(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월13일
(11) 등록번호 10-1559669
(24) 등록일자 2015년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/48 (2006.01) *H01L 51/44* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0058959
(22) 출원일자 2014년05월16일
심사청구일자 2014년05월16일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100079310 A
KR1020090053307 A
KR1020070068534 A
KR1020050088961 A

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김한기
경기도 수원시 영통구 봉영로 1526 살구골7단지 성지아파트 713동 1501호
이혜민
경기도 이천시 대월면 대월로 848, 105동 406호 (삼원엑스포아파트)
(74) 대리인
송인호, 민영준, 최관락

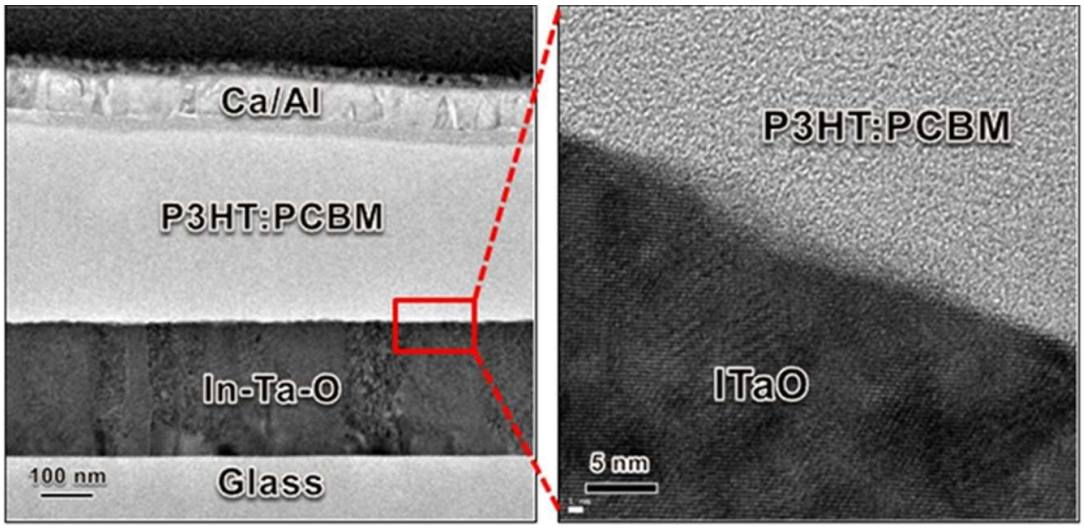
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김효욱

(54) 발명의 명칭 **버퍼 일체형 투명 전극, 이를 포함하는 유기 태양전지 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 PEDOT:PSS를 사용으로 인한 유기 태양전지의 열화 문제를 해결하기 위해 기판 상에 버퍼 일체형 투명 전극을 형성하는 단계, 상기 투명 전극 상에 정공수송층을 형성하는 단계, 상기 정공수송층에 상에 광활성층을 형성하는 단계, 상기 광활성층상에 전자수송층을 형성하는 단계 및 상기 전자수송층 상에 음극을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 버퍼 일체형 투명 전극은, 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되는 유기 태양전지 제조 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도3



명 세 서

청구범위

청구항 1

유기 태양전지 제조 방법에 있어서,

기판 상에 버퍼 일체형 투명 전극을 형성하는 단계;

상기 투명 전극 상에 정공수송층을 형성하는 단계;

상기 정공수송층에 상에 광활성층을 형성하는 단계;

상기 광활성층상에 전자수송층을 형성하는 단계; 및

상기 전자수송층 상에 음극을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 버퍼 일체형 투명 전극은, 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되는 유기 태양전지 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 버퍼 일체형 투명 전극 내에서 상기 탄탈륨산화물은 상기 인듐산화물 대비 1 내지 10 중량 퍼센트를 갖는 유기 태양전지 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 버퍼 일체형 투명 전극은 코-스퍼터링 공정에 의해 형성되며,

상기 탄탈륨산화물의 타겟이 인가되는 파워는 상기 인듐산화물의 타겟에 인가되는 파워는 대비 20 내지 40 퍼센트로 설정되는 유기 태양전지의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 탄탈륨산화물의 Ta^{5+}이온이 상기 인듐산화물의 In^{3+}이온과 치환 고용됨으로써 ITaO(Ta_2O_5-DOPEDIn_2O_3)을 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지의 제조 방법.

청구항 5

기판 위에 형성된 버퍼 일체형 투명 전극;

상기 버퍼 일체형 투명 전극 상에 형성되는 정공수송층;

상기 정공수송층 상에 형성되는 광활성층;

상기 광활성층에 형성되는 전자수송층; 및

상기 전자수송층 상에 형성되는 음극을 포함하되,

상기 버퍼 일체형 투명 전극은 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되는 유기 태양전지.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 버퍼 일체형 투명 전극 내에서 상기 탄탈륨산화물은 상기 인듐산화물 대비 1 내지 10 중량 퍼센트를 갖는 유기 태양전지.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 버퍼 일체형 투명 전극은 코-스퍼터링 공정에 의해 형성되며,

상기 탄탈륨산화물의 타겟이 인가되는 파워는 상기 인듐산화물의 타겟에 인가되는 파워는 대비 20 내지 40 퍼센트로 설정되는 유기 태양전지.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 탄탈륨산화물의 Ta^{5+} 이온이 상기 인듐산화물의 In^{3+}이온과 치환 고용됨으로써 ITaO(Ta_2O_5-DOPED In_2O_3)을 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 9

전자소자를 위한 투명 전극으로서,

인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되어 정공의 추출 및 양극으로 기능하는 버퍼 일체형 투명 전극.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 버퍼 일체형 투명 전극, 이를 포함하는 유기 태양전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적인 유기 태양전지는 광활성층으로부터 정공의 추출을 용이하게 하기 위하여 PEDOT:PSS 버퍼층을 사용하지만 PEDOT:PSS는 산성을 띠기 때문에 보통 양극(anode)으로 사용되는 ITO와 반응하여 장치의 안정성 및 작업 수명에 영향을 끼치고, 전지의 효율도 저하시키는 문제를 일으킨다.

[0003] 이를 해결하기 위해 V_2O_5,MoO3,WO_3,Ta_2O_5 버퍼층을 삽입하여 PEDOT:PSS를 대체할 수 있는 PEDOT:PSS free 유기 태양전지를 제작하는 방식이 개발되었다.

[0004] 하지만, 이와 같는 방법은 추가적으로 버퍼층 증착 공정을 해야 하므로 제조 공정이 복잡해지는 문제점이 있다.

선행기술문헌

[0005] 한국공개특허공보 제10-2006-0132351호 (발명의 명칭: 산화 아연계 투명 전도성 산화물 박막의 제조방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 상기한 바와 같은 문제를 해결하기 위해, 본 발명은 PEDOT:PSS를 사용하지 않고 버퍼층이 도핑된 투명 전극을 사용하여, 안정적이고 제조공정을 단순화 할 수 있는 버퍼 일체형 투명 전극, 이를 포함하는 유기 태양전지 및

이의 제조 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기판 상에 버퍼 일체형 투명 전극을 형성하는 단계, 상기 투명 전극 상에 정공수송층을 형성하는 단계, 상기 정공수송층에 상에 광활성층을 형성하는 단계, 상기 광활성층상에 전자수송층을 형성하는 단계 및 상기 전자수송층 상에 음극을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 버퍼 일체형 투명 전극은, 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되는 유기 태양전지 제조 방법을 제공한다.

[0008] 유기 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 탄탈륨산화물은 인듐산화물의 대비 1 내지 10 중량 퍼센트를 갖을 수 있다.

[0009] 유기 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 버퍼 일체형 투명 전극은 코-스퍼터링 공정에 의해 형성되며, 상기 탄탈륨산화물의 타겟이 인가되는 파워는 상기 인듐산화물의 타겟에 인가되는 파워는 대비 20 내지 40 퍼센트로 설정될 수 있다.

[0010] 유기 태양전지 제조 방법에 있어서, 상기 탄탈륨산화물의 Ta^{5+}이온이 상기 인듐산화물의 In^{3+}이온과 치환 고용됨으로써 ITaO(Ta_2O_5-DOPEDIn_2O_3)을 형성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면,상기 기판 위에 형성된 버퍼 일체형 투명 전극, 상기 버퍼 일체형 투명 전극 상에 형성되는 정공수송층, 상기 정공수송층 상에 형성되는 광활성층, 상기 광활성층에 형성되는 전자수송층 및 상기 전자수송층 상에 형성되는 음극을 포함하되, 상기 버퍼 일체형 투명 전극은 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되는 유기 태양전지를 제공한다.

[0012] 유기 태양전지에 있어서, 상기 탄탈륨산화물은 인듐산화물의 대비 1 내지 10 중량 퍼센트를 갖을 수 있다.

[0013] 유기 태양전지에 있어서, 상기 버퍼 일체형 투명 전극은 코-스퍼터링 공정에 의해 형성되며, 상기 탄탈륨산화물의 타겟이 인가되는 파워는 상기 인듐산화물의 타겟에 인가되는 파워는 대비 20 내지 40 퍼센트로 설정될 수 있다.

[0014] 유기 태양전지에 있어서, 상기 탄탈륨산화물의 Ta^{5+} 이온이 상기 인듐산화물의 In^{3+}이온과 치환 고용됨으로써 ITaO(Ta_2O_5-DOPED In_2O_3)을 형성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 전자소자를 위한 투명 전극으로서, 인듐산화물 및 탄탈륨산화물의 동시 증착 공정에 의해 형성되어 정공의 추출 및 양극으로 기능하는 버퍼 일체형 투명 전극이 제공된다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, PEDOT:PSS와 ITO가 반응하여 생기는 유기 태양전지의 안전상의 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

[0017] 또한, 본 발명에 따르면 버퍼 기능이 포함된 전극을 이용함으로써 버퍼층을 사용하지 않고도 유기 태양전지를 제조할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 종래기술에 따른 유기 태양전지의 제조 공정 순서를 나타낸 도면이다.

도 2는 종래기술에 따른 유기 태양전지의 단면 TEM 사진이다.

도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 버퍼층/투명 전극으로 이루어진 버퍼 일체형 투명 전극이 적용된 유기 태양전지의 TEM 이미지이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)의 함량에 따른 전기적 특성(저항 및 캐리어농도)을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)의 함량에 따른 광학적 특성을 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 ITaO 투명 전극을 유기 태양전지에 적용하였을 때의 효율 그래프이다.

도 7은 종래기술에 따른 PEDOT:PSS를 포함하는 유기 태양전지와 본 발명의 일 실시예에 따른 버퍼 일체형 투명 전극이 적용된 유기 태양전지의 전기적 특성을 나타낸 것이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 태양전지 제조 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다.

[0020] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 이하, 도면을 참조하여 종래기술의 유기 태양전지의 제조방법과 비교하여 본 발명의 차이점 및 개선점을 상세히 설명한다.

[0022] 도 1은 종래기술에 따른 유기 태양전지의 제조 공정 순서를 나타낸 도면이며, 도 2는 종래기술에 따른 유기 태양전지의 단면 TEM 사진이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 종래의 유기 태양전지(100)는 글래스 기판 상에 투명 전극으로 인듐 주석 화합물(ITO, Indium Tin Oxide)를 형성한다.

[0024] 이때, 스퍼터링(Sputtering) 혹은 저압 화학 기상 증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD)법을 이용하여 증착할 수 있다.

[0025] 다음으로 상용화제 및 수용성 전도성 고분자를 포함하는 PEDOT/PSS 조성물을 코팅 및 건조하여 버퍼층을 형성한다.

[0026] 그 다음으로 PEDOT/PSS 상에 광활성층으로 P3HT:PCBM을 코팅하고, 전자 추출을 위한 Ca:Al 으로 대표되는 음극(cathode)를 성막하여 완성하게 된다.

[0027] 종래기술의 유기 태양전지는 정공수송층의 물질로 통상적으로 사용되는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate)가 강한 산성을 띠기 때문에 전극을 부식시키는 문제점이 발생하였다.

[0028] 도 2를 참조하면, 이와 같은 제조공정에 의해 형성된 유기 태양전지의 단면을 확인할 수 있다. 기판에 양극으로 ITO가 형성되어 있고, 그 상부에, 정공 수송층으로 PEDOT:PSS, 광활성층으로 P3HT:PCBM 위에 Ca과 Al로 대표되는 음극으로 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0029] 일반적인 유기 태양전지는 광활성층으로부터 정공의 추출을 용이하게 하기 위하여 PEDOT:PSS 버퍼층을 사용하지만 PEDOT:PSS는 산성을 띠기 때문에 보통 anode로 사용되는 ITO와 반응하여 유기 태양전지의 안정성에 문제가 대두되고 있다.

[0030] 더 나아가, PEDOT:PSS 버퍼층은 전극을 열화시켜 유기 태양전지의 효율에도 큰 영향을 미치게 되는 문제점이 있다.

[0031] 또한, PEDOT:PSS를 사용하지 않기 위해 V_2O_5,MoO_3,WO_3,Ta_2O_5와 같은 버퍼층을 삽입하여 PEDOT:PSS free 유기 태양전지를 제작하고 있지만 추가적으로 버퍼층을 증착해야 하는 공정상의 문제점을 가지고 있다.

[0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 버퍼층/투명 전극으로 이루어진 버퍼 일체형 투명 전극이 적용된 유기 태양전지의 TEM 이미지이다.

[0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 태양전지는 기판(300), ITaO(302), 광활성층(304) 및 음극(306)을 포함할 수 있다.

[0034] 도 3에서 광활성층(304)과 음극(306) 사이에는 전자수송층이 배치될 수 있다.

[0035] 기판(300)은, 유리(glass) 기판, PET(polyethylene terephthalate), PEN(polyethylenenaphthelate), PP(polypropylene), PI(polyamide), TAC(tri acetyl cellulose), PES(polyethersulfone) 등을 포함하는 플라스틱 중 어느 하나를 포함하는 플라스틱 기판, 알루미늄 포일(aluminum foil), 스테인리스 스틸 포일

(stainlesssteel foil) 중 어느 하나를 포함하는 플렉서블(flexible) 기판 등이 이용될 수 있다.

[0036] ITaO(302)는 버퍼층과 투명 전극이 일체형으로 형성된 것으로서, 본 발명의 일실시예에 따르면, 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)과 인듐산화물(In_2O_3)2개의 타겟에 파워를 인가하여 기판에 증착하는 코-스퍼터링(Co-sputtering) 공정이 이용될 수 있다.

[0037] 바람직하게, 인듐산화물에 대한 탄탈륨산화물은 1 내지 10 중량퍼센트(wt%)일 수 있다.

[0038] 본 발명에 따르면, 코-스퍼터링 공정에서 인듐산화물 타겟에 인가되는 파워는 일정하게 유지하고, 탄탈륨산화물 타겟에 인가되는 파워를 조절하면서 최적 파워를 결정한다.

[0039] 이에 대해서는 이하에서 상세하게 설명될 것이다.

[0040] Co-sputtering 공정에서 Ta^{5+} 이온이 In^{3+} 이온과 치환 고용됨으로서 ITaO 박막 내에 여분의 전자가 생성되어 그 박막 자체만으로도 우수한 전기적 특성을 나타내게 된다. 최적화된 ITaO 박막은 80% 대에 높은 투과율을 가지며 15 Ohm/square의 낮은 면저항을 갖는다.

[0041] 이렇게 제작된 ITaO 투명 전극을 ITO 대신 사용하면 Ta_2O_5가 도펀트 뿐만 아니라 버퍼층 역할을 할 수 있기 때문에 PEDOT:PSS을 사용하지 않고도 유기태양전지를 제작할 수 있다.

[0042] 광활성층(304)은, 유기물질을 포함하고, 그 유기물질의 광기전 현상(phtovoltaic)에 의하여 전기를 발생시킨다.

[0043] 본 발명의 광활성층(304)에 사용할 수 있는 유기물질은, 전자공여체 물질인 P3HT(poly(3-hexylthiophene)), PCDTBT(Poly[N-9'-heptadecanyl-2,7-carbazole-alt-5,5-(4',7'-di-2-thienyl-2',1',3'-benzothiadiazole)]), PSBTBT(Poly[2,6-(4,4'-bis(2-ethylhexyl)dithieno[3,2-b:2',3'-d]silole)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)]), PTB7(Poly{4,8-bis[(2-ethylhexyl)oxy]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl-alt-3-fluoro-2-[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophene-4,6-diyl}), 전자 수용체물질로는 PCBM-C60(Phenyl-C61-butyricacidmethylester),ICBA(Indene-C60bis-adduct)등과 같은, 종래에 광활성층에 사용하는 유기 고분자 물질과 그 유도체를 비제한적으로 사용할 수 있다.

[0044] 특히, P3HT를 전자공여체로 하고, PCBM-C60을 전자수용체로 하며, 그 비율은 1 : 0.5 ~ 1 : 4의 중량비로 배합하여 사용하는 것이 바람직하다.

[0045] 음극(306)은, 진공증착공정에 의하여 고진공 상태에서 증착되거나, 종래의 음극으로 형성에 사용되는 금속물질을 용액 또는 페이스트 공정으로 음극을 형성할 수도 있다.

[0046] 음극 형성 물질은, 특별히 제한되지 않고, 종래의 음극 형성물질을 비제한적으로 사용할 수 있고, 종래의 음극 형성물질의 예시로, 산화가 잘되는 금속물질인, 알루미늄(Al), 칼슘(Ca), 바륨(Ba), 마그네슘(Mg), 리튬(Li), 세슘(Cs) 등을 들 수 있다.

[0047] 실시예

[0048] 버퍼 일체형 투명 전극을 제작하기 위해, RF/DC magnetron sputter를 사용하였다.

[0049] 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)과 인듐산화물(In_2O_3)2개의 타겟을 제공하고, 인듐산화물 타겟에 인가되는 파워를 100W로 유지하고, 탄탈륨산화물 타겟에 인가되는 파워를 0에서 50W까지 점차적으로 증가시켜 실험을 수행하였다.

[0050] 탄탈륨산화물 타겟이 인가되는 파워의 증가로 인해, 투명 전극 내에 탄탈륨산화물의 함량이 조절되며, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기와 같은 파워 조절에 의해, 인듐산화물 내에 탄탈륨산화물의 함량이 1 내지 10 중량 퍼센트의 범위를 가지게 된다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 탄탈륨산화물 타겟에 인가되는 파워는 인듐산화물 타겟에 인가되는 파워의 20 내지 40 퍼센트 범위를 갖는 것이 바람직하다.

[0052] 도 4는 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)의 함량에 따른 전기적 특성(저항 및 캐리어농도)을 나타낸 그래프이다.

[0053] 도 4a를 참조하면, Ta_2O_5power가 증가할수록 저항이 감소하다가 30 W부터 증가하는 것을 확인할 수 있는데 이는 과잉 캐리어와 이동도 감소에 의한 저항 증가로 보인다.

[0054] 한편, 도 5는 탄탈륨산화물(Ta_2O_5)의 함량에 따른 광학적 특성을 나타낸 것이다.

[0055] Ta_2O_5의 power가 증가할수록 투과도의 감소가 일어나지만 전체적으로 80 % 이상의 높은 투과율을 나타내고 있다.

[0056] 도 4 내지 도 5를 참조하면, 투과도 및 저항을 정의되는 성능지수(figure of merit)가 탄탈륨산화물 타겟에 인가되는 파워가 20W일때 최적이라는 것을 확인할 수 있다.

[0057] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 ITaO 투명 전극을 유기 태양전지에 적용하였을 때의 효율 그래프이다.

[0058] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 투명 전극이 버퍼층 역할을 에너지 밴드 다이어그램을 통해 설명하면, PEDOT:PSS이 형성된 종래 기술에서 에너지 밴드 갭은 5.2이상으로 형성되어, ITO의 에너지 밴드 갭과 광 활성층인 P3HT와 에너지 밴드 갭을 줄이는 역할을 확인할 수 있다.

[0059] 반면, 본 발명의 ITaO 투명 전극의 에너지 밴드 갭 값이 5.2로 형성되어 PEDOT:PSS와 동일한 5.2의 에너지 밴드 갭 값을 갖는다.

[0060] 따라서, 본 발명에 의할 경우 버퍼층을 별도로 형성하지 않아도, 투명 전극과 정공 수송층 사이의 에너지 차이가 크게 형성되지 않아 전지의 버퍼층 역할을 할 수 있으며, 오히려, 산성의 버퍼층 PEDOT:PSS 로 인해 전지가 열화되는 문제점을 해결할 수 있는 장점이 있다.

[0061] 도 7은 종래기술에 따른 PEDOT:PSS를 포함하는 유기 태양전지와 본 발명의 일 실시예에 따른 버퍼 일체형 투명 전극이 적용된 유기 태양전지의 전기적 특성을 나타낸 것이다.

[0062] 도 7을 참조하면, 본 발명에 따른 ITaO 투명 전극이 제공되는 경우, ITO 전극에 PEDOT:PSS 버퍼층이 포함된 경우와 전기적 특성이 유사하다는 것을 확인할 수 있다.

[0063] 본 발명을 통해 제작된 버퍼 일체형 투명 전극인 ITaO는 PEDOT:PSS나 별도의 버퍼층 없이 유기 태양전지를 제작할 수 있어 유기 태양전지의 안정성을 높일 수 있고, 버퍼층 제작을 위한 공정을 생략할 수 있어 제조 단가를 낮추는 효과도 얻을 수 있다.

[0064] 또한, ITaO 전극은 기존의 투명 전극인 ITO보다 일함수가 높아서 유기 태양전지의 광활성층으로 생성된 정공을 잘 전달할 수 있기 때문에 PEDOT:PSS 버퍼층을 사용하기 않고 유기 태양전지를 제작할 수 있다.

[0065] 본 발명을 통해 제작된 투명 전극 ITaO는 버퍼 일체형 투명 전극으로 유기 태양전지, 버퍼 일체형 유기 태양전지, 유기발광 다이오드, 투명전자 소자용 전극으로 활용이 가능하다.

[0066] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 태양전지 제조 방법의 순서도이다.

[0067] 도 8을 참조하면, 유리 또는 유연성 있는 플라스틱으로 형성된 기판을 준비하고(단계 805), 기판 상에 버퍼 일체형 투명 전극을 형성한다(단계810).

[0068] 단계 810에서, 코-스퍼터링 공정을 이용하여, 인듐산화물 및 탄탈륨산화물 타겟에 각각 소정 RF 파워를 인가하여 기판 상에 ITaO 층을 형성한다.

[0069] 이후, 광활성층을 형성하고(단계 815), 전자수송층 및 음극을 순차적으로 형성한다(단계 820 내지 단계 825).

[0070] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0071] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 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 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0072] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

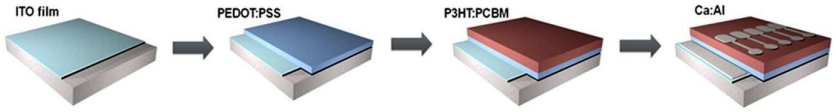
부호의 설명

[0073] 300: 기판 302: ITaO

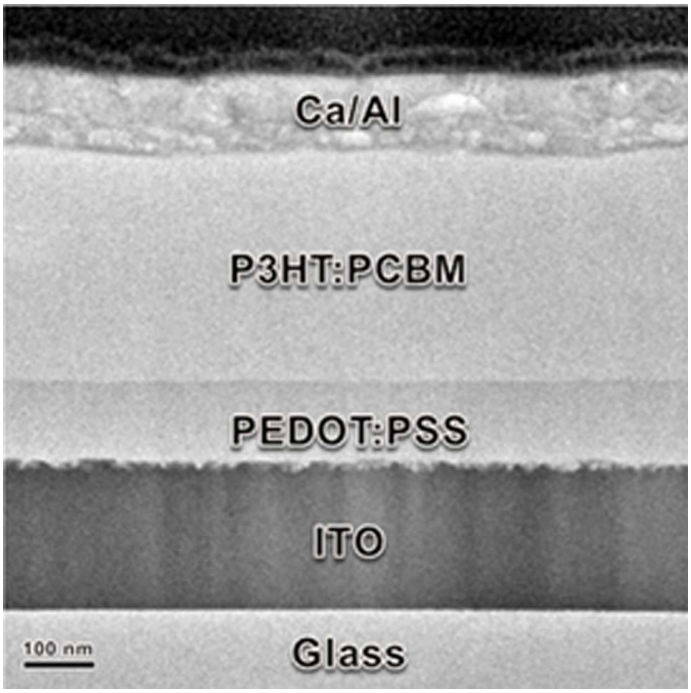
304: 광활성층 306: 음극

도면

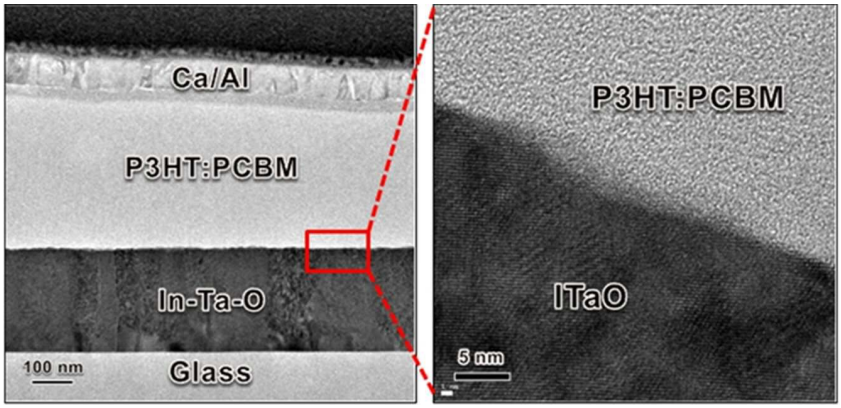
도면1



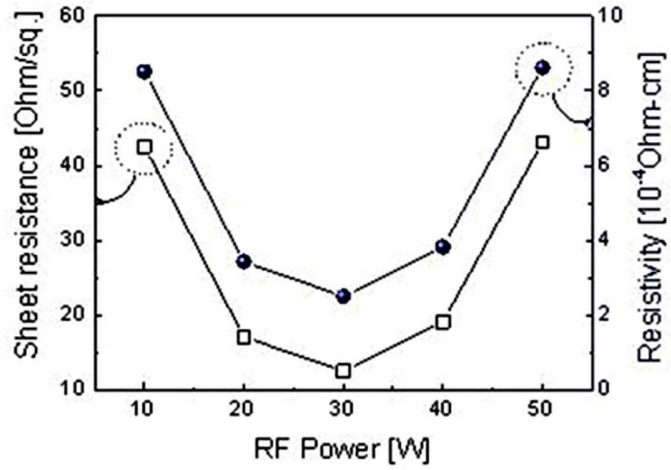
도면2



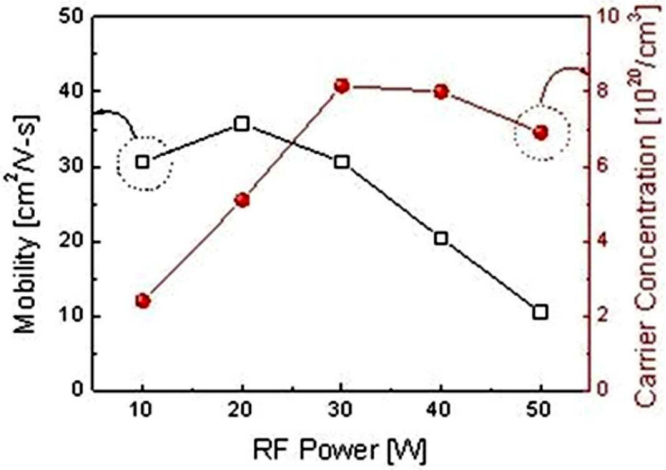
도면3



도면4

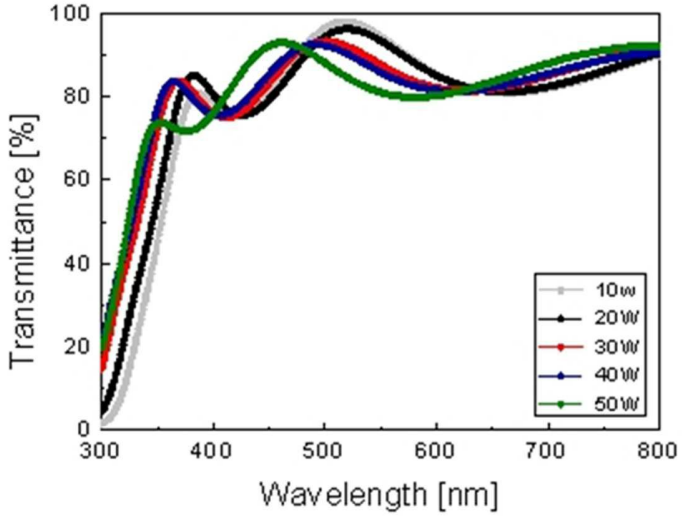

Sheet resistance [Ohm/sq.]
Resistivity [10^{-4}Ohm-cm]
RF Power [W]
60
50
40
30
20
10
10
8
6
4
2
0
10
20
30
40
50

(a)

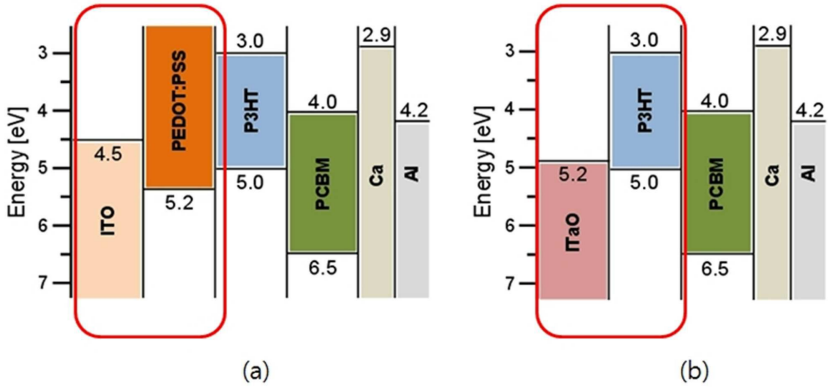

Mobility [cm^2/V-s]
Carrier Concentration [10^{20}/cm^3]
RF Power [W]
50
40
30
20
10
0
10
8
6
4
2
0
10
20
30
40
50

(b)

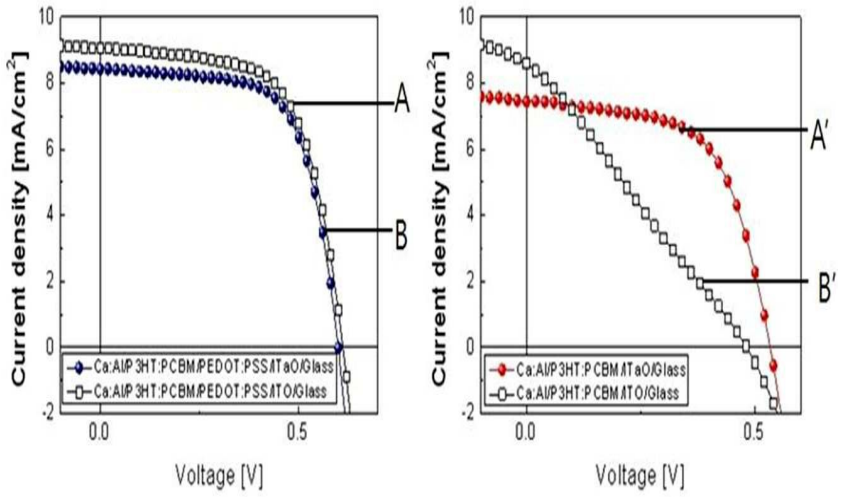
도면5


Transmittance [%]
Wavelength [nm]
10w
20W
30W
40W
50W

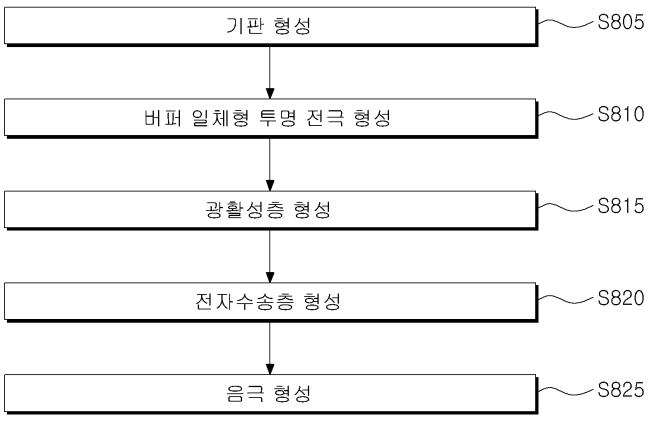
도면6


Energy [eV]
ITO
PEDOT:PSS
P3HT
PCBM
Ca
Al
4.5
5.2
3.0
5.0
4.0
6.5
2.9
4.2
TaO
5.2
(a)
(b)

도면7


Current density [mA/cm²]
Voltage [V]
A
B
A′
B′
Ca:Al/P3HT:PCBM/PEDOT:PSS/ITaO/Glass
Ca:Al/P3HT:PCBM/PEDOT:PSS/ITO/Glass
Ca:Al/P3HT:PCBM/ITaO/Glass
Ca:Al/P3HT:PCBM/ITO/Glass

도면8


기판 형성
S805
버퍼 일체형 투명 전극 형성
S810
광활성층 형성
S815
전자수송층 형성
S820
음극 형성
S825