(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0095658
(43) 공개일자 2012년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/40 (2006.01) *H01L 51/30* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0015109
(22) 출원일자 2011년02월21일
심사청구일자 2011년02월21일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
최종호
서울특별시 성북구 성북로4길 52, 110동 1505호 (돈암동, 한신아파트)
장영
연대과학기술대학 생물화공학부
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충현

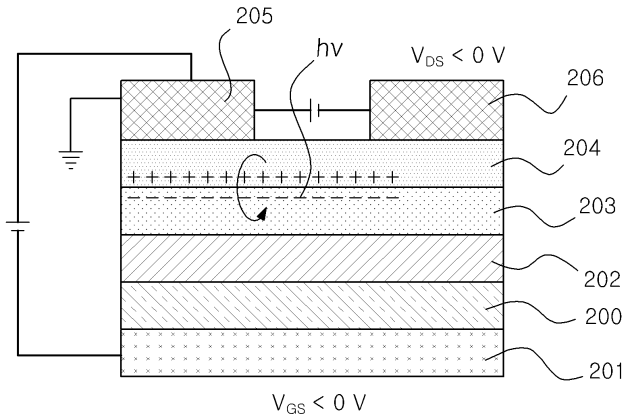
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **유기발광 트랜지스터의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 유기발광 트랜지스터의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 공기중에서도 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어나고 소자의 안정성이 현저하게 개선된 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공하는 것이다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

서훈석

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 아산이학관 324호 (안암동5가, 고려대학교)

안민준

경상남도 창원시 진해구 용원남로7번길 21, 덕일빌라 402호 (용원동)

오정도

서울특별시 마포구 신촌로 162, 캠프 21 오피스텔 809호 (대흥동, 캠프21오피스텔)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20100014418
부처명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원_핵심연구
연구과제명	기체상 유기 과도화학종의 반응과 활용에 관한 연구
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

1) 기판의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계;

2) 상기 게이트 전극이 형성된 기판의 상부에 유전층을 형성하는 단계;

3) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기판을 삽입하는 단계;

4) *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(*N,N'*-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기판의 상부에 전자 수송층을 증착하는 단계;

5) α,ω-디헥실세시티오펜(α,ω-dihexylsexithiophene) 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및

6) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기판은 n형 실리콘기판; 또는 폴리에테르술폰(PES,polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(PAR, polyacrylate), 폴리에테르 이미드(PEI, polyetherimide), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN, polyethyelenen napthalate), 폴리에틸렌 테레프탈레이드(PET,polyethyeleneterepthalate), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide: PPS), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리 아세테이트(TAC) 및 셀룰로오스아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propinonate: CAP)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 플라스틱 기판인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 도가니의 온도는 257 ~ 297℃이고, 제2 도가니의 온도는 207 ~ 247℃인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전자 수송층의 증착두께는 170 ~ 270Å이고, 홀 수송층의 증착두께는 200 ~ 300Å인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전자 수송층의 증착속도는 0.5 ~ 2.5 Å/s 이고, 홀 수송층의 증착두께는 0.1 ~ 1.5 Å/s인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유전층은 SiO_2와 PMMA로 구성되는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 유전층은 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기판은 전체 공정에서 0V를 유지하는 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 4) 단계에서 6 ~ 13.5 V의 전압을 인가하고 5) 단계에서 4 ~ 7 V의 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 6) 단계에서 생성된 소스전극과 드레인 전극의 채널너비는 170 ~ 190 ㎜, 채널길이는 100 ~ 200 ㎛인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

청구항 11

기판의 하부에 형성된 게이트 전극; 상기 기판의 상부에 형성된 유기막; 및 상기 유기막의 상부에 형성된 소스전극 및 드레인 전극을 포함하는 유기발광 트랜지스터에 있어서,

상기 유기막은 하부로부터 순차적으로 적층된 유전층, 전자 수송층 및 홀 수송층을 포함하며, 상기 전자 수송층은 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을 포함하며, 상기 홀 수송층은 α, ω-디헥실세시티오펜 화합물을 포함하는 유기발광 트랜지스터.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 유전층은 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유기발광 트랜지스터의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 공기중에서도 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어나고 소자의 안정성이 현저하게 개선된 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공하는 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 평판 표시 패널이라 함은 가시광선을 내는 특성을 이용한 전면이 평판으로 된 장치로서, 두 전극 사이에 강한 전압을 걸면 전극 사이에 기체 (Gas) 방전이 생기고, 이때 발생하는 자외선이 형광체에 부딪혀 빛을 내는 현상을 이용한 PDP (플라즈마 디스플레이 패널), 평면으로 형성된 캐소드 (Cathode)에서 방출된 전자가 형광체에 부딪혀 발광하는 FED (전계 발광 디스플레이), 필라멘트 (Filament)에 전압을 인가하여 열전자를 발생시키고, 그리드 (Grid)에서 전자가 가속되어 애노드 (Anode)에 도달하도록 하여, 이미 패턴 (Patterning)된 형광체에 부딪혀 발광함으로서 정보를 표시하는 VFD (진공 형광 디스플레이), 형광 또는 인광 유기물 박막에 전류를 흘려주면 전자와 정공이 유기물층에서 결합하면서 빛이 발생되는 발광형인 OLED (유기

발광 표시 패널) 등이 있고, 액체와 고체의 중간상태인 액정의 전기적 성질을 표시장치에 응용한 디스플레이로서 액정이 셔터(Shutter)의 역할을 하여 전압의 스위칭에 따라 빛을 투과 또는 차단하는 원리를 이용하여 정보를 표시하는 LCD(액정 디스플레이)가 있다.

[0003] 한편, 유기 EL 소자를 구동시키기 위한 구동 방식으로서는, 박막 트랜지스터(TFT : Thin Film Transistor)를 이용한 액티브 매트릭스 방식의 전계효과형 트랜지스터(FET : Field Effect Transistor)가 동작 속도나 소비 전력의 면에서 효과가 있는 것으로 고려되고 있다. 한편, 박막 트랜지스터를 구성하는 반도체 재료에 대해서는, 실리콘 반도체나 화합물 반도체 등의 무기 반도체 재료에 대해 연구되고 있는 것 외에, 최근에는 유기 반도체 재료를 이용한 유기 박막 트랜지스터(유기 TFT)의 연구도 활발히 행해지고 있다. 유기 반도체 재료는 차세대 반도체 재료로서 기대되고 있지만, 무기 반도체 재료에 비해 전하 이동도가 낮고 저항이 높다는 문제점이 있기 때문에 소자의 반응시간이 느리고 전력 소모가 많다.

[0004] 한편, 전계효과형 트랜지스터에 대해서는, 그 구조를 종형으로 한 종형 FET 구조의 정전유도형 트랜지스터(SIT : Static Induction Transistor)에서, 트랜지스터의 채널폭을 짧게 할 수 있는 것, 표면의 전극 전체를 유효하게 이용할 수 있기 때문에, 고속 응답이나 대전력화가 가능하게 되는 것, 계면 영향을 받기 어렵게 되는 것 등의 이점이 인정되고 있다. 그래서, 최근, 정전유도형 트랜지스터(SIT)의 상기 이점을 활용하여, 그와 같은 SIT 구조와 유기 EL 소자 구조를 복합시킨 유기 발광 트랜지스터가 개발되고 있다.

[0005] 구체적으로, 유기발광 트랜지스터(Organic Light-Emitting Field-effect Transistors, OLEFET)란 OLED와 OTFT의 기능을 동시에 갖춘 소자로서 2003년 테트라센(tetracene) 기반의 TFT에서 구동시 발광현상이 보고된 이래로, 스위칭과 발광의 다중기능을 갖춘 매력으로 인해 현재까지도 OLEFET에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. OLEFET는 일반적으로 OTFT의 횡적인 전도 채널 구조를 채용하고, OLED와 동일한 전자와 정공의 재결합에 의한 발광 메커니즘을 기반으로 함으로써, 유기 전자재료 및 소자의 기초적 연구와 기술적 어플리케이션 개발에서 모두 유용하다. OLEFET는 발광 현상이 횡적인 채널구조에서 발현되므로 직관적으로 유기 반도체에서 전하 캐리어 주입이나 전달 및 전계발광과 같은 물리적 프로세스를 연구하는데 있어 매우 우수한 평가 시스템을 제공할 수 있다. 또한 OLEFET는 발광현상을 제어할 수 있는 고집적화된 소자이므로 능동형 매트릭스 총천연색 전계발광 디스플레이 개발이나 가변형 유기 레이저 소자의 개발에도 접목될 수 있다. 그러나 현재 유기발광 트랜지스터의 EL 발광 양자효율은 0.01% 정도에 불과하며 공기중에서 전계이동도가 현저히 떨어지는 문제가 있었다.

[0006] 한편, 종래의 유기발광 트랜지스터는 기존의 플랫 패널에는 적합하게 응용이 가능하나 현재 활발하게 기술개발이 진행되고 있는 플렉시블 소자제작 시 제약이 많은 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 첫번째 해결하고자 하는 과제는 각각 특정한 화합물로 전자 수송층과 홀 수송층을 증착시켜 공기중에서도 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어난 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 두번째 해결하고자 하는 과제는 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어난 유기발광 트랜지스터를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 상기 첫번째 과제를 달성하기 위하여 1) 기판의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계; 2) 상기 게이트 전극이 형성된 기판의 상부에 유전층을 형성하는 단계; 3) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기판을 삽입하는 단계; 4) *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(*N,N'*-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기판의 상부에 전자 수송층을 증착하는 단계; 5) α,ω-디헥실세시티오펜(α,ω-dihexylsexithiophene) 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화

합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및 6) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 기판은 n형 실리콘기판; 또는 폴리에테르술폰(PES,polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(PAR, polyacrylate), 폴리에테르 이미드(PEI, polyetherimide), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN, polyethyelenen napthalate), 폴리에틸렌 테레프탈레이드(PET,polyethyeleneterepthalate), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide: PPS), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리 아세테이트(TAC) 및 셀룰로오스아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propinonate: CAP)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 플라스틱 기판일 수 있다.

[0011] 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따르면, 상기 기판을 가열하지 않을 수 있다.

[0012] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 도가니의 온도는 257 ~ 297℃이고, 제2 도가니의 온도는 207 ~ 247℃일 수 있다.

[0013] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 전자 수송층의 증착두께는 170 ~ 270Å이고, 홀 수송층의 증착두께는 200 ~ 300Å일 수 있다.

[0014] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 전자 수송층의 증착속도는 0.5 ~ 2.5 Å/s 이고, 홀 수송층의 증착두께는 0.1 ~ 1.5 Å/s일 수 있다.

[0015] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 유전층은 SiO_2와 PMMA로 구성되는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상일 수 있으며, 가장 바람직하게는 상기 유전층은 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA인 것을 특징으로 하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법.

[0016] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 기판은 전체 공정에서 0V를 유지할 수 있다.

[0017] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 노즐 및 제2 노즐의 직경은 0.5 ~ 1.5㎜일 수 있다.

[0018] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 3) 단계에서 6 ~ 13.5 V의 전압을 인가하고 4) 단계에서 4 ~ 7 V의 전압을 인가할 수 있다.

[0019] 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 5) 단계에서 생성된 소스전극과 드레인 전극의 채널너비는 170 ~ 190 ㎜, 채널길이는 100 ~ 200 ㎛일 수 있다.

[0020] 본 발명의 두번째 과제를 해결하기 위하여, 기판의 하부에 형성된 게이트 전극; 상기 기판의 상부에 형성된 유기막; 및 상기 유기막의 상부에 형성된 소스전극 및 드레인 전극을 포함하는 유기발광 트랜지스터에 있어서, 상기 유기막은 하부로부터 순차적으로 적층된 유전층, 전자 수송층 및 홀 수송층을 포함하며, 상기 전자 수송층은 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 화합물을 포함하며, 상기 홀 수송층은 α,ω-디헥실세시티오펜 화합물을 포함하는 유기발광 트랜지스터를 제공한다.

[0021] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 유전층은 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA일 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 유기발광 트랜지스터는 특정한 화합물로 전자 수송층과 홀 수송층을 증착시키며 특정 유전층을 사용하므로 공기중에서도 전계이동도, 작동안정성이 우수하고, 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어날 뿐 아니라 트랩이 작아져서 소자의 성능이 개선된다. 또한 소자의 안정성을 많이 향상시켜 향후 보다 쉽게 구동회로를 개발할 수 있는 모티브를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 증기화 장치를 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터의 단면

에 대한 개략도이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기 트랜지스터의 소스전극과 드레인전극의 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 SiO_2와 PMMA 표면 차이에 따른 DH6T 300Å에 해당하는 AFM, XRD, contact angle을 비교하여 나타낸 그림이다.

도 5a는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기전계효과 트랜지스터의 output 특성을 나타내는 그래프이다. 도 5b는 실시예 1과 실시예 2의 유전층을 비교하기 위해 저온장치를 사용하여 활성화에너지의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 6a 는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 PMMA를 사용한 P13/DH6T 유기발광 트랜지스터의 output 특성을 나타내는 그래프이다. 도 6b는 transfer 특성을 나타내는 그래프인데 빛이 나오는 구간을 함께 도시하였다. 도 6c는 빛이 나오는 반응 메카니즘을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.

[0025] 상술한 바와 같이, 종래의 유기발광 트랜지스터는 기존의 플랫 패널에는 적합하게 응용이 가능하나 현재 활발하게 기술개발이 진행되고 있는 플렉시블 소자제작 시 제약이 많은 문제가 있었다.

[0026] 이에 본 발명에서는 공기중에서도 전계이동도, 작동안정성이 우수하고, 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어날 뿐 아니라 트랩이 작아져서 소자의 성능이 개선된다. 또한 소자의 안정성을 많이 향상시켜 향후 보다 쉽게 구동회로를 개발할 수 있는 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공하여 상술한 문제점의 해결을 모색하였다. 구체적으로, 본 발명의 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터의 제조방법은, 1) 기판의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계; 2) 상기 게이트 전극이 형성된 기판의 상부에 유전층을 형성하는 단계; 3) 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 기판을 삽입하는 단계; 4) *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(*N,N'*-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기판의 상부에 전자 수송층을 증착하는 단계; 5) α,ω-디헥실세시티오펜(α,ω-dihexylsexithiophene) 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착하는 단계; 및 6) 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 제공한다.

[0027] 먼저, 본 발명에서 사용되는 진공증착장비를 도 1을 참조하여 설명하면, 진공챔버의 내상측에 기판홀더(130)가 피증착물인 기판(미도시)를 고정하고, 내하측에는 지지대(101)의 상부에 가열수단으로서 전열선이 구비된 2개의 도가니(102, 103)를 배치하며 상기 도가니(102, 103)의 상부에는 노즐을 구비한 덮개가 형성되어서 상기 도가니(102, 103)는 상부의 노즐을 제외하고는 밀폐된 형상을 가지게 되고, 그 내부에는 증착되는 유기물을 각각 위치시킨다. 또한, 증착이 완료된 증착 유기물 박막의 두께를 측정하기 위하여 설치된 두께 모니터(120)는 증착 유기물의 증착 속도를 Å/s로 나타내고 두께를 kÅ단위로 나타내며, 상기 박막의 두께를 모니터링하고 적절한 두께를 조절할 수 있도록 한다. 또한, 셔터(110)를 상기 기판과 도가니(102, 103)의 중간에 위치시켜서 외부에서 열고 닫을 수 있도록 구비되어 있으며 처음에는 닫힌 상태로서, 정제되지 않은 불순물이 증착되는 것을 방지하고 일정한 증착 속도에 도달했을 때 외부에서 회전시켜서 열 수 있도록 마련된다.

[0028] 다음, 상술한 본 발명의 유기발광 트랜지스터의 제조방법을 보다 상세히 설명하면, 1) 단계로서 기판의 하부에 게이트 전극을 형성하는 단계로서 당업계에서 통상 사용하는 방법인 이상 특별하게 한정되지 않는다. 이때 사용가능한 기판은 n형 실리콘기판, 또는 폴리에테르술폰(PES,polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(PAR, polyacrylate), 폴리에테르 이미드(PEI, polyetherimide), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN, polyethyelenen napthalate), 폴리에틸렌 테레프탈레이드(PET,polyethyeleneterepthalate), 폴리페닐렌 설파이드

(polyphenylene sulfide: PPS), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리 아세테이트(TAC) 및 셀룰로오스아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propinonate: CAP)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나의 플라스틱 기판일 수 있다.

[0029] 다음, 2) 단계로서 상기 게이트 전극이 형성된 기판의 상단에 유전층을 형성하여 유기 전계효과가 발생될 수 있도록 한다. 유전층을 형성하여 게이트에 전압을 인가하게 되면 유기층에 홀 또는 전자의 축적층을 형성하게 되어 유기 전계효과 트랜지스터의 기능을 향상시킨다. 바람직하게는, 상기 유전층은 SiO_2와 PMMA(폴리메틸메타크릴레이트)로 구성되는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 층일 수 있다. 구체적으로 유전층은 실리콘 기판의 상단(표면)에 열산화법을 통해 형성할 수 있으며, 바람직하게는 SiO_2의 유전층은 1000 ~ 3000Å을 가지며 PMMA는 유전층의 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA층을 형성할 수 있으며 가장 바람직하게는 유전층의 두께가 5000 ~ 6000Å인 PMMA층을 형성하는 것이 가장 우수한 물성을 달성할 수 있다. 만일 PMMA 유전층을 사용하는 경우 유전층의 두께가 5000 Å 미만이면 유전층 내부에 전계효과를 방해하는 핀홀이 생겨 트랜지스터의 성능이 제대로 작동하지 않는 문제가 발생할 수 있고, 6000 Å을 초과하면 더 높은 전압을 게이트에 인가해야하는 문제가 발생할 수 있다.

[0030] 다음, 3) 단계로서 제1 노즐을 구비한 제1 도가니 및 제2 노즐을 구비한 제2 도가니를 포함하는 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 상기 유전층이 형성된 기판을 삽입한다. 구체적으로 상기 도가니의 재질은 후술하는 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭디이미드(*N,N'*-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물 및 테트라센(tetracene) 화합물을 가열하는 경우 상기 화합물들이 흡착되거나 반응하지 않는 재질이면 특별하게 제한할 것은 아니나, 고온으로 가열이 가능하고 고온에서도 열변형이 적은 흑연(graphite)이 바람직하다. 아울러, 상기 도가니의 형태는 밀폐되어 그 상부에 노즐을 가진 덮개가 구비될 수 있는 한 특별하게 제한할 것은 아니나 바람직하게는 박막의 형성이 용이한 스핀코팅이 유리하다. 한편. 상기 노즐은 상기 화합물들이 승화되어 기판을 향해 배출되는 통로로서 그 직경은 바람직하게는 0.5 ~ 1.5일 수 있다. 만일 도가니에 구비된 노즐의 직경이 0.5mm 미만인 경우에는 후술하는 클러스터화된 증기 입자가 노즐을 통과하기 어려우므로 바람직하지 못하고, 1.5mm를 초과하는 경우에는 클러스터 분자가 너무 커져서 이동할 때의 고른 박층이 형성되기 어렵기 때문에 바람직하지 못하다. 따라서 직경이 0.5 내지 1.5mm인 노즐을 통과하면서 발생된 운동에너지는 고른 박막을 형성하기 위하여 이동(migration)에 필요한 에너지를 공급할 수 있는 것이다. 그러므로 상기 이동 에너지에 의하여 증착 단계에서 가온하지 않고 실온에서 증착시킬 수 있다는 장점이 있다.

[0031] 다음, 4) 단계로서 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드(*N,N'*-ditridecylperylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimide) 화합물을 상기 제1 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 상기 제1 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 기판 상에 전자 수송층을 증착시킨다.

[0032] 본 발명에서는 반드시 트랜지스터에 증착되는 전자 수송층의 주성분으로서 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭디이미드 화합물을 사용하여야 한다. 상기 화합물은 p형 물질인 펜타센, 테트라센, 티오펜 올리고머 등 통상의 홀 수송층의 형성에 사용되던 화합물과 비교하여 n형 트랜지스터의 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 HOMO와 LUMO의 에너지 차이가 다른 p형 물질과 잘 매치되어 발광이 나타날 수 있는 메카니즘에 적합한 물질이다. 나아가 일반적으로 n형 물질에 사용되어지는 Alq3, TCNQ 등을 사용하는 것에 비하여 현저히 향상된 전계이동도를 나타낸다.

[0033] 이를 위하여 바람직하게는 6 ~ 13.5V의 전압을 인가할 수 있다. 만일 6V 미만의 전압을 인가하는 경우에는 유기물이 승화되지 않아 증착이 원활하게 이루어지지 않는 문제가 발생할 수 있고, 13.5V를 초과하면 증착속도를 제어하지 못하는 문제가 발생할 수 있다.

[0034] 한편 진공상태에서 상기 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭디이미드 화합물을 가열하면 상변화에 의하여 기체로 승화하게 되고 승화된 화합물 입자들은 제1 도가니 내부를 유동하게 된다. 유동하

는 상기 입자들은 도가니의 상부에 형성된 노즐을 통과하게 되는데, 상기 노즐의 작은 구멍(hole)을 통과하기 때문에 상부로 향하는 운동을 하는 즉, 한 방향의 운동에너지를 가진 상태의 입자들만이 노즐을 통과할 수 있게 된다. 따라서, 상기 도가니의 내부에서 증기화된 입자들은 도가니 내부에서 유동하며 서로 부딪치며 약한 분자간 인력으로 클러스터(cluster)를 형성하게 되고, 상부로 향하는 방향성을 가진 상기 클러스터들만이 균일하고 일정한 운동에너지를 가지고, 빔(beam)의 형태로 노즐을 통과하여 진공챔버의 내상측을 향하여 진행하게 된다. 이렇게 상부로 향하는 방향성을 가지고 동시에 균일하고 일정한 운동에너지를 가진 클러스터는 진공챔버의 내상측에 배치된 기판의 하부에 충돌을 하게 되고, 충돌에 의하여 상기 클러스터의 약한 분자간 인력이 깨지게 되며 동시에 잔여의 운동에너지에 의하여 충돌된 주변의 빈 자리를 찾아 증착되어서 결국 형성되는 박막의 두께가 균일하게 되어, 결정성이 우수해진다.

[0035] 이에 반하여 종래의 물리기상증착(PVD)법 또는 OMBD법에 의하면, 증착하고자 하는 상기 유기분자들이 특정한 방향성을 가지고 진공챔버내에서 운동하는 것이 아니라 접시모양 또는 그릇모양의 보트(boat)가 가열됨에 따라서 진공상태인 주변환경으로 직접 증발되는 현상이 발생된다. 이는 본 발명에 의한 클러스터빔 증착에서의 클러스터와는 다른 것으로 약한 인력으로 유기분자들이 뭉쳐져서 클러스터를 형성할 수 없게 된다. 즉, 진공상태인 주변으로 다양한 각도의 방향성을 가지고 또한 넓은 분포 크기의 운동에너지를 가진 유기분자들이 승화되는 것이다. 따라서, 넓은 범위의 운동에너지를 가진 입자들이 여러 방향으로부터 많거나 또는 적게 증착되어 기판의 하부에는 그 표면이 거친 섬(island)의 형태를 가지게 된다. 따라서, 증착되는 유기분자들로 이루어진 표면은 거칠어지게 되어 결정도(crystalline)가 떨어져서 전계이동도(mobility)가 저감된다.

[0036] 한편, 상기 제1 도가니의 온도는 바람직하게는 257 ~ 297℃일 수 있다. 만일 제1 도가니 내부온도가 257℃ 미만인 경우에는 상기 화합물이 증기화되기 어려울 뿐만 아니라, 평평한 기판에서 열중합이 일어나기 위해 필요한 충분한 에너지를 공급할 수 없기 때문에는 유기박막이 형성되기 어렵고, 297℃를 초과하는 경우에는 불안정한 상태의 프리폴리머 라디칼이 형성되기 때문에 박막을 형성한 물질의 화학적 조성이 변성된 형태일 수 있고 표면의 거침도도 열악해지기 때문에 바람직하지 않다.

[0037] 이후 상기 유전체층의 상부에 상기 클러스터가 증착되어 전자 수송층이 형성된다. 구체적으로 상기 승화되어 도가니의 노즐을 통과한 클러스터는 진공챔버의 내상측으로 진행하며 기판의 하부에 충돌하게 된다. 충돌된 클러스터는 약한 분자간 결합력이 깨지며 원래 승화된 유기 입자로 되며 주변의 빈 자리로 이동하여 기판과 결합하게 된다. 또한, 클러스터를 증착하기 전에 기판의 표면에 계면활성제를 적층할 수 있다. 또한, 상기 화합물을 이용하는 경우에는 그 두께가 170 내지 270Å일 수 있다. 만일, 170Å 미만이면, 실제 제조공정에서 여러 공정을 거치면서 취급성으로 균열 등의 물리적 손상의 우려가 있고, 270Å을 초과하면, 전기적 특성을 저하시킬 수 있다. 또한, 상기 클러스터의 증착속도는 0.5 내지 2.5Å/S인 것이 바람직한데, 증착속도가 0.5Å미만인 때에는 박막의 증착속도가 너무 느리기 때문에 유기박막이 제대로 형성되기 어렵고 2.5Å을 초과하는 경우에는 제조된 유기박막의 거칠기가 열악해질 수 있다.

[0038] 한편, 클러스터 빔 증착시에 상기 기판을 가열하지 않는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 증기화된 클러스터는 20 내지 30℃의 실온에서 증착되어 유기막을 형성할 수 있다. 만일, 기판을 가열하면 가열시 필요한 생산원가가 증가할 뿐만 아니라 대형화에 따라서 기판 전체의 온도균일성을 공정조건으로 수립하기 까다로운 단점이 있다.

[0039] 다음, 5) 단계로서 α,ω-디헥실세시티오펜(α,ω-dihexylsexithiophene) 화합물을 상기 제2 도가니 내부에 넣고 전압 인가 방식에 의하여 가열함으로써 증기화하고, 상기 증기화된 화합물을 제 2 노즐을 통하여 상기 클러스터 빔 증착 챔버 내부에 공급함으로써 상기 전자 수송층의 상부에 홀 수송층을 증착한다. 이 때 사용되는 제2 도가니의 재질, 노즐의 두께 등의 조건은 모두 상기 4) 단계와 동일하므로 이하에서는 4) 단계와 상이한 부분을 중심으로 서술하기로 한다.

[0040] 구체적으로 본 발명의 홀 수송층을 형성하는 물질은 α,ω-디헥실세시티오펜(α,ω-dihexylsexithiophene) 화합물을 사용한다. 상기 화합물을 사용하는 경우 펜타센, 테트라센, MEH-PPV, BP3T, 루브렌 등에 비하여 상술한 본 발명의 전자 수송층에 사용된 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭디이미드 화합물과의 적합성이 우수하며 트랜지스터의 전계이동도가 현저히 향상된다. 본 발명의 페릴렌 화

합물의 장점은 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 HOMO와 LUMO의 에너지 차이가 다른 p형 물질과 잘 매치되어 발광이 나타날 수 있는 메카니즘에 적합한 물질이다. 나아가 일반적으로 n형 물질에 사용되어지는 Alq3, TCNQ 등을 사용하는 것에 비하여 현저히 향상된 전계이동도를 나타낸다.

[0041] 한편, 상기 제2 도가니의 온도는 바람직하게는 207 ~ 247℃일 수 있다. 만일 제2 도가니 내부온도가 207℃ 미만인 경우에는 상기 화합물이 증기화되기 어려울 뿐만 아니라, 평평한 기판에서 열중합이 일어나기 위해 필요한 충분한 에너지를 공급할 수 없기 때문에는 홀 수송층이 형성되기 어렵고, 247℃를 초과하는 경우에는 불안정한 상태의 프리폴리머 라디칼이 형성되기 때문에 박막을 형성한 물질의 화학적 조성이 변성된 형태일 수 있고 표면의 거침도도 열악해지기 때문에 바람직하지 않다.

[0042] 또한, 상기 화합물을 이용하는 경우에는 홀 수송층의 두께가 200 내지 300Å일 수 있다. 만일, 200Å 미만이면, 실제 제조공정에서 여러 공정을 거치면서 취급성으로 균열 등의 물리적 손상의 우려가 있고, 300Å을 초과하면, 전기적 특성을 저하시킬 수 있다. 또한, 상기 클러스터의 증착속도는 0.1 내지 1.5Å/S인 것이 바람직한데, 증착속도가 0.1Å미만인 때에는 박막의 증착속도가 너무 느리기 때문에 유기박막이 제대로 형성되기 어렵고 1.5Å을 초과하는 경우에는 제조된 홀 수송층의 거칠기가 열악해질 수 있다. 또한 상기 4) 단계에서는 화합물을 증기화시키기 위하여 4 ~ 7 V의 전압을 인가할 수 있다.

[0043] 한편, 상기 4) 단계와 5) 단계는 순차적으로 수행될 수 있다. 본 발명에서는 전자수송층 형성을 한 후에 홀 수송층을 형성하였다. 이는 전자수송층으로 사용한 페릴렌 물질은 공기중에 노출되면 쉽게 특성이 저하되기 때문에 소자의 안정성을 위해 의도적으로 아래층에 형성함으로써 공기와의 노출을 차단시킨 것이다.

[0044] 다음, 6) 단계로서 상기 홀 수송층의 상부에 소스전극 및 드레인 전극을 형성한다. 형성되는 소스전극과 드레인 전극은 통상의 방법을 통해 형성될 수 있으며, 바람직하게는 상기 5) 단계에서 생성된 소스전극과 드레인 전극의 채널너비는 170 ~ 190 ㎛, 채널길이는 100 ~ 200㎛일 수 있다.

[0045] 상술한 제조방법을 통해 제조된 유기전계효과 트랜지스터와 유기발광 트랜지스터를 설명하면, 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 유기발광 트랜지스터의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유기 발광트랜지스터는 평평한 기판(200)의 상부에 유전층(202)을 형성하며, 상기 유전층(202)의 상부에 형성된 *N,N′*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭디이미드 화합물로 이루어진 전자 수송층(203)을 포함한다. 상기 전자 수송층(203)의 상부에는 α,ω-디헥실세시티오펜(α,*ω*-dihexylsexithiophene) 화합물로 이루어진 홀 수송층(204)이 형성된다. 또한, 통상적으로 사용되는 전극으로서 게이트(201) 전극이 상기 기판(200)의 하부에 구비되고, 소스전극(205) 및 드레인 전극(206)이 상기 홀 수송층(203)의 상부에 적층된 구조이다.

[0046] 도 3은 본 발명에서 사용되는 바람직한 소스전극과 드레인 전극의 일실시예로서 소스전극(300)과 드레인 전극(310)은 모두 Au 재질이며 소스전극(300) 및 드레인 전극(310)의 길이는 12 ~ 15 ㎜이다. 한편 소스전극(300)과 드레인 전극(310)은 각각 전극에서 연장된 복수개의 전극연장부(320, 321)가 형성된다. 그러나 소스전극(300)에서 형성된 전극연장부(320)는 드레인 전극(310)과는 이격되어 있으며 마찬가지로 드레인 전극(310)에서 형성된 전극연장부(321)는 소스 전극과 대략 100 ~ 200㎛ 정도 이격될 수 있다. 상기 전극 연장부(320, 321)의 길이는 바람직하게는 3 ~ 4㎜이고 전극연장부(320, 321) 사이의 간격은 100 ~ 200㎛일 수 있다.

[0047] 한편 본 발명의 트랜지스터의 발광원리는 발광원리는 도 6c의 우측도면에 따라 게이트 전극에 0 ~ -60 V를 인가하고 드레인 전극에 -60 V를 인가하면 게이트에 -전하가 생성되고 이에 따른 α,ω-디헥실세시티오펜층에 홀이 적층된다. 이 적층되는 홀에 의해 *N,N′*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드에 있던 전자가 유도되어 홀과 전자가 재결합하여 빛을 발생하게 된다. α,ω-디헥실세시티오펜의 에너지차이는 2.3 eV이고 *N,N′*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드는 2.0 eV이므로 *N,N′*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드 계면에서 형성된 엑시톤은 α,ω-디헥실세시티오펜 층에 흡수되지 않고 전극 밖으로 나와 빛을 발생하게 된다.

[0048] 결국 본 발명의 제조방법을 통해 제조된 유기발광 트랜지스터는 특정한 화합물로 사용하여 전자 수송층 및 홀 수송층을 증착시키켜 유전층을 형성하므로 통상의 화합물을 사용한 경우에 비하여 공기중에서도 전계이동도가 우수할 뿐 아니라 정공과 전자의 이동도 균형이 뛰어나다. *N,N′*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트

라카르복실릭 디이미드 화합물은 공기중에 노출되면 쉽게 특성이 저하되는데 이를 차단하기 위해 *N,N'*-디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드를 아래층에 형성함으로써 소장의 안정성을 높여 향후 구동회로 개발에 용이할 것으로 예상된다.

[0049] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하나 본 발명이 이에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0050] <실시예 1>

[0051] 1-(1) 게이트 전극 형성

[0052] 먼저 세정된 n형 실리콘기판의 하부에 알루미늄(Al)을 이용하여 두께 1000 Å으로 게이트 전극을 형성하였다.

[0053] 1-(2) 유전층의 형성

[0054] 게이트 전극이 형성된 기판의 상부에 열산화방법을 이용하여 이산화규소(SiO_2)를 두께 2000 Å으로 증착하였다.

[0055] 1-(3) 전자 수송층 증착

[0056] 배플(baffle)이 달린 10인치 디퓨젼펌프(diffusion pump)를 이용하여 진공챔버내의 진공도를 평균 1×10^{-5} Torr로 유지하며, 상부에 직경 1㎜의 노즐이 형성된 덮개를 구비한 흑연(graphite)소재의 제1 도가니를 진공챔버의 내하측에 위치시키고 n형 실리콘기판의 이산화규소가 적층된 면을 아래로 하여 상기 진공챔버의 내상측에 배치하였다. 이때, 상기 n형 실리콘기판과 제1 도가니와의 이격된 거리는 190㎜이었다. 다음으로, 상기 제1 도가니의 내부에 *N,N'*- 디트리데실페릴렌-3,4,9,10-테트라카르복실릭 디이미드를 투입하고 가열온도 277℃, 증착속도는 1.5 Å/sec의 조건으로 300Å 두께의 전자 수송층을 증착하였다. 여기서 기판온도의 온도는 20℃를 유지하였다.

[0057] 1-(4) 홀 수송층 증착

[0058] 제2 도가니의 내부에 α,ω-디헥실세시티오펜을 투입하고 5V의 전압을 인가하여 가열온도 220℃, 증착속도는 1.0Å/sec의 조건으로 150Å 두께의 전자 수송층을 증착하였다.

[0059] 1-(5) 소스 및 드레인전극 형성

[0060] 다음으로, 금(Au)을 전극소재로 Au 재질이며 박막두께 500Å로 채널너비는 190 ㎜, 채널길이는 150 ㎛인 새도우 마스크를 이용하여 진공증착법으로 소스전극 및 드레인 전극을 동시에 형성하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0061] <실시예 2>

[0062] 상기 실시예 1에서 1-(2)단계에서 SiO_2 대신에 PMMA를 사용하여 두께가 5500

[0063] Å인 유전층을 형성한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0064] <실시예 3>

[0065] PMMA 유전층의 두께가 4500Å인 것을 제외하고는 실시예 2와 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0066] <실시예 4>

[0067] PMMA 유전층의 두께가 6500Å인 것을 제외하고는 실시예 2와 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0068] <비교예 1>

[0069] 유전층을 형성하지 않을 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0070] <비교예 2>

[0071] α,ω-디헥실세시티오펜을 대신하여 α,ω-디헥실쿼터티오펜을 사용한 것을 제외하고는 비교예 1과 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0072] <비교예 3>

[0073] α,ω-디헥실세시티오펜을 대신하여 α,ω-디헥실쿼터티오펜을 사용한 것을 제외하고는 실시예 2와 동일하게 실시하여 유기발광 트랜지스터를 제조하였다.

[0074] <실험예>

[0075] 실시예 1 ~ 4 및 비교예 1 ~ 3에서 제조된 유기발광트랜지스터에 대하여 하기와 같은 방법으로 물성을 평가하여 그 결과를 표 1에 나타내었다.

[0076] 구체적으로, 실시예 1에서 제조된 양극성 유기발광 트랜지스터를 공기중에서 전기적 특성을 측정하여 도 4 및 도 5에 나타내었다. 도 4는 전형적인 양극성 유기발광 트랜지스터의 드레인 스윕(drain sweep) 곡선을 나타내는 것으로서 게이트의 전압에 따라서 정공과 전자가 어떻게 이동하는지를 나타내는 그래프이다. 예를들어 V_{DS}에 음의 전압을 인가하였을 경우 게이트의 전압이 0 V일 때는 전자가 우선적으로 주입이 되는 것을 볼 수 있고 게이트의 음의 전압이 커질 수록 정공의 역할이 나타나는 것을 볼 수 있다.

[0077] 도 4의 상단은 실시예 1에 대응하고, 하단은 실시예 2에 대응한다. 이를 통해 실시예 2가 실시예 1에 비하여 우수한 물성을 갖는 것을 알 수 있다.

[0078] 도 5a는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 DH6T 유기전계효과 트랜지스터의 output 특성을 나타내는 그래프이다. Output 특성은 유기전계효과 트랜지스터 제작 후에 가장 기본적으로 확인해야할 전압에 따른 전류의 크기를 나타내는 그래프로써 그림과 같은 형태의 커브가 나오지 않으면 제대로 된 트랜지스터라고 할 수 없다.

[0079] 도 5b는 실시예 1(SiO_2)와 실시예 2(PMMA)를 비교하기 위해 저온장치를 사용하여 활성화에너지의 변화를 보여주는 그래프이다. 활성화에너지의 크기를 비교해 보면 PMMA층일때가 SiO2 일 때 보다 값이 작아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 홀이나 전자들이 유기층 내부를 이동할 때 소모되는 에너지가 작을수록 더 효과적으로 이동하여 더 좋은 양질의 박막이 만들어졌다는 확인할 수 있다.

[0080] 도 6a는 실시예 2의 유기발광 트랜지스터의 output 특성을 나타내는 그래프이다. 두 층을 형성하였을 때의 output 특성은 +, - 전압에서 양극성 형태의 전압에 따른 전류의 크기를 나타내는 그래프로써 그림과 같은 형태의 커브가 나오지 않으면 제대로 된 양극성 트랜지스터라고 할 수 없다. 일반적인 형태의 트랜지스터 커브와는 다르게 게이트와 소스에 인가되는 전압이 낮았을 때 위로 솟아오르는 현상이 발생하게 되는데 이는 반대되는 전하에 의해서 생겨나는 현상이다. 본 그림은 균형이 잘 맞춰진 양극성 트랜지스터의 그래프 모양을 잘 나타내고 있다.

[0081] 도 6b는 실시예 2의 유기발광트랜지스터의 transfer 특성을 나타내는 그래프인데 빛이 나오는 구간을 함께

도시하였다. 이를 통해서 알 수 있는 사실은 게이트와 소스에 전압을 인가할 때 구간을 형성하고 드레인과 소스에 인가되는 전압을 고정함으로써 그에 따른 빛의 세기가 어떻게 달라지는 지를 그림을 통해서 알 수 있다. -전압에서 드레인과 소스에 걸리는 전압의 세기가 커질수록 빛의 크기도 커지는 것을 알수 있다. Transfer 그래프를 보면 +, - 전압 양쪽에서 균형이 맞게 그래프가 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0082] 전계이동도(μ_{FET}, cm^2/Vs), 전류점멸비($I_{ON/OFF}$), 문턱전압(V_T, V)의 값은 하기 <수학식 1>에 의해서 유도할 수 있다. 그래프에서 보면 정공과 전자의 흐르는 속도가 균형이 잘 맞춰져 있는 것을 알 수 있다. 또한 빛이 나오는 영역은 음의 전압이 커짐에 따라서 빛의 세기도 커져가는 것을 알 수 있다.

[0083] 수학식 1

[0084]
$$\mu = \frac{2L(I_{DS})}{WC_i(V_{GS}-V_r)^2}$$

[0085] 단, 상기 수학식 1에서 L은 드레인과 소스 사이 채널의 너비(㎛)이고이고 I_{DS}는 소스와 드레인 전극 사이에 흐르는 전류이며, W는 소스와 드레인 전극 사이 채널의 길이이고 C_i는 유전층의 전기용량이고(이산화규소의 전기용량은 두께가 2000Å일 때 17.25이고 PMMA의 전기용량은 두께가 5500Å일 때 3.71이다.) 단위는 nF/cm^2 이다. V_{GS}는 소스와 게이트 전극 사이의 전압(볼트)이이고 V_r은 문턱전압이다

표 1

[0086]

	$m_{eff}^{e,avg} \pm \sigma$ (cm^2/Vs)	$m_{eff}^{h,avg} \pm \sigma$ (cm^2/Vs)	N_{trap} ($10^{12}/cm^2$)	E_a (meV)
실시예 1	0.012 ± 0.009	0.013 ± 0.011	0.13 (*p*) 0.09 (*n*)	40.0 (*p*) 33.7 (*n*)
실시예 2	0.014 ± 0.002	0.010 ±0.002	0.05 (*p*) 0.04 (*n*)	35.1 (*p*) 27.9 (*n*)
실시예 3	0.005	0.003		
실시예 4	0.008	0.006		
비교예 1	-	-		
비교예 2	0.007	0.004		
비교예 3	0.009	0.005		

[0087] 단, 표 1에서 $m_{eff}^{e,avg} \pm \sigma$는 전자의 이동도 평균과 표준편차를 의미하고를 의미하고 $m_{eff}^{h,avg} \pm \sigma$은 ~정공의 이동도 평균과 표준편차를 의미하며 N_{trap} 은 트랩의 밀도를 의미하고 *Ea* 는 활성화에너지를 의미한다.

[0088] 표 1에서 알 수 있듯이 실시예 1과 2의 이동도는 비슷하게 나왔다. 그러나 트랩의 밀도와 활성화에너지는 실시예 2에서 작은 값들이 나오는 것을 알 수 있다. 이는 소자 내부 유기층이 형성될 때 PMMA 층으로 인해 내부에 트랩을 줄여주었고 활성화에너지를 낮춤으로서 소자의 성능을 향상시켰다. PMMA 층의 두께를 4500Å과 6500Å으로 했을 경우에는 기존의 두께에 비해 좋지 않은 성능을 나타내었다. 그러므로 PMMA의 두께는 5000Å~6000Å이 적당하다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 α,ω-디헥실세시티오펜을 대신하여 다른 물질을 사용하면 홀과 전자의 균형이 잘 맞지 않아 소자의 성능이 저하되는 것을 알 수 있다.

산업상 이용가능성

[0089] 본 발명은 유기발광 트랜지스터의 전계이동도를 증대시킬 수 있어 디스플레이 산업에 대단히 유용한 발명이다.

부호의 설명

[0090] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

200 : 기판 201 : 게이트 전극

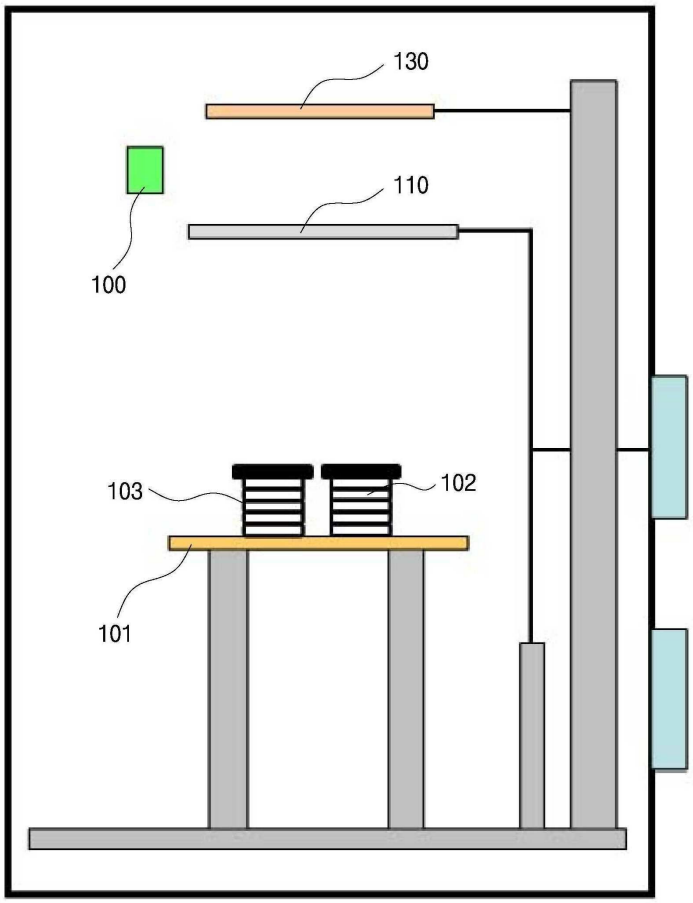
202 : 유전층 203 : 전자 수송층

204 : 홀 수송층 205 : 소스전극

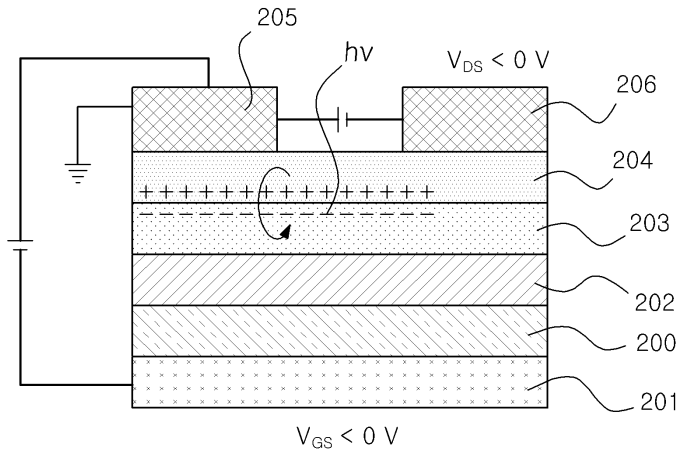
206 : 드레인 전극

도면

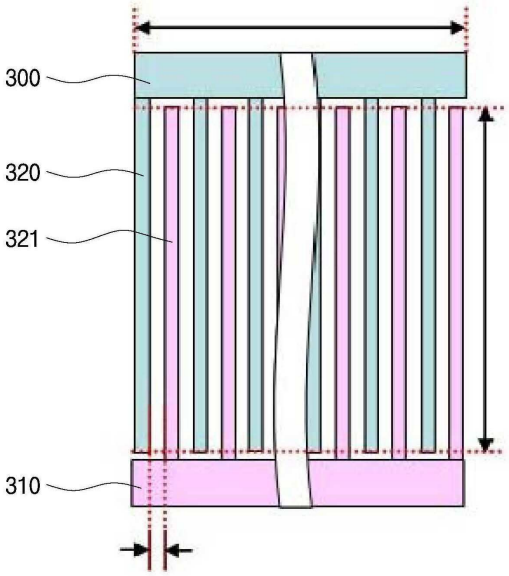
도면1



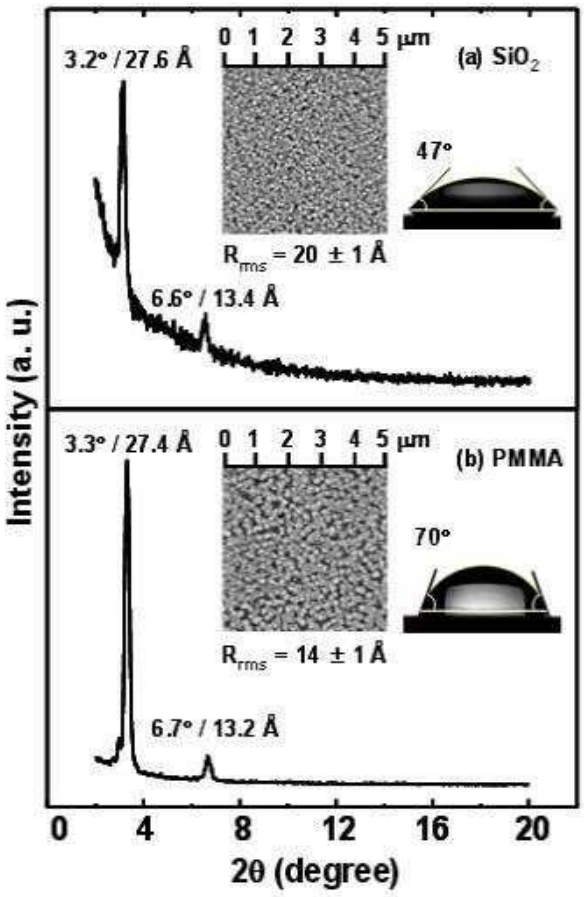
도면2



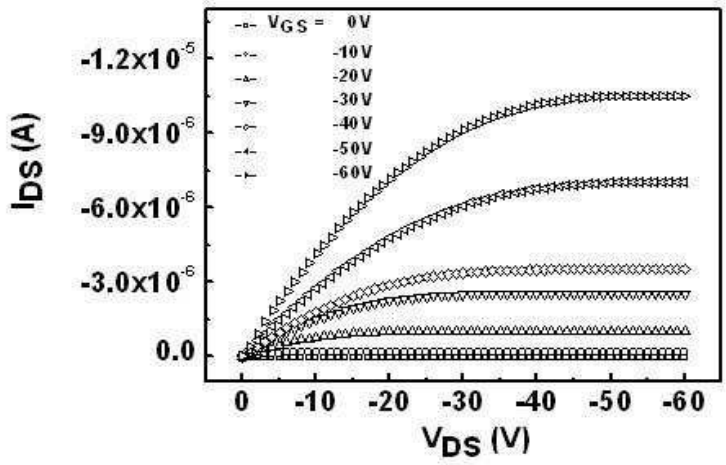
도면3


300
320
321
310

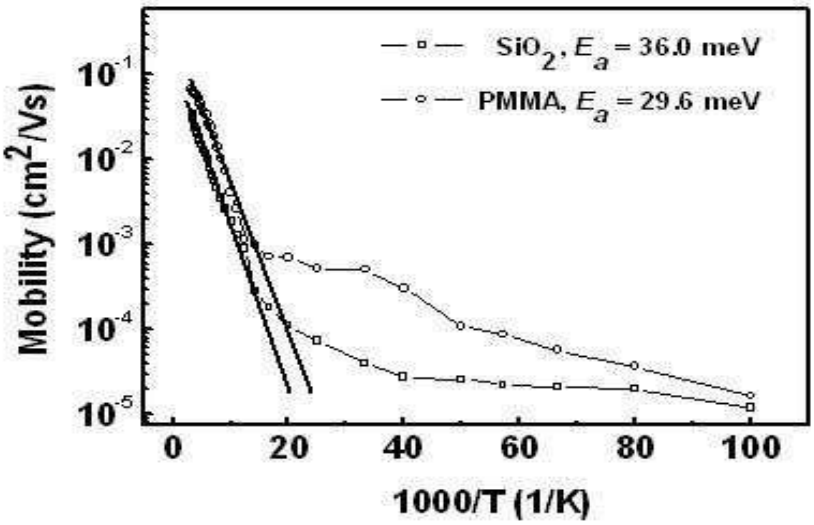
도면4


3.2° / 27.6 Å
0 1 2 3 4 5 μm
(a) SiO2
47°
Rrms = 20 ± 1 Å
6.6° / 13.4 Å
3.3° / 27.4 Å
0 1 2 3 4 5 μm
(b) PMMA
70°
Rrms = 14 ± 1 Å
6.7° / 13.2 Å
Intensity (a. u.)
0
4
8
12
16
20
2θ (degree)

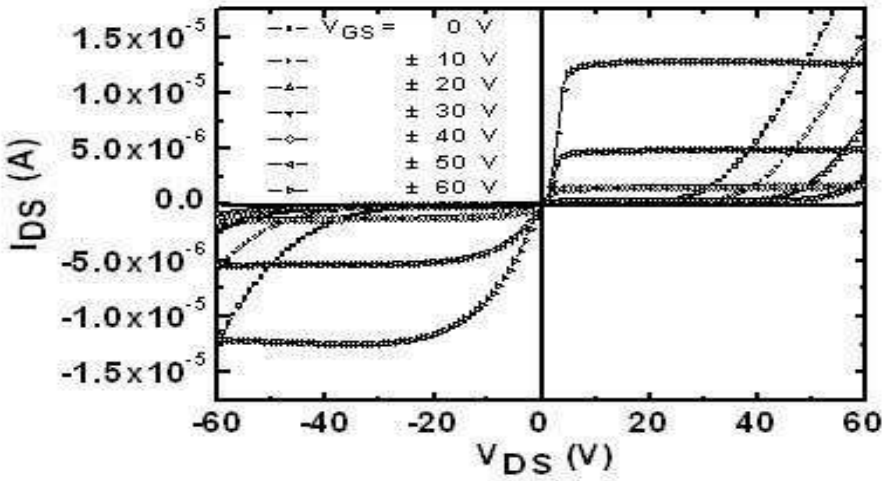
도면5a


VGS = 0V
-10V
-20V
-30V
-40V
-50V
-60V
-1.2x10-5
-9.0x10-6
-6.0x10-6
-3.0x10-6
0.0
IDS (A)
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
VDS (V)

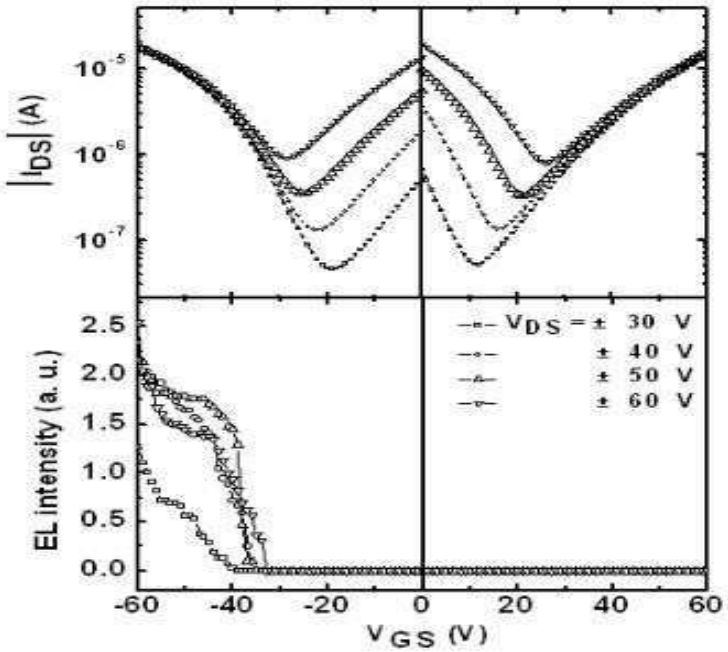
도면5b


SiO2, Ea = 36.0 meV
PMMA, Ea = 29.6 meV
10-1
10-2
10-3
10-4
10-5
Mobility (cm2/Vs)
0
20
40
60
80
100
1000/T (1/K)

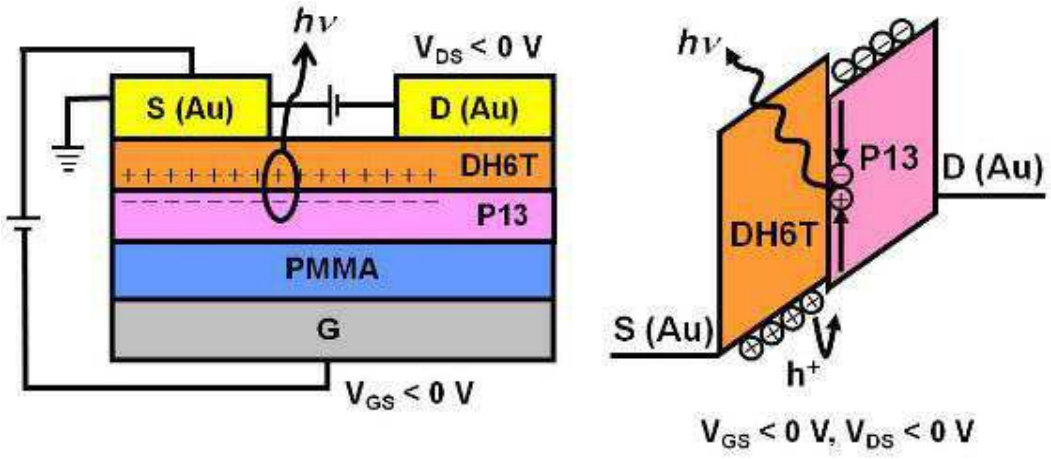
도면6a


V_{GS} = 0 V
± 10 V
± 20 V
± 30 V
± 40 V
± 50 V
± 60 V
I_{DS} (A)
V_{DS} (V)

도면6b


$|I_{DS}|$ (A)
V_{DS} = ± 30 V
± 40 V
± 50 V
± 60 V
EL intensity (a. u.)
V_{GS} (V)

도면6c


hν
V_DS < 0 V
S (Au)
D (Au)
DH6T
P13
PMMA
G
V_GS < 0 V
hν
P13
D (Au)
DH6T
S (Au)
h+
V_GS < 0 V, V_DS < 0 V