



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월09일
(11) 등록번호 10-2175243
(24) 등록일자 2020년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/00 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/0031 (2013.01)
H01L 51/0059 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0010510
(22) 출원일자 2019년01월28일
심사청구일자 2019년01월28일
(65) 공개번호 10-2020-0093728
(43) 공개일자 2020년08월06일
(56) 선행기술조사문헌
JP5237541 B2*
JP5734575 B2*
KR1020150113736 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이재현
이승훈
(74) 대리인
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 13 항

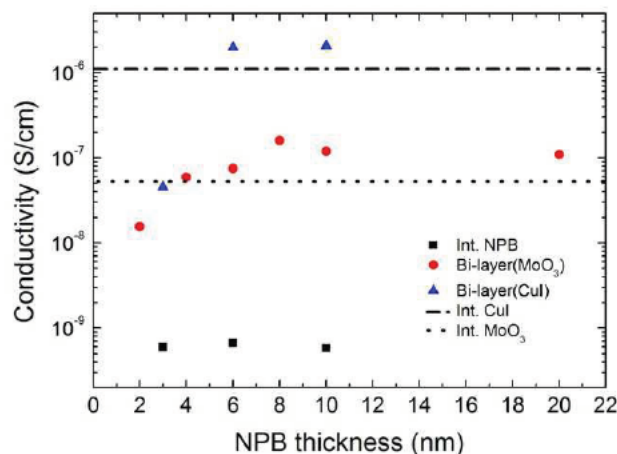
심사관 : 김효욱

(54) 발명의 명칭 전하이동 막물의 형성효율을 전기전도도로부터 결정하는 방법

(57) 요약

본 발명은 유기 전자소자에 사용되는 유기반도체에서 전하이동 막물의 형성효율을 전기전도도로부터 산출하여 효율적인 전하이동 막물을 결정하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유기전자소자에 사용되는 유기반도체에서 전하이동막물의 형성 효율을 광학적으로 결정하는 방법은, 제1 물질층에 제2 물질층이 적층된 이중층으로부터 최대 전하이동 막물의 형성효율을 전기전도도로부터 산출하는 것일 수 있다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

H01L 51/0072 (2013.01)

H01L 51/5024 (2013.01)

H01L 2251/30 (2013.01)

H01L 2251/558 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345271807
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)
연구과제명	유기물 반도체의 전기적 도핑 메커니즘 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2017.11.01 ~ 2018.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1물질층에 제2물질층이 적층되어 형성된 이중층으로부터 최대 전하이동 착물의 형성효율을 전기적 특성으로 산출하여 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법으로,

상기 이중층은 호스트 물질을 포함하는 제1물질층 및 도펀트를 포함하는 제2물질층으로 이루어진 것이거나, 또는 도펀트를 포함하는 제1물질층 및 호스트 물질을 포함하는 제2물질층으로 이루어진 것일 수 있으며,

상기 전하이동 착물의 형성효율의 전기적 특성은 상기 제1물질층의 전기전도도와 상기 제1물질층에 제2물질층이 적층되어 형성된 이중층의 전기전도도로부터 산출되며,

상기 제1물질층의 전기전도도 대비 상기 이중층의 전기전도도가 더 많이 증가된 제2물질을 최적의 호스트 또는 도펀트로 결정하는 것을 특징으로 하는, 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최대 전하이동 착물의 형성효율은 상기 제1물질층 및 제2물질층의 두께를 변화시켜 전기전도도를 산출하는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1물질층의 전기전도도는

복수의 채널을 포함하고, 상기 복수의 채널은 각각 적어도 2이상의 전극을 구비하는 단계(s10);

상기 2이상의 전극 사이에 제1물질층을 형성하는 단계(s20);

상기 복수의 채널에 전압을 인가하여 전류 및 전압을 측정하는 단계(s30);

상기 복수의 채널로부터 측정된 전류 및 전압으로부터 제1물질층의 전기전도도를 획득하는 단계(s40);를 포함하는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 이중층이 형성된 전기전도도는

상기 제1물질층에 제2물질층을 적층하여 이중층을 형성하는 단계(s50);

상기 이중층이 형성된 복수의 채널에 전압을 인가하여 전류 및 전압을 측정하는 단계(s60);

상기 이중층이 형성된 복수의 채널로부터 측정된 전류 및 전압으로부터 이중층이 형성된 전기전도도를 획득하는 단계(s70);를 포함하는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제1물질층 및 이중층을 형성시킨 전기전도도는 TLM(Transmission line method)에 의해 획득하는 것을 특징

으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제1물질층과 제2물질층의 두께는 1 ~ 50 nm의 범위에서 변화시키는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 2이상의 전극 사이의 길이는 1 ~ 1000 μm 인 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1물질층은 무기화합물 또는 유기 반도체 화합물인 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제2물질층은 무기화합물 또는 유기 반도체 화합물인 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서

상기 유기 반도체 화합물은 TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민), NPB(N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenylbenzidine, N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐벤지딘), TCTA(4,4',4''-Tris(carbazol-9-yl)-triphenylamine, 4,4',4''-트리스(N-카바졸일)트리페닐아민), Bphen(Bathophenanthroline), BCP(bathocuproine), rubrene, 헥사데카플루오로프탈로시아닌 (Hexadecafluorophthalocyanine, F16CuPc), 11,11,12,12-테트라시아노나프토-2,6-퀴노디메탄 (11,11,12,12-tetracyanonaphtho-2,6-quinodimethane, TNAP), 3,6-디플루오로-2,5,7,7,8,8-헥사시아노-퀴노디메탄 (3,6-difluoro-2,5,7,7,8,8-hexacyano-quinodimethane, F2-HCNQ), 테트라시아노퀴노디메탄 (Tetracyanoquinodimethane, TCNQ) 및 몰리브덴 트리(1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티올렌 (molybdenum tris[1,2-bis(trifluoromethyl)ethane-1,2-dithiolene, Mo(tfd)3] 중 1종 이상이 선택되는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 12

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 무기 도펀트 화합물은 ReO₃, MoO₃, CuI, V₂O₅, WO₃, Fe₃O₄, MnO₂, SnO₂, CoO₂, TiO₂ 중 1종 이상이 선택되는 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1물질층과 제2물질층은 유기전자소자의 정공수송층 또는 전자수송층의 호스트 물질인 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 제1물질층과 제2물질층은 유기전자소자의 정공수송층 또는 전자수송층 호스트 물질의 도펀트인 것을 특징으로 하는 호스트 물질과 도펀트의 최적 조합을 결정하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 전자소자에 사용되는 전자수송층 또는 정공수송층의 호스트 물질에 도핑되는 최적의 도펀트를 전기전도도 특성으로부터 결정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 발광소자(light Emitting Diode; LED)는 형광성 유기 화합물을 전기적으로 여기시켜 발광시키는 자발광형 디스플레이로 낮은 전압에서 구동이 가능하고, 박형화가 용이하며, 광시야각, 빠른 응답속도 등 액정 표시장치에 있어서, 문제점으로 지적된 결점을 해소할 수 있는 차세대 디스플레이로 주목받고 있다.

[0003] 예를 들면 유기 발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode; OLED), 유기 태양전지(Organic Solar Cell), 또는 유기 광검출기(Organic Photodetector)와 같이 광활성층을 포함하는 유기전자 소자의 효율 및 유효 수명은 특히 전극들로부터 광활성층으로 또는 상기 광활성층으로부터 전극들로의 전하 캐리어 주입이 얼마나 양호한가에 달려 있다.

[0004] 이러한 유기전자소자(100)는 통상적으로 도 1에 도시된 바와 같이, 기판(110), 제1 전극(120), 상기 제1 전극(120) 상에 전자 및 정공을 수송하는 반도체층(130), 상기 반도체층(130) 상의 광활성층인 발광층(140) 상의 제2 전극(150)을 포함하여 구성된다

[0005] 상기 반도체층은 전자 또는 정공을 발광층에 수송하여 발광층에서 재결합하여 여기자(Exciton)를 형성하고, 여기자가 바닥상태로 전이하면서 발광을 하게 되는데, 일반적으로 발광의 효율을 높이기 위해서는 반도체층의 전자 또는 정공 수송능력이 높이기 위해 도펀트가 첨가되고 있다. 이 경우 전자 또는 정공수송층을 구성하는 호스트 물질에 첨가되는 도펀트의 종류에 따라 발광층의 효율이 크게 변화 될 수 있다는 점에서 호스트 물질과 도펀트의 최적의 조합 도출하는 제조공정이 반드시 필요하다.

[0006] 국내등록특허 제10-1393176호(유기전자소자 및 그 제조방법) 및 국내공개특허 제10-2011-0110172호(도핑된 정공수송층을 통한 OLED 안정성 향상)에 소자의 효율을 향상시키고자 유기반도체층에 무기화합물을 도입하고, 최적화된 무기 화합물의 함량을 제어함으로써 효율을 향상시키는 유기전자소자가 제시되어 있다. 그러나, 최적화된 무기 화합물을 도출하기 위해 유기반도체층에 무기 화합물에 따라 각각의 소자를 제조하고 효율을 측정하여 무기 화합물을 결정하고 있는데, 이 경우 무기 화합물 별로 소자를 모두 제작해야 하는 번거로움이 있고, 나아가 소요시간 및 비용이 발생하는 문제점도 안고 있다.

[0007] 즉, 상기 제시된 종래 기술을 포함하여 정성적으로 발광층(140)으로 전하 주입 역할을 양호하게 수행할 수 있는 전하 캐리어층의 구성으로서 무기 화합물을 사용하는 방법을 제안하여 유기 전자소자(100)의 광방출 효율을 극대화할 수 있음을 제안하고 있으면서도 발광층(140)으로 공급되는 전하들의 양을 제어하기 위해서 어떠한 방법으로 무기 화합물을 결정하고, 이러한 무기 화합물에 대한 결정이 어떠한 방식으로 진행되었을 때 상승한 발광 효율을 높이면서도 저전력으로 구동될 수 있는 유기 전자소자(100)의 전기전도도의 향상이 가능한 지에 대해서는 명확하게 제시하고 있지 못하고 있는 상황이라고 할 수 있다

[0008] 이와 같이 전자 및 정공의 수송능력을 향상시키기 위한 방법으로 호스트 물질에 도펀트로서 유기반도체 및/또는 무기화합물 등을 혼합하여 사용하고 있는데, 호스트 물질의 종류에 따라 최적의 도펀트를 선택하여 결정하는 것은 유기전자소자를 직접 제작하지 않고서는 결정할 수 없는 상황이다. 이에 유기전자소자를 제작하지 않고서도 호스트 물질과 도펀트를 보다 쉽게 결정하는 방법이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-1393176호(유기전자소자 및 그 제조방법)

(특허문헌 0002) 국내공개특허 제10-2011-0110172호(도핑된 정공수송층을 통한 O L E D 안정성 향상)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 제안된 것으로서 무기 화합물 및/또는 유기반도체 화합물과의 계면에서 일어나는 전하이동(charge transfer) 현상에 의해 변화되는 전기전도도 특성을 측정하여 전하이동 착물(charge transfer complex) 형성효율을 분석하여 최적의 도펀트를 결정하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0011] 보다 구체적으로는 호스트 물질층과 도펀트층을 적층함으로써 전하이동 착물이 형성된 이중층을 형성시켜 이중층에 의한 발생하는 전기전도도의 차이를 이용하여 최적의 전하이동 착물을 결정하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 유기전자 소자에서의 전자 또는 정공수송층의 호스트 물질에 도펀트를 첨가하면 전하이동 착물이 형성된다는 점을 감안하여 최적의 전하이동 착물을 전기적 특성으로부터 결정하는 방법으로, 제1물질층에 제2물질층이 적층된 전하이동 착물이 형성된 이중층으로부터 최대 전하이동 착물의 형성효율을 상기 제1물질층에 제2물질층이 적층된 이중층으로부터 최대 전하이동 착물의 형성효율을 상기 제1물질층의 전기전도도와 상기 제1물질층에 제2물질층이 적층되어 이중층을 형성시킨 전기전도도로부터 최대 효율을 산출하는 것을 특징으로 하는 효율적인 전하이동 착물을 결정하는 것을 특징으로 하고 있다.
- [0013] 상기 제1물질층 및 제2물질층은 전자수송층과 정공수송층의 호스트 물질 또는 도펀트 일 수 있다.
- [0014] 상기 최대 전하이동 착물의 형성효율은 상기 제1물질층 및 제2물질층의 두께를 변화시켜 산출할 수 있고, 상기 제1물질층과 제2물질층의 두께는 1 ~ 50 nm의 범위에서 변화시키는 것일 수 있다.
- [0015] 상기 제1물질층의 전기전도도와 상기 제1물질층에 제2물질층이 적층되어 이중층이 형성된 전기전도도로부터 최대 효율을 산출하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 이중층을 형성시킨 전기전도도는 복수의 채널을 포함하고, 상기 복수의 채널은 각각 적어도 2이상의 전극을 구비하는 단계(s10);
- [0017] 상기 2이상의 전극 사이에 제1물질층을 형성하는 단계(s20);
- [0018] 상기 복수의 채널에 전류를 인가하여 전류 및 전압을 측정하는 단계(s30);
- [0019] 상기 복수의 채널로부터 측정된 전류 및 전압으로부터 제1물질층의 전기전도도를 획득하는 단계(s40);
- [0020] 상기 제1물질층에 제2물질층을 적층하여 이중층을 형성하는 단계(s50);
- [0021] 상기 이중층이 형성된 복수의 채널에 전압을 인가하여 전류 및 전압을 측정하는 단계(s60); 및
- [0022] 상기 이중층이 형성된 복수의 채널로부터 측정된 전류 및 전압으로부터 이중층이 형성된 전기전도도 획득하는 단계(s70)를 포함하여 효율적인 전하이동 착물을 결정할 수 있다.
- [0023] 상기 제1물질층 및 이중층이 형성된 전기전도도는 TLM(Transmission line method)에 의해 획득될 수 있다.
- [0024] 상기 2이상의 전극 사이의 길이는 1 ~ 1000 μm 의 범위에서 변화시킬 수 있다.
- [0025] 상기 제1물질층과 제2물질층은 유기반도체 화합물 또는 무기화합물인 것일 수 있다.
- [0026] 상기 유기 반도체 화합물은 TPD(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민), NPB(N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenylbenzidine, N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐벤지), TCTA(4,4',4"-tris(N-carbazolyl)triphenylamine, 4,4',4"-트리스(N-카바졸일)트리페닐아민), Bphen(Bathophenanthroline), BCP(bathocuproine), rubrene, 헥사데카플루오로프로탈로시아닌 (Hexadecafluorophthalocyanine, F16CuPc), 11,11,12,12-테트라시아노나프토-2,6-퀴노디메탄 (11,11,12,12-tetracyanonaphtho-2,6-quinodimethane, TNAP), 3,6-디플루오로-2,5,7,7,8,8-헥사시아노-퀴노디메탄 (3,6-difluoro-2,5,7,7,8,8-hexacyano-quinodimethane, F2-HCNQ), 테트라시아노퀴노디메탄 (Tetracyanoquinodimethane, TCNQ) 및 몰리브덴 트리(1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티오펀

(molybdenum tris[1,2-bis(trifluoromethyl)ethane-1,2-dithiolene, Mo(tfd)₃] 중 1종 이상이 선택되는 것일 수 있다. 상기 무기화합물은 ReO₃, MoO₃, CuI, V₂O₅, WO₃, Fe₃O₄, MnO₂, SnO₂, CoO₂, TiO₂ 1종 이상이 선택되는 것일 수 있다

발명의 효과

[0027] 본 발명의 따른 전하이동 착물의 형성효율을 전기적으로 결정하는 방법은 종래 방법들과 달리, 제1물질층과 제2물질층 계면에서 형성된 이중층의 전하이동 착물의 형성비율을 전기적으로 결정하는 방법이다. 즉 제1물질층과 제2물질층의 두께 변화만을 통해 형성된 이중층의 전기전도도 특성을 이용하여 유기전자 소자의 호스트 물질과 도펀트와의 전하이동 착물의 형성 효율을 보다 쉽게 결정하는 새로운 방법을 제공할 수 있다.

[0028] 이를 통해 유기전자 소자에서의 유기반도체 및/또는 무기화합물 등이 사용되는 전자수송층 또는 정공수송층의 호스트 물질에 최적의 도펀트를 쉽게 선택하여 적용할 수 있다. 이는 유기전자소자를 직접 제작하지 않고서도 호스트 물질의 종류에 따라 최적의 도펀트를 보다 간단하게 선택하여 결정할 수 있다는 점에서 기술적/경제적 효과를 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 유기전자 소자의 측면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 접합의 계면의 이중층에서 전하이동 착물이 형성되는 현상을 모식적으로 보여주는 도면이다.

도 3은 본 발명의 저항측정소자(200)의 구성을 보여주는 단면도이다.

도 4는 본 발명의 유기전자소자에 적용되는 채널별로 전기전도도를 계산하기 위한 전기전도도 측정소자(300)의 구성을 보여주는 평면도이다.

도 5는 본 발명의 채널별 전압 /전류특성을 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 채널별 저항을 측정된 저항을 보여주는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 채널별로 측정된 저항값을 전기전도도로 환산한 결과를 보여주는 그래프이다

도 8은 본 발명의 제1물질층으로 도펀트(MoO₃ 및 CuI)에 따른 전기전도도의 결과를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하 본 발명에 관하여 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예 및 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다.

[0031] 본 발명의 유기반도체의 전하이동 착물을 전기적으로 결정하는 방법은 제1물질층(무기화합물층, 160)과 제2물질층(유기반도체 화합물층, 170) 계면에 형성된 이중층(180)에 의해 자발적으로 발생하는 이동 전하가 축적되는 현상을 이용하는 것일 수 있다.

[0032] 동종 반도체 간에 이루어지는 접합을 동종 접합(호모 접합)이라고 하고, 이종 반도체 간에 이루어지는 접합을 이종접합(헤테로 접합)이라고 한다.

[0033] 기존에 무기화합물을 유기화합물에 혼합하여 도핑된 상태로 전하이동 착물 형성 효율을 분석했던 방식에서는 무기화합물(제1물질)이 유기반도체 화합물(제2물질)인 호스트 물질안에서 분산 효율이 낮아 나노입자 크기로 덩어리져 남아 있는 경우가 높기 때문에 유기 반도체 화합물에서 분자 대 분자간의 전하이동 착물(charge transfer complex, CTC)의 형성 비율에 대한 분석을 정밀하게 수행할 수 없는 한계가 있다.

[0034] 따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 유기반도체에서 전하이동 착물의 형성 효율을 결정하는 방법에서는, 이종반도체간의 접합 현상인 헤테로 접합을 갖는 무기화합물층(제1물질층, 160)과 유기반도체 화합물층(제2물질층, 170)을 형성하는 방법을 이용하였다. 상기 제1물질층과 상기 제2물질층은 특별하게 제한되지 않고 필요에 따라 유기반도체 화합물층 또는 무기화합물층으로 선택하여 적용할 수 있다.

[0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 접합의 계면의 이중층에서 전하이동 착물이 형성되는 현상을 모식적으로 보여주는 도면이다.

- [0036] 도 2를 참조하여, 단일층으로 무기화합물층(제1물질층, 160)에 유기반도체 화합물층(제2물질층, 170)을 적층하는 경우, 도펀트 해당하는 무기화합물과 호스트 물질에 해당하는 유기반도체 화합물 간의 계면에 전하이동 착물이 형성되는 이중층이 형성되게 된다. 이중층에 전압을 인가하게 되면 유기반도체 화합층이 적층되어 형성된 계면에 전하가 축적됨으로써, 이중층을 형성시키지 않은 경우에 비하여 전기전도도 특성이 변화되는데, 이러한 현상을 이용하여 최적의 전하이동 착물의 형성효율을 결정할 수 있다.
- [0037] 일례로서, 도 2에 도시된 바와 같이 제1물질층(160)과 이와 접촉하는 계면에서 생성되는 이중층(전하이동 착물층, 180)에서는, 제1물질층(160)은 무기화합물로서 MoO₃를 될 수 있고, 제2물질층(170)은 유기반도체 화합물층으로서 NPB(1,4bis[N-(1-naphthyl)-N'-phenylamino]-4,4'-diamine), 1, 4비스[N-(1-나프틸)-N'-페닐아미노]-4,4'-디아민)가 될 수 있다. 이와 같이 전하이동 착물(180)의 형성에 따라 유기반도체 화합물층인 NPB는 (+)전하를 띠게 되고, 무기화합물층인 몰리브덴 삼산화물(MoO₃)에서는 (-) 전하를 띠게 된다.
- [0038] 이와 같이 이중층을 형성하는 방법을 사용하여 무기화합물층(제1물질층, 160)을 구성하는 물질과 유기반도체 화합물층(제2물질층, 170)을 구성하는 물질의 종류에 따라 전기전도도 특성의 차이가 발생하게 된다. 이러한 특성은 제1물질층 또는 제2물질층의 두께에 따라 차이가 나는 특징을 가지고 있기 때문에, 먼저 제1물질층의 전기전도도를 측정하고, 상기 제1물질층과 제2물질층의 적층되어 발생하는 이중층이 형성됨에 따라 제1물질층의 전기전도도는 변화될 수 있는데, 제2물질층의 두께를 조절하여 전하이동 착물에 의한 전기전도도의 포화지점을 찾을 수 있다. 이로부터 이중층이 형성된 이후 최대 전기전도도를 도출하여 최적의 전하이동 착물의 형성효율을 결정할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 일시예로서 상기 무기화합물층(제1물질층)과 유기반도체 화합물층(제2물질층)이 적층되어 전하이동 착물을 포함하는 이중층을 형성할 수 있다. 상기 이중층의 무기화합물층(제1물질층)은 유기반도체 화합물층(제2물질층)의 도펀트로서 작용될 수 있다. 또한 유기반도체 화합물층(제1물질층)은 상기 무기화합물층(제2물질층)에 의해서 p형 도핑될 수 있다.
- [0040] 이와 같이, 호스트 물질로서 제2물질에 도펀트로 제1물질이 첨가되어 양전하 또는 음전하가 생성될 수 있고, 전공 또는 전자 캐리어 수송이 증진될 수 있다.
- [0041] 상기 호스트 물질 또는 도펀트는 유기반도체 화합물 또는 무기화합물일 수 있고, 상기 유기반도체 화합물층은 전자 또는 전공수송물질로서 구체적으로, N'-디페닐-N, N'-(3-메틸페닐)-1,1'-비페닐-4,4'-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine)(TPD), (N,N'-비스(나프탈렌-1-일)-N,N'-비스(페닐)벤지딘)(N,N'-Bis(naphtalen-1-yl)-N,N'-Bis(phenyl)benzidine)(NPB), (4,4',4''-Tris(carbazol-9-yl)-triphenylamine, 4,4',4''-트리스 (N- 카바졸일) 트리페닐아민)(TCTA), Bphen(Bathophenanthroline)과, BCP(bathocuproine), rubrene 헥사데카플루오로프탈로시아닌 (Hexadecafluorophthalocyanine, F16CuPc), 11,11,12,12-테트라시아노나프토-2,6-퀴노디메탄 (11,11,12,12-tetracyanonaphtho-2,6-quinodimethane, TNAP), 3,6-디플루오로-2,5,7,7,8,8-헥사시아노-퀴노디메탄 (3,6-difluoro-2,5,7,7,8,8-hexacyano-quinodimethane, F2-HCNQ), 테트라시아노퀴노디메탄(Tetracyanoquinodimethane, TCNQ) 및 몰리브덴 트리(1,2-비스(트리플루오로메틸)에탄-1,2-디티오렌(molybdenum tris[1,2-bis(trifluoromethyl)ethane-1,2-dithiolene, Mo(tfd)3] 중에서 1 종 이상이 선택된 것일 수 있다. 상기 무기화합물은 ReO₃, MoO₃, CuI, V₂O₅, WO₃, Fe₃O₄, MnO₂, SnO₂, CoO₂, TiO₂ 1종 이상이 선택되는 것일 수 있다.
- [0042] 본 발명을 통해 호스트 물질 또는 도펀트로부터 전하이동 착물이 형성된 이중층을 형성시킴으로써 최대 전하이동 착물의 형성효율을 도출하여 최적의 전하이동 착물을 결정할 수 있다. 이로부터 전자수송층 또는 정공수송층의 호스트 물질에 최적의 도펀트를 쉽게 결정하여 유기 전자소자에 적용할 수 있다.
- [0043] 특히 이러한 경우 무기도펀트의 도핑함량에 따라 전기전도도가 달라져서 유기전자소자의 휘도, 효율 및 유효 수명이 차이가 난다는 것은 자명한 사실임을 알 수 있다.
- [0044] 소자 제작
- [0045] 유기물반도체 화합물인 호스트와 무기/유기 화합물 도펀트 간의 혼합 종류에 따른 유기전자소자의 저항측정소자(200)를 도 3에 도시된 단면도와 같이 제작하고, 또한 정확한 전기전도도를 측정하기 위해 도 4와 같이 전극 사이의 길이를 달리하는 복수 채널을 형성하는 채널별 저항을 측정하여 전기전도도를 측정할 수 있는 전기전도도 측정소자(300)를 제작하였다.
- [0046] 구체적으로 저항측정소자(200)의 구성에 대하여 도 3를 참조하여 살펴보면, 전원공급은 도선(210)을 통해서 전

원을 공급할 수 있고, 기판(105)위에 전류를 공급하는 전극으로서 투명전극인 ITO 전극(115)을 사용할 수 있다. 상기 ITO 전극(115)을 통해서 전류를 공급할 수 있고, 상기 전류는 무기화합물층(240)과 직접 연결되어 있고 상기 무기화합물층(240, 제1물질층)상에는 유기반도체 화합물층(250, 제2물질층)이 형성될 수 있다. 도 3의 저항 측정소자를 이용하여 이중층의 전기전도도의 최적 효율은 유기반도체 화합물층(250)의 두께를 변화시켜 전기전도도의 증감을 측정하여 도출하였다.

- [0047] 즉, 무기화합물층(240)상에 유기반도체 화합물층(250)이 적층하여 형성된 이중층에 의한 전기전도도의 변화를 분석하여 유기반도체 화합물에 최적의 무기화합물을 결정하였다.
- [0048] 이에 이중층의 정확한 전기전도도를 도출하기 위해서는 이중층의 정확한 비저항이 필요하므로, 도 3의 저항 측정소자를 도 4와 같이 전극 사이의 길이를 달리하는 복수 채널을 형성하는 채널별 저항 측정소자(300)로 확대 제작하여 각각의 채널별로 저항을 측정하여 무기 도펀트 화합물층(240) 상에 유기 반도체 화합물층(250)이 적층된 이중층이 갖는 정확한 비저항값을 도출하여 정확한 전기전도도를 도출하였다.
- [0049] 이때 채널(320)의 폭은 0.001 ~ 0.1m이고, 채널(320)의 길이는 1 ~ 1000 μ m의 범위에서 제작할 수 있고, 보다 바람직하게는 0.005 ~ 0.05m이고, 채널(320)의 길이는 50 ~ 200 μ m의 범위에서 제작할 수 있다.
- [0050] 전기전도도 측정을 통한 전하이동 착물 형성효율 결정
- [0051] 복수의 채널(320)은 2개 이상의 전극(330)을 포함될 수 있고, 이와 같은 전극(330) 사이에는 채널별(채널 1 내지 5)로, MoO₃(제1물질층)을 증착하였다. 이와 같이 다수개의 채널(220)을 통한 전기전도도의 측정을 통해 좀더 정확한 무기화합물층(240)의 전기전도도와 결정할 수 있었다.
- [0052] 이때 무기 도펀트 화합물 층(240)의 두께는 1 ~ 50nm 이었다.
- [0053] 무기화합물층(제1물질층) NPB(1,4bis[N-(1-naphthyl)-N'-phenylamino]-4,4'-diamine), 1, 4비스[N-(1-나프틸)-N'-페닐아미노]-4,4'-디아민)층(제2물질층) 증착하고, 두께를 변화시켜 가면서 전기전도도가 포화되는 지점을 찾았다.
- [0054] 도 5를 참조하면, 채널은 채널 1(50 μ m), 채널 2(75 μ m), 채널3(100 μ m), 채널 4(150 μ m) 및 채널 5(200 μ m)로 분류되었고 채널의 길이가 증가할수록 저항이 증가하였다. 따라서 여러 개의 길이에 대한 채널별 길이를 측정하여 이로부터 y축의 절편값인 접촉 저항 만큼을 보정하여 이중층만의 비저항을 구하고 이로부터 전기전도도를 측정하였다.
- [0055] 도 6은 채널별 저항을 측정한 결과로서 저항값 길이의 증가에 따라 직선적으로 증가하는 것을 확인할 수 있고, 도 7을 참조하면 이로부터 환산된 전기전도도(conductivity) 데이터는 일정하게 수렴하였다.
- [0056] 이와 같은 과정을 거쳐서 사용되는 제1물질층(MoO₃)의 전기전도도와 제1물질층에 제2물질층(NPB)을 적층시켜 이중층을 형성시킨 전기전도도를 산출하였다
- [0057] 도 8은 본 발명의 제1물질층으로서 무기화합물인 MoO₃ 또는 CuI를 사용하였고, 제2물질층으로 유기반도체 화합물인 NPB를 사용하여 이중층 형성에 따른 전기전도도의 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0058] 제1물질층인 MoO₃에 제2물질층으로 NPB를 적층하여 이중층을 형성시킨 경우 NPB의 두께가 8nm 부터 전기전도도의 포화 상태가 되었고, 전기전도도는 이중층이 형성되지 않았을 때보다 약 3배 정도 증가함(log scale)을 확인할 수 있다.
- [0059] 제1물질층으로 CuI를 사용하였고 NPB를 적층하여 이중층을 형성시킨 경우 NPB의 두께가 6nm 부터 전기전도도가 포화되어, 전기전도도가 약 2배 증가하였다는 점을 확인할 수 있다.
- [0060] 위의 결과로부터 CuI 보다는 MoO₃가 유기전자소자의 호스트 물질로서 유기반도체 화합물인 NPB에는 최적의 도펀트로 사용이 가능하다는 점을 결정할 수 있다.
- [0061] 이와 같은 과정을 통해서, 제1물질층과 제2물질층의 계면에 형성되는 전하이동 착물을 포함하는 이중층에 의한 전기전도도 특성을 분석함으로써 OLED, 유기 태양전지 또는 유기광검출기와 같은 유기전자소자에서 호스트 물질(도 8은 예시적으로 호스트물질로서 NPB에 도펀트로서 MoO₃와 CuI를 사용하는 경우에 불과함)에 대한 전자 이동 착물을 형성할 수 있는 제2물질로서 최적의 도펀트를 쉽게 결정할 수 있다.
- [0062] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본

발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

부호의 설명

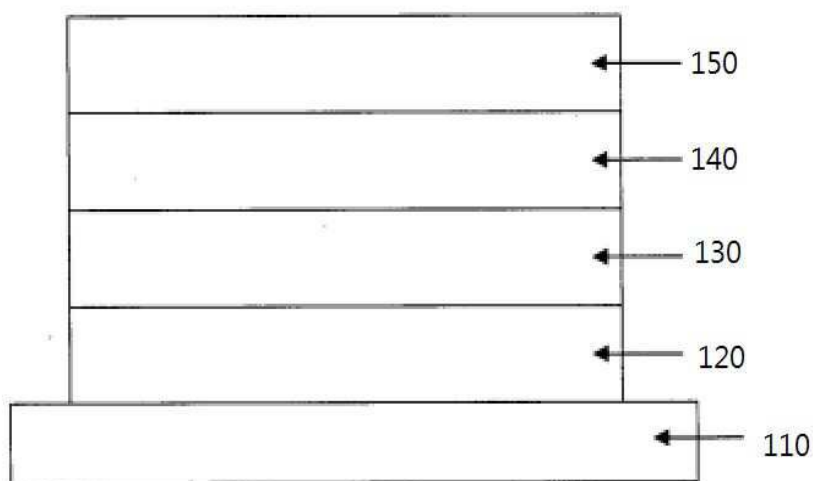
[0063]

100: 유기 전자소자	110: 기판
120: 제1 전극	130: 유기 반도체층
140: 발광층	150: 제2 전극
160: 제1물질층(무기화합물층)	170: 제2물질층(유기반도체 화합물층)
180: 이중층(전하이동 착물층)	
200: 채널별 저항측정소자	210: 도선
240: 무기 도펀트 화합물 층	250: 유기반도체 화합물층
300: 전기전도도 측정소자	310: 채널 전극
320: 채널	330: 전극

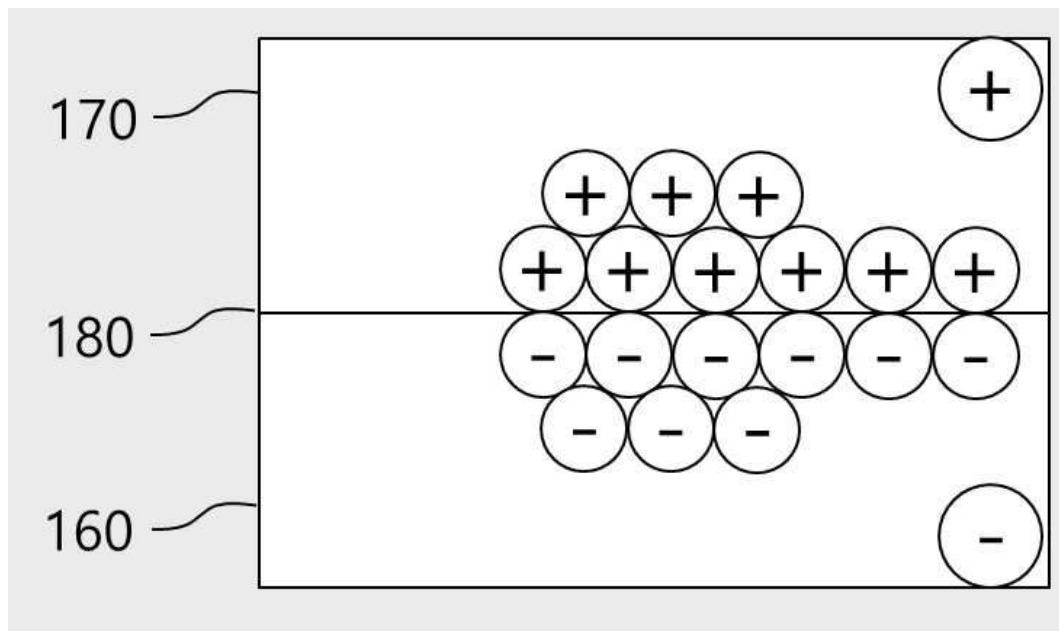
도면

도면1

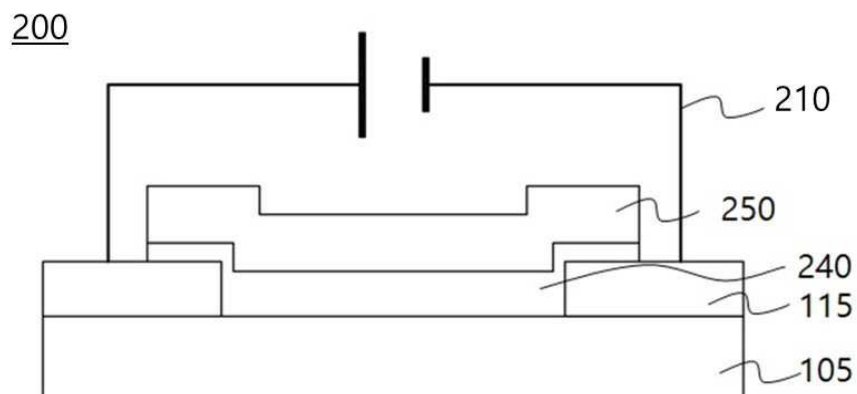
100



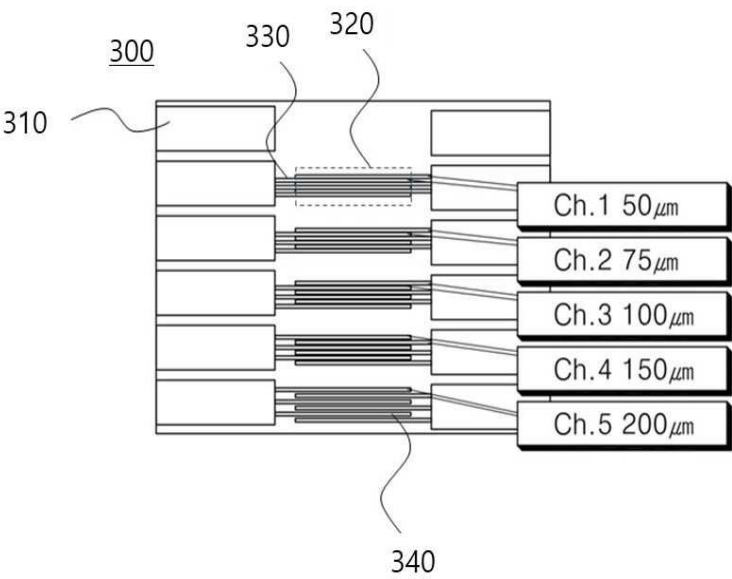
도면2



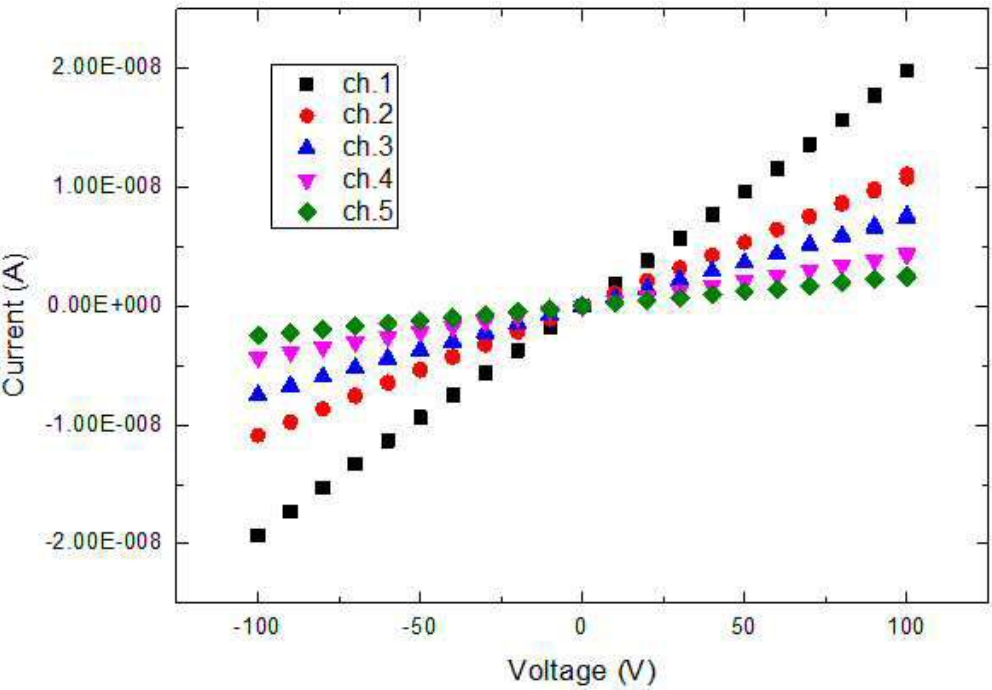
도면3



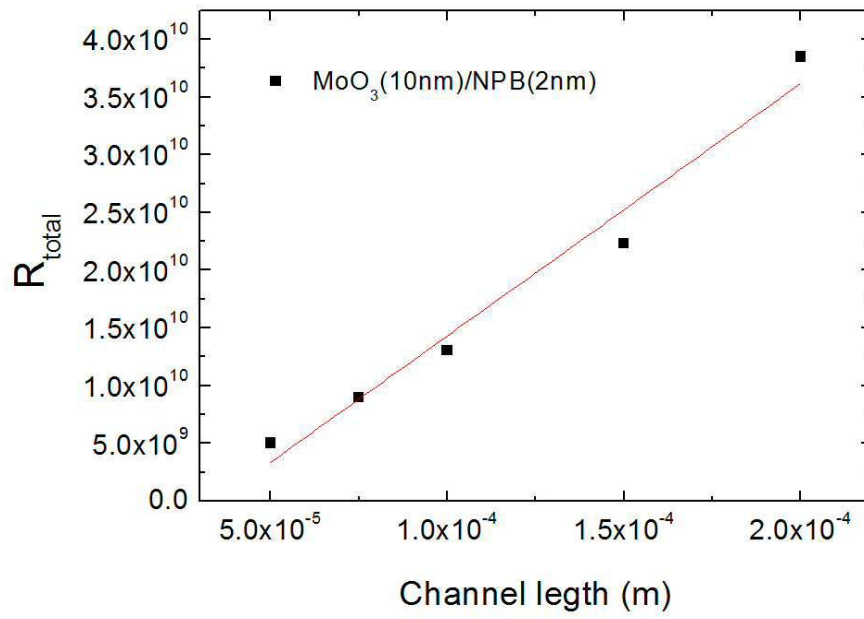
도면4



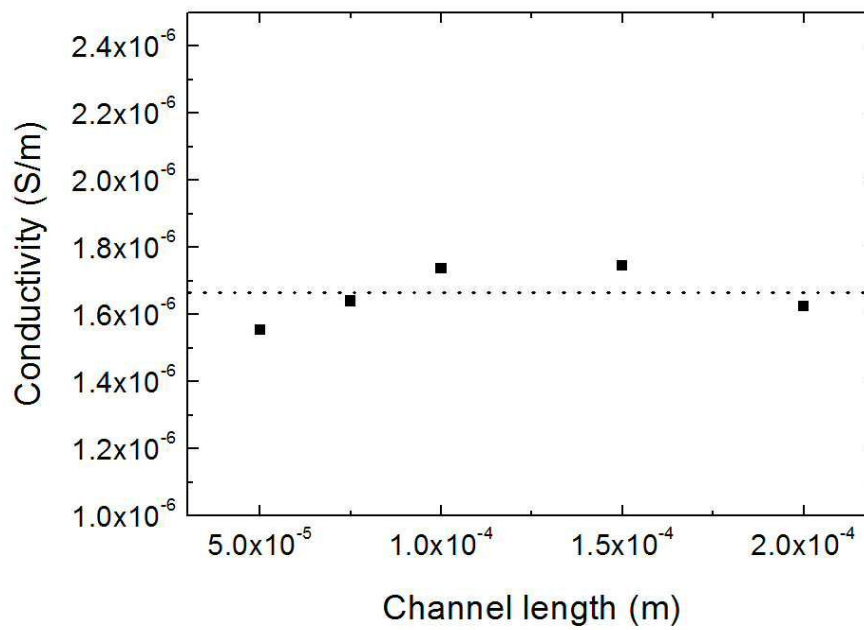
도면5



도면6



도면7



도면8

