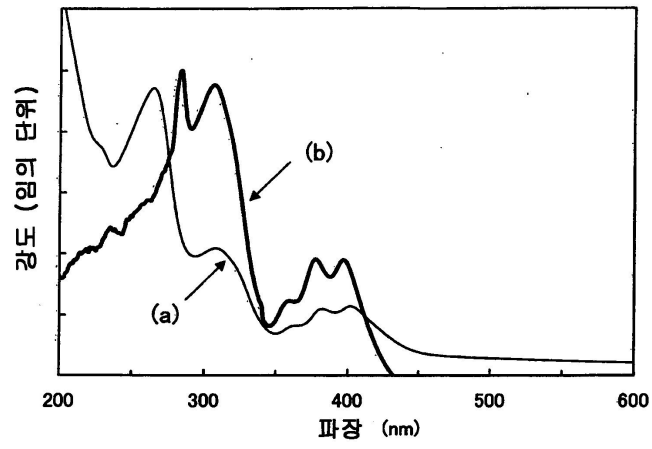


(A)

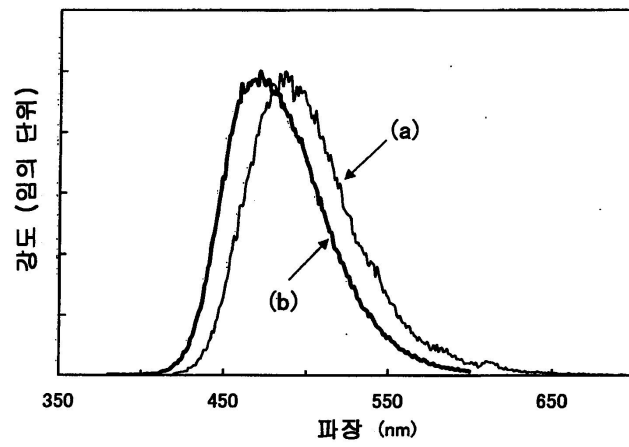


(B)

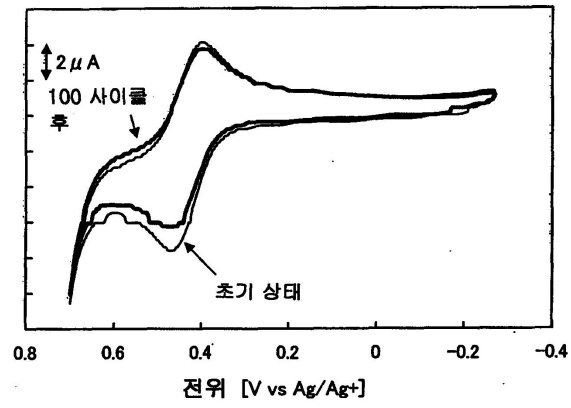
도면30



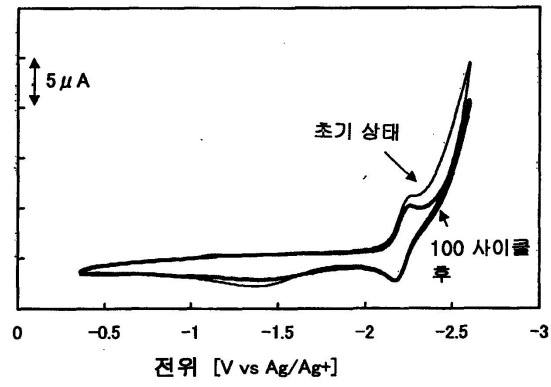
도면31



도면32



(A)



(B)