



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월14일
(11) 등록번호 10-1920759
(24) 등록일자 2018년11월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0129450
(22) 출원일자 2011년12월06일
심사청구일자 2016년11월29일
(65) 공개번호 10-2013-0063111
(43) 공개일자 2013년06월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005029885 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
김동혁
서울특별시 관악구 조원로2길 13 2동 913호 (신림동, 미성아파트)
이재만
서울특별시 마포구 도화동 101동 1503호
(74) 대리인
박영복

전체 청구항 수 : 총 2 항

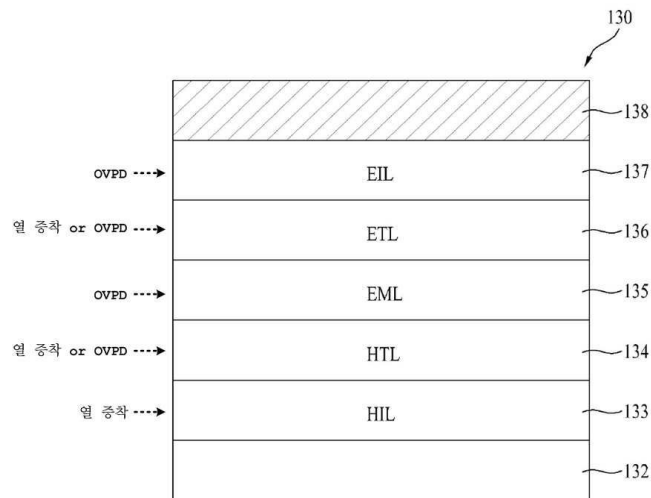
심사관 : 유창훈

(54) 발명의 명칭 유기 발광 표시장치의 제조방법

(57) 요약

정공 관련층, 발광층 및 전자 관련층으로 형성된 유기발광소자를 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조방법은, 열 증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서, 애노드(Anode) 전극 상에 정공 관련층을 형성하는 단계와, OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서, 발광층 및 전자 관련층을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 애노드(Anode) 전극을 형성하는 단계;

제 1 챔버 내에 5×10^{-5} PA 내지 4×10^{-4} PA 압력 하 진공도를 유지하며, 상기 기관을 정공 주입 물질 공급원 상측에 위치시켜 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서, 애노드(Anode) 전극 상에 정공 주입층을 형성하는 단계; 및

상기 정공 주입층 상에, 정공 수송층, 발광층 및 전자 수송층 및 전자 주입층을 차례로 형성하되, 각 층의 형성을 상기 제 1 챔버와 다른 챔버에서, 상기 기관을 공급원 하측에 위치시키며, 10^{-2} PA 의 압력하의 진공도에서 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서, 진행하는 단계를 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자 주입층 상에 캐소드(Cathode) 전극을 형성하는 단계를 더 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 표시장치의 전자 관련층, 발광층 및 정공 관련층을 증착하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 발광 표시장치(ORGANIC LIGHT EMITTING DISPLAY DEVICE)는 자발광소자를 이용하여 다른 평판 표시장치에 비해 응답속도가 빠르고 발광효율, 휘도 및 시야각 측면에서 보다 유리하다. 이러한 유기 발광 표시장치는 애노

드(Anode)와 캐소드(Cathode) 사이에 유기 발광층을 포함하는 유기 화합물층을 포함한다. 유기 발광 표시장치는 애노드로부터 공급받는 정공과 캐소드로부터 공급받은 전자가 유기 발광층 내에서 결합하여 정공-전자쌍인 엑시톤(exciton)을 형성하고 엑시톤이 바닥상태로 돌아오면서 발생하는 에너지에 의해 발광하게 된다.

[0003] 일반적으로 유기 화합물층은 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 순차적으로 형성된다. 즉, 유기 발광 표시장치의 유기발광소자는, 기판 상에 형성된 애노드(Anode) 전극 상에 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL), 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL), 발광층(Emission Layer, EML), 전자 수송층(Electron Transporting Layer, ETL), 전자 주입층(Electron Injection Layer, EIL) 및 캐소드(Cathode) 전극이 순차적으로 형성되면서 제조된다.

[0004] 한편, OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정은 가열된 유기물 소스가 불활성 가스에 의해 기판으로 전달되며, 차가운 기판 위에서 소스가 응축되면서 증착되는 방식이다. OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정과 같은 하향식 증착 방법은 기판의 온도를 제어하여 박막의 질을 제어 할 수 있고, 소스의 이용효율이 매우 높다.

[0005] 하지만, OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 유기 화합물층을 형성하는 경우, 상대적으로 저진공 상태, 즉 10^{-2} PA 이상의 진공상태에서 하향식 증착 공정을 진행하게 되므로, 계면에서의 불순물 및 파티클 등에 의한 국부적인 단락으로 인하여 유기발광소자의 구동전압이 상승하는 경우가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 제안된 것으로, 열증착(Thermal Evaporation) 공정 및 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 혼합하여 유기발광소자의 유기 화합물층 증착함으로써, 유기발광소자의 구동전압을 낮출 수 있는 유기 발광 표시장치의 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 정공 관련층, 발광층 및 전자 관련층으로 형성된 유기발광소자를 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조방법에 있어서, 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서, 애노드(Anode) 전극 상에 상기 정공 관련층을 형성하는 단계; 및 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서, 상기 발광층 및 상기 전자 관련층을 형성하는 단계;를 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조방법이 제공된다.

[0008] 상기 전자 관련층 상에 캐소드(Cathode) 전극을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 열증착 공정은 10^{-4} PA 이하의 진공도에 진행되며, 상기 OVPD 공정은 10^{-2} PA 이상의 진공도에서 진행되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 정공 관련층은 정공 주입층 및 정공 수송층을 포함하고, 상기 전자 관련층은 전자 수송층 및 전자 주입층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 정공 관련층, 상기 발광층 및 상기 전자 관련층을 형성하는 단계는, 상기 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서, 상기 애노드(Anode) 전극 상에 상기 정공 주입층 및 상기 정공 수송층을 순차적으로 형성하는 단계; 및 상기 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서, 상기 정공 수송층 상에 상기 발광층, 상기 전자 수송층 및 상기 전자 주입층을 순차적으로 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층 및 전자 주입층이 순차적으로 형성된 유기발광소자를 포함하는 유기 발광 표시장치의 제조방법은, 상기 정공 주입층, 상기 정공 수송층 및 상기 전자 수송층 중 하나 또는 그 이상의 층을 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 형성하는 단계; 및 상기 열증착(Thermal Evaporation) 공정으로 형성되는 층을 제외한 층을 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성하는 단계;를 포함한다.

[0013] 상기 열증착 공정은 10^{-4} PA 이하의 진공도에 진행되며, 상기 OVPD 공정은 10^{-2} PA 이상의 진공도에서 진행되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 정공 주입층은 애노드(Anode) 전극 상에 형성되며, 상기 전자 주입층 상에 캐소드(Cathode) 전극이 형성되

는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명에 따른 유기 발광 표시장치의 제조방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0016] 유기발광소자의 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL), 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL), 발광층(Emission Layer, EML), 전자 수송층(Electron Transporting Layer, ETL) 및 전자 주입층(Electron Injection Layer, EIL) 중에서 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)을 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 고순도의 균일한 박막으로 형성하고, 나머지 층들은 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성함으로써, 유기발광소자의 구동전압을 낮추면서도 동시에 생산성까지 확보할 수 있다. 여기에서 유기발광소자의 구동전압은 애노드(Anode)에 인가되는 전압을 의미한다. 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 애노드(Anode) 전극 상에 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)을 형성할 경우, 애노드(Anode) 전극과 정공 주입층 간의 접착력이 강화된다.
- [0017] 또한, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL) 및 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL)을 모두 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 고순도의 균일한 박막으로 형성함으로써, 유기발광소자의 구동전압을 더욱 낮출 수 있다.
- [0018] 한편, 전자 수송층(Electron Transporting Layer, ETL)을 형성할 때 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 추가적으로 적용할 경우, 전자 수송층이 고순도로 균일하게 형성됨으로써, 유기발광소자의 동작특성이 더욱 균일해진다.
- [0019] 또한, 선별적인 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서, 고순도의 균일한 박막으로 형성된 유기발광소자는, 구동전압이 낮은 레벨로 안정화 될 뿐만 아니라, 불순물이 감소하므로 수명까지 증가한다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시장치의 개략적인 구성도이고, 도 2는 도 1의 유기 발광 표시장치의 유기발광소자에 대한 단면도이다.
- 도 3은 열증착(Thermal Evaporation) 공정 및 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정의 특징을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)의 열증착(Thermal Evaporation) 공정에 따른 구동전압 특성을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명하기로 한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시장치의 개략적인 구성도이고, 도 2는 도 1의 유기 발광 표시장치의 유기발광소자에 대한 단면도이다. 본 실시예에 따른 유기 발광 표시장치는 제안하고자 하는 기술적인 사상을 명확하게 설명하기 위한 간략한 구성만을 포함하고 있다.
- [0023] 도 1 및 도 2 를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시장치는 서로 합착된 제1 기판(110)과 제2 기판(140) 사이에 형성된 셀 구동부(120) 및 유기발광소자(130)를 포함한다.
- [0024] 참고적으로, 도면에 미도시 되었으나, 제1 기판(110) 상에 형성된 셀 구동부(120)는 스위칭 트랜지스터, 구동 트랜지스터 및 스토리지 캐패시터 등으로 구성된다. 스위칭 트랜지스터는 게이트 라인의 스캔 신호의 제어에 따라 데이터 라인의 데이터 신호를 구동 트랜지스터에 선택적으로 전달한다. 또한, 구동 트랜지스터는 전달된 데이터 신호의 제어에 따라 유기발광소자(130)에 흐르는 전류량을 제어한다. 스토리지 캐패시터는 스위치 트랜지스터가 턴오프(TURN OFF) 되더라도 구동 트랜지스터를 통해 일정한 전류가 흐를 수 있도록 한다.
- [0025] 유기발광소자(130)는 제1 전극(132)과 제2 전극(138) 사이에 형성된 정공 관련층(133,134), 발광층(Emission Layer, EML;135) 및 전자 관련층(136,137)으로 구성된다. 여기에서 정공 관련층(133,134)은 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL;133) 및 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL;134)으로 구성되며, 전자 관련층(136,137)은 전자 주입층(Electron Injection Layer, EIL;137) 및 전자 수송층(Electron Transporting Layer,

ETL;136)으로 구성된다.

- [0026] 발광층(135)은 제1 전극(132)과 제2 전극(138)에서 각각 주입된 정공과 전자가 결합하여 형성된 엑시톤이 기저 상태로 떨어지면서 빛이 발광되는 층이다. 제1 전극(132)은 정공 주입을 위한 전극으로 애노드(anode)이며, 상대적으로 일함수가 높은 도전층으로 형성된다. 제1 전극(132)은 셀 구동부의 구동 트랜지스터와 전기적으로 연결되며, 서브 화소 단위의 도전층으로 형성된다. 제2 전극(138)은 발광층(135)에 전자를 공급하는 캐소드(Cathode)이며, 상대적으로 낮은 일함수를 갖는 도전층으로 형성된다. 참고적으로 제1 전극(132) 및 제2 전극(138)은 발광형태(전면, 배면, 양면 발광)에 따라 여러 가지 전극물질(투명 전극, 금속 전극)을 사용하여 형성할 수 있다. 투명성을 갖는 전극 물질로는 ITO(Indium Tin Oxide) 또는 IZO(Indium Zinc Oxide) 등의 산화물 등이 있다.
- [0027] 정공 주입층(133) 및 정공 수송층(134)은 제1 전극(132)으로부터 공급된 정공을 발광층(135)에 전달하기 위한 것으로서, 양자효율을 높여 구동전압을 낮추는 역할을 한다. 정공 주입층(133)은 제1 전극(132) 상에 정공 주입 물질로 형성되고, 정공 수송층(134)은 정공 주입층(133) 상에 정공 수송 물질로 형성된다. 참고적으로, 애노드(Anode) 전극 상에 형성된 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)은 구동전압을 결정하는 주요요소이다.
- [0028] 전자 주입층(137) 및 전자 수송층(136)은 제2 전극(138)으로부터 공급된 전자를 발광층(135)에 전달하기 위한 것으로서, 에너지 장벽을 낮추어 전자 주입 및 수송을 원활하게 한다. 전자 수송층(136)은 발광층(135) 상에 전자 수송 물질로 형성되고, 전자 주입층(137)은 전자 수송층(136) 상에 전자 주입 물질로 형성된다.
- [0029] 발광층(135)은 결합된 전자와 정공에 의해 특정한 파장의 광을 발생시키는 층으로, 정공 수송층(134) 상에 형성된다. 발광층(135)은 첨가되는 형광 및 인광물질에 따라 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 및 백색광 중 어느 하나의 광을 발광한다. 발광층(135)은 호스트(Host) 또는 도펀트(Dopant)만으로 형성할 경우 효율 및 휘도가 매우 낮으므로, 발광층(135)은 주로 호스트(Host)에 도펀트(Dopant)를 도핑하여 형성하는 방식을 주로 사용한다.
- [0030] 한편, 본 실시예에 따른 유기 화합물층(133,134,135,136,137)은 열증착(Thermal Evaporation) 공정 및 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 혼합하여 형성한다.
- [0031] 우선, 제1 실시예의 경우, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)을 고진공의 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 형성하고, 나머지 층들은 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성할 수 있다.
- [0032] 다음으로, 제2 실시예의 경우, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL) 및 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL)을 고진공의 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 형성하고, 나머지 층들은 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성할 수 있다.
- [0033] 다음으로, 제3 실시예의 경우, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL), 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL) 및 전자 수송층(Electron Transporting Layer, ETL)을 고진공의 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 형성하고, 나머지 층들은 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성할 수 있다.
- [0034] 여기에서 열증착(Thermal Evaporation) 공정의 고진공은 10^{-4} PA 이하의 진공상태를 의미하며, 진공의 수치는 실시예에 따라 조절될 수 있다. 제1 실시예 경우, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)이 고순도의 균일한 박막으로 형성되므로, 애노드(Anode) 전극과 정공 주입층 사이의 일함수 장벽이 낮아져서 유기발광소자의 구동전압이 낮아진다. 또한, 제2 실시예에 경우, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL) 및 정공 수송층(Hole Transporting Layer, HTL)이 모두 고순도의 균일한 박막으로 형성되므로, 제1 실시예보다 유기발광소자의 구동전압이 더욱 낮아진다. 한편, 제3 실시예의 경우 제2 실시예와 비교하여 유기발광소자의 구동전압은 거의 동일하나, 전자 수송층(Electron Transporting Layer, ETL)이 고순도로 균일하게 형성됨으로써, 유기발광소자의 발광 특성이 더욱 균일해진다.
- [0035] 도 3은 열증착(Thermal Evaporation) 공정 및 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정의 특징을 나타낸 도면이다.
- [0036] 열증착(Thermal Evaporation) 공정은 석영 및 세라믹 등과 같은 재료로 만들어진 용기에 박막 유기물 재료를 넣은 후, 용기를 가열하면 유기물이 증기압에 의존하여, 기화 증발하면서 상부의 기관에 박막을 형성한다. 즉, 열증착(Thermal Evaporation) 공정은 상향식 증착 방법으로 10^{-4} PA 이하의 고진공 상태에서 진행된다. 참고적으로 열증착(Thermal Evaporation) 공정은 10^{-5} PA ~ 10^{-4} PA 의 진공상태에서 진행된다.

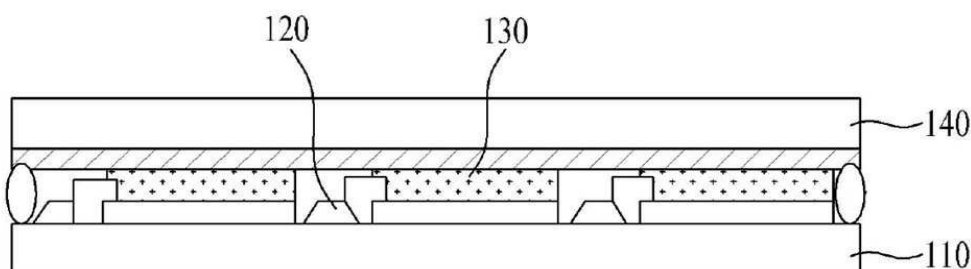
- [0037] 한편, OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정은 가열된 유기물 소스가 불활성 가스에 의해 기판으로 전달되며, 차가운 기판 위에서 소스가 응축되면서 증착되는 방식이다. OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정과 같은 하향식 증착 방법은 기판의 온도를 제어하여 박막의 질을 제어 할 수 있고, 소스의 이용효율이 매우 높지만, 10^{-2} PA 이상의 저진공 상태에서 진행된다. 참고적으로 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정은 10^{-2} PA 정도의 저진공 상태에서 진행된다.
- [0038] OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정은 마스크가 기판 위에 위치하므로 상대적으로 마스크의 휨 정도가 적으므로, 고정밀도의 마스크를 정렬하기가 수월하며, 소스물질의 사용효율이 상대적으로 높다. 또한, OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정은 두께를 제어하기 위해 오실레이터가 요구되지 않으므로, 장비의 유지보수가 용이하다. 이에 비해서, 열증착(Thermal Evaporation) 공정은 고진공 상태에서 소스물질이 기화되면서 증착되므로, 고순도 및 균일한 박막이 형성된다.
- [0039] 결과적으로, 제1 내지 제3 실시예에 따라 형성된 유기 화합물층(133,134,135,136,137)은 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 통해서 형성된 균일한 박막층들에 의해서 유기발광소자의 구동전압을 낮추고 소자 특성을 균일하게 할 수 있으며, 동시에 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 공정을 통해서 형성된 박막층들에 의해서 생산성까지 확보할 수 있다.
- [0040] 도 4는 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)의 열증착(Thermal Evaporation) 공정에 따른 구동전압 특성을 나타낸 도면이다. 도 4는 열증착(Thermal Evaporation) 공정의 진공도를 변화시키면서, 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL)을 형성하고, 유기발광소자의 구동전압을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 도 4를 참조하면, 열증착(Thermal Evaporation) 공정을 진행할 때, 고진공 일수록 유기발광소자의 구동전압, 즉 애노드(Anode)에 인가되어야 하는 전압이 낮아지는 것을 확인할 수 있다.
- [0041] 이상에서 설명한 본 발명은 상술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

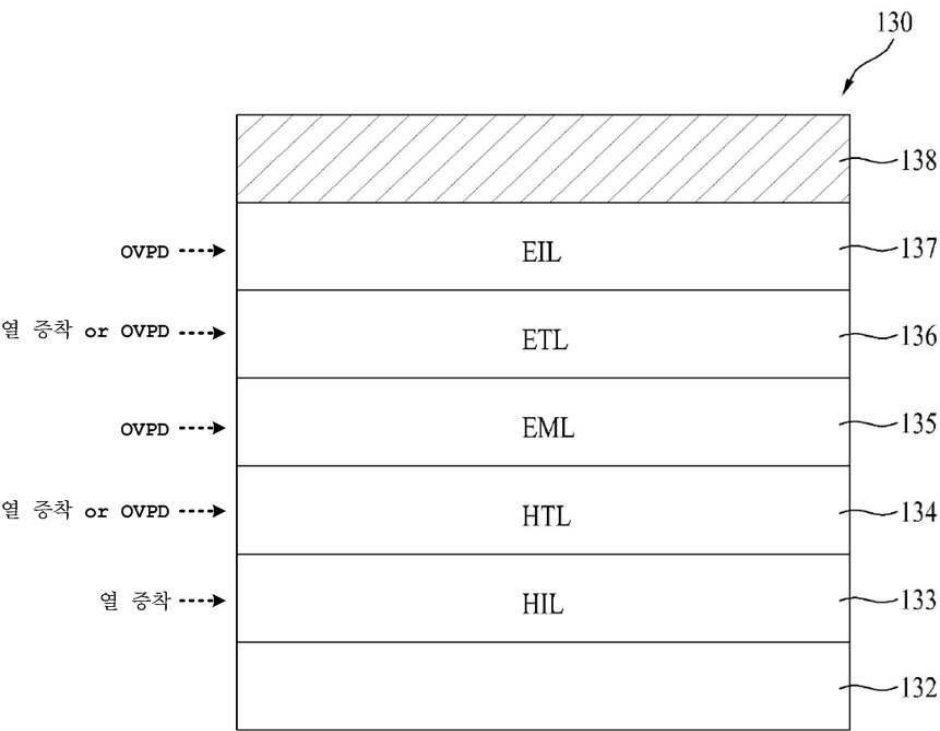
- [0042]
- | | |
|--------------|--------------|
| 110 : 제1 기판 | 120 : 셀 구동부 |
| 130 : 유기발광소자 | 140 : 제2 기판 |
| 132 : 제1 전극 | 138 : 제2 전극 |
| 133 : 정공 주입층 | 134 : 정공 수송층 |
| 135 : 발광층 | 136 : 전자 수송층 |
| 137 : 전자 주입층 | |

도면

도면1



도면2



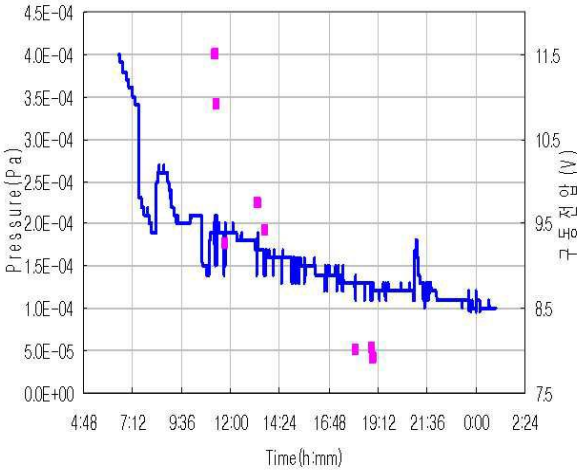
도면3

항목	열증착법	OVPD
두께 제어방법	Crystal Oscillator	Gas flow
Doping 제어방법	증착원 온도 제어	Gas flow, 온도제어
Particle 문제	無	有
마스크의 정렬 기술	매우 어려움	용이
물질의 사용 효율	5% 내외	50% 이상

도면4

HIL층의 진공도에 따른 IVL 특성변화

증착 순서	구동전압	CIEx	CIEy
#1	11.50	0.374	0.378
#2	10.91	0.362	0.361
#3	9.26	0.341	0.346
#4	9.74	0.354	0.353
#5	9.41	0.346	0.350
#6	8.00	0.336	0.335
#7	8.03	0.329	0.337
#8	7.91	0.333	0.336



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1항

【변경전】

정공 관련층을 형성하는 단계

【변경후】

정공 주입층을 형성하는 단계

专利名称(译)	制造有机发光显示装置的方法		
公开(公告)号	KR101920759B1	公开(公告)日	2019-02-14
申请号	KR1020110129450	申请日	2011-12-06
[标]申请(专利权)人(译)	乐金显示有限公司		
申请(专利权)人(译)	LG显示器有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	LG显示器有限公司		
[标]发明人	김동혁 이재만		
发明人	김동혁 이재만		
IPC分类号	H01L51/56		
CPC分类号	H01L51/0008 H01L51/5012 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L51/5088		
代理人(译)	Bakyoungbok		
审查员(译)	Yuchanghun		
其他公开文献	KR1020130063111A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

目的：提供一种用于制造有机发光显示装置的方法，以通过执行用于沉积有机化合物层的热沉积工艺和OVPD（有机气相沉积）工艺来降低有机发光器件的工作电压。组成：在阳极电极（132）上执行热沉积工艺以形成空穴关系层。空穴关系层包括空穴注入层（HIL）（133）和空穴传输层（134）。通过使用OVPD工艺形成发光层（135）和电子关系层。电子关系层包括电子传输层（136）和电子注入层（137）。在电子关系层上形成有阴极电极（138）。[参考数字]（AA，BB）热沉积或OVPD；（CC）热沉积