



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0007069

(43) 공개일자 2015년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 51/50 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0080988

(22) 출원일자 2013년07월10일

심사청구일자 2013년07월10일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)

(72) 발명자

권장혁

경기도 용인시 기흥구 용구대로2394번길 27, 113동 103호 (마북동, 삼성래미안1차아파트)

김경우

서울특별시 동대문구 경희대로4길 46-6, B04호 (회기동)

박미진

서울특별시 송파구 바람드리4길 19, 301호 (풍납동)

(74) 대리인

유수미

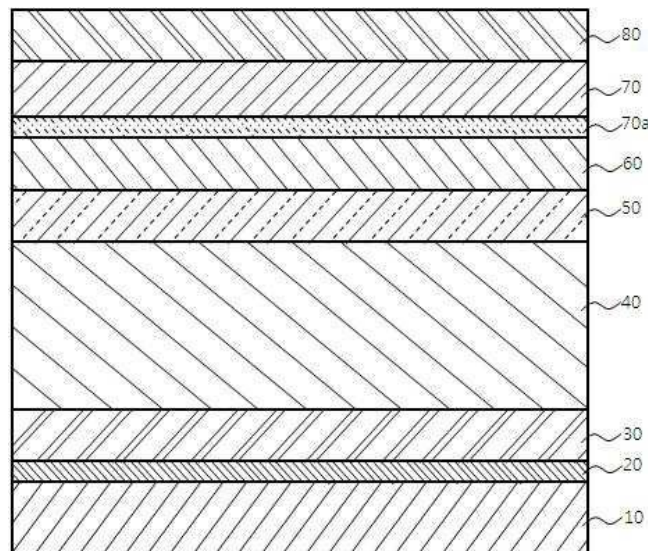
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 고효율 고투과 유기 전계 발광 다이오드

(57) 요약

본 발명은 기관, 상기 기관 상에 위치하는 양극; 상기 양극 상에 위치하는 발광층; 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염을 포함하는 전자주입층; 및 상기 전자주입층 상에 위치하는 금속 박막 음극을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자주입층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층이 형성된 유기 전계 발광 다이오드를 제공한다. 본 발명에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 금속 박막 음극이 산소 함유 리튬염에 의해 산화되어 평탄화 막이 형성되는 결과, 소자에서 생성된 빛이 금속 박막 음극과 발광층 사이에서 스캐터되는 현상을 감소시켜 음극에서의 투과도를 높일 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20130634

부처명 산업통산부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 환경/감성형 OLED 면조명 기술

연구과제명 투명 OLED용 저저항 투명 음극 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2013.03.01 ~ 2014.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

기관(10), 상기 기관 상에 위치하는 양극(20); 상기 양극 상에 위치하는 발광층(40); 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염을 포함하는 전자주입층(60); 및 상기 전자주입층 상에 위치하는 금속 박막 음극(70)을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자주입층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층(70a)이 형성된 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 2

기관(10), 상기 기관 상에 위치하는 양극(20); 상기 양극 상에 위치하는 발광층(40); 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염이 도핑된 전자수송층(55); 및 상기 전자수송층 상에 위치하는 금속 박막 음극(70)을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자수송층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층(70a)이 형성된 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 양극(20)과 상기 발광층(40) 사이에 정공수송층(30)이 추가로 구비된 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 전자주입층(60)의 두께가 0.5 내지 25nm인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 산소 함유 리튬염이 하기 화학식 I로 표시되는 화합물인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드:

[화학식 1]



상기 식에서,

M은 금속, 비금속 또는 준금속이고,

$1 \leq x \leq 6$ 이며,

$0 \leq y \leq 7$ 이고,

$1 \leq z \leq 24$ 이다.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 산소 함유 리튬염이 Li_2O , LiMn_2O_4 , Li_2CO_3 , LiCoO_2 , Li_2SO_4 , Li_4SiO_4 , $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, Li_2MoO_4 , Li_2WO_4 , Li_2CrO_4 , Li_2TiO_3 , Li_2ZrO_3 , LiTaO_3 또는 LiNbO_3 인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 산소 함유 리튬염이 LiMn_2O_4 또는 Li_2CO_3 인 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 발광층(40)과 상기 전자주입층(60) 사이에 전자수송층(50)이 추가로 구비된 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 금속 박막 음극(70)이 은(Ag)으로 형성된 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 금속 박막 음극(70) 상에 위치하는 유전체 캡핑층(80)을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 유전체 캡핑층(80)이 굴절률이 1.5 이상인 유전체 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 유전체 캡핑층(80)이 WO_3 또는 MO_3 을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전계 발광 다이오드.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 고효율 고투과 유기 전계 발광 다이오드에 관한 것으로, 보다 상세하게는 투과도가 우수하고 광 추출 효율이 높은 유기 전계 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유기 전계 발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode: OLED)는 일반적으로 양극, 상기 양극 상에 위치하는 발광층 및 상기 발광층 상에 위치하는 음극을 포함한다. 상기 양극과 상기 음극 간에 전압을 인가하면 정공은 상기 양극으로부터 상기 발광층 내로 주입되고, 전자는 상기 음극으로부터 상기 발광층 내로 주입된다. 상기 발광층 내로 주입된 정공과 전자는 재결합하여 여기자를 생성하고, 이러한 여기자가 여기 상태에서 기저 상태로 전이하면서 빛을 방출한다.

[0003] 이러한 유기 전계 발광 다이오드는 상기 발광층에서 방출된 빛이 하부 기판을 투과하는 배면 발광(Bottom Emission)형과 상부 기판을 투과하는 전면 발광(Top Emission)형으로 구분된다. 상기 전면 발광형 유기 전계 발광 다이오드는 상기 배면 발광형 유기 전계 발광 다이오드에 비해 개구율이 높은 장점이 있어 AMOLED 디스플레이를 만드는 데 활용이 되어 왔다.

[0004] 일반적으로 OLED에서 양극은 투명한 전극인 인듐이나 주석 산화물(예를 들면 ITO, AZO, IZO 등)을 사용하고, 음극 전극은 전자주입 특성이 좋은 전형적인 비교적 낮은 일함수를 갖는 금속으로 칼슘, 마그네슘, 리튬, 나트륨, 칼륨, 루비듐, 세슘, 바륨과 같은 금속이 좋으나, 이들은 빨리 산화되고 반사도가 낮아 널리 사용되지 못하였다. 현재는 알칼리/알칼리 토금속의 다양한 염, 산화물, 혹은 그것의 유기물 착제 화합물을 10 옴스트롱(A) 정도의 매우 얇은 박막으로 층을 형성하여 사용하거나 전자전달층에 도핑하여 사용하고, 그 위에 반사도가 높은 Al이나 Ag 전극을 사용한다. 이 경우 공기 중에 꽤 안정적이고 열적으로도 안정한 물질을 다룰 수가 있게 되고, 또 Al이나 Ag 증착시 유기물과 전극 사이에 쌍극자층(dipole layer)을 형성하여 전자주입 장벽을 낮추기 때문에 전자주입이 용이하게 된다[미국 특허 제5,677,572호 참조].

[0005] 양면 발광 다이오드의 제작을 위해서는 투명한 양극과 투명한 음극이 필요하다. 투명한 전극 물질로서 유용한 물질은 인듐/주석 산화물을 이용한 투명한 전도성 박막을 포함한다. 이러한 물질을 사용한 양면 발광의 OLED는 미국 특허 제5,677,572호에 개시되어 있다. 하지만 이 방법으로 전극을 만들 때 나중에 형성되는 인듐/주석 산화물의 투명 전극은 그 저항이 매우 높아 대형 디스플레이에 사용이 어렵고, 전극을 형성시 스퍼터링(Sputtering) 공정으로 형성하는데, 그때 플라즈마 소스에 노출이 되어 안정적인 소자 특성을 확보할 수 없다. 따라서 미국 특허 제5,677,572호에는 일반 금속을 얇게 하여 음극으로 사용하는 기술도 알려져 있는데, 이 경우 주로 MgAg 막이나 Ag 막을 200 옴스트롱(A) 이하로 사용하면 적절한 투과도의 양면 발광 유기 전계 발광 다이오드를 만들 수 있다. 하지만 그 투과율은 60~70% 수준으로 우수하지 않다.

[0006] 이외에도 투명 발광형 유기 전계 발광 다이오드의 개발을 위해 Al/ 금속 산화물/ Ag/ 금속 산화물 구조, 금속 +

높은 굴절율의 유전체층(Dielectric layer) 구조 등 여러 방법이 제안되고 있으나, 그 투과율도 60~70% 수준으로 우수하지 않다[참고문헌: Applied Physics, 93, 013301 (2008); Optics Express, 19, 1113 (2011)]. 상기 문헌에 따르면, 유기 전계 발광 다이오드는 음극 적층 후 음극 상부에 무기물 또는 유기물로 보호막을 적층하게 되는데, 상기 보호막의 굴절율이 높은 경우 그 투과율이 향상된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명자들은 고효율 고투과 유기 전계 발광 다이오드를 개발하고자 예의 연구 검토한 결과, 산소 함유 리튬염을 이용하여 금속 박막 음극을 산화시킴으로써 음극이 평탄화되어 생성된 소자의 빛이 발광층과 금속 박막 음극 사이에서 스캐터 현상이 일어나는 것을 감소시켜 투과도를 향상시킬 수 있음을 발견하고, 본 발명을 완성하게 되었다.
- [0008] 따라서 본 발명의 한 목적은 투과도가 우수한 유기 전계 발광 다이오드를 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 금속 박막 음극 위에 고굴절률 유전체 물질을 두어 광 추출 효율을 높인 유기 전계 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 한편으로, 본 발명은 기판, 상기 기판 상에 위치하는 양극; 상기 양극 상에 위치하는 발광층; 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염을 포함하는 전자주입층; 및 상기 전자주입층 상에 위치하는 금속 박막 음극을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자주입층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층이 형성된 유기 전계 발광 다이오드를 제공한다.
- [0011] 다른 한편으로, 본 발명은 기판, 상기 기판 상에 위치하는 양극; 상기 양극 상에 위치하는 발광층; 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염이 도핑된 전자수송층; 및 상기 전자수송층 상에 위치하는 금속 박막 음극을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자수송층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층이 형성된 유기 전계 발광 다이오드를 제공한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 상기 금속 박막 음극 상에 위치하는 유전체 캡핑층을 추가로 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 금속 박막 음극이 산소 함유 리튬염에 의해 산화되어 평탄화 막이 형성되는 결과, 소자에서 생성된 빛이 금속 박막 음극과 발광층 사이에서 스캐터되는 현상을 감소시켜 음극에서의 투과도를 높일 수 있다.
- [0014] 아울러, 본 발명에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 고굴절률 유전체 캡핑층을 음극 위에 형성하여 소자에서 생성되는 빛을 외부로 더욱 방출시켜 투과도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 3은 전자주입층으로 본 발명에 따른 산소 함유 리튬염(Li_2CO_3 , LiMn_2O_4) 또는 비교 물질(Cs_2CO_3 , Liq, LiF)을 사용하거나 전자주입층 없이 제작된 유기 전계 발광 다이오드의 금속 박막 음극의 표면 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- 도 4(a) 내지 (c)는 각각 전자주입층으로 LiF, LiMn_2O_4 및 Li_2CO_3 를 사용하여 제작된 유기 전계 발광 다이오드의 금속 박막 음극의 XPS 깊이 분석 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 5(a) 내지 (c)는 각각 전자주입층으로 Cs_2CO_3 , LiMn_2O_4 및 Li_2CO_3 를 사용하여 제작된 유기 전계 발광 다이오드의 배면 발광 효율과 전면 발광 효율 및 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 비를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 기판(10), 상기 기판 상에 위치하는 양극(20); 상기 양극 상에 위치하는 발광층(40); 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염을 포함하는 전자주입층(60); 및 상기 전자주입층 상에 위치하는 금속 박막 음극(70)을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자주입층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층(70a)이 형성되어 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 기판(10)은 전면 발광형 유기 전계 발광 다이오드인 경우에는 불투명한 반도체, 절연성 기판 등이 사용될 수 있고, 양면 발광형인 경우에는 투명한 유리, 플라스틱 등이 사용될 수 있다.
- [0019] 상기 양극(20)은 상기 기판(10)의 표면에 형성된 것으로, 알루미늄(Al), 은(Ag), 동(Cu) 등의 금속이나 ITO와 같은 투명 도전 재료 등이 사용될 수 있다.
- [0020] 상기 발광층(40)은 유기 박막층으로서, 디스티릴비페닐 유도체 등 당해 기술분야에서 사용되는 물질이라면 제한 없이 사용될 수 있다.
- [0021] 상기 양극(20)과 상기 발광층(40) 사이에는 정공수송층(30)이 추가로 구비될 수 있다. 상기 정공수송층은 양극(20)에서 주입된 정공을 발광층(40)으로 수송하는 층으로서, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(TPD), N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐벤지딘(NPB), 4,4',4'''-트리스(N-카바졸)-트리페닐-아민(TCTA) 등에 의해 형성될 수 있다.
- [0022] 상기 전자주입층(60)은 발광층(40)에 대한 전자 주입성의 향상을 발현시키는 역할을 하는 것으로, 본 발명에서는 산소 함유 리튬염을 포함한다.
- [0023] 상기 전자주입층(60)은 0.5 내지 25nm의 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 전자주입층의 두께가 0.5nm 미만인 경우에는 금속 박막 음극을 충분히 평탄화할 수 없고, 25nm 초과인 경우에는 도전성의 저하를 초래할 수 있다.
- [0024] 구체적으로, 상기 산소 함유 리튬염은 하기 화학식 I로 표시되는 화합물이다.
- [0025] [화학식 1]
- [0026] $\text{Li}_x\text{M}_y\text{O}_z$
- [0027] 상기 식에서,
- [0028] M은 금속, 비금속 또는 준금속, 바람직하게는 Mn, C, S, Co, S, Si, B, Mo, W, Cr, Ti, Zr, Ta 또는 Nb이고,
- [0029] $1 \leq x \leq 6$ 이며,
- [0030] $0 \leq y \leq 7$ 이고,
- [0031] $1 \leq z \leq 24$ 이다.
- [0032] 보다 구체적으로, 상기 산소 함유 리튬염은 Li_2O , LiMn_2O_4 , Li_2CO_3 , LiCoO_2 , Li_2SO_4 , Li_4SiO_4 , $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, Li_2MoO_4 , Li_2WO_4 , Li_2CrO_4 , Li_2TiO_3 , Li_2ZrO_3 , LiTaO_3 또는 LiNbO_3 이다. 보다 더 구체적으로, 상기 산소 함유 리튬염은 LiMn_2O_4 또는 Li_2CO_3 이다.
- [0033] 상기 발광층(40)과 상기 전자주입층(60) 사이에는 전자수송층(50)이 추가로 구비될 수 있다. 상기 전자수송층(50)은 전자주입층(60)에 주입된 전자를 발광층(40)으로 이동시키는 층으로서, 4,7-디페닐-1,10-페난트롤린(BPhen) 등에 의해 형성될 수 있다.
- [0034] 상기 금속 박막 음극(70)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 동(Cu) 등의 금속으로부터 형성될 수 있다. 바람직하게는 일함수가 낮고 전기 전도도 특성이 좋으며 흡광도가 낮은 은을 사용할 수 있다.

[0035] 상기 산소 함유 리튬염을 포함한 전자주입층(60) 상에 금속 박막 음극(70)을 증착 등에 의해서 형성하면, 상기 금속 박막 음극은 상기 산소 함유 리튬염에 의해 산화되어 산화층(70a)이 형성되면서 평탄화되고, 산소 함유 리튬염은 환원되어 금속 박막의 전자주입 특성을 향상시킬 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 상기 금속 박막 음극(70) 상에 위치하는 유전체 캡핑층(80)을 추가로 포함할 수 있다.

[0037] 상기 유전체 캡핑층(80)은 광 추출 효율을 높이기 위해 형성되는 것으로, 굴절률이 1.5 이상인 유전체 물질, 구체적으로 NPB, ZnS, ZnSe, WO₃, MO₃ 등을 포함할 수 있다.

[0038] 본 발명의 다른 실시형태에 따르면, 상기 전자수송층(50)과 전자주입층(60)을 별도로 형성하지 않고, 상기 산소 함유 리튬염을 전자수송층에 도핑하여 하나의 층으로 구성할 수도 있다. 도 2는 이러한 구조의 유기 전계 발광 다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 다른 실시형태에 따른 유기 전계 발광 다이오드는 기판(10), 상기 기판 상에 위치하는 양극(20); 상기 양극 상에 위치하는 발광층(40); 상기 발광층 상에 위치하며 산소 함유 리튬염이 도핑된 전자수송층(55); 및 상기 전자수송층 상에 위치하는 금속 박막 음극(70)을 포함하고, 상기 금속 박막 음극의 상기 전자수송층에 인접한 면에 상기 산소 함유 리튬염에 의한 산화층(70a)이 형성되어 있다. 상기 유기 전계 발광 다이오드의 각 구성요소에 대한 설명은 상술한 바와 같으므로, 중복을 피하기 위해 구체적인 설명을 생략한다.

[0039] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오직 본 발명을 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 국한되지 않는다는 것은 당업자에게 있어서 자명하다.

[0040] 실시예 1: 투과도 및 면저항 측정

[0041] ITO 기판 위에 정공수송층으로 NPB(30nm)/TCTA(10nm), 발광층으로 CBP:Ir(ppy)₃ [5%](20nm), 전자주입층으로 하기 표 1에 기재된 화합물(1nm)을 사용하여 통상의 방법에 따라 소자를 제작하였다. 전자주입층 위에는 음극으로 Ag(12nm), 캡핑층으로 WO₃(40nm)를 차례로 형성하였다.

[0042] 상기한 방법에 따라 제작된 소자의 550nm에서의 투과도와 면저항을 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

전자주입층	투과도 (%)	면저항 (Ω/□)
없음	84.1	5.8
LiF	79.6	5.9
Li _q	86.3	5.7
Rb ₂ CrO ₄	87.1	5.6
Rb ₂ CO ₃	87.0	5.7
Cs ₂ CO ₃	85.5	5.7
CaCrO ₄	85.4	5.7
Li ₂ CO ₃	90.9	5.4
LiMn ₂ O ₄	90.2	5.4

[0044] 상기 표 1에서 보듯이, 전자주입층으로 LiMn₂O₄ 및 Li₂CO₃를 사용할 경우 투과도가 90% 이상, 면저항이 5.5 Ω/□ 이하로 매우 우수한 것으로 나타났다.

[0045]

[0046] 실시예 2: 금속 박막 음극의 평탄도 평가

[0047] 본 발명에 따른 유기 전계 발광 다이오드에 있어서 전자주입층에 의한 투과도 향상 메커니즘을 규명하기 위하여, 유리 기판 위에 정공수송층으로 NPB(30nm)/TCTA(10nm), 발광층으로 CBP:Ir(ppy)₃ [5%](20nm), 전자수

송층으로 Bphen(35nm), 전자주입층으로 상기 표 1에 기재된 화합물(1nm), 음극으로 Ag(12nm)을 사용하여 통상의 방법에 따라 소자를 제작하였다.

[0048] 상기한 방법에 따라 제작된 소자의 Ag 층의 표면 주사전자현미경(SEM) 사진을 도 3에 나타내었다.

[0049] 도 3에서 보듯이, Ag 박막의 평탄도는 $\text{Li}_2\text{CO}_3 > \text{LiMn}_2\text{O}_4 > \text{Cs}_2\text{CO}_3 > \text{Liq} > \text{전자주입층 없음} > \text{LiF}$ 의 순서로 상기 표 1의 투과도와 일치함을 확인하였다.

[0050] Ag 박막은 전자주입층에 사용된 물질의 종류에 따라서 박막이 형성되는 형태가 달라지며, Ag 박막의 입자 경계선(Grain Boundary)이 클수록 빛의 산란 현상이 증가하게 되어 빛의 투과도가 감소하였다. 그러나, 본 발명에서와 같이 LiMn_2O_4 및 Li_2CO_3 를 사용하면 Ag 박막이 입자 경계선 없이 고르게 형성되도록 유도하여 결과적으로 높은 투과도를 얻을 수 있었다.

[0051] 실시예 3: 전자주입층과 금속 박막 음극의 계면 분석

[0052] 전자주입층과 Ag 계면의 특성 변화를 확인하기 위해, XPS 깊이 분석법(XPS depth profile)에 의해 Ag 박막을 분석하였다. 전자주입층으로 LiF, LiMn_2O_4 및 Li_2CO_3 를 사용한 결과를 각각 도 4(a) 내지 (c)에 나타내었다.

[0053] LiF 위에 증착된 Ag 박막의 경우에는, 순수한 Ag 박막과 LiF와의 접촉면에서의 Ag $3d_{5/2}$ 피크의 결합 에너지(binding energy)는 368.08 eV에서 367.98 eV로 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 따라서, LiF와 Ag 계면에서 Ag 박막의 상태 변화는 없는 것으로 확인되었다.

[0054] 그러나, LiMn_2O_4 위에 증착된 Ag 박막의 경우에는, 순수한 Ag 박막과 LiMn_2O_4 와의 접촉면에서의 Ag $3d_{5/2}$ 피크의 결합 에너지는 368.08 eV에서 367.78 eV로 낮은 결합 에너지로 피크가 변화하는 현상이 확인되었으며, LiMn_2O_4 와의 접촉면에서의 Ag $3d_{5/2}$ 피크는 Ag_2O 의 피크 위치(367.7 eV)와 비슷하였다. 따라서, Ag 박막과 LiMn_2O_4 와의 접촉면에서 LiMn_2O_4 에 의해 Ag가 산화되어 Ag_2O 가 형성됨을 확인하였다.

[0055] Li_2CO_3 위에 증착된 Ag 박막의 경우에는, 순수한 Ag 박막과 Li_2CO_3 와의 접촉면에서의 Ag $3d_{5/2}$ 피크의 결합 에너지는 368.08 eV에서 366.78 eV로 낮은 결합 에너지로 피크가 변화하는 현상이 확인되었으며, Li_2CO_3 와의 접촉면에서의 Ag $3d_{5/2}$ 피크는 Ag_2O 의 피크 위치(367.7 eV)와 비슷하였다. 따라서, Ag 박막과 Li_2CO_3 와의 접촉면에서 Li_2CO_3 에 의해 Ag가 산화되어 Ag_2O 가 형성됨을 확인하였다.

[0056] LiF의 경우 Ag와 반응하지 않기 때문에 핵형성(nucleation) 효과가 나타나지 않고, 오히려 유기층 위에서 불순물과 같은 역할을 하여 Ag 박막이 균일하게 형성되는 것을 방해하여 Ag 박막의 형태(morphology)를 나쁘게 하는 것으로 보이며, LiMn_2O_4 와 Li_2CO_3 의 경우 Ag를 산화시키는 과정에서 핵형성 효과에 의해 Ag 박막의 형태를 개선시키는 것으로 보인다.

[0057] 실시예 4: 유기 전계 발광 다이오드의 발광 효율 및 휘도 평가

[0058] ITO 기판 위에 정공수송층으로 NPB(30nm)/TCTA(10nm), 발광층으로 CBP:Ir(ppy)₃ [5%](20nm), 전자수송층으로 Bphen(35nm), 전자주입층으로 Cs_2CO_3 (1nm), LiMn_2O_4 (0.6nm) 또는 Li_2CO_3 (0.8nm), 음극으로 Ag(12nm), 캡핑층으로 WO_3 (40nm)를 사용하여 녹색 인광 투명 OLED 소자를 제작하였다.

[0059] 상기한 방법에 따라 전자주입층으로 Cs_2CO_3 , LiMn_2O_4 또는 Li_2CO_3 를 사용하여 제작된 소자의 배면 발광 효율과 전면 발광 효율 및 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 비를 측정하여 각각 도 5(a) 내지 (c)에 나타내었다.

[0060] 비교 소자로서 Cs_2CO_3 를 사용한 투명 OLED 소자의 배면 발광(ITO 방향) 효율은 24.7 cd/A, 16.8 lm/W이며, 전면 발광(투명 음극 방향) 효율은 8.4 cd/A, 5.1 lm/W이었다. 또한 구동 전압은 4.6 V(배면 발광), 5.1 V(전면 발광)에서 나타나며, 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 비는 2.75:1로 나타났다.

[0061] 반면, LiMn_2O_4 를 사용한 투명 OLED 소자의 배면 발광 효율은 23.2 cd/A, 14.6 lm/W이며, 전면 발광 효율은 10.5

cd/A, 6.3 lm/W이었다. 또한 구동 전압은 5.0 V(배면 발광), 5.3 V(전면 발광)에서 나타나며, 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 비는 2.1:1로 나타났다. 따라서 비교 소자에 비해 투명 음극의 투과도가 증가함에 따라 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 차이가 37% 가량 감소함을 확인할 수 있었다.

[0062]

Li_2CO_3 를 사용한 투명 OLED 소자의 배면 발광 효율은 24.2 cd/A, 15.1 lm/W이며, 전면 발광 효율은 10.9 cd/A, 6.4 lm/W이었다. 또한 구동 전압은 5.0 V(배면 발광), 5.4 V(전면 발광)에서 나타나며, 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 비는 2.0:1로 나타났다. 따라서 비교 소자에 비해 투명 음극의 투과도가 증가함에 따라 배면 발광 휘도와 전면 발광 휘도의 차이가 43% 가량 감소함을 알 수 있었다.

[0063]

이상으로 본 발명의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 구현예일 뿐이며, 이에 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아님은 명백하다. 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기 내용을 바탕으로 본 발명의 범주 내에서 다양한 응용 및 변형을 행하는 것이 가능할 것이다.

[0064]

따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 특허청구범위와 그의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

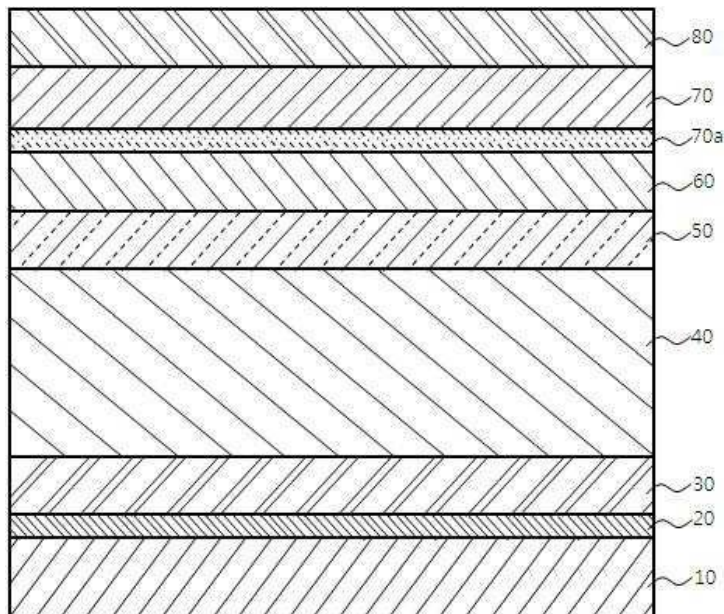
부호의 설명

[0065]

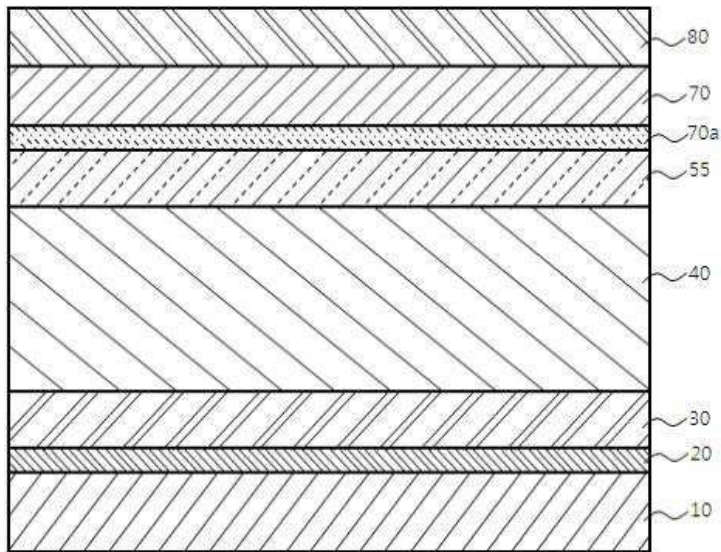
10: 기판	20: 양극
30: 정공수송층	40: 발광층
50: 전자수송층	55: 산소 함유 리튬염이 도핑된 전자수송층
60: 전자주입층	70: 금속 박막 음극
70a: 산화층	80: 유전체 캡핑층

도면

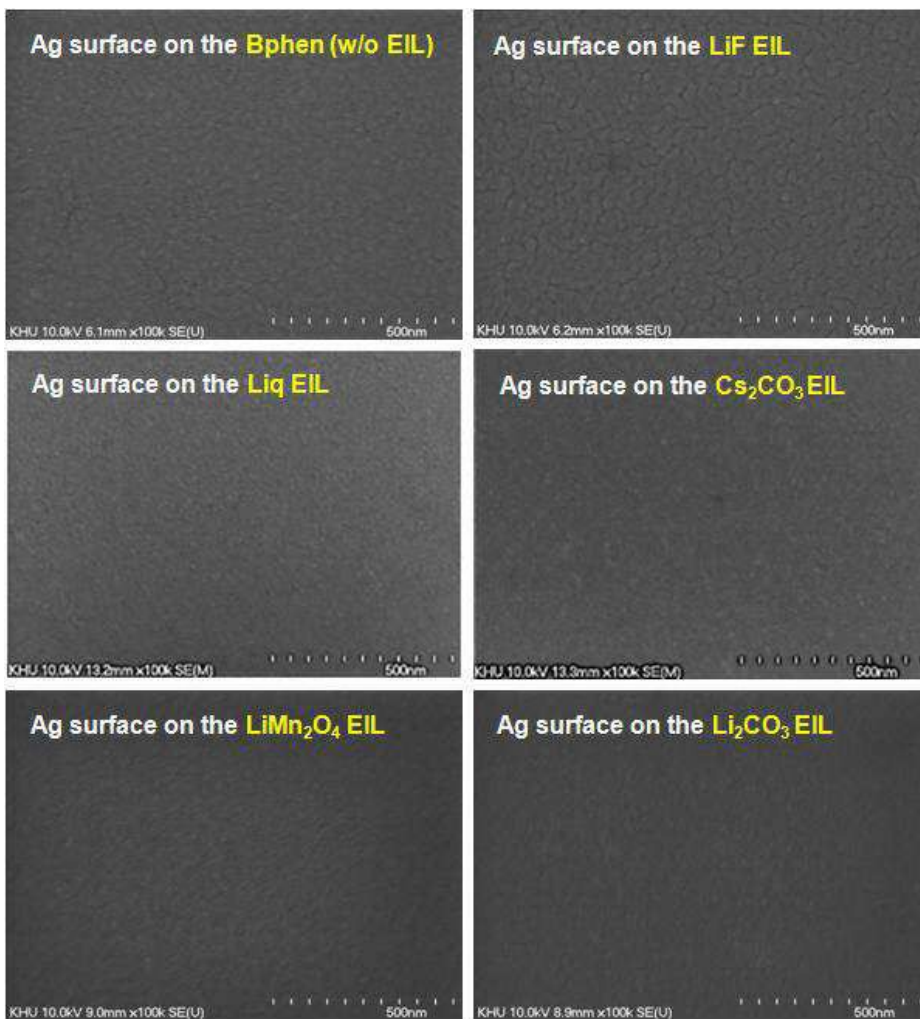
도면1



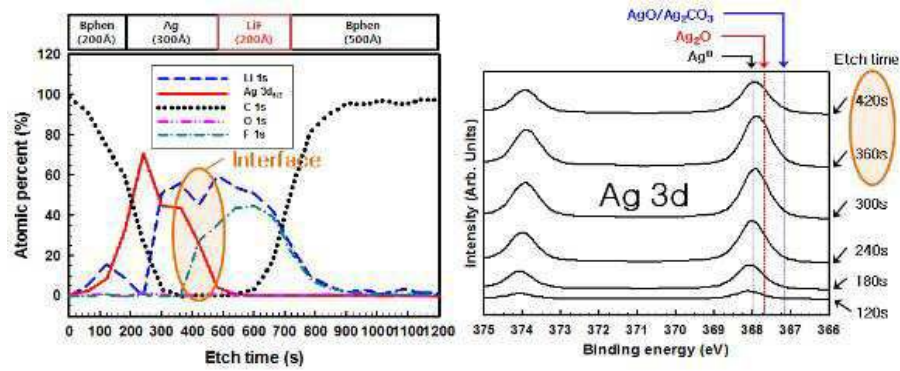
도면2



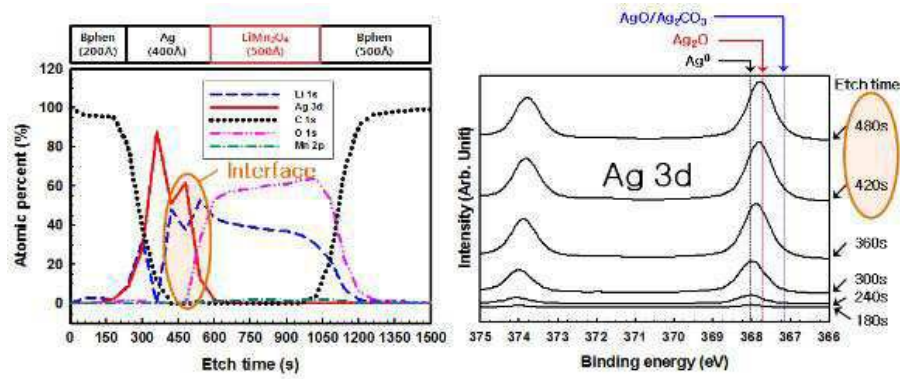
도면3



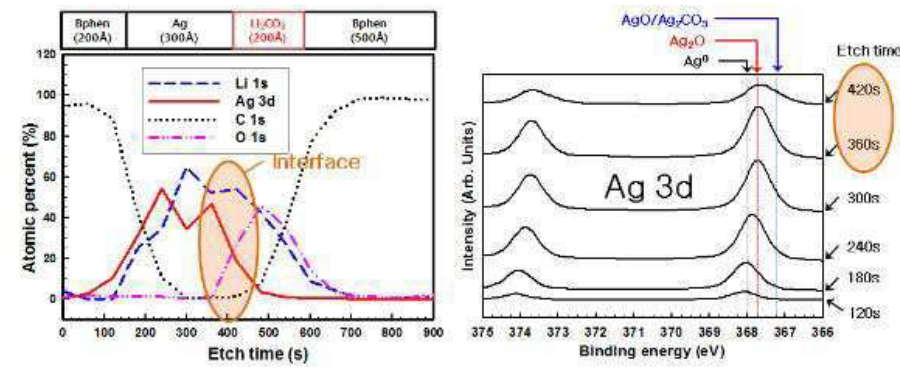
도면4a



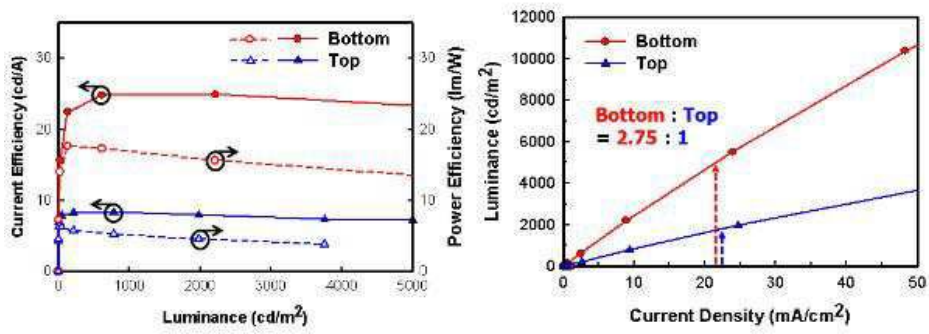
도면4b



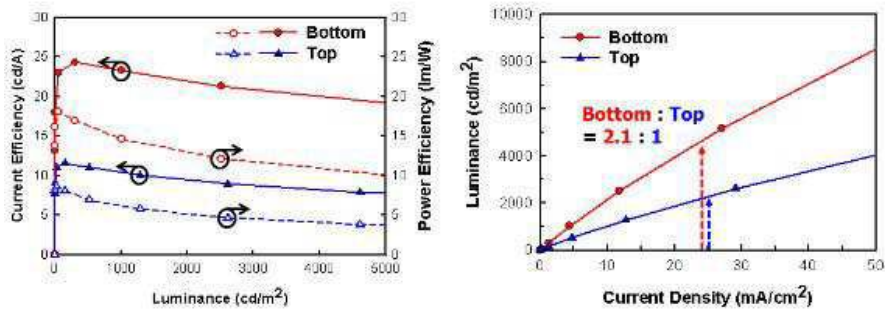
도면4c



도면5a



도면5b



도면5c

