



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.	(11) 공개번호	10-2007-0036835
H05B 33/22 (2006.01)	(43) 공개일자	2007년04월04일
H05B 33/10 (2006.01)		

(21) 출원번호	10-2005-0091762
(22) 출원일자	2005년09월30일
심사청구일자	2005년09월30일

(71) 출원인	삼성전자주식회사 경기도 수원시 영통구 매탄동 416 한양대학교 산학협력단 서울 성동구 행당동 17번지
----------	---

(72) 발명자	김태환 서울시 마포구 성산동 181-7 추동철 서울특별시 중랑구 면목2동 180-101
----------	---

(74) 대리인	유미특허법인
----------	--------

전체 청구항 수 : 총 6 항

**(54) 무기물 완충층을 포함하는 유기발광소자의 제조방법**

**(57) 요약**

발광 효율을 높이고 제조시간을 단축하여 제조비용을 낮출 수 있는 유기발광소자의 제조방법 및 이에 의하여 제조된 유기 발광소자가 제시되어 있다. 본 발명의 한 측면에 따르면, 무기물을 열증착 한 후 산화 과정을 거침으로써 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법이 제시되어 있다.

**대표도**

도 1

**특허청구의 범위**

**청구항 1.**

무기물을 열증착 한 후 산화 과정을 거침으로써 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법.

**청구항 2.**

제1항에 있어서,

- 1) 기판 위에 양극을 형성하는 단계;
- 2) 상기 양극 위에 무기물을 열증착 한 후 산화 과정을 거침으로써 무기물 완충층을 형성하는 단계;
- 3) 상기 무기물 박막층 위에 정공수송층을 형성하는 단계;
- 4) 상기 정공수송층 위에 발광층을 형성하는 단계;
- 5) 상기 발광층 위에 전자주입층을 형성하는 단계; 및,
- 6) 상기 전자주입층 위에 음극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법.

### 청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 무기물은 Ni, Zn 및 Mg 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 무기물인 유기발광소자의 제조방법.

### 청구항 4.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 산화 과정은 550℃ ~ 600℃의 온도에서 수행하는 유기발광소자의 제조방법.

### 청구항 5.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 무기물 완충층의 두께는 5 ~ 10 nm로 형성하는 유기발광소자의 제조방법.

### 청구항 6.

제1항 또는 제2항의 방법에 의하여 제조된 유기발광소자.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 발광 효율을 높이고 제조시간을 단축하여 제조비용을 낮출 수 있는 유기발광소자의 제조방법에 관한 것이다.

최근 표시장치의 대형화에 따라 공간 점유가 적은 평면표시소자의 요구가 증대되고 있는데, 이러한 평면표시소자 중 하나로 유기발광소자(organic light emitting device)의 기술이 빠른 속도로 발전하고 있다.

유기발광소자의 내부양자효율은 전하균형인자, 일중항 여기효율 및 형광 양자효율에 의하여 영향을 받는데, 전하균형인자인 전자와 정공의 주입 및 전송을 조절하여 유기발광소자의 효율을 증진시킬 수 있다. 즉,  $\pi$ -궤도 결합된 단분자의 경우 정공의 유동률이 전자보다 수십에서 수백 배 크기 때문에 정공의 주입 및 전송을 적절히 조절하면 소자의 효율을 향상할 수 있는 것이다.

현재까지, 양극으로 사용하는 ITO 전극의 표면을 산 또는 염기 처리하여 정공의 주입을 조절하거나 양극 전극과 정공수송층 사이에 CuPc, ZnO, NiO 등의 박막층을 삽입하여 정공의 주입을 조절하여 유기발광소자의 효율을 향상시키고자 하는 시도가 있었다.

그러나 이러한 방법들은 유기발광소자의 효율을 증가시키긴 하지만 제조 공정이 복잡하고 구동전압이 증가되는 문제가 있다.

특히, 종래 스퍼터링 공정을 이용하여 NiO 박막층을 삽입하는 방법은 상기 박막층의 제조에 시간이 많이 소요되는 문제가 있는 바 이러한 문제를 감소시킬 수 있으면서도 발광 효율을 높일 수 있는 소자의 제조방법 개발이 필요한 실정이다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 발광 효율을 높이고 제조시간을 단축하여 제조비용을 낮출 수 있는 유기발광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.

### 발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위하여,

본 발명의 한 측면에 따르면, 무기물을 열증착 한 후 산화 과정을 거침으로써 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법을 제시할 수 있다.

또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기 제조방법에 의하여 제조된 유기발광소자를 제시할 수 있다.

이하 본 발명을 상세히 설명하기에 앞서, 일반적인 유기발광소자의 구동 원리와 구조에 대하여 간단히 살펴보기로 한다.

도 1을 참조하여 설명하면, 양극(2)과 음극(7)에 구동 전압이 인가되면 정공과 전자는 각각 정공수송층(3)과 전자수송층(5)을 거쳐 발광층(4) 쪽으로 진행하고 이들이 유기 발광층 내에 유입되어 엑시톤(exiton)이 생성되며, 이 엑시톤이 여기 상태에서 기저상태로 떨어지면서 에너지 차이 만큼에 해당하는 가시광을 발생시키게 된다. 이렇게 발광층으로부터 발생되는 가시광은 투명한 양극 전극을 통해 밖으로 빠져 나오는 원리로 화상 또는 영상을 표시한다.

양극은 정공 주입을 위한 전극으로 일함수가 높고 발광된 빛이 소자 밖으로 나올 수 있도록 일반적으로 투명 금속 산화물을 사용하며, 가장 널리 사용되는 정공 주입 전극은 ITO (indium tin oxide) 전극이다.

또한, 발광층은 Alq<sub>3</sub> (tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum), Anthracene 등의 저분자 유기물질, 또는 PPV(poly(p-phenylenevinylene)), PT(polythiophene) 등과 그들의 유도체들인 고분자 유기물질이 쓰이고 있다.

정공수송층, 전자수송층 및 전자주입층은 각각 정공 및 전자의 이동도를 높이기 위하여 양극과 발광층 사이 또는 음극과 발광층 사이에 개재되어 형성되는 것으로, 이러한 층들은 저분자 또는 고분자 유기 물질로 이루어질 수 있다. 상기 수송층 및 주입층의 조합을 통해 양자효율을 높이고, 캐리어(전자 또는 정공)들이 직접 주입되지 않고 수송층을 통과하는 2단계 주입 과정을 통해 구동 전압을 낮출 수 있다. 또한, 발광층에 주입된 전자와 정공이 발광층을 거쳐 반대편 전극으로 이동시 반대편 수송층에 블로킹 될 수 있으므로 재결합을 조절하여 발광 효율을 높일 수 있다.

정공수송층으로는 NPB (N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine), TPD(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine), 11,11,12,12-tetracyano-9,10-anthraquinodimethane (Synth. Met. 85, 1267(1997)) 등의 물질이, 전자수송층으로는 Alq<sub>3</sub> (tris-(8-hydroxyquinoline)aluminum), Anthracene 등의 저분자 유기물질, 또는 PPV(poly(p-phenylenevinylene)), PT(polythiophene), TAZ (3-(4-biphenyl)-4-phenyl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,2,4-triazole), PBD ([2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole]), Bebq2 (bis(10-hydroxybenzo[h]quinolinatoberyllium), TPBI (2,2,2'-(1,3,5-benzenetriyl)tris-[1-phenyl-1H-benzimidazole] 등의 물질이 사용될 수 있다.

전자주입층은 생략될 수도 있으나 형성하는 경우에는 LiF나 Liq(lithium quinolate) 층을 얇게 형성시키거나 Li, Ca, Mg, Sr 등과 같은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속을 이용하여 전자의 주입 성능을 향상시킨다.

음극으로는 작은 일함수를 가지는 금속인 Ca, Mg, Al 등이 쓰인다.

유기물 내에서의 캐리어 이동(carrier mobility)은 이온화 포텐셜(ionization potential) 및 전자친화력(electron affinity) 등의 이유로 인하여 일반적으로 정공이 전자보다 쉽게 이동한다. 즉, 정공의 유동률이 전자의 유동률보다 수백에서 수천 배 빠르기 때문에 발광층에서의 정공과 전자의 재결합을 위해서는 정공의 유동률을 떨어뜨려야만 발광 효율을 최대로 높일 수 있다.

이를 위하여, 양극으로 사용되는 ITO 전극의 표면을 산 또는 염기 처리하여 정공의 주입을 조절하거나 양극 전극과 정공수송층 사이에 CuPc, ZnO, NiO 등의 박막층을 삽입하여 정공의 주입을 조절하여 유기발광소자의 효율을 향상시키고자 하는 시도가 있었다.

그러나 이러한 방법들은 유기발광소자의 효율을 증가시키긴 하지만 제작공정이 복잡하고 구동전압이 증가되는 문제가 있고, 특히 종래 스퍼터링 공정을 이용하여 NiO 박막층을 삽입하는 방법은 상기 박막층의 제조에 시간이 많이 소요되는 문제가 있는 바 본 발명자들은 이러한 문제를 해소하면서도 발광 효율을 높일 수 있는 소자의 제조방법을 개발하여 본 발명을 완성하였다.

본 발명에서는 무기물을 열증착 한 후 산화 과정을 거침으로써 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법을 제시할 수 있다.

유기발광소자의 효율을 향상시키기 위하여 양극 전극과 정공수송층 사이에 나노 크기의 무기물 반도체를 삽입하여 전자와 정공의 재결합을 촉진할 수 있는 방법이 있는데, 이는 양극 전극과 정공수송층 사이에 존재하는 무기물 완충층이 정공의 주입을 제어함으로써 소자의 전체적인 효율 향상이 가능하게 되는 것이다.

유기발광소자의 제조에 있어서, 무기물 완충층의 하나인 NiO 박막층을 형성하는 방법으로 스퍼터링 방법이 있다. 이는 ITO 표면을 O<sub>2</sub> 플라즈마 처리한 후에 스퍼터링 방법을 사용해 NiO 박막을 성장하는 것으로, 스퍼터링 장치는 아르곤(Ar)과 산소(O<sub>2</sub>) 기체를 플라즈마 상태로 만들어 Ni 금속에 충돌시켜 떨어져 나오는 Ni이 ITO 표면에서 운동에너지를 잃으면서 산소와 결합하여 NiO가 형성되는 것이다. 스퍼터링은 간단한 원리를 사용해 고품질의 박막을 얻을 수 있는 방법이지만 박막의 성장 속도가 느리며 성장물질 원자의 큰 운동에너지 때문에 유기물 위에 성장할 경우 유기물을 손상시키는 원인이 된다.

이에 대하여, 도 2에서는 열증착 후 산화시켜 무기물 박막층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법을 나타내고 있다.

도 2a는 ITO가 코팅된 유리 기판을, 도 2b는 ITO 유리 기판 위에 Ni 금속 박막을 5~10 nm 두께로 열 증착한 후의 상태를, 도 2c는 도 2b를 열처리하여 Ni 금속이 NiO로 산화된 결과를 나타낸다. 도 2d는 도 2c 위에 정공수송층으로 NPB와, 발광층 및 전자수송층으로 Alq3를 성장하고, 전자주입층으로 Liq, 음극 전극으로 Al을 성장하여 제작된 유기발광소자를 나타내고 있다.

상기 무기물 완충층으로 기능할 수 있는 NiO 박막은 에너지 갭이 3.6 eV로서, 본 발명에서는 양극 전극인 ITO 위에 Ni 금속을 열증착한 후 열처리를 거쳐 산화시킴으로써 성장된다. ITO 위에 NiO 박막을 성장한 뒤 측정된 광 투과율은 80% 이상을 보이며 성장 조건 및 열처리 조건을 조절하면 90% 이상의 투과율을 얻을 수 있다. 본 발명의 열증착 및 산화 공정의 두 단계 공정을 특징으로 하는 NiO 박막 제작방법은 OLED의 기판으로 사용되는 ITO가 성장된 유리 기판의 제작 과정과 동시에 진행된다면 제작공정과 함께 소자의 효율을 증진시키는데 중요한 역할을 할 수 있다.

또한, 본 발명의 무기물 박막층의 형성방법은 스퍼터링 방법에 비해 설비비가 저렴하고 조건의 제어가 단순하며 단시간에 Ni 박막을 성장할 수 있을 뿐만 아니라 여러 시료를 동시에 열처리하여 산화하는 공정을 이용하면 대량생산에 매우 적합한 방법이다. 또한, 스퍼터링 방법으로 박막을 성장할 경우 기판의 표면에 가해지는 손상이 큰 문제점이 있으나 본 발명의 열 증착 방법은 완충층의 성장으로 인하여 금속 전극의 손상을 최소화 할 수 있는 이점이 있다.

본 발명의 열증착 후 산화시켜 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광소자의 제조방법에 있어서, 무기물은 Ni, Mg 및 Zn 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것이 바람직하며, Ni 인 것이 보다 바람직하다.

또한, 상기 산화 과정은 500°C~600°C 에서 수행하는 것이 바람직하며, 500°C 미만에서 수행하는 경우는 NiO가 형성되기 위한 화학적 에너지 공급이 부족하여 산화 시간이 증가하게 되는 문제가 있고, 600°C 이상에서는 양극 물질과 유리 기판의 안정도가 떨어져 NiO 형성 이외에 층간 확산 문제 등을 야기할 소지가 있다.

또한, 상기 무기물 완충층의 두께는 5 내지 10nm 로 성장(형성)하는 것이 바람직하며, 5nm 이하로 성장하는 경우에는 박막의 균일도가 떨어지게 되어 소자의 제작시 신뢰성이 떨어지게 되고, 10nm 이상으로 성장하는 경우에는 정공이, 성장된 NiO 박막을 터널링하기 위해 필요한 전압이 높아지므로 소자의 문턱 전압이 높아지게 되는 문제가 있다.

또한, 본 발명은 상기한 무기물 완충층을 형성하는 단계를 포함하는 제조방법에 의하여 제조되는 유기발광소자를 제시할 수 있다.

본 발명의 방법에 의하여 형성되는 유기발광소자는 특별히 제한되지 않고, 제 1전극; 무기물 완충층; 정공수송층; 발광층; 전자수송층; 전자주입층; 및 제2전극/ 제1전극; 무기물 완충층; 정공주입층; 정공수송층; 발광층; 전자수송층; 전자주입층; 및 제2전극/ 제1전극; 무기물 완충층; 정공수송층; 발광층 및 전자수송층; 전자주입층; 및 제2전극 등 여러 가지 구조로 제조될 수 있다.

본 발명의 바람직한 실시예에서는 1) 기판 위에 형성된 양극; 2) 상기 양극 위에 형성된 무기물 완충층; 3) 상기 무기물 완충층 위에 형성된 정공수송층; 4) 상기 정공수송층 위에 형성된 발광층 및 전자수송층; 5) 상기 발광층 및 전자수송층 위에 형성된 전자주입층; 및, 6) 상기 전자주입층 위에 형성된 음극을 가지는 구조의 유기발광소자를 제작하였다. 상기한 구조의 유기발광소자는 무기물 완충층인 NiO 박막에 의하여 ITO로부터의 인듐 확산으로 인한 유기물의 열화를 방지하고 발광층 내에서 전자와 정공의 균형을 조절하여 효율을 향상시킬 수 있다.

도 3 내지 도 6은 본 발명에서 제작된 NiO 완충층을 사용하는 유기발광소자의 열처리 시간에 따른 전류-전압, 휘도(발광 세기)-전압, 발광 효율-전류 밀도 및 전력 효율-전류 밀도의 측정 결과를 나타내고 있는 그래프이다. 이에 의하면, 열처리 시간을 1, 2, 3 및 4시간으로 하여 제조된 소자에서 NiO 박막의 형성 정도에 따라 소자의 전류-전압, 휘도-전압, 발광 효율-전류 밀도, 전력 효율-전류 밀도 특성이 향상되는 것을 관찰할 수 있었다.

이하, 본 발명에 따른 유기발광소자 제조의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명은 하기 실시예에 한정되지 않으며, 많은 변형이 본 발명의 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 가능함은 물론이다.

### <실시예 1> 유기발광소자의 제조

#### <1-1> 양극의 제조

작은 면 저항(~30 Ω/□), 높은 투과도(~90%)를 갖는 Indium-Tin-Oxide (ITO) 박막을 유기 분자선 증착기를 이용하여 유리 기판에 증착하였다.

#### <1-2> 무기물 완충층의 제조

ITO 투명전극이 성장된 유리 기판을 사용하여 다음의 두 단계를 거쳐 무기물 완충층을 제작하였다. 먼저, O<sub>2</sub> 플라즈마 처리된 ITO 박막 위에 열증착 방법을 이용해 5 ~ 10 nm 두께의 Ni 금속박막을 증착하였다. 열증착시 5x10<sup>-6</sup> Torr의 진공도에서 기판의 온도는 상온으로 유지하였다. 증착원으로는 순도 99.99%, 지름 3mm, 두께 2mm의 Ni을 사용하였고 보트는 몰리브덴(Mo) 보트를 사용하였으며, 기판과 보트 간의 거리는 약 60cm로 유지하여 박막의 균일성 및 증착시 스피팅(spitting)이 생기지 않도록 하였다. Ni 증착 속도는 초당 0.1 Å 이하로 하였으며, 기판 홀더에 부착된 회전 모터를 사용하여 모든 기판에 Ni 박막의 균일성을 향상시켰다. 증착된 Ni 금속은 다음 단계인 산화 과정을 통해 NiO 박막으로 변하게 된다. 상기 증착된 Ni 박막을 메탄올과 증류수에서 5분간 세척하고 가열장치에 설치하고 대기 중에서 550°C로 가열하여 ITO 위에 증착된 Ni을 산화시켰으며, 가열 시간에 따라 특성을 분석하였다.

<1-3> 정공수송층의 제조

$10^{-7} \sim 10^{-9}$  Torr의 진공 조건에서 상기 제조된 NiO 박막층 위에 NPB를 증착하여 60 nm 두께의 정공수송층을 제조하였다(도 1(d)).

<1-4> 발광층 및 전자수송층의 제조

$10^{-7} \sim 10^{-9}$  Torr의 진공 조건에서 약 0.1 nm/초의 성장 속도로 상기 제조된 정공수송층 위에 Alq<sub>3</sub>을 50 nm 두께로 진공 증착하여 발광층 및 전자수송층을 형성하였다.

<1-4> Liq 전자주입층 및 음극의 제조

$10^{-7} \sim 10^{-9}$  Torr의 진공 조건에서 약 0.1 nm/초의 성장 속도로 상기 제조된 발광층 및 전자수송층 위에 Liq을 2 nm 두께로 증착한 후 음극으로써 Al을 100 nm 두께로 증착하였다.

<실험예 1> 유기발광소자의 효율 측정

<1-1> 유기발광소자의 전류 밀도-전압 측정

본 발명의 실시예 1에 따른 유기발광소자의 효율을 알아보기 위하여 KEITHELY(model : 236 SOURCE MEASURE UNIT)를 이용하여 0~15V까지 0.5V 단위로 전류 밀도-전압을 측정하였다.

도 3은 Ni 박막의 산화 시간이 각각 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막을 사용한 유기발광소자의 전류-전압 측정 결과이다. 산화 시간이 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막을 가지는 유기발광소자는 10V 전압에서 전류 밀도가 각각 43.3, 35.8, 40.6 및 45.1 mA/cm<sup>2</sup> 으로 나타났다. NiO 완충층이 생성되기 시작하면 Ni/NiO 층을 투과하는 정공의 누설 전류는 차츰 감소하고 터널링에 의해 생성되는 전류의 양이 증가하게 된다. 산화 시간에 따른 전류의 변화를 보면 2시간까지 누설 전류의 감소로 인해 전류의 양이 감소하지만 Ni 금속층이 거의 NiO로 산화된 시점인 2시간 이후로는 정공의 터널링에 의한 전류의 증가로 증가하게 된다.

<1-2> 유기발광소자의 휘도-전압 측정

실시예 1에서 제조된 유기 발광 소자의 양극과 음극을 KEITHELY(model : 236 SOURCE MEASURE UNIT)를 이용하여 0~15V 까지 가하면서 암흑상자 안에서 휘도계(CHROMA METER CS-100A)로 휘도를 측정하였다. 도 4는 그 결과를 나타낸 그래프이다.

도 4는 Ni 박막의 산화 시간이 각각 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 완충층을 사용한 유기발광소자의 휘도-전압 측정결과이다. 산화 시간이 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 완충층을 가지는 유기발광소자는 10V 전압에서 휘도가 각각 1050, 840, 1060 및 1280 cd/m<sup>2</sup> 으로 나타났다. 산화 시간이 2시간까지는 NiO 완충층이 생성되기 시작하면서 Ni/NiO 층을 투과하는 정공의 누설전류가 감소하여 엑시톤 형성 확률이 감소하게 되지만 Ni 금속층이 거의 NiO로 산화된 시점인 2시간 이후로는 정공의 터널링에 의한 전류의 증가로 엑시톤 형성 확률이 증가하여 휘도가 증가하게 된다.

<1-3> 유기발광소자의 발광 효율-전류 밀도 측정

실시예 1에서 제조된 유기 발광 소자의 전류 밀도-전압 특성 및 휘도-전류 밀도 특성으로부터 시각계 곡선에 대한 분광휘도 효율과 휘도 발광세기를 가시광선 영역에서 적분하여 전류밀도로 나뉜 변환한 발광효율을 전류밀도에 따라 나타낸다. 도 4는 그 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5는 Ni 박막의 산화시간이 각각 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막을 사용한 유기발광소자의 발광효율-전류밀도 측정 결과이다. 산화시간이 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막에 대해서 70 mA/cm<sup>2</sup> 전류밀도에서 발광효율이 각각 2.47, 2.42, 2.67 및 2.84 cd/A 이다. 정공의 주입을 조절하는 NiO 완충층을 사용한 유기발광소자에서 엑시톤의 형성 확률은 정공의 주입량과

관련되고 따라서 산화시간이 2시간까지는 NiO 층이 생성되기 시작하면서 Ni/NiO 층을 투과하는 정공의 누설전류가 감소하여 발광효율이 감소하게 되지만 Ni 금속층이 거의 NiO 로 산화된 시점인 2시간 이후로는 정공의 터널링에 의한 전류의 증가로 발광 효율이 증가하게 된다.

<1-4> 유기발광소자의 전류 밀도-전력 효율 측정

실시에 1에서 제조된 유기 발광 소자의 전류 밀도-전압 특성 및 휘도-전류 밀도 특성으로부터 시각계 곡선에 대한 분광휘도 효율과 휘도 발광량을 가시광선 영역에서 적분하여 전력으로 나눠 변환한 전력 효율을 전류밀도에 따라 나타낸다. 도 4는 그 결과를 나타낸 그래프이다.

도 6는 Ni 박막의 산화 시간이 각각 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막을 사용한 유기발광소자의 전력 효율-전류 밀도 측정결과이다. 산화시간이 1, 2, 3 및 4 시간인 NiO 박막에 대해서 70 mA/cm<sup>2</sup> 전류 밀도에서 전력 효율이 각각 0.646, 0.584, 0.67 및 0.743 lm/W 이다. 정공의 주입을 조절하는 NiO 완충층을 사용한 유기발광소자에서 엑시톤의 형성 확률은 정공의 주입량과 관련되고 따라서 산화 시간이 2시간까지는 NiO 층이 생성되기 시작하면서 Ni/NiO 층을 투과하는 정공의 누설전류가 감소하여 전력효율이 감소하게 되지만 Ni 금속층이 거의 NiO 로 산화된 시점인 2시간 이후로는 정공의 터널링에 의한 전류의 증가로 전력 효율이 증가하게 된다.

**발명의 효과**

상기 살펴본 바와 같이 본 발명의 방법에 의하면, 열증착 및 산화 과정으로 간단하게 무기물 박막층을 형성할 수 있으므로 저비용으로 고효율의 유기발광소자를 제조하는데 유용하게 이용될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

도 1은 일반적인 유기발광소자의 구조를 나타내는 개략도이고,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기발광소자의 층 제작순서 및 층 구성을 나타내는 개략도이고,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기발광소자의 전류 밀도-전압 (current density-voltage) 측정 결과를 나타낸 그래프이고,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기발광소자의 발광 휘도-전압 (luminance-voltage) 측정 결과를 나타낸 그래프이고,

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기발광소자의 발광 효율-전류 밀도(luminous efficiency-current density) 측정 결과를 나타낸 그래프이고,

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기발광소자의 전력 효율-전류 밀도 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

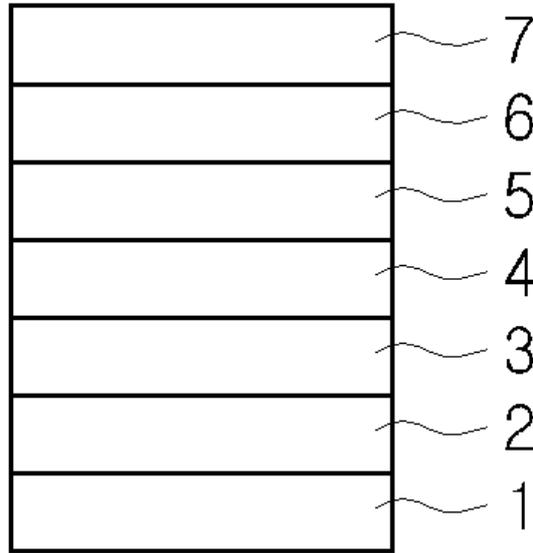
<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

- 1: 기관
- 2: 양극
- 3: 정공수송층
- 4: 발광층
- 5: 전자수송층
- 6: 전자주입층

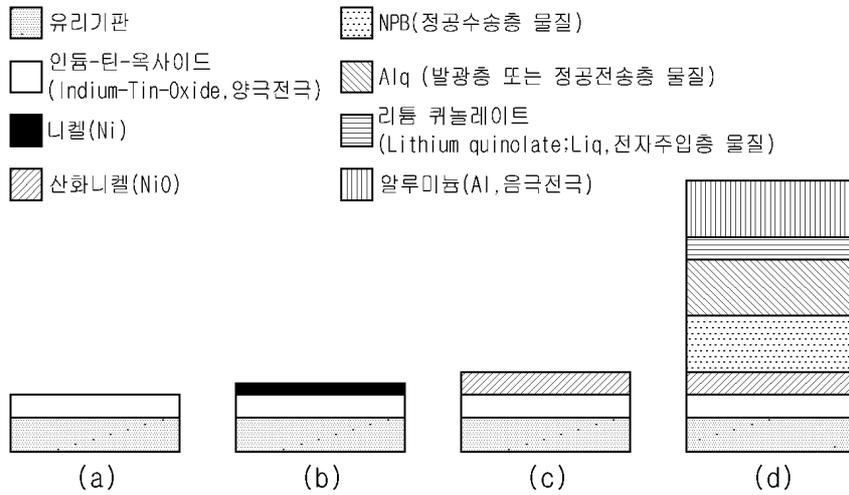
7: 음극

도면

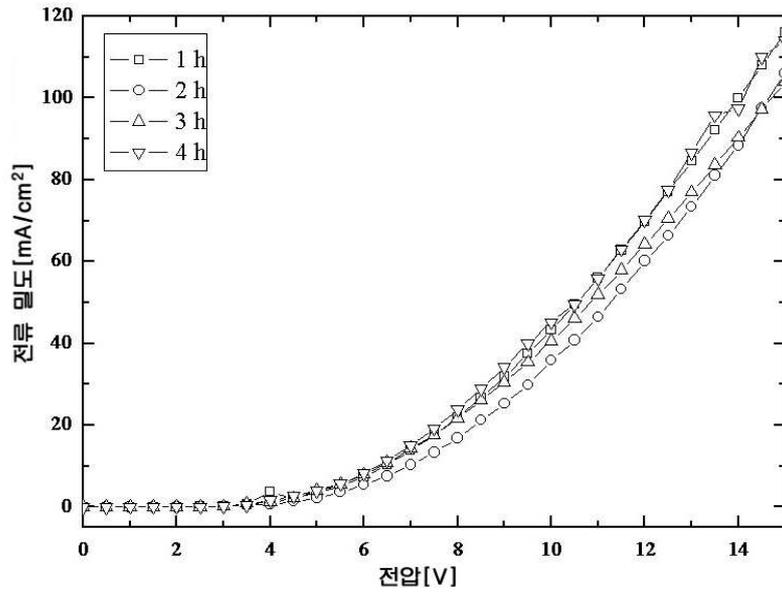
도면1



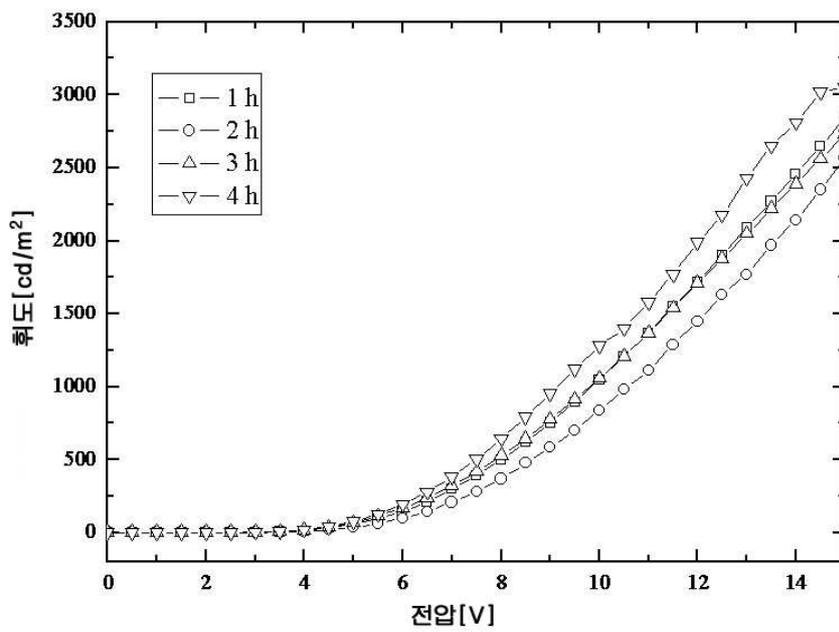
도면2



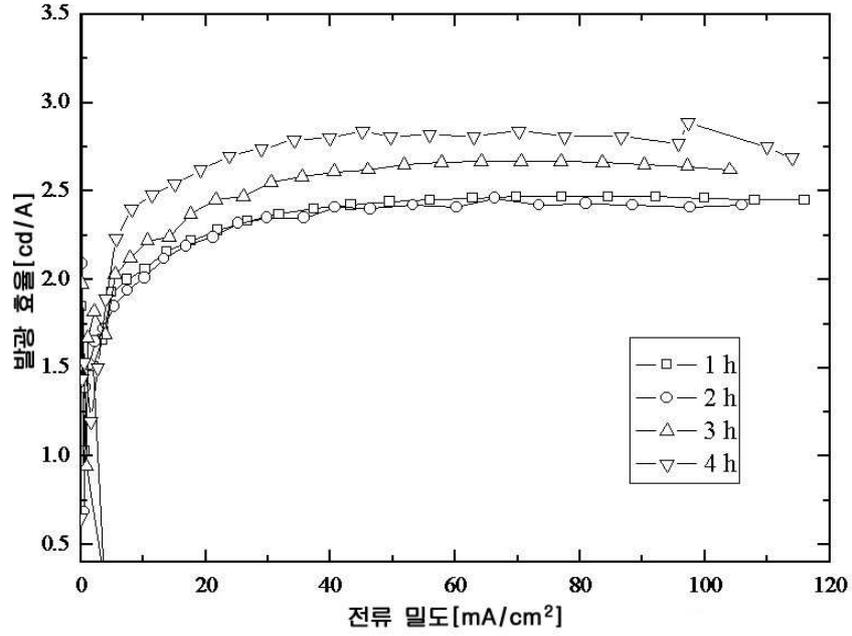
도면3



도면4



도면5



도면6

