관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2021.05.31
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P210337)
출 원 번 호	10-2021-0070187 (접수번호 1-1-2021-0627022-06) (DAS접근코드13CB)
출원인 명칭	건국대학교 산학협력단(2-2004-015764-8)
대리인 성명	김정수(9-2008-000523-0)
발명자 성명	문두경 한용운 이형석 김예찬 김지연
발명의 명칭	고투과성 및 고이동도의 복합 투명전극을 포함하는 반투명 유기 전자 소자 및 이의 제작 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도

【서지사항】

【서류명】 특허출원서

【참조번호】 P210337

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 건국대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-015764-8

【대리인】

【성명】 김정수

【대리인번호】 9-2008-000523-0

【포괄위임등록번호】 2016-004544-8

【발명의 국문명칭】 고투과성 및 고이동도의 복합 투명전극을 포함하는 반투명 유기 전자 소자 및 이의 제작 방법

【발명의 영문명칭】 Semitransparent organic electronic devices comprising complex transparent electrode of high transparency and conductivity, and manufacturing method thereof

【발명자】

【성명】 문두경

【성명의 영문표기】 MOON, Doo Kyung

【주민등록번호】 600528-1XXXXXX

【우편번호】 06670

【주소】 서울특별시 서초구 효령로49길 57, 203동 802호(서초동, 서초2차이편한세상)

【발명자】

【성명】 한용운

【성명의 영문표기】 HAN, Yong Woon

【주민등록번호】 880825-1XXXXXX

【우편번호】 12936

【주소】 경기도 하남시 하남대로 856, 108동 502호(덕풍동, 하남더샵센트럴뷰)

【발명자】

【성명】 이형석

【성명의 영문표기】 LEE, Hyoung Seok

【주민등록번호】 930505-1XXXXXX

【우편번호】 24502

【주소】 강원도 양구군 방산면 장거리길 21, 102호

【발명자】

【성명】 김예찬

【성명의 영문표기】 KIM, Ye Chan

【주민등록번호】 940429-1XXXXXX

【우편번호】 16282

【주소】 경기도 수원시 장안구 조원로74번길 22-1, 401호(조원동, 명문주택)

【발명자】

【성명】 김지연

【성명의 영문표기】 KIM, Ji Youn

【주민등록번호】 960917-2XXXXXX

【우편번호】 17077

【주소】 경기도 용인시 기흥구 중부대로746번길 21, 202동 1402호(상하동, 지석마을 진흥더루벤스)

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 논문 발표

【공개일자】 2021.03.30

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 학술대회 포스터발표

【공개일자】 2020.10.30

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 학술대회 포스터발표

【공개일자】 2021.05.14

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1415169069

【과제번호】 20193091010110

【부처명】 산업통상자원부

【과제관리(전문)기관명】 한국에너지기술평가원

【연구사업명】 에너지기술개발사업

【연구과제명】 투명 유기태양전지 소재 및 소자 개발을 통한 제로 에너지 용 창호

【기여율】 1/2

【과제수행기관명】 건국대학교 산학협력단

【연구기간】 2020.06.01 ~ 2021.05.31

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1415167898

【과제번호】 20194010201790

【부처명】 산업통상자원부

【과제관리(전문)기관명】 한국에너지기술평가원

【연구사업명】 에너지인력양성사업

【연구과제명】 수요관리를 위한 스마트센서 기반 에너지 하베스팅 인력 양성 사업 고급 트랙

【기여율】 1/2

【과제수행기관명】 건국대학교 산학협력단

【연구기간】 2021.01.01 ~ 2021.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 김정수 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0	면	46,000 원
【가산출원료】	97	면	0 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	18	항	935,000 원

【합계】 981,000 원

【감면사유】 전담조직(50%감면)[1]

【감면후 수수료】 490,500 원

【첨부서류】 1.공지예외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통 2.공지예외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통 3.공지예외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통

1 : 공지예외적용대상(신규성상실의예외,_출원시의특례)규정을_적용받기_위한_증명서류

PDF 파일 첨부

2 : 공지예외적용대상(신규성상실의예외,_출원시의특례)규정을_적용받기_위한_증명서류

PDF 파일 첨부

3 : 공지예외적용대상(신규성상실의예외,_출원시의특례)규정을_적용받기_위한_증명서류

PDF 파일 첨부

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

고투과성 및 고이동도의 복합 투명전극을 포함하는 반투명 유기 전자 소자 및 이의 제작 방법{Semitransparent organic electronic devices comprising complex transparent electrode of high transparency and conductivity, and manufacturing method thereof}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 고투과성 전하수송층을 포함하는 반투명 태양전지의 제작 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 고투과성 및 고이동도의 전하수송층과 전극으로 구성된 복합 투명전극을 도입하고, 그 조성을 변화시킴으로써 가시광 영역에서의 투과도를 높이며 우수한 성능을 보이는 태양전지에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 태양전지는 일반적으로 빛 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치를 의미하며, 유기 반도체 또는 무기 반도체를 도입한 광활성층, 버퍼층, 전극의 구조로 구성되어 있다. 일반적으로, 태양전지는 광 흡수를 통한 발전을 기반으로 구동되기 때문에, 불투명하면서 많은 광을 흡수할 수 있는 태양전지의 성능이 우수하다고 할 수 있다. 하지만, 유기 반도체와 무기 반도체의 특성에 따라 태양전지의 광 활용 영역이 달라지게 되고, 가시광 영역의 광을 활용하지 않고 투과시키는 반투명 태양전지를 제작할 수 있다. 반투명 태양전지는 건물 일체형 태양전지(building integrated photovoltaics, BIPVs), 차량 일체형 태양전지(automobile

integrated photovoltaics, AIPVs), 기기 일체형 태양전지(device integrated photovoltaics, DIPVs) 등 기존의 유리창을 대신하는 자가발전형 기기의 형태로 적용이 가능하여 차세대 도심형 전력원으로 각광받고 있다.

【0003】태양전지의 구조는 일반적으로 광활성층, 전하수송층 및 전극을 포함한다. 상기 광활성층은 광전효과(photovoltaic effects)의 원리를 통해, 빛 에너지를 전기 에너지로 변환시킨다. 상기 전하수송층은 상기 광활성층에서 생성된 전하를 전극으로 이동시킨다. 상기 전극은 상기 이동된 전하를 수용하여 외부 회로로 이동시킨다. 특히, 상기 전하수송층은 광활성층에서 생성된 전하를 전극으로 추출 및 이동시키는 역할을 하므로 태양전지의 효율 향상을 위해 필수적으로 도입되고 있다.

【0004】일반적으로, 가시광 영역의 투과도가 높으면 인간의 눈은 투명하다고 느낄 수 있다. 또한, 명소시(photopic vision) 영역인 약 550 nm의 파장대의 투과율이 가장 높은 경우 투명하다고 느낄 수 있는 특성이 있다. 반투명 태양전지의 투과도를 향상시키기 위해서 광활성층, 전하수송층 및 전극 전체적으로 가시광 영역의 투과도가 높은 소재 및 소자 구조를 적용해야 한다.

【0005】광활성 소재 측면에서는 가시광 영역의 광을 흡수하지 않고, 자외선(~ 400 nm) 또는 적외선 (780 nm ~) 영역의 광을 흡수하여 광전변환하는 기술이 개발되고 있다. 하지만, 태양전지의 구조 측면에서 전하수송층과 전극에서 흡수되는 광 또한 상당하며, 이러한 흡수가 태양전지의 투과도를 급격하게 감소시킨다. 반투명 태양전지용 전하수송층과 전극을 위해 얇은 박막 형태(thin metal film)의 전극

이나, 유전체와 얇은 박막의 다층 형태(dielectric / thin metal / dielectric) 전극을 도입하여 제작한다. 일반적인 불투명 태양전지에 도입되는 전하수송층 및 전극보다 얇은 두께가 요구되며, 두께가 얇아지는 만큼 투과도는 증가하나, 전도도가 급격하게 감소되어 성능이 줄어들게 되는 trade-off 관계가 발생된다. 따라서, 반투명 태양전지의 투과도와 성능을 모두 향상시키기 위하여 고이동도 및 고투과도의 전하수송층 및 투명전극을 도입하는 전략이 필요하다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

【0006】**(특허문헌 0001)** 대한민국 공개특허공보 10-2011-0108274호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0007】본 발명자들은 상기된 문제점을 해결하고자, 고이동도 및 고투과도의 전하수송층 및 전극의 조성 변화를 통해 복합 투명전극을 형성하였다.

【0008】또한, 본 발명은 상기 복합 투명전극의 도입을 통해 제작된 반투명 태양전지의 투과 특성을 증대시키면서, 향상된 투과도를 제공하는 데에 목적이 있다. 또한, 본 발명은 상기 복합 투명전극의 도입을 통해 광전 변환 효율(power conversion efficiency, PCE)을 향상시킨 태양전지를 제공하는 데에 목적이 있다. 본 발명이 해결하고자 하는 과제가 상술한 과제로 제한되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 과제들은 본 명세서로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을

가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

【과제의 해결 수단】

【0009】 본 발명의 목적을 이루기 위해

【0010】 제1 전극; 제1 전하수송층; 광활성층; 제2 전하수송층; 및 제2 전극을 포함하고,

【0011】 제2 전극, 제2 전하수송층 및 광활성층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상이 다층 형태의 복합 투명전극을 포함하며,

【0012】 상기 복합 투명전극은 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 유기 전자 소자가 제공된다.

【0013】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상의 상단이 상기 복합 투명전극을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0014】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 유기 반도체 화합물이 PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate), PFN (Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)]), PFN-Br (Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)] dibromide), PDINN (2,9-Bis(3-((3-(dimethylamino)propyl)amino)propyl)anthra[2,1,9-def:6,5,10 d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetraone), PDINO (2,9-Bis[3-

(dimethyloxidoamino)propyl]anthra[2,1,9-def:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetrone)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0015】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 무기 반도체 화합물이 티타늄 산화물, 지르코늄 산화물, 바나듐 산화물, 텅스텐 산화물, 몰리브덴 산화물, 니켈 산화물, 구리 산화물, 아연 산화물, 갈륨 산화물, 인듐 산화물, 주석 산화물, 안티모니 산화물 및 텔루륨 산화물로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0016】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 전도성 금속이 구리, 은, 금, 텅스텐, 니켈, 알루미늄 및 티타늄으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

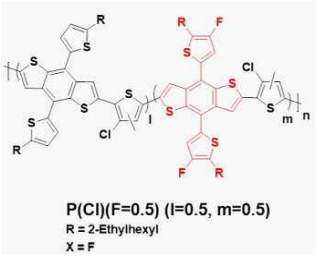
【0017】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 복합 투명전극은, 380 nm 이상 780 nm 이하의 영역에서 피크를 가지는 제1 파장의 광에 대해 20%이상의 투과도를 가질 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0018】 본 발명의 일 실시예에 있어, 광활성층은 전자주개로 폴리[[4,8-비스[5-(2-에틸헥실)-4-플루오로-2-티에티닐]벤조[1,2-b:4,5-b']디티오펜-2,6-디닐]-2,5-티오펜디닐[5,7-비스(2-에틸헥실)-4,8-디옥소-4H,8H-벤조[1,2-c:4,5-c']디티오펜-1,3-디닐]-2,5-티오펜디닐](PM6 또는 PBDB-T-2F), 폴리[[4,8-비스[(2-에틸헥실)옥시]벤조[1,2-b:4,5-b']디티오펜-2,6-디일][3-플루오로-2-[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일]](PTB7), 폴리([2,6′-4,8-디(5-에틸헥실티에닐)벤조

[1,2-b;3,3-b]디티오펜]{3-플루오로-2[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일})](PTB7-Th) 및 폴리[(2,6-(4,8-비스(5-(2-에틸헥실)티오펜-2-일)-벤조[1,2-b:4,5-b’]디티오펜))-알트-(5,5-(1’,3’-디-2-티에닐-5’,7’-비스(2-에틸헥실)벤조[1’,2’-c:4’,5’-c’]디티오펜-4,8-디오네)](PBDB-T)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상; 및

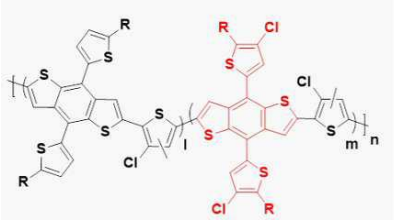
【0019】하기 화학식 1 내지 화학식 4로 표시되는 삼성분 공중합체로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상;으로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0020】[화학식 1]



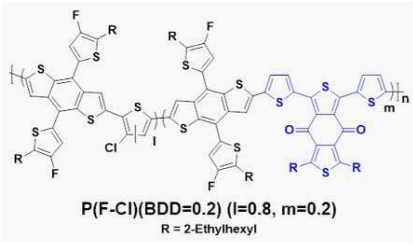
【0021】

【0022】[화학식 2]



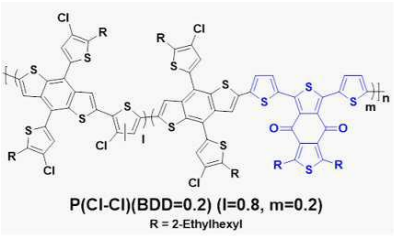
【0023】

【0024】[화학식 3]



【0025】

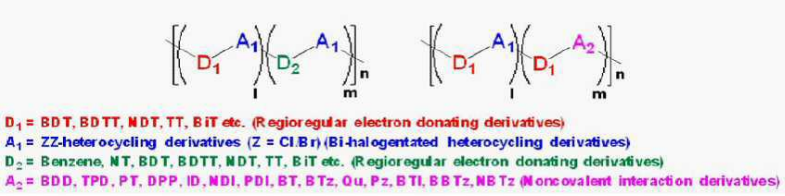
【0026】[화학식 4]



【0027】

【0028】[화학식 5]

【0029】



【0030】상기 화학식 1 내지 화학식 5에서, n은 1 내지 10,000 사이의 정수이고, 상기 화학식 5에서, l은 몰분율로서 0 ≤ l ≤ 1인 실수이고, m은 몰분율로서, 0 ≤ m ≤ 1인 실수이며, l + m = 1이다.

【0031】본 발명의 일 실시예에 있어, 광활성층이 전자받개로 2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3’:4’,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-difluoro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile (Y6), 2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-butyloctyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3’:4’,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-dichloro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile (Y6-BO-4Cl 또는 BTP-4Cl-12), 2,2'- [[12,13-Bis(2-butyloctyl)-12,13-dihydro-3,9 dinonylbisthieno[2'',3'':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-e:2',3'-

g][2,1,3]benzothiadiazole-2,10-diyl]bis[methylidyne(5,6-chloro-3-oxo-1H-indene-2,1(3H)-diylidene)]]bis[propanedinitrile](BTP-eC9), 페닐-C61-부틸산메틸에스터(PC61BM), 페닐-C71-부틸산메틸에스터(PC71BM), 3,9-비스(2-메틸렌-(3-(1,1-디시아노메틸렌)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(4-헥실페닐)-디티에노[2,3-d:2',3'-d']-s-인다세노[1,2-b:5,6-b']디티오펜(ITIC), 3,9-비스(2-메틸렌-(3-(1,1-디시아노메틸렌)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(5-헥실티에닐)-디티에노[2,3-d:2',3'-d']-s-인다세노[1,2-b:5,6-b']디티오펜(ITIC-Th), 2,7-비스(3-디시아노메틸렌-2Z-메틸렌-인단-1-온)-4,4,9,9-테트라헥실-4,9-디히드로-s-인다세노[1,2-b:5,6-b′]디티오펜(IDIC) 및 3,9-비스(2-메틸렌-((3-(1,1-디시아노메틸렌)-6,7-디플루오로)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(4-헥실페닐)-디티에노[2,3-d:2',3'-d']-s-인다세노[1,2-b:5,6-b']디티오펜(ITIC-4F)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0032】 본 발명의 또 다른 측면에 있어서, 상기 유기 전자 소자를 제조하는 제조방법으로서, 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 복합 투명전극 용액을 제조하는 제1단계; 및

【0033】 복합 투명전극 용액을 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 1 이상의 상단에 도포하여 복합 투명전극을 형성하는 제2단계를 포함하는 단계; 및

【0034】 무기반도체 및 전도성 금속을 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 1 이상의 상단에 진공 증착하여 복합 투명전극을 형성하는 제3단

계를 포함하는, 유기 전자 소자의 제조 방법이 제공된다.

【0035】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 제3단계가 상기 복합 투명전극의 조성 변화를 통해 상기 복합 투명 전극의 전도도와 투과도를 향상시키는 단계를 추가로 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0036】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 제2단계 및 제3단계가 스핀 코팅, 슬롯 다이 코팅, 바 코팅, 스크린 프린팅, 진공 증착, 열 증착 및 스퍼터링으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상으로, 상기 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상의 상단에 복합 투명전극을 다층으로 형성시킬 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0037】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 복합 투명전극의 전도도와 투과도를 향상시키는 단계가 복합 투명전극의 두께 변화를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0038】 본 발명의 일 실시예에 있어,제10항에 있어서, 상기 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 복합 투명전극 용액의 농도가 1 내지 10^4 g/cm^3 일 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0039】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 복합 투명전극의 두께가 1 nm 내지 1 μm 일 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0040】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 제2단계 및 제3단계가, 상기 복합 투명전극 용액을 100 rpm 내지 10,000 rpm의 속도로 스핀코팅하여 형성할 수 있

으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0041】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 제2단계 및 제3단계가, 복합 투명전극 용액을 0.1 내지 1.0 mL/min의 토출량과 0.1 내지 1.0 m/min의 속도로 슬롯 다이 코팅하여 형성할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0042】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 제2단계 및 제3단계가, 0.03 내지 3.0 Å/s의 속도로 복합 투명전극을 진공 증착하여 형성할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【0043】 본 발명의 일 실시예에 있어, 상기 유기 전자 소자의 광활성 면적이 0.001 내지 300 cm^2일 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

【발명의 효과】

【0045】 본 발명에 따른 복합 투명전극이 도입된 반투명 태양전지는 수광전극을 통해 태양전지로 입사되고, 광활성층에서 발전에 활용된 후 통과된 광의 투과율을 증가시켜, 가시광 영역에서 반투명하게 보이며 투과도가 우수하다.

【0046】 또한, 본 발명에 따른 반투명 태양전지는 복합 투명전극의 고이동도 특성을 통해 광전 변환 효율(PCE)을 향상시킬 수 있다.

【0047】 본 발명의 효과가 상술한 효과들로 제한되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 효과들은 본 명세서로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

【도면의 간단한 설명】

【0048】도 1은 복합 투명전극이 포함된 반투명 태양전지의 예시를 나타낸 것이다. 도 1a는 일반적인 태양전지의 구조에서 광활성층 및 제2 전하수송층 상단에 1층 구조의 복합 투명전극을 포함한 구조이다. 도 1b는 광활성층 및 제2 전하수송층 상단에 2층 구조의 복합 투명전극을 포함한 구조이다. 도 1c는 광활성층 및 제2 전하수송층 상단에 3층 구조의 복합 투명전극을 포함한 구조이다. 도 1d는 광활성층 및 제2 전하수송층 상단에 4층 구조의 복합 투명전극을 포함한 구조이다. 도 1e는 광활성층 및 제2 전하수송층 상단에 불투명 전극을 포함한 구조이다.

도 2는 본 발명의 일 제조예에 따른 복합 투명전극 조성물을 나타낸 것이다. (a) 유기 반도체인 PEDOT:PSS를 포함한 복합 투명전극 조성물; (b) 무기 반도체인 텅스텐 산화물을 포함한 복합 투명전극 조성물; (c) PEDOT:PSS와 텅스텐 산화물을 9:1의 부피비로 혼합한 복합 투명전극 조성물; (d) PEDOT:PSS와 텅스텐 산화물을 1:1의 부피비로 혼합한 복합 투명전극 조성물

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) 금(Au)을 포함한 복합 투명전극(1); (b) Au를 포함한 복합 투명전극(1)을 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도 비교(1, 20, 5, 10, 20 nm)

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) 은(Ag)을 포함한 복합 투명전극(1)의 구조; (b) Ag를 포함한 복합 투명전극(1)을 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교(5, 10, 15, 20, 30, 50, 80, 100 nm)

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) 몰리브덴 삼산화물(MoO_3)을 포함한 복합 투명전극(1)의 구조; (b) MoO_3를 포함한 복합 투명전극(1)을 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교(5, 10, 20, 30, 50 nm)

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) Au/Ag를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)의 구조; (b) Au를 1 nm로 도입하고, Au/Ag를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)를 Ag의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교(1/5, 1/10, 1/15, 1/20, 1/30, 1/50, 1/100 nm); (c) Au를 5 nm로 도입하고, Au/Ag를 포함한 복한 투명전극(1); 복합 투명전극(2)를 Ag의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교(5/5, 5/10, 5/15, 5/20, 5/100 nm)

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) Au/Ag/Au를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조; (b) 복합 투명전극(1)의 Au를 1, 2, 5 nm로 도입하고, Au/Ag/Au를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)을 Ag, Au의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (1/15/1, 1/15/2, 1/15/5, 2/15/1, 2/15/2, 2/15/5, 5/15/1, 5/15/2, 5/15/5 nm)

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1);

복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) Au/Ag/MoO_3를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조; (b) 복합 투명전극(1)의 Au를 1 nm로 도입하고, Au/Ag/MoO_3를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)을 Ag, MoO_3의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (1/15/5, 1/15/10, 1/15/15, 1/15/30 nm); (c) 복합 투명전극(1)의 Au를 2 nm로 도입하고, Au/Ag/MoO_3를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)을 Ag, MoO_3의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (2/15/5, 2/15/10, 2/15/15, 2/15/30 nm); (d) 복합 투명전극(1)의 Au를 5 nm로 도입하고, Au/Ag/MoO_3를 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)을 Ag, MoO_3의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (5/15/5, 5/15/10, 5/15/15, 5/15/30 nm)

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) Au/Ag/WO_3을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조; (b) Ag와 WO_3의 두께를 각각 15, 30 nm로 도입하고, Au/Ag/WO_3을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)을 Au의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (1/15/30, 5/15/30 nm)

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 상단에 형성된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)의 구조 및 형성된 박막의 사진을 나타낸 것이다. (a) Au/Ag/WO_3/s-WO_3을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명

전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)의 구조; (b) Ag, WO_3, s-WO_3의 두께를 각각 15, 30, 30 nm로 도입하고, Au/Ag/WO_3/s-WO_3을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)를 Au의 두께별로 형성한 박막의 사진과 가시적인 투과도의 비교 (1/15/30/30, 5/15/30/30 nm)

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 PEDOT:PSS(유기 반도체), WO_3(무기 반도체) 화합물을 포함한 복합 투명전극(1) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 Au(금속)을 포함한 복합 투명전극(1) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 Ag(금속)을 포함한 복합 투명전극(1) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 MoO_3(무기 반도체 화합물)을 포함한 복합 투명전극(1) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 Au/Ag(금속)을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 Au/Ag/Au(금속)을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 Au/Ag/MoO_3(금속, 무기반도체 화합물)을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 Au/Ag/WO_3(금속, 무기반도체 화합물), Au/Ag/WO_3/s-WO_3(금속, 무기반도체 화합물)을 포함한 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4) 박막의 자외선-가시광 분광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 19는 본 발명의 일 실시예와 비교 실시예에 따른 불투명 전극과 복합 투명전극을 포함한 유기 태양전지의 자외선-가시광 분석을 통한 투과도 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 20은 본 발명의 일 실시예와 비교 실시예에 따른 불투명 전극과 복합 투명전극을 포함한 반투명 대면적 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)의 자외선-가시광 분석을 통한 투과도 측정 결과와 반투명 대면적 유기 태양전지의 사진을 나타낸 것이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예와 비교 실시예에 따른 불투명 전극과 복합 투명전극을 포함한 반투명 대면적 유기 태양전지 모듈(광활성 면적 = 30.0 cm^2)의 자외선-가시광 분석을 통한 투과도 측정 결과와 반투명 대면적 유기 태양전지 모듈의 사진을 나타낸 것이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0049】 이하, 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

【0050】본 발명은 반도체와 금속으로 구성된 태양전지의 불투명 전극층의 조성 변화를 통해, 기존의 수광전극과 광활성층으로 도입된 광이 태양전지를 통과하면서 불투명한 상대전극에 가로막혀 불투명한 상태를 보였던 데 비해, 복합 투명 전극의 도입 및 조성변화를 통해 상대 전극의 투과도를 증가시켜 우수한 투과도의 반투명 태양전지를 제공할 수 있다.

【0051】또한, 복합 투명전극의 도입 및 조성 변화를 통해 면저항을 감소시키고 전기 전도도 특성을 증대시켜 우수한 성능의 반투명 태양전지를 제공할 수 있다.

【0052】본 명세서에서 사용되는 용어인 “태양전지”는 태양의 빛 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생성하는(광전변환 효과를 이용하는) 소자 및 모듈 장치를 의미한다. 태양전지는 광을 변환하는 소재에 따라 종류가 분류되며, 실리콘 및 비 실리콘을 포함하며, 비 실리콘 태양전지에는 무기박막 태양전지, 유기 태양전지, 양자점 태양전지, 페로브스카이트(perovskite) 태양전지를 모두 포함할 수 있다. 또한, 제작되는 구조에 따라서는 다중 접합 구조를 가진 탠덤 태양전지, 태양전지 모듈을 모두 포함할 수 있다. 또한, 일반적으로 광전변환을 하는 주체인 광활성층에서 얼마나 많은 광을 활용하는지가 태양전지의 성능과 직결될 수 있기 때문에, 광활성층을 통과하는 광의 활용도를 높이기 위해 상대전극을 불투명하게 만들고, 이를 통해 광활성층을 통과 후 남은 광이 상대전극에서 반사된 광을 다시 활용하는 것이 일반적이다. 따라서, 일반적인 태양전지라고 함은 불투명한 태양전지를 포함할 수 있다.

【0053】본 명세서에서는 설명의 편의를 위해 본 발명을 태양전지로 설명하나, 이는 하나의 예시에 부로가하며 상기된 다양한 태양전지로 활용될 수 있다.

【0054】본 명세서에서 사용되는 용어인 “수광전극”은 태양광을 포함하는 모든 종류의 빛이 태양전지에 입사 될 때, 가장 먼저 빛을 받는 전극을 의미할 수 있다. 본 명세서에서 수광전극은 제1 전극이란 명칭으로 사용할 수 있고, 수광전극의 반대전극을 상대전극 및 제2 전극이란 명칭으로 사용할 수 있다.

【0055】본 명세서에서 사용되는 용어인 “전하수송층”은 정공 또는 전자를 태양전지 내에서 원활히 수송하는 역할을 수행하는 층으로서, 정공을 수송하는 경우에는 정공수송층 전자를 수송하는 경우에는 전자수송층으로 사용할 수 있다.

【0056】본 명세서에서 사용되는 용어인 “투명전극”은 수광전극과 광활성층을 통과하고 나온 광을 받게 되는 반대쪽에 있는 상대전극 위치의 투과도가 높아진 전극을 의미할 수 있다.

【0057】본 명세서에서 사용되는 용어인 “상온”은 약 10 ℃ 내지 30 ℃ 사이의 온도를 의미할 수 있다.

【0058】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지는 순차 적층된 수광전극, 제1 전하수송층, 광활성층 및 상대전극을 포함하고, 상기 광활성층 상단의 상대전극 위치에 복합 투명전극을 포함하며, 상기 복합 투명전극은 유기, 무기 반도체 화합물 및 금속을 포함할 수 있다. 이 때, 도 1에 나타낸 것과 같이 복합 투명전극은 다층을 형성하는 구조를 포함할 수 있다.

【0059】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지는 복합 투명전극이 광활성층 상단에 위치하여, 입사되고 광활성층을 통과한 광을 효과적으로 투과함으로써 우수한 투과도를 나타낼 수 있다.

【0060】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지는 광활성층과 복합 투명전극 사이에 전하수송층을 포함할 수 있다. 이 때, 전하수송층은 정공수송층 또는 전자수송층일 수 있다.

【0061】복합 투명전극은 단층 또는 다층의 형태로 광활성층과 제2 전하수송층 상단에 위치한다면, 반투명 태양전지의 구조는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면, 본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 구조는 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/상대전극을 포함할 수 있고, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/복합 투명전극을 포함할 수 있다. 또한, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/제2 전하수송층/상대전극을 포함할 수 있고, 수광전극/제1전하수송층/광활성층/제2 전하수송층/복합 투명전극을 포함할 수 있다. 또한, 복합 투명전극은 단층 또는 다층 구조를 형성할 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 구조는 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/복합 투명전극(1)을 포함할 수 있고, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)을 포함할 수 있고, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3)을 포함할 수 있으며, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3)/복합 투명전극(4)를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들면, 본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 구조는 수광전극/제1 전하수

송층/광활성층/제2 전하수송층/복합 투명전극(1)을 포함할 수 있고, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/제2 전하수송층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)을 포함할 수 있고, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/제2 전하수송층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3)을 포함할 수 있으며, 수광전극/제1 전하수송층/광활성층/제2 전하수송층/복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3)/복합 투명전극(4)를 포함할 수 있다.

【0062】본 발명에서 사용되는 용어인 “위에” 또는 “상단에”는 물리적으로 접촉한 채 어떤 물체에 적층된 것을 의미할 수 있고, 물리적으로 접촉하지 않으나 다른 물질을 사이로 하여 적층된 것을 의미할 수 있다.

【0063】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지는 광활성층과 복합 투명전극 사이에 전하수송층을 포함할 수 있다. 이 때, 전하수송층은 정공수송층 또는 전자수송층일 수 있다. 또한, 전하수송층은 수광전극과 복합 투명전극의 구조와 에너지 준위에 따라 정공수송층 또는 전자수송층을 포함하는 것이 바람직하다.

【0064】도 1a 내지 1e는 본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지를 각각 나타낸 것이다. 도1a 내지 1d는 복합 투명전극을 포함한 반투명 태양전지의 구조를 나타낸 것이다. 또한, 도 1e는 불투명한 상대전극을 포함한 일반적인 태양전지 구조를 나타낸 것이다. 도 1a는 투명 기판(110), 제1 전극(120), 제1 전하수송층(130), 광활성층(140), 제2 전하수송층(150) 및 복합 투명전극 1(160-1) 순으로 적층된 반투명 태양전지의 구조를 도시한 것이다. 도 1b는 투명 기판(110), 제1 전극(120), 제1 전하수송층(130), 광활성층(140), 제2 전하수송층(150), 복합 투명전극

1(160-1) 및 복합 투명전극 2(160-2) 순으로 적층된 반투명 태양전지의 구조를 도시한 것이다. 도 1c는 투명 기판(110), 제1 전극(120), 제1 전하수송층(130), 광활성층(140), 제2 전하수송층(150), 복합 투명전극 1(160-1), 복합 투명전극 2(160-2) 및 복합 투명전극 3(160-3) 순ㅇ로 적층된 반투명 태양전지의 구조를 도시한 것이다. 도 1d는 투명 기판(110), 제1 전극(120), 제1 전하수송층(130), 광활성층(140), 제2 전하수송층(150), 복합 투명전극 1(160-1), 복합 투명전극 2(160-2), 복합 투명전극 3(160-3) 및 복합 투명전극 4(160-4) 순으로 적층된 반투명 태양전지의 구조를 도시한 것이다. 도 1e는 투명 기판(110), 제1 전극(120), 제1 전하수송층(130), 광활성층(140), 제2 전하수송층(150) 및 불투명 제2 전극(160) 순으로 적층된 태양전지를 도시한 것이다.

【0065】 본 발명의 일 예에 따른 복합 투명전극은 유기 반도체, 무기 반도체 화합물 및 금속을 포함할 수 있다. 복합 투명전극은 특정 파장의 광에 대한 투과성이 높은 반도체 및 금속의 조합을 의미할 수 있다. 또한, 복합 투명전극은 면저항이 낮고, 전기전도도가 높은 반도체 및 금속의 조합을 의미할 수 있다. 여기서, 특정 파장의 광에 대한 투과성이 높다는 의미는, 특정 파장에 피크(peak)를 가지는 광의 흡수율이 낮으며, 투과율이 높은 것을 말한다.

【0066】 상기 특정 파장의 광은 일반적인 가시광 영역인 380 nm 이상 780 nm 미만에 피크를 가지는 파장의 광, 또는 405 nm 이상 730 nm 미만에 피크를 가지는 파장의 광, 또는 415 nm 이상 705 nm 미만에 피크를 가지는 파장의 광일 수 있다.

【0067】복합 투명전극에 포함되는 유기 반도체 화합물은 PFN(Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)]), PFN-OH(Poly[9,9-bis(6′ -(diethanolamino)hexyl)fluorene]), PFN-Br(Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)] dibromide) 등의 화합물일 수 있고, PDINN(2,9-Bis(3-((3-(dimethylamino)propyl)amino)propyl)anthra[2,1,9-def:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetraone), PDINO(2,9-Bis[3-(dimethyloxidoamino)propyl]anthra[2,1,9-def:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetrone) 등의 화합물일 수 있고, PEDOT:PSS(poly (3,4-ethylene dioxythiophene):polystyrene sulfonate), PEDOT(poly (3,4-ethylene dioxythiophene)), PEDOS(poly(3,4-ethylene dioxy selenophene) 등의 화합물일 수 있다.

【0068】복합 투명전극에 포함되는 무기 반도체 화합물은 주기율표 상 전이금속을 포함한 화합물 (TiO_2, ZrO_2, V_2O_3, Nb_2O_5, WO_3, MoO_3, NiO, CuO, ZnO 등) 및 금속 화합물 (Ga_2O_3, In_2O_3, Sn_2O_3, Sb_2O_3, TeO_2 등) 등으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상이 선택된 것일 수 있다.

【0069】본 발명에서 사용되는 무기 반도체 화합물은 산화물(oxide) 형태의 반도체 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들면, 전이금속을 포함한 무기 반도체 산화물 및 금속을 포함한 무기 반도체 산화물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상이 선택된 것일 수 있다.

【0070】전이금속을 포함한 무기 반도체 산화물은 예를 들면 이산화 티타늄(TiO_2), 이산화 지르코늄(ZrO_2), 산화 바나듐(V_2O_3), 오산화나이오븀(Nb_2O_5), 삼산화 텅스텐(WO_3), 삼산화 몰리브덴(MoO_3), 산화 니켈(NiO), 산화 구리(CuO), 산화 아연(ZnO) 등이 있다. 금속을 포함한 무기 반도체 산화물은 예를 들면 산화제이갈륨(Ga_2O_3), 산화 인듐(In_2O_3), 산화 주석(Sn_2O_3), 삼산화 안티모니(Sb_2O_3), 이산화 텔루륨(TeO_2) 등이 있다. 또한 무기 반도체 형태의 산화물은 상기된 종류에 제한되는 것은 아니다.

【0071】복합 투명전극에 포함되는 금속은 일반적인 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상이 선택된 것일 수 있다. 보다 구체적으로, 대기 중 노출에 대한 산화 안정성이 큰 물질인 것이 바람직하며, Cu, Ag, Au, W, Ni, Al 및 Ti을 사용할 수 있고 제조되는 태양전지의 구조를 고려하여 적절히 선택될 수 있다.

【0072】상기 무기 반도체층을 형성하기 위해서 무기 금속 산화물 전구체를 용매에 용해시켜 WO_3, V_2O_3, NiO, MoO_3, TeO_2 등과 같은 금속 산화물로 전이시킬 수 있다. 이 때, 사용할 수 있는 무기 금속 산화물 전구체는 몰리브덴 전구체는 텅스텐 전구체, 바나듐 전구체, 니켈 전구체, 몰리브덴 전구체 등일 수 있다. 예를 들면, 몰리브덴 디아세틸아세토네이트 디옥사이드(molybdenum diacetylacetonate dioxide), 암모늄 헵타몰리브데이트 테트라하이드레이트(ammonium heptamolybdate tetrahydrate), 니켈 아세틸아세토네이트(nickel(II) acetylacetonate), 니켈 아세테이트(nickel(II) acetate), 바나튬 아세테이트(vanadium acetate), 텅스텐 에톡

사이드(tungsten(V, VI) ethoxide), 인몰리브덴산(phosphomolybdic acid) 및 포스포텅스텐산(phosphotungstic acid) 등일 수 있다.

【0073】본 발명의 일 예에 따른 태양전지 제조방법은 수광전극(또는 제1 전극)과 광활성층을 형성하고 준비된 복합 투명전극 조성물로 복합 투명전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 이 때, 복합 투명전극은 시판된 물질을 사용하여 준비할 수도 있다.

【0074】복합 투명전극은 제1 용매에 무기 반도체 화합물을 분산시켜 무기 반도체 분산액을 수득하여 준비할 수 있다.

【0075】이 때, 제1 용매는 극성이 있는 분자로 된 용매인 극성 용매(polar solvent)일 수 있다. 보다 구체적으로, 물, 히드록시기를 함유하는 화합물(메탄올, 에탄올, 2-메톡시에탄올, 2-에톡시에탄올, 프로판올, 2-프로판올, 부탄올, 펜탄올, 헥산올 및 이들의 혼합물 등), 카르복시기를 함유하는 화합물(포름산, 아세트산 및 이들의 혼합물 등), 케톤기를 함유하는 화합물(아세톤 등) 및 아민기를 함유하는 화합물(N, N-디메틸포름아민, N, N-디메틸아세트아민, 에탄올아민 및 이들의 혼합물 등)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 또한, 제1 용매는 무수물(anhydride)의 형태일 수도 있다. 유기 반도체 또는 무기 반도체 분산액의 안정성을 고려하면 제1 용매는 물 또는 히드록시기를 함유하는 화합물 중 적어도 하나 이상일 수 있다. 제1 용매에 예시된 각 화합물의 혼합물은 두 개 이상의 화합물을 혼합한 것을 의미한다. 예를 들면, 히드록시기를 함유하는 화합물에서 메탄올, 에탄올, 2-메톡시에탄올, 2-프로판올을 혼합한 혼합물이 제1 용매일 수 있다. 또한, 제

1 용매는 각 화합물에서 하나 이상의 화합물을 혼합한 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 히드록시기를 함유하는 혼합물에서2-메톡시에탄올을 선택하고 아민기를 함유하는 화합물에서 에탄올아민을 선택하여 둘을 혼합한 혼합물이 제1 용매일 수 있다.

【0076】복합 투명전극 조성물은 상기 제1 용매에 무기 반도체 분산액을 형성한 뒤, 제2 용매에 분산시킨 유기 반도체인 전도성 고분자, 무기 반도체인 금속 산화물 또는 이들의 조합을 혼합한 복합 조성물을 준비할 수 있다. 이 때, 제2 용매는 제1 용매와 마찬가지로 극성 용매일 수 있다.

【0077】본 발명의 일 예에 따른 복합 투명전극은 그 형성 과정에서 조성의 변화를 통해 투과도와 전기전도도를 증가시킬 수 있다. 이 때, 복합 투명전극은 상온에서 1 내지 10^4 g/㎤, 또는 10 내지 10^4 g/㎤, 또는 10^2 내지 10^4 g/㎤, 또는 10^3 내지 10^4 g/㎤의 함량 범위로 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 또는 금속을 포함할 수 있다. 상기와 같은 함량의 화합물을 포함함으로써, 가시광 영역의 투과도를 증가시킬 수 있고, 고전도도 특성을 통해 성능이 향상될 수 있다.

【0078】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 복합 투명전극은 유기 반도체 화합물과 무기 반도체 화합물을 각각 포함하는 조성을 가질 수 있다. 이 때, 유기 반도체 화합물과 무기 반도체 화합물의 조성은 1 : 0 비율, 또는 0.9 : 0.1 비율, 또는 0.8 : 0.2 비율, 또는 0.7 : 0.3 비율, 또는 0.6 : 0.4 비율, 또는 0.5 : 0.5 비율, 또는 0.4 : 0.6 비율, 또는 0.3 : 0.7 비율, 또는 0.2 : 0.8 비율, 또는 0.1 : 0.9 비율, 또는 0 : 1 비율 일 수 있다. 이 때, 상기 조성비는

무게비 또는 부피비일 수 있으며, 광학적 및 전기적 특성에 따라 선택되는 것이 바람직하다.

【0079】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 복합 투명전극은 반도체 화합물과 금속 전극을 다층으로 동시에 포함할 수 있으며, 이 때, 상기 반도체 화합물층은 유기 반도체 화합물과 무기 반도체 화합물을 동시에 포함할 수 있다. 또한, 반도체 화합물과 금속 전극을 각각 포함하는 조성을 가질 수 있다. 이 때, 반도체 화합물과 금속 전극의 조성은 1 : 10 비율, 또는 1 : 9 비율, 또는 1 : 8 비율, 또는 1 : 7 비율, 또는 1 : 6 비율, 또는 1 : 5 비율, 또는 1 : 4 비율, 또는 1 : 3 비율, 또는 1 : 2 비율, 또는 1 : 1 비율일 수 있다. 이 때, 상기 조성비는 층이 형성되는 두께일 수 있으며, 광학적 및 전기적 특성에 따라 선택되는 것이 바람직하다.

【0080】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지의 복합 투명전극은 광활성층 또는 제2 전하수송층 상단에 있으면서, 광활성층 또는 제2 전하수송층의 표면으로부터 0.5 내지 100 nm 간격, 또는 0.5 내지 90 nm 간격, 또는 0.5 내지 80 nm 간격, 또는 0.5 내지 70 nm 간격, 또는 0.5 내지 60 nm 간격, 또는 0.5 내지 50 nm 간격, 또는 0.5 내지 40 nm 간격, 또는 0.5 내지 30 nm 간격, 또는 0.5 내지 20 nm 간격, 또는 0.5 내지 10 nm 간격, 또는 0.5 내지 5 nm 간격으로 위치할 수 있다. 이 때, 상기 간격은 광활성층 또는 제2 전하수송층의 표면으로부터 복합 투명전극의 전체 두께를 의미한다. 또한, 상기 간격에서 광활성층 또는 제2 전하수송층의 표면은 복합 투명전극이 단층 또는 다층으로 적층 될 표면을 의미한다.

【0081】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지는 1 내지 1000 nm의 두께로 형성될 수 있다. 구체적으로는, 소면적 태양전지에서 약 1 내지 300 nm의 두께일 수 있으며, 1 내지 100 nm의 두께인 것이 바람직하다. 대면적 태양전지에서는 최대 1000 nm의 두께로 형성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 용어인 소면적 태양전지는 광활성 면적이 0.001 이상 0.1 cm^2 이하인 태양전지를 의미하고, 대면적 태양전지는 광활성 면적이 0.1 초과 100 cm^2 이하인 태양전지 또는 모듈을 의미할 수 있다.

【0082】본 발명의 일 예에 따른 반투명 태양전지 제조방법에서 유기 또는 무기 반도체 화합물을 포함한 복합 투명전극 조성물은 공지의 방법을 이용하여 형성될 수 있다. 예를 들면, 스핀 코팅 (spin-coating), 잉크젯 프린팅 (inkjet-printing), 바 코팅 (bar-coating), 슬롯다이 코팅 (slot-die coating) 등의 용액 공정을 통해 균일하게 도포하여 박막을 형성할 수 있다. 상기 스핀 코팅은 1,000 rpm 내지 5,000 rpm의 속도 도포할 수 있으며, 슬롯다이 코팅은 분산액이나 각종 조성물들을 0.1 내지 1.0 mL/min의 토출량과 0.1 내지 1.0 m/min의 속도로 도포할 수 있다. 또한, 금속을 포함한 복합 투명전극 조성물은 물리증착법(PVD), 화학증착법(CVD), 원자층 증착법(ALD) 또는 열증착법 등을 이용하여 형성할 수 있다.

【0083】상기 방법으로 제작된 반투명 태양전지는 소면적의 단위셀부터 대면적 및 모듈형 태양전지를 제조하는 경우에도 적용이 가능하기 때문에, BIPVs, AIPVs 등의 실외형 적용에 크게 기여할 수 있는 장점이 있다.

【0084】상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

【0086】<제조예 1A> 유기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성물의 형성>

【0087】본 발명에 따른 반투명 유기 태양전지를 제조하기 위해, 유기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성물을 제조하였다. 본 제조예에 사용된 유기 반도체인PEDOT:PSS는 가시광 영역에서 고투과성을 보이며, 높은 전도도 특성을 가지고 있다. 특히, 전도특성이 높은 PEDOT:PSS인 Heraeous社의 HTL Solar를 구매하여 사용하였다.

【0088】복합 투명전극 조성물을 제조하기 위해, 5 mL 바이알을 열처리, 진공 및 질소 치환하여 준비하였다. 극성 용매인 2-프로판올(2-propanol, isopropyl alcohol, CAS No. 67-63-0), 에탄올 무수물(ethanol anhydrous, CAS No. 67-56-1)을 포함하는 알코올 용매를 바이알에 넣어 준비하였다. 이후, 상기 알코올이 담긴 바이알에 PEDOT:PSS를 1:0.5의 부피 비율로 넣어 유기 반도체 조성물을 상온에서 형성하였다. 형성된 조성물을 파라 필름(para film)과 테플론 테이프(teflon tape)로 밀봉하여 롤-믹서(roll-mixer)에 1시간 이상 교반하였다. 이후 검은색의 맑은 용액을 수득하였다 (도 2a).

【0090】<제조예 1B> 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성물의 형성

【0091】 본 발명에 따른 반투명 유기 태양전지를 제조하기 위해, 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성물을 제조하였다. 본 제조예에 사용된 무기 반도체는 텅스텐 산화물(tungsten oxide) 조성물이며, 용액공정과 증착공정을 통해 박막을 형성하였을 때 고투과성을 보이며, 높은 전도도 특성을 가지고 있다. 이들은 Sigma Aldrich社의 텅스텐 에톡사이드(tungsten ethoxide) 전구체를 구매하여 사용하였다.

【0092】 복합 투명전극 조성물을 제조하기 위해, 5 mL 바이알을 열처리, 진공 및 질소 치환하여 준비하였다. 극성 용매인 2-프로판올(2-propanol, isopropyl alcohol, CAS No. 67-63-0), 에탄올 무수물(ethanol anhydrous, CAS No. 67-56-1)을 포함하는 알코올 용매를 바이알에 넣어 준비하였다. 이후, 상기 알코올이 담긴 바이알에 텅스텐 에톡사이드 전구체를 4 mg/mL의 농도로 넣어 무기물 반도체 조성물을 상온에서 형성하였다. 형성된 조성물을 para film과 teflon tape로 밀봉하여 롤-믹서(roll-mixer)에 30분 이상 교반하였다. 그리고 750W의 ultra-sonicator를 사용하여 30분동안 처리하였다. 이후 탁한 흰색의 용액을 수득하였다(도 2b).

【0094】<제조예 1C> 유기 반도체와 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성물의 형성

【0095】 상기 <제조예 1A>와 <제조예 1B>에서 제조된 유기 반도체 조성물과 무기 반도체 조성물을 포함한 복합 투명전극 조성물을 제조하기 위해, 5 mL 바이알을 열처리, 진공 및 질소 치환하여 준비하였다. 상기 유기 반도체 조성물과 무기 반도체 조성물을 9:1과 1:1의 부피비로 혼합하여 복합 투명전극 조성물을 상온에서 형성하였다. 형성된 조성물을 파라 필름(para film)과 테플론 테이프(teflon tape)로 밀봉하여 롤-믹서(roll-mixer)에 1시간 이상 교반하였다. 이후 검은색의 맑은 용액을 수득하였다 (도 2c, 도2d).

【0097】 1. 복합 투명전극의 제작

【0098】 <실시예 1> 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극1의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0099】 복합 투명전극1(도1a)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, 상기 <제조예 1A>, <제조예 1B>, 그리고 <제조예 1C>에서 제작된 복합 투명전극 조성물을 ITO glass 상단에 코팅 후 박막을 형성하였다. <제조예 1A>과 <제조예 1B>를 비교군으로, 그리고 <제조예 1C>의 9:1, 1:1 혼합비율로 조성된 복합 투명전극 조성물을 실험군으로 설정하였다. 전처리 된 ITO glass 상단에 조성물들을 각각 3000 rpm의 속도로 spin-coating 하였고, 100°C의 hot-plate 위에서 10분 동안 건조하였다.

【0101】<실시예 2> 금속을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극1의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0102】 복합 투명전극 1(도 1a)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, 금속인 금(Au)을 ITO glass 상단에 열증착 후 박막을 형성하였다.(도 3a) Au pallet을 열 증착기(thermal evaporator) 내부의 진공 챔버에 위치한 tungsten boat에 넣고 크라이오-펌프(cryo-pump)를 사용하여 1시간 이상 고진공 처리(under 10^{-7} torr) 하였다. 전처리 된 ITO glass를 진공 챔버로 이송한 뒤, ITO glass 상단에 약 0.03 내지 0.07 Å/s 범위의 rate로 1 nm(실시예 2-1), 2 nm(실시예 2-2), 5 nm(실시예 2-3), 10 nm(실시예 2-4), 20 nm(실시예 2-5)의 두께로 금속 박막을 형성하였다. 박막 형성 후, ITO glass를 로드-락(load-lock) 챔버로 이송하여, 질소(N_2) 가스를 충전하여 atm 상태로 압력 조정 후 박막이 형성된 투명한 샘플을 얻었다.(도 3b)

【0104】<실시예 3> 금속을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극 1의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0105】 복합 투명전극 1(도 1a)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, 금속인 은(Ag)을 ITO glass 상단에 열증착 후 박막을 형성하였다.(도 4a) Ag pallet을 thermal evaporator 내부의 진공 챔버에 위치한 PBN boat에 넣고 cryo-pump를 사용하여 1시간 이상 고진공 처리(under 10^{-7} torr) 하였다. 전처리 된 ITO glass를 진공 챔버로 이송한 뒤, ITO glass 상단에 약 1.00 내지

1.50 Å/s 범위의 rate로 5 nm(실시예 3-1), 10 nm(실시예 3-2), 15 nm(실시예 3-3), 20 nm(실시예 3-4), 30 nm(실시예 3-5), 50 nm(실시예 3-6), 80 nm(실시예 3-7), 100 nm(실시예 3-8)의 두께로 금속 박막을 형성하였다. 박막 형성 후, ITO glass를 load-lock 챔버로 이송하여, N_2 가스를 충전하여 atm 상태로 압력 조정 후 박막이 형성된 샘플을 얻었다.(도 4b)

【0107】<실시예 4> 금속산화물을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극 1의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0108】복합 투명전극 1(도 1a)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, 금속산화물인 몰리브덴 옥사이드(MoO_3)를 ITO glass 상단에 열증착 후 박막을 형성하였다.(도 5a) MoO_3 powder를 thermal evaporator 내부의 진공 챔버에 위치한 crucible에 넣고 cryo-pump를 사용하여 1시간 이상 고진공 처리(under 10^{-7} torr) 하였다. 전처리 된 ITO glass를 진공 챔버로 이송한 뒤, ITO glass 상단에 0.20 내지 0.30 Å/s 범위의 rate로 5 nm(실시예 4-1), 10 nm(실시예 4-2), 20 nm(실시예 4-3), 30 nm(실시예 4-4), 50 nm(실시예 4-5)의 두께로 금속 박막을 형성하였다. 박막 형성 후, ITO glass를 load-lock 챔버로 이송하여, N_2 가스를 충전하여 atm 상태로 압력 조정 후 박막이 형성된 투명한 샘플을 얻었다.(도 5b)

【0110】<실시예 5> 금속을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극 1/복합 투명전극 2의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0111】복합 투명전극 1/복합 투명전극 2(도 1b)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, Au/Ag층을 ITO glass 상단에 열증착 후 박막을 형성하였다.(도 6a) Au와 Ag pallet을 thermal evaporator 내부의 진공 챔버에 위치한 tungsten boat와 PBN boat에 넣고 cryo-pump를 사용하여 1시간 이상 고진공 처리(10^{-7} torr의 조건 하) 하였다. 전처리된 ITO glass를 진공 챔버로 이송한 뒤, ITO glass 상단에 Au 박막을 약 0.03~0.07 Å/s 범위의 rate로 각각 1 및 5 nm의 두께로 형성하였다. Au 박막 형성 후, Au 박막 상단에 Ag 박막을 약 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 5, 10, 15, 20, 30, 50, 100 nm의 두께로 형성하였다. [1/5(실시예 5-1), 1/10(실시예 5-2), 1/15(실시예 5-3), 1/20(실시예 5-4), 1/30(실시예 5-5), 1/50(실시예 5-6), 1/100(실시예 5-7), 5/5(실시예 5-8), 5/10(실시예 5-9), 5/15(실시예 5-10), 5/20(실시예 5-11), 5/100(실시예 5-12)] 박막 형성 후, ITO glass를 load-lock 챔버로 이송하여, N_2 가스를 충전하여 atm 상태로 압력 조정 후 박막이 형성된 샘플을 얻었다. Au가 1 nm인 박막(도 6b)들과, Au가 5 nm인 박막(도 6c)을 얻었으며, 조성비를 제어하여 박막을 제작하였다.

【0113】<실시예 6> 금속을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극 1/복합 투명전극 2/복합 투명전극 3의 투과도 및 전도도 평가를 위한 박막 제작

【0114】복합 투명전극 1/복합 투명전극 2/복합 투명전극 3(도 1c)로 도입될 수 있는 조성물의 투과도 및 전도도 평가를 위해, Au/Ag/Au 층을 ITO glass 상단에 열증착 후 박막을 형성하였다.(도 7a) Au와 Ag pallet을 thermal evaporator 내부

의 진공 챔버에 위치한 tungsten boat와 PBN boat에 넣고 cryo-pump를 사용하여 1 시간 이상 고진공 처리(10^{-7} torr의 조건 하) 하였다. 전처리된 ITO glass를 진공 챔버로 이송한 뒤, ITO glass 상단에 Au 박막을 약 0.03 내지 0.07 Å/s 범위의 rate로 각각 1 및 5 nm의 두께로 형성하였다. Au 박막 형성 후, Au 박막 상단에 Ag 박막을 약 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 15 nm의 두께로 형성하였다. Ag 박막 상단에 Au 박막을 0.03 내지 0.07 Å/s 범위의 rate로 1, 2, 5 nm 두께로 형성하였다.[1/15/1 nm(실시예6-1), 1/15/2 nm(실시예6-2), 1/15/5 nm(실시예6-3), 2/15/1 nm(실시예6-4), 2/15/2 nm(실시예6-5), 2/15/5 nm(실시예6-6), 5/15/1 nm (실시예6-7), 5/15/2 nm(실시예6-8), 5/15/5 nm(실시예6-9)] 박막 형성 후, ITO glass를 load-lock 챔버로 이송하여, N_2 가스를 충전하여 atm 상태로 압력 조정 후 박막이 형성된 샘플을 얻었다.(도 7b)

【0116】 2. 복합 투명전극을 도입한 반투명 유기 태양전지의 제조

【0117】 <실시예 10>

【0118】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 복합 투명전극은 복합 투명전극 조성물로 형성하였다.

【0120】 10.1; 정공수송층과 전자수송층 용액의 제조

【0121】 정공수송층으로서 PEDOT:PSS(AI 4083, Heraeus社)를 PTFE filter를 사용하여 filtration한 후 PEDOT:PSS 용액을 수득하였다. 전자수송층으로서 PDINN(2,9-bis[3-[[3-(dimethylamino)propyl]amino]propyl] -anthra[2,1,9-*def*:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetrone, CAS No. 1020180-01-1)을 methanol anhydrous 용매에 0.5 내지 2.0 mg/mL 농도로 녹인 후, PTFE filter를 사용하여 filtration 한 후 PDINN 용액을 수득하였다. 이후 정공수송층과 전자수송층 용액은 roll-mixer에 교반하여 보관하였다.

【0123】 10.2; 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 조성액의 제조

【0124】 상기 <제조예 1A>, <제조예 1B>에서와 동일한 방법으로 복합 투명전극 조성물을 수득하였다. 상온에서 이들을 roll-mixer에 보관하였다.

【0126】 10.3; 반투명 태양전지의 제조(1) | 준비 및 전처리

【0127】 ITO glass를 중성세제(neutral detergent, alconox), 2-프로판올(2-propanol) 및 증류수(distilled water) 순서로 초음파 세척기에서 초음파 처리를 통해 습식 세정 과정을 거쳤다. 각 단계 별로 초음파 처리 후 증류수로 헹구어주고, 질소(N_2) 가스로 수분을 제거하였다. 습식 세정 과정 이후, ITO 글래스를 핫 플레이트 위에서 120 ℃의 온도로 10 분동안 건조하였다. 건조된 ITO 글래스

를 자외선-오존 세척기(UV-ozone cleaner) 장치에서 자외선-오존 처리를 통하여 표면을 친수성(hydrophilic)으로 개질하였다.

【0129】 10.4; 반투명 태양전지의 제조(2) | 정공수송층 코팅

【0130】 상기 10.1 단계에서 준비된 정공수송층 용액을 대기중에서 상기 전처리된 ITO glass 상단에 30 nm 두께가 되도록 spin-coating 하였다. 이 때, 투명한 검정색의 박막이 형성되며, 박막 형성 후 150 ºC의 hot-plate에서 10분 동안 건조하였다.

【0132】 10.5; 반투명 태양전지의 제조(3) | 광활성 조성물 제조 및 광활성층 코팅

【0133】 전자 주개 물질인 PM6(PBDB-T-2F, Poly[[4,8-bis[5-(2-ethylhexyl)-4-fluoro-2-thienyl]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-2,6-diyl]-2,5-thiophenediyl[5,7-bis(2-ethylhexyl)-4,8-dioxo-4H,8H-benzo[1,2-c:4,5-c']dithiophene-1,3-diyl]-2,5-thiophenediyl], CAS No. 1802013-83-7) 와 전자 받개 물질인 Y6(2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3’ ':4’ ,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-difluoro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile, CAS No. 2304444-49-1), Y6-BO-4Cl(BTP-4Cl-12,

2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-butyloctyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3' ':4' ,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-dichloro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile, CAS No. 2447642-41-1), 또는 BTP-eC9(2,2'-[[12,13-Bis(2-butyloctyl)-12,13-dihydro-3,9-dinonylbisthieno[2'',3'':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-e:2',3'-g][2,1,3]benzothiadiazole-2,10-diyl]bis[methylidyne(5,6-chloro-3-oxo-1H-indene-2,1(3H)-diylidene)]]bis[propanedinitrile], CAS No. N/A) 을 1:1(w/w) 내지 1:1.2(w/w)로 혼합하여 사용함으로써 벌크 헤테로 정션 구조를 형성하여 광활성 조성물을 제조하였다.

【0134】 1-클로로나프탈렌(1-chloronaphthalene, Cas No. 90-13-1) 부피비를 기준으로 0.5 내지 1.0 부피비로 클로로벤젠 무수화물(chlorobenzene anhydrous, CAS No. 108-90-7) 또는 클로로포름 무수화물(chloroform anhydrous, CAS No.67-66-3)을 포함하는 혼합 용매를 준비하고, 상기 용매 1.0 중량비를 기준으로 상기 PM6와 Y6, Y6-BO-4Cl, BTP-eC9의 혼합 조성물을 0.5내지 1.5중량비를 상기 용매에 첨가하여 광활성 조성물을 제조하였다.

【0135】 상기 정공수송층이 형성된 박막 상단에 상기 광활성 조성물을 형성하기 전, 광활성 조성물을 대기 중에서 40도 내지 90 ℃의 온도로 활성화 과정을 거쳤고, 이후 N_2 치환된 글러브박스로 이송하여 40도 내지 90 ℃의 온도로

활성화했다. 이후, spin-coating을 통하여 80 내지 150 nm 두께의 박막을 형성하였다. 형성된 광활성층 박막은 100 내지 140 ℃의 hot-plate에서 15분간 열처리하였다.

【0137】 10.6; 반투명 태양전지의 제조(4) | 전자수송층 형성

【0138】 상기 10.1단계에서 형성된 전자수송층 용액을 형성된 광활성층 상단에 spin-coating 방법으로 도입하여 박막을 형성하였으며, 상온에서 15분간 건조하였다.

【0140】 10.7; 반투명 태양전지의 제조(4) | 복합 투명전극(1) 형성

【0141】 10.6단계에서 형성된 박막에 복합 투명전극 (1)을 형성하기 위해, 10.6단계에서 형성된 적층체를 cryo-pump를 사용하는 고진공 (under 10^{-7} torr) 진공 챔버로 이송하였다. 이후, Au를 0.03 내지 0.04 Å/s 범위의 rate로 5 nm 두께의 박막을 열 증착하여 형성하였다.

【0143】 10.8; 반투명 태양전지의 제조(5) | 복합 투명전극(2)층 형성

【0144】 10.7 단계에서 형성된 박막에 복합 투명전극 (2)를 형성하기 위해, 10.7 단계에서 형성된 적층체 상단에 Ag를 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 10 nm 두께의 박막을 열 증착하여 형성하였다.

【0146】10.9; 반투명 태양전지의 제조(6) | 복합 투명전극(3)층 형성

【0147】10.8 단계에서 형성된 박막에 복합 투명전극 (3)을 형성하기 위해, 10.8 단계에서 형성된 적층체 상단에 WO_3를 0.30 내지 0.40 Å/s 범위의 rate로 30 nm 두께의 박막을 열 증착하여 형성하였다.

【0149】10.10; 반투명 태양전지의 제조(7) | 복합 투명전극(4)층 형성

【0150】10.8 단계에서 형성된 박막을 진공 챔버에서 load-lock으로 이동시켜 N_2로 치환시킨 후, 적층체 필름을 대기중으로 옮겼다. 그 후, 복합 투명전극(4)를 형성하기 위해, 10.8 단계에서 형성된 적층체 상단에 10.2 단계에서 형성된 조성물 용액을 spin-coating을 통해 대기중에서 박막을 형성하였고, 상온 내지 100 °C의 온도에서 건조하였다.

【0152】<실시예 11>

【0153】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 복합 투명전극은 복합 투명전극 조성물로 형성하였다.

【0155】11.1; 정공수송층과 전자수송층 용액의 제조

【0156】상기 10.1단계와 동일한 방법을 통해 정공수송층과 전자수송층 용액을 준비하였다.

【0158】11.2; 반투명 태양전지의 제조(1) | 준비 및 전처리

【0159】상기 10.3 단계와 동일한 방법을 통해 ITO glass를 전처리 및 개질하였다.

【0161】11.3; 반투명 태양전지의 제조(2) | 정공수송층 코팅

【0162】상기 10.4 단계와 동일한 방법을 통해 정공수송층을 형성하였다.

【0164】11.4; 반투명 태양전지의 제조(3) | 광활성 조성물 제조 및 광활성층 코팅

【0165】상기 10.5 단계와 동일한 방법을 통해 광활성층을 형성하였다.

【0167】11.5; 반투명 태양전지의 제조(4) | 전자수송층 형성

【0168】상기 10.6 단계와 동일한 방법을 통해 전자수송층을 형성하였다.

【0170】11.6; 반투명 태양전지의 제조(4) | 복합 투명전극(1) 형성

【0171】상기 10.7 단계와 동일한 방법을 통해 복합 투명전극(1)인 Au 층을 5 nm 두께로 박막을 형성하였다.

【0173】11.7; 반투명 태양전지의 제조(5) | 복합 투명전극(2)층 형성

【0174】상기 10.8 단계와 동일한 방법을 통해 복합 투명전극(2)인 Ag 층을 15 nm 두께로 박막을 형성하였다.

【0176】11.8; 반투명 태양전지의 제조(6) | 복합 투명전극(3)층 형성

【0177】상기 10.9 단계와 동일한 방법을 통해 복합 투명전극(3)인 WO_3 층을 30 nm 두께로 박막을 형성하였다.

【0179】<실시예 12>

【0180】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 복합 투명전극은 복합 투명전극 조성물로 형성하였다. 이 때, 상기 11.8 단계에서 복합 투명전극(3)층을 MoO_3 층을 0.30 내지 0.40 Å/s 범위의 rate로 30 nm 두께로 도입한 것을 제외하고, 상기 11.1~11.7 단계까지 동일한 방법을 통해 반투명 태양전지를 제조하였다.

【0182】<실시예 13>

【0183】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 복합 투명전극은 복합 투명전극 조성물로 형성하였다. 이 때, 상기 11.1~11.7 단계까지 동일한 방법을 통해 반투명 태양전지를 제조하였다.

【0185】3. 복합 투명전극을 도입한 대면적 반투명 유기 태양전지의 제조

【0186】<실시예 14>

【0187】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 10>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0189】<실시예 15>

【0190】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극

(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 11>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0192】 <실시예 16>

【0193】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 12>와 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0195】 <실시예 17>

【0196】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 13>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0198】 <실시예 18>

【0199】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투

명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 투명 복합전극(4)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 10>과 광활성 형성 방법이 하기 18.5단계를 적용한 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0201】 18.5; 반투명 태양전지의 제조(3) | 광활성 조성물 제조 및 광활성층 코팅

【0202】 상기 10.5 단계에서 사용된 PM6와 같은 전자 주개 물질과, Y6, Y6-BO-4Cl, BTP-eC9 등 전자 받개 물질을 각각의 층으로 도입하는 layer by layer(LBL) 방법으로 도입하기 위하여 광활성 용액을 제조하였다. Chlorobenzene과 1-chloronaphthalene이 0.5 내지 1.0 부피비로 혼합된 용액에, 전자 주개를 0.5 내지 1.5 중량비 기준으로 녹여 전자 주개 용액을 제조하였다. 또한, chloroform과 1-chloronaphthalene이 0.5 내지 1.0 부피비로 혼합된 용액에, 전자 받개를 0.5 내지 1.5 중량비 기준으로 녹여 전자 받개 용액을 제조하였다.

【0203】 10.4 단계와 동일한 방법으로 정공수송층이 형성된 박막 상단에 상기 전자 주개 및 받개 박막을 형성하기 전, 각 조성물을 대기중에서 40 내지 90 ℃의 온도로 활성화 과정을 거쳤고, 이후 N_2 치환된 글러브박스로 이송하여 40 내지 90 ℃의 온도로 활성화했다. 이후, 전자 주개 용액을 도포하여 spin-coating을 통하여 박막을 형성하였고, 그 후 전자 받개 용액을 도포하여 전자 주개와 마찬가지로

박막을 형성하였다. 형성된 광활성층 박막은 100 내지 140 ℃의 온도의 hot-plate에서 10분간 열처리하였다.

【0205】 <실시예 19>

【0206】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 11>과 동일한 방법으로 제조하였고, 광활성층은 <실시예 18>과 동일한 LBL 방법으로 형성하였다.

【0208】 <실시예 20>

【0209】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 12>와 동일한 방법으로 제조하였고, 광활성층은 <실시예 18>과 동일한 LBL 방법으로 형성하였다.

【0211】 <실시예 21>

【0212】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 13>과 동일한 방법으로 제조하였고, 광활성층은 <실시예 18>과 동일한 LBL 방법으로 형성하였다.

【0214】<실시예 22>

【0215】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2);복합 투명전극(3);복합 투명전극(4)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 18>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일하게 제조하였다.

【0217】<실시예 23>

【0218】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2);복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 19>와 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일하게 제조하였다.

【0220】<실시예 24>

【0221】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2);복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 20>와 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일하게 제조하였다.

【0223】<실시예 25>

【0224】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)의 구조를 도입하여 정구조 대면적 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 21>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일하게 제조하였다.

【0226】<실시예 26>

【0227】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지 모듈을 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 전자수송층; 광활성층; 정공수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)의 구조를 도입하여 역구조 대면적 반투명 유기 태양전지 모듈(광활성 면적 = 30.0 cm^2)을 제조

하였다. 구체적으로는 하기 26.1~26.9 단계를 적용하였다.

【0229】 26.1; 반투명 태양전지 모듈의 제조(1) | 전자수송층 용액의 제조

【0230】 ZnO nanoparticle ink를 대기중에서 0.45 um PTFE filter를 통해 filteration 하고, roll-mixer에 보관하였다.

【0232】 26.2; 반투명 태양전지 모듈의 제조(2) | 준비 및 전처리

【0233】 상기 10.3 단계와 동일한 방법으로 대면적 ITO glass를 준비 및 전처리 하였다.

【0235】 26.3; 반투명 태양전지 모듈의 제조(3) | 정공수송층 코팅

【0236】 상기 26.1 단계에서 준비된 전자수송층 용액을 대기중에서 ITO glass 상단에 30 nm 두께가 되도록 slot-die coating 하였다. 이 때 0.5 내지 1.5 mL/min의 토출량과 0.5 내지 1.5 m/min의 속도로 박막을 형성하였으며, 박막 형성 후 100 ℃의 hot-plate에서 10분 동안 건조하였다.

【0238】 26.4; 반투명 태양전지 모듈의 제조(3) | 광활성 조성물 제조 및 광활성층 코팅

【0239】 상기 10.5 단계와 동일한 방법을 통해 광활성층 조성물을 제조하였으며, 상기 26.3 단계와 동일한 방법을 통해 slot-die coating으로 광활성층 박막

을 형성하였다. 박막 형성 후 100 ℃의 hot-plate에서 10분 동안 건조하였다.

【0241】 26.5; 반투명 태양전지 모듈의 제조(4) | 정공수송층 형성

【0242】 상기 10.1 단계와 동일한 방법을 통해 정공수송층 용액을 제조하였으며, 상기 26.3 단계와 동일한 방법을 통해 slot-die coating으로 전자수송층 박막을 형성하였다. 박막 형성 후 상온에서 15분간 건조하였다.

【0244】 26.6~26.9; 반투명 태양전지 모듈의 제조(5)~(9) | 복합 투명전극(1)~(4) 형성

【0245】 상기 10.7~10.10 단계와 동일한 방법을 통해 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)를 형성하였다.

【0247】 <비교실시예 1>

【0248】 상단에 복합 투명전극을 제외하고 불투명전극을 포함하는 불투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 제2 전극(불투명)의 구조를 도입하여 정구조 불투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1e) 이 때, 제2 전극은 상기 10.8 단계에서 도입된 방법과 마찬가지로 Ag를 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 100 nm 두께의 박막을 진공 열증착을 통해 형성하였다.

【0250】<비교실시예 2>

【0251】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1a) 이 때, 복합 투명전극(1)은 상기 10.8단계에서 도입된 방법과 마찬가지로 Ag를 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 15 nm 두께의 박막을 진공 열증착을 통해 형성하였다.

【0253】<비교실시예 3>

【0254】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1a) 이 때, 복합 투명전극(1)은 상기 10.7단계에서 도입된 방법과 마찬가지로 Au를 0.03 내지 0.04 Å/s 범위의 rate로 5 nm 두께의 박막을 진공 열증착을 통해 형성하였다.

【0256】<비교실시예 4>

【0257】복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제

조하였다.(도 1a) 이 때, 복합 투명전극(1)은 상기 <실시예 4>에서 도입된 방법과 마찬가지로 MoO_3를 0.30 내지 0.40 Å/s 범위의 rate로 30 nm 두께의 박막을 진공 열증착을 통해 형성하였다.

【0259】 <비교실시예 5>

【0260】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1c) 이 때, 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)은 상기 <실시예 6>에서 도입된 방법과 마찬가지로 Au를 0.03 내지 0.04 Å/s 범위의 rate로 5 nm 두께의 박막을, Ag를 1.00 내지 1.50 Å/s 범위의 rate로 15 nm 두께의 박막을, Au를 0.03 내지 0.04 Å/s 범위의 rate로 5 nm 두께의 박막을 진공 열증착을 통해 형성하였다.

【0262】 <비교실시예 6>

【0263】 상단에 복합 투명전극을 제외하고 불투명전극을 포함하는 불투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 제2 전극(불투명)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다.(도 1e) 이 때, 불투명 태양전지는 <비교실시예 1>과 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0265】 <비교실시예 7>

【0266】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1a) 이 때, 반투명 태양전지는 <비교실시예 2>와 광활성 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0268】 <비교실시예 8>

【0269】 상단에 복합 투명전극을 제외하고 불투명전극을 포함하는 불투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 제2 전극(불투명)의 구조를 도입하여 정구조 불투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제조하였다.(도 1e) 이 때, 불투명 태양전지는 <비교실시예 1>과 광활성층 형성 방법이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다. 이 때 광활성층은 상기 <실시예 18>과 동일한 방법으로 제조하였다.

【0271】 <비교실시예 9>

【0272】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)를 제

조하였다.(도 1a) 이 때, 반투명 태양전지는 <비교실시예 2>와 광활성층 형성 방법이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다. 이 때 광활성층은 상기 <실시예 18>과 동일한 방법으로 제조하였다.

【0274】 <비교실시예 10>

【0275】 상단에 복합 투명전극을 제외하고 불투명전극을 포함하는 불투명 대면적 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 제2 전극(불투명)의 구조를 도입하여 정구조 불투명 대면적 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다.(도 1e) 이 때, 불투명 태양전지는 <비교실시예 8>과 광활성층 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0277】 <비교실시예 11>

【0278】 복합 투명전극을 포함하는 반투명 대면적 태양전지를 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 복합 투명전극(1)의 구조를 도입하여 정구조 반투명 대면적 유기 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)를 제조하였다.(도 1a) 이 때, 반투명 태양전지는 <비교실시예 9>와 광활성층 면적이 다른 것을 제외하고 동일한 방법으로 제조하였다.

【0280】 <비교실시예 12>

【0281】 불투명전극을 포함하는 불투명 태양전지 모듈을 제조하기 위하여, 투명 기판; 수광전극(제1 전극); 정공수송층; 광활성층; 전자수송층; 제2 전극(불투명)의 구조를 도입하여 역구조 대면적 반투명 유기 태양전지 모듈(광활성 면적 = 30.0 cm^2)을 제조하였다. 이 때, 반투명 태양전지는 <실시예 26>과 제2 전극 구조가 다른 것을 제외하고 동일하게 제조하였다. 제2 전극은 <비교실시예 1>과 동일한 방법으로 제조하였다.

【0283】 3. 특성 평가 시험 및 결과

【0284】 <시험예 1> 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 박막의 전도도 특성 평가 결과

【0285】 상기 <제조예 1>에서 형성된 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 박막의 전기전도도를 평가하기 위해 4-프로브 스테이션(4-probe station)을 사용해 전기적 특성을 분석하였다. 상기 전기적 특성을 분석했다. 1 ㎜ 씩 떨어져 있는 탐침 사이의 미세전류를 통해 면저항을 측정하였으며, 두께를 고려하여 전기전도도를 계산하였다. 상기 전기적 특성을 표 1에 나타냈다.

【0287】 <시험예 2> 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 박막의 투과도 특성 평가 결과

【0288】 상기 <제조예 1>에서 형성된 유기 반도체 및 무기 반도체를 포함한 복합 투명전극 박막의 투과도 특성을 평가하기 위해 자외선-가시광 분광(UV-vis

spectroscopy, Agilent 8453) 분석을 수행하였다. 상기 광학 특성 분석의 결과는 도11에 나타냈다. 본 <시험예 1>에서 측정된 투과도 특성은 가시광 영역에서 투과도를 의미하는 average visible transmittance(AVT) 값을 구하여 직접적으로 비교하였으며, λ = 380 ~ 780 nm 파장대 영역에서 integrated methods를 사용한 방법과, λ = 300 ~ 900 nm 파장대 영역에서 calculation methods를 사용한 방법 두 가지 모두를 사용하여 평가하였다. 이 때, AVT 값은 하기 [계산식 1]의 방법을 통해 계산되었으며, T(λ)는 일정 영역에서의 투과도 값, V(λ)는 photopic response, AM 1.5G(λ)는 photon flux를 의미하며, 이러한 계산 방법은 [*Joule*, 2019, 3, 1795-1809] 문헌을 참조하였다. 상기 AVT 값을 표 1에 나타냈다.

【0290】[계산식 1]

$$AVT = \frac{\int T(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot AM\ 1.5G(\lambda)\, d\lambda}{\int V(\lambda) \cdot AM\ 1.5G(\lambda)\, d\lambda}$$

【0291】

【0292】 **【표 1】**

투명 전극	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
제조예 1A	99.83	2003.39	85.50	86.43
제조예 1B	87.81	2277.48	98.47	98.69
제조예 1C (9:1 v/v%)	74.09	2699.45	87.08	88.03
제조예 1C (1:1 v/v%)	80.76	2476.33	89.78	90.75

【0293】상기 표 1에 나타낸 것과 같이, <제조예 1A>에서 제조된 PEDOT:PSS 박막보다 <제조예 1B>에서 제조된 WO_3 박막에서 높은 전도도 특성을 보였으며, 특히, λ = 380 ~ 780 nm 파장대 영역에서 계산된 AVT 값도 10% 이상 높은 값을 보였다. 또한, <제조예 1C>에서 부피비로 혼합된 조성물을 코팅한 박막에서는 9:1과 1:1 v/v% 모두에서 높은 투과도와 전도도 특성을 보였다.(도 11) 이를 통해 용액공정을 통해 복합 투명전극으로 활용이 가능한 점을 확인하였다.

【0295】<시험예 3> 금속(Au)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0296】상기 <실시예 2>에서 형성된 복합 투명전극(1) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 [표 2]에 나타냈고, 투과도 특성을 도12에 나타냈다.

【0297】**【표 2】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 2-1	1	9.33	10,609	82.4	84.5
실시예 2-2	2	9.48	10,333	79.3	79.5
실시예 2-3	5	7.83	177,248	66.2	67.1
실시예 2-4	10	1.95	416,244	53.4	59.4
실시예 2-5	20	1.31	439,810	44.9	53.4

【0298】상기 표 2에 나타낸 것과 같이, Au의 두께 증가에 따라 면저항이 감소되었고, 그에 따라 전도도가 급격하게 증가하였다. 또한, λ = 380 ~ 780 nm 파

장대 영역에서 계산된 AVT 값은 두께의 증가에 따라 감소되는 특성을 보였다. Au의 두께가 1, 2 nm(실시예 2-1, 2-2)의 범위에서는 79% 이상의 높은 AVT를 보였으나, 10,000 S/cm 부근의 전도도를 보였다. 반면에, 10, 20 nm(실시예 2-4, 2-5) 범위에서는 400,000 S/cm 이상의 높은 전도도를 보였으나, 60% 이하의 AVT를 보여 상대적으로 낮은 투과도를 보임. 결과적으로, 5 nm(실시예 2-3)의 두께에서 높은 전도도 및 투과도 특성을 보여, 복합 투명전극으로 적합한 특성을 보이는 것을 확인하였다.

【0300】 <시험예 4> 금속(Ag)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0301】 상기 <실시예 3>에서 형성된 복합 투명전극(1) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 3에 나타냈고, 투과도 특성을 도 13에 나타냈다.

【0302】 **【표 3】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 3-1	5	7.59	219,686	68.96	62.14
실시예 3-2	10	6.68	148,114	50.82	44.39
실시예 3-3	15	5.57	117,250	50.33	46.52
실시예 3-4	20	2.81	179,454	48.58	45.87
실시예 3-5	30	1.94	165,238	38.52	37.34
실시예 3-6	50	0.77	239,845	13.68	11.03
실시예 3-7	80	0.38	320,344	1.64	1.09
실시예 3-8	100	0.24	426,894	0.16	0.08

【0303】상기 표 3에 나타낸 것과 같이, Ag의 두께 증가에 따라 면저항이 감소되었고, 그에 따라 전도도가 급격하게 증가하였다. Ag의 두께가 15 nm(실시예 3-3)를 초과하는 경우, 50% 이하의 AVT를 보였고, 전도도 특성이 증가하였다. 특히, 50 nm 이상(실시예 3-6, 3-7, 3-8)에서는 우수한 전도도를 보이지만, AVT가 급격하게 감소되어 거의 불투명한 전극을 형성한다. 결과적으로, 우수한 투명전극을 제조하기 위해 5~15 nm 두께의 Ag 전극이 적합한 것을 확인하였다.

【0305】<시험예 5> 금속산화물(MoO_3)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0306】상기 <실시예 4>에서 형성된 복합 투명전극(1) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 4에 나타냈고, 투과도 특성을 도 14에 나타냈다.

【0307】**【표 4】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 4-1	5	5.35	305,899	99.61	99.71
실시예 4-2	10	19.46	51,388	98.67	98.63
실시예 4-3	20	37.07	13,289	97.75	97.52
실시예 4-4	30	66.12	5,817	94.17	92.07
실시예 4-5	50	71.60	2,971	92.48	89.27

【0308】상기 표 4에 나타낸 것과 같이, MoO_3는 두께 증가에 따라 면저항이 급격하게 증가되었고, 그에 따라 전도도가 급감하였다. 하지만, 두께에 상관없이

90% 이상의 AVT를 보였다. 특히, 20 nm 정도 까지의 범위에서 photopic response region인 555 nm 부근의 투과도가 높음으로써 더 높은 AVT 값을 기록하였다. 결과적으로, MoO_3는 낮은 전도도 때문에 주 투명전극으로 사용되기 보다는, 보조 투명전극으로 사용되어야 하며, 두께는 20 nm 부근이 가장 적합한 것을 확인하였다.

【0310】<시험예 6> 금속(Au/Ag)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0311】 상기 <실시예 5>에서 형성된 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 5에 나타냈고, 투과도 특성을 도15에 나타냈다.

【0312】 **【표 5】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 5-1	1/5	1.81	626,855	58.52	58.44
실시예 5-2	1/10	1.73	520,383	49.53	51.04
실시예 5-3	1/15	1.16	606,990	50.19	50.67
실시예 5-4	1/20	0.70	694,423	43.74	43.24
실시예 5-5	1/30	0.39	889,909	32.34	31.32
실시예 5-6	1/50	0.19	978,506	11.29	9.23
실시예 5-7	1/100	0.05	1,935,554	0.14	0.08
실시예 5-8	5/5	1.36	583,543	72.04	74.83
실시예 5-9	5/10	1.08	611,413	64.07	67.01
실시예 5-10	5/15	0.81	626,072	57.59	59.31
실시예 5-11	5/20	0.64	671,638	48.27	48.96
실시예 5-12	5/100	0.05	1,610,372	0.15	0.07

【0313】 상기 표 2와 표 5에 나타낸 것과 같이, Au의 두께가 증가함에 따라

전도도는 감소하나, AVT 값이 증가하여 투과도가 크게 증가한다. 또한 상기 표 3과 표 5에 나타낸 것과 같이, 얇은 Ag의 구조에서 Au의 도입으로 전도도와 투과도가 모두 크게 증가하는 특성을 보였다.[예를 들어, (실시예 3-1 < 실시예 5-1, 실시예 5-8), (실시예 3-2 < 실시예 5-2, 실시예 5-9) 등] 반면에, 두꺼운 Ag의 구조에서는 Au의 도입으로 전도도가 크게 증가되었으나, 투과도는 거의 변화 없는 특성을 보였다.[예를 들어, (실시예 3-8 < 실시예 5-7, 실시예 5-12)] 이러한 결과를 통해, Au와 Ag의 두께 제어를 통한 조성비의 변화로 전도도와 투과도가 높은 복합 투명전극 형성이 가능한 것을 확인할 수 있다.

【0315】<시험예 7> 금속(Au/Ag/Au)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)/복합투명전극(2)/복합 투명전극(3)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0316】상기 <실시예 6>에서 형성된 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 6에 나타냈고, 투과도 특성을 도16에 나타냈다.

【0317】**【표 6】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 6-1	1/15/1	1.20	489,796	56.3	56.9
실시예 6-2	1/15/2	1.25	440,953	50.3	50.9
실시예 6-3	1/15/5	1.24	383,447	49.4	51.9
실시예 6-4	2/15/1	1.08	512,908	54.3	54.8
실시예 6-5	2/15/2	1.00	506,910	53.1	53.1
실시예 6-6	2/15/5	1.02	444,578	49.2	50.5
실시예 6-7	5/15/1	0.81	583,090	54.8	57.2
실시예 6-8	5/15/2	1.75	259,500	59.2	63.5

실시예 6-9	5/15/5	0.81	487,900	50.6	51.9

【0318】 상기 표 5와 표 6에 나타낸 것과 같이, Au/Ag 구조의 상단에 Au층이 추가로 적층 되면서, 전도도는 소폭 감소했으나, 가시광 영역에서 AVT 값이 증가되는 경향을 보였다.[예를 들어, (실시예 5-3과 실시예 6-1), (실시예 5-10과 실시예 6-7)] 또한, 최상단의 Au층의 두께가 증가될수록, 전도도 감소 대비 투과도가 비슷하거나 소폭 증가한 경향을 보였다.[예를들어, 실시예 6-4, 6-5, 6-6] 결과적으로, 복합 투명전극의 조성비의 변화에 따라 전도도와 투과도 특성을 제어할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

【0320】 <시험예 8> 금속(Au/Ag/MoO_3)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)/복합투명전극(2)/복합 투명전극(3)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0321】 상기 <실시예 7>에서 형성된 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 7에 나타냈고, 투과도 특성을 도17에 나타냈다.

【0322】 **【표 7】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 7-1	1/15/5	0.52	863,883	53.24	54.18
실시예 7-2	1/15/10	0.70	518,546	56.88	57.28
실시예 7-3	1/15/15	0.92	356,093	66.30	67.25
실시예 7-4	1/15/30	0.74	288,191	62.46	62.69
실시예 7-5	2/15/5	0.81	554,950	59.66	60.81
실시예 7-6	2/15/10	0.83	436,390	59.87	60.30
실시예 7-7	2/15/15	0.87	357,460	61.63	62.18

실시예 7-8	2/15/30	1.25	168,553	63.70	64.27
실시예 7-9	5/15/5	0.78	529,187	54.54	56.70
실시예 7-10	5/15/10	0.86	372,830	62.73	66.46
실시예 7-11	5/15/15	0.95	300,067	63.63	66.43
실시예 7-12	5/15/30	0.88	219,518	70.41	74.48

【0323】 상기 표 5와 표 7에 나타낸 것과 같이, Au/Ag 구조의 상단에 MoO_3층이 추가로 적층 되면서, 전도도는 대부분 감소하였으나, 가시광 영역에서 AVT값이 크게 증가되는 특성을 보였다.[예를 들어, (실시예 5-3과 실시예 7-2, 7-3), (실시예 5-10과 실시예 7-10, 7-11)] 또한, MoO_3의 두께가 증가될수록 전도도 특성이 감소하나, AVT값이 크게 증가되는 특성을 보였다.[예를들어, 실시예 7-4, 실시예 7-8, 그리고 실시예 7-12] 결과적으로, Au/Ag구조의 상단에 dielectric metal oxides인 MoO_3가 도입되고, 조성의 변화를 통해 투과도를 크게 향상시킬 수 있는 것을 확인하였다.

【0325】 <시험예 9> 금속(Au/Ag/WO_3)을 포함한 복합 투명전극인 복합 투명전극(1)/복합투명전극(2)/복합 투명전극(3)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0326】 상기 <실시예 8>에서 형성된 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 [표 8]에 나타냈고, 투과도 특성을 도18에 나타냈다.

【0328】 <시험예 10> 금속(Au/Ag/WO_3/s-WO_3)을 포함한 복합 투명전극인 복합

투명전극(1)/복합투명전극(2)/복합 투명전극(3)/복합 투명전극(4)의 전도도 및 투과도 특성 평가 결과

【0329】 상기 <실시예 9>에서 형성된 복합 투명전극(1)/복합 투명전극(2)/복합 투명전극(3)/복합 투명전극(4) 박막의 전도도 및 투과도 특성을 평가하기 위해 상기 <시험예 1>, <시험예 2>와 동일한 방법을 적용하여 분석하였다. 이 때 전기적 특성을 표 8에 나타냈고, 투과도 특성을 도18에 나타냈다.

【0330】 **【표 8】**

투명 전극	두께 [nm]	면저항 [Ω/sq]	전도도 [S/cm]	$AVT_{integrated}$	$AVT_{calculated}$
실시예 8-1	1/10/30	0.67	358,785	66.20	68.26
실시예 8-2	5/10/30	0.72	306,462	69.34	71.42
실시예 9-1	1/10/30/30	0.59	239,060	69.66	71.82
실시예 9-2	5/10/30/30	0.63	210,145	73.34	75.54

【0331】 상기 표 5와 표 8에 나타낸 것과 같이, Au/Ag층 상단에 열증착을 통한 WO_3 층과 용액공정을 통한 WO_3 층의 도입으로 매우 낮은 면저항을 보였고, 가시광 영역에서 70% 이상의 매우 높은 AVT 값을 보였다.[예를들어, (실시예 5-2와 실시예 8-1, 9-1), (실시예 5-9와 실시예 8-2, 9-2)] 또한, 전도도 특성도 200,000 S/cm 이상으로 높은 특성을 보여 투명전극으로 매우 적합한 특성을 나타냈다. 결과적으로, 다층 형태의 복합 투명전극의 형성으로 높은 전도도 및 투과도 특성이 가능한 것을 확인했다.

【0333】 <시험예 11> 반투명 유기 태양전지의 특성 평가

【0334】상기 <실시예 10>내지 <실시예13>, <비교실시예 1> 내지 <비교실시예 5>에서 제조된 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)는 솔라 시뮬레이터(New port Oriel, 100 mW/cm^2)를 사용해 특성을 분석했고, 그 결과는 하기 표 9에 나타냈다.

【0335】구체적으로, 솔라 시뮬레이터는 대기 질량(Air mass: AM) 1.5 G 필터로 특성화 되었다. 또한, 상기 솔라 시뮬레이터는 AIST-인증된 실리콘 기준 소자를 이용하여 100 mW/cm^2로 세기가 보정되었다. 상기 실시예 및 비교실시예의 전류-전압 거동은 Keithley 2400 SMU를 이용하여 측정되었다.

【0336】본 시험예를 통해, 유기 태양전지의 특성 평가 요소인 단락 전류밀도(short circuit current density, J_{SC}), 개방 전압(open circuit voltage, V_{OC}), 필 팩터(fill factor, FF) 및 광전 변환 효율(power conversion efficiency, PCE)를 측정하였다. 이 때, 필 팩터(FF)는 최대 전력점에서 [전압(V_{MAX}) * 전류밀도(J_{MAX})] / [(개방 전압(V_{OC}) * 단락 전류밀도(J_{SC})]로 계산되었다. 또한, 광전 변환 효율(PCE)는 [단락 전류밀도(J_{SC}) * 개방 전압(V_{OC}) * 필 팩터(FF)] / P_{in}(=100 mW/cm^2)로 계산되었다.

【0337】**【표 9】**

유기 태양전지	J_{SC}(mA/cm^2)	V_{OC}(V)	FF(%)	PCE(%)	AVT_{cal}(%)
실시예 10	22.8	0.838	70.4	13.5	32.14
실시예 11	20.8	0.838	69.6	12.2	28.68
실시예 12	20.2	0.838	70.5	11.9	28.17
실시예 13	18.0	0.838	71.1	10.8	26.99
비교실시예 1	24.9	0.838	70.9	14.8	0.003
비교실시예 2	17.8	0.838	68.4	10.2	16.79
비교실시예 3	0.549	0.939	27.4	0.141	25.47
비교실시예 4	0.767	0.353	28.4	0.076	21.33
비교실시예 5	18.0	0.838	51.8	7.8	20.62

【0338】상기 표 9에 나타낸 결과와 같이, <실시예 10> 내지 <실시예 13>, <비교실시예 1> 내지 <비교실시예 5>에서 제작된 반투명/불투명 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)의 특성을 평가 및 비교하였다. <비교실시예 1>(Ag = 100 nm)에 따라 제작된 불투명 태양전지는 14.8%의 높은 PCE를 보였지만, 0.003%의 낮은 AVT 값을 보여, 불투명한 특성을 보였다. 또한, <비교실시예 2>(Ag = 15 nm)에 따라 제작된 반투명 태양전지는 10.2%의 PCE를 보이며, 16.79의 AVT값을 보여 낮은 투과도 특성을 보였다. <비교실시예 3>(Au = 5 nm), <비교실시예 4>(MoO_3 = 30 nm)에 따라 제작된 반투명 태양전지는 모두 낮은 PCE를 보였으나, 각각 25.47%, 21.33%의 AVT를 보여, 상대적으로 낮은 투과도 특성을 보였다. 또한 <비교실시예 5>[Au(5 nm)/ Ag(15 nm)/ Au(5 nm)]에 따라 제작된 반투명 태양전지 역시 7.8%의 낮은 PCE를 보이며, 20.62%의 AVT를 보여, 낮은 특성을 보였다. 이러한 결과는 상기 <시험예 3> 내지 <시험예 5>, 그리고 <시험예 7>에서 측정된 투명전극과 복합 투명전극의 전도도 및 투과도 결과와 마찬가지로, 투과도는 높지만 낮은 전도도 특성에서 기인한다.

【0339】상기 <실시예 10>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)[Au/$AgWO_3$/s-WO_3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지는 13.5%의 높은 PCE를 보이며, 32.14%의 높은 AVT 값을 보여, 가장 높은 성능 및 투과도 특성을 나타내, 우수한 반투명 태양전지라고 할 수 있다. 이와 마찬가지로, <실시예 11>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합

투명전극(3)[Au/Ag/WO_3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지는 최대 12.2%의 PCE, 28.68%의 높은 AVT 값을 보였고, <실시예 12>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/MoO_3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지는 최대 11.9%의 PCE, 28.17%의 높은 AVT값을 보여 상대적으로 우수한 반투명 태양전지 특성을 보였다. 또한, <실시예 13>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)[Au/Ag]의 구조를 가지는 반투명 태양전지 역시 10.8%의 PCE 및 26.99%의 AVT 특성을 나타냈다. 이러한 결과는 상기 <시험예 8> 내지 <실시예 10>에서 측정된 복합 투명전극의 전도도 및 투과도 결과와 마찬가지로, 높은 투과도 및 전도도 특성에서 기인한다.

【0340】 이러한 결과는 복합 투명전극을 도입할 때, 복합 투명전극의 종류, 두께 및 순서, 도입 방법 등에 따라 더 우수한 성능을 가지며 높은 투과도를 가지는 반투명 태양전지를 제조할 수 있음을 나타낸다.

【0342】 <시험예 12> 반투명 대면적 유기 태양전지의 특성 평가

【0343】 상기 <실시예 14>내지 <실시예 17>, <비교실시예 6>, <비교실시예 7>에서 제조된 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)는 솔라 시뮬레이터(New port Oriel, 100 mW/cm^2)를 사용해 특성을 분석했고, 그 결과는 하기 표 10에 나타냈다.

【0344】 **【표 10】**

유기 태양전지	J_{SC}(mA/cm^2)	V_{OC}(V)	FF(%)	PCE(%)	AVT_{cal}(%)
실시예 14	21.4	0.838	50.6	9.1	32.07
실시예 15	20.1	0.838	47.2	8.0	28.45

실시예 16	19.6	0.838	45.8	7.5	28.01
실시예 17	18.5	0.838	44.9	7.0	26.79
비교실시예 6	23.6	0.838	63.2	12.5	0.04
비교실시예 7	15.8	0.798	37.9	4.8	16.57

【0345】상기 표 10에 나타낸 결과와 같이, <실시예 14> 내지 <실시예 17>, <비교실시예 6>, <비교실시예 7>에서 제작된 반투명/불투명 대면적 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)의 특성을 평가 및 비교하였다. 상기 <비교실시예 6>(Ag = 100 nm)에 따라 제작된 불투명 대면적 태양전지는 최대 12.5%의 PCE를 보였고, 0.04%의 AVT 특성을 보여, 효율은 높지만 불투명한 특성을 보였다. <비교실시예 7>(Ag = 15 nm)에 따라 제작된 반투명 대면적 태양전지는 최대 4.8%의 PCE를 보였고, 16.57%의 AVT 특성을 보여, 비교적 낮은 특성을 보였다.

【0346】상기 <실시예 14>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)[Au/$AgWO_3$/s-WO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 최대 9.1%의 PCE를 보이며, 32.07%의 AVT값을 나타내, 높은 반투명 태양전지 특성을 보였다. 또한, 상기 <실시예 15>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/WO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 8.0%의 PCE, 28.45%의 AVT를 보였고, 상기 <실시예 16>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/MoO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 최대 7.5%의 PCE, 28.01%의 AVT를 보여, 높은 성능과 우수한 투과성을 나타냈다. 또한, 상기 <실시예 17>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)[Au/Ag]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지 역시

7.0%의 PCE와 26.79%의 AVT를 보여, 상대적으로 우수한 반투명 태양전지 특성을 나타냈다.

【0347】 이러한 결과는 상기 <시험예 11>의 결과와 마찬가지로, 반투명 대면적 태양전지에서도 복합 투명전극의 조성 변화를 통해 우수한 성능 및 투과성을 가지는 반투명 태양전지 개발이 가능함을 보여준다.

【0348】 <시험예 13> 반투명 유기 태양전지의 특성 평가

【0349】 상기 <실시예 18>내지 <실시예 21>, <비교실시예 8>, <비교실시예 9>에서 제조된 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)는 솔라 시뮬레이터(New port Oriel, 100 mW/cm^2)를 사용해 특성을 분석했고, 그 결과는 하기 표 11에 나타냈다. 또한, 제작된 유기 태양전지의 투과도 특성을 도 19에 나타냈다.

【0350】 **【표 11】**

유기 태양전지	J_{SC}(mA/cm^2)	V_{OC}(V)	FF(%)	PCE(%)	AVT_{cal}(%)
실시예 18	20.7	0.818	71.4	12.1	41.43
실시예 19	20.6	0.818	68.1	11.5	41.02
실시예 20	20.3	0.818	65.0	10.8	31.61
실시예 21	19.7	0.818	60.6	9.8	25.49
비교실시예 8	25.6	0.818	71.7	15.0	0.03
비교실시예 9	20.1	0.818	45.9	7.5	9.77

【0351】 상기 표 11에 나타낸 결과와 같이, <실시예 18> 내지 <실시예 21>, <비교실시예 8>, <비교실시예 9>에서 제작된 반투명/불투명 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)의 특성을 평가 및 비교하였다. 상기 <비교실시예 8>(Ag = 100 nm)에 따라 제작된 불투명 태양전지는 최대 15.0%의 PCE를 보였고, 0.03%의 AVT 특성을 보여, 효율은 높지만 불투명한 특성을 보였다. <비교실시예 7>(Ag = 15 nm)에 따라

제작된 반투명 태양전지는 최대 7.5%의 PCE를 보였고, 9.77%의 AVT 특성을 보여, 비교적 낮은 특성을 보였다.

【0352】상기 <실시예 18>에 따라 제작된 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)[Au/AgWO3/s-WO3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지는 최대 12.1%의 PCE를 보이며, 41.43%의 AVT를 나타내, 높은 반투명 태양전지 특성을 보였다. 또한, 상기 <실시예 19>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/WO3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지는 11.5%의 PCE, 41.02%의 AVT를 보였고, 상기 <실시예 20>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/MoO3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 최대 10.8%의 PCE, 31.61%의 AVT를 보여, 높은 성능과 우수한 투과성을 나타냈다. 또한, 상기 <실시예 21>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)[Au/Ag]의 구조를 가지는 반투명 태양전지 역시 9.8%의 PCE와 25.49%의 AVT를 보여, 상대적으로 우수한 반투명 태양전지 특성을 나타냈다.

【0353】상기 결과는 <시험예 11>의 결과와 유사한 경향을 보이며, 광활성층의 LBL적층에 따라 더욱 높은 AVT 특성을 나타냈다. 결과적으로, 복합 투명전극의 조성 및 광활성층의 조성에 따라 더 높은 투과 특성을 보이는 반투명 태양전지 제작이 가능했다.

【0355】<시험예 14> 반투명 대면적 유기 태양전지의 특성 평가

【0356】상기 <실시예 22>내지 <실시예 25>, <비교실시예 10>, <비교실시예 11>에서 제조된 반투명 유기 태양전지(광활성 면적 = 0.04 cm^2)는 솔라 시뮬레이터(New port Oriel, 100 mW/cm^2)를 사용해 특성을 분석했고, 그 결과는 하기 표 12에 나타냈다. 또한, 제작된 유기 태양전지의 투과도 특성을 도 20에 나타냈다.

【0357】**【표 12】**

유기 태양전지	J_{SC}(mA/cm^2)	V_{OC}(V)	FF(%)	PCE(%)	AVT_{cal}(%)
실시예 22	18.1	0.818	52.5	7.7	41.43
실시예 23	18.4	0.798	47.0	6.9	41.02
실시예 24	18.2	0.818	39.9	5.9	31.53
실시예 25	18.1	0.818	33.9	5.0	25.61
비교실시예 10	23.6	0.838	63.2	12.5	0.03
비교실시예 11	17.8	0.838	29.0	4.3	9.57

【0358】상기 표 12에 나타낸 결과와 같이, <실시예 22> 내지 <실시예 25>, <비교실시예 10>, <비교실시예 11>에서 제작된 반투명/불투명 대면적 태양전지(광활성 면적 = 1.00 cm^2)의 특성을 평가 및 비교하였다. 상기 <비교실시예 10>(Ag = 100 nm)에 따라 제작된 불투명 대면적 태양전지는 최대 12.5%의 PCE를 보였고, 0.03%의 AVT 특성을 보여, 효율은 높지만 불투명한 특성을 보였다. <비교실시예 11>(Ag = 15 nm)에 따라 제작된 반투명 대면적 태양전지는 최대 4.3%의 PCE를 보였고, 9.57%의 AVT 특성을 보여, 비교적 낮은 특성을 보였다.

【0359】상기 <실시예 22>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)[Au/Ag/WO_3/s-WO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 최대 7.7%의 PCE를 보이며, 41.43%의 AVT를 나타내, 높은 반투명 태양전지 특성을 보였다. 제작된 반투명 대면적 태양전지의 사진을 도 20에

나타냈다. 또한, 상기 <실시예 23>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/WO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 6.9%의 PCE, 41.02%의 AVT를 보였고, 상기 <실시예 24>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3)[Au/Ag/MoO_3]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지는 최대 5.9%의 PCE, 31.53%의 AVT를 보여, 높은 성능과 우수한 투과성을 나타냈다. 또한, 상기 <실시예 25>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2)[Au/Ag]의 구조를 가지는 반투명 대면적 태양전지 역시 5.0%의 PCE와 25.49%의 AVT를 보여, 상대적으로 우수한 반투명 태양전지 특성을 나타냈다.

【0360】 상기 결과는 <시험예 12>의 결과와 유사한 경향을 보이며, 광활성층의 LBL적층에 따라 더욱 높은 AVT 특성을 나타냈다. 결과적으로, 복합 투명전극의 조성 및 광활성층의 조성에 따라 더 높은 투과 특성을 보이는 반투명 태양전지 제작이 가능했다.

【0362】 <시험예 15> 반투명 대면적 유기 태양전지 모듈의 특성 평가

【0363】 상기 <실시예 26>, <비교실시예 12>에서 제조된 반투명/불투명 유기 태양전지모듈(광활성 면적 = 30.0 cm^2)는 솔라 시뮬레이터(New port Oriel, 100 mW/cm^2)를 사용해 특성을 분석했고, 그 결과는 하기 표 13에 나타냈다. 또한, 제작된 반투명 유기 태양전지의 투과도 특성을 도 21에 나타냈다.

【0364】 **【표 13】**

유기 태양전지	J_{SC}(mA/cm^2)	V_{OC}(V)	FF(%)	PCE(%)	AVT_{cal}(%)
실시예 26	2.3	6.3	41.6	6.0	20.24
비교실시예 12	2.9	6.3	48.7	8.9	0.17

【0365】상기 표 13에 나타낸 결과와 같이, <실시예 26>, <비교실시예 12>에서 제작된 반투명/불투명 대면적 태양전지 모듈(광활성 면적 = 30.0 cm^2)의 특성을 평가 및 비교하였다. 상기 <비교실시예 12>(Ag = 100 nm)에 따라 제작된 불투명 태양전지 모듈은 최대 8.9%의 PCE를 보였고, 0.17%의 AVT를 나타냈다. 상기 <실시예 26>에 따라 제작된 복합 투명전극(1); 복합 투명전극(2); 복합 투명전극(3); 복합 투명전극(4)[Au/Ag/WO_3/s-WO_3]의 구조를 가지는 반투명 태양전지 모듈은 최대 6.0%의 PCE를 보였고, 20.24%의 AVT를 나타냈다. 제작된 반투명 대면적 태양전지 모듈의 사진을 도 21에 나타냈다. 이러한 수치는 비교적 적은 면적(0.04, 1.00 cm^2)의 효율 및 투과도 대비 대면적 모듈(30.0 cm^2)에서 상기 <실시예 26>에서 나타낸 효율과 투과도는 우수한 수치라고 할 수 있다.

【0366】본 발명에서는 상기 기술한 바와 같이 상기 실시예, 비교실시예, 시험예를 통하여 광 파장 변환층을 포함하는 유기 태양전지의 제조방법을 설명하였으나, 이를 특별히 한정시킬 필요는 없으며, 상기 예시 들을 만족하는 어떠한 제조방법도 무방하다.

【청구범위】

【청구항 1】

제1 전극; 제1 전하수송층; 광활성층; 제2 전하수송층; 및 제2 전극을 포함하고,

제2 전극, 제2 전하수송층 및 광활성층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상이 다층 형태의 복합 투명전극을 포함하며,

상기 복합 투명전극은 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 유기 전자 소자.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상의 상단이 상기 복합 투명전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 유기 반도체 화합물이 PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate), PFN (Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)]), PFN-Br (Poly [(9,9-bis(3'-

(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)] dibromide), PDINN (2,9-Bis(3-((3-(dimethylamino)propyl)amino)propyl)anthra[2,1,9-def:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetraone), PDINO (2,9-Bis[3-(dimethyloxidoamino)propyl]anthra[2,1,9-def:6,5,10-d'e'f']diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetrone)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 무기 반도체 화합물이 티타늄 산화물, 지르코늄 산화물, 바나듐 산화물, 텅스텐 산화물, 몰리브덴 산화물, 니켈 산화물, 구리 산화물, 아연 산화물, 갈륨 산화물, 인듐 산화물, 주석 산화물, 안티모니 산화물 및 텔루륨 산화물로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 전도성 금속이 구리, 은, 금, 텅스텐, 니켈, 알루미늄 및 티타늄으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자

소자.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 복합 투명전극은, 380 nm 이상 780 nm 이하의 영역에서 피크를 가지는 제1 파장의 광에 대해 20%이상의 투과도를 갖는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

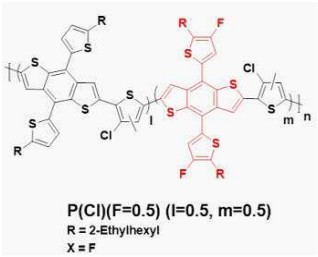
【청구항 7】

제1항에 있어서,

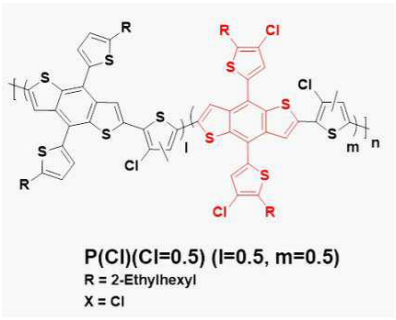
광활성층은 전자주개로 폴리[[4,8-비스[5-(2-에틸헥실)-4-플루오로-2-티에티닐]벤조[1,2-b:4,5-b']디티오펜-2,6-디닐]-2,5-티오펜디닐[5,7-비스(2-에틸헥실)-4,8-디옥소-4H,8H-벤조[1,2-c:4,5-c']디티오펜-1,3-디닐]-2,5-티오펜디닐](PM6 또는 PBDB-T-2F), 폴리[[4,8-비스[(2-에틸헥실)옥시]벤조[1,2-b:4,5-b']디티오펜-2,6-디일][3-플루오로-2-[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일]](PTB7), 폴리([2,6′-4,8-디(5-에틸헥실티에닐)벤조[1,2-b;3,3-b]디티오펜]{3-플루오로-2[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일})](PTB7-Th) 및 폴리[(2,6-(4,8-비스(5-(2-에틸헥실)티오펜-2-일)-벤조[1,2-b:4,5-b’]디티오펜))-알트-(5,5-(1’,3’-디-2-티에닐-5’,7’-비스(2-에틸헥실)벤조[1’,2’-c:4’,5’-c’]디티오펜-4,8-디오네)](PBDB-T)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상; 및

하기 화학식 1 내지 화학식 4로 표시되는 삼성분 공중합체로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상;으로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자:

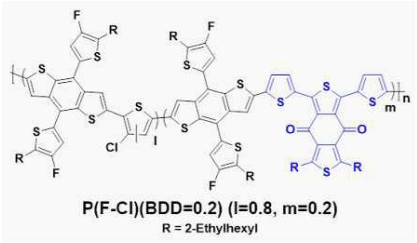
[화학식 1]



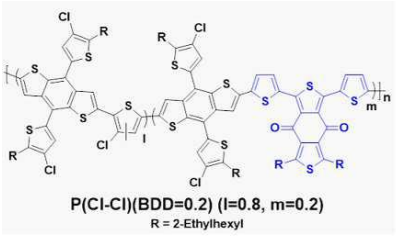
[화학식 2]



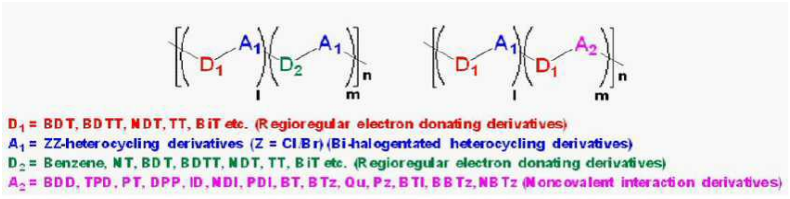
[화학식 3]



[화학식 4]



[화학식 5]



상기 화학식 1 내지 화학식 5에서, n은 1 내지 10,000 사이의 정수이고, 상기 화학식 5에서, l은 몰분율로서 0 ≤ l ≤ 1인 실수이고, m은 몰분율로서, 0 ≤ m ≤ 1인 실수이며, l + m = 1이다.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

광활성층이 전자받개로 2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3’:4’,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-difluoro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile (Y6), 2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-butyloctyl)-3,9-diundecyl-12,13-dihydro-[1,2,5]thiadiazolo[3,4-e]thieno[2",3’:4’,5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-g]thieno[2',3':4,5]thieno[3,2-b]indole-2,10-diyl)bis(methanylylidene))bis(5,6-dichloro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene))dimalononitrile (Y6-BO-4Cl 또는 BTP-4Cl-12), 2,2'- [[12,13-Bis(2-butyloctyl)-12,13-dihydro-3,9-dinonylbisthieno[2'',3'':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-e:2',3'-g][2,1,3]benzothiadiazole-2,10-diyl]bis[methylidyne(5,6-chloro-3-oxo-1H-indene-2,1(3H)-diylidene)]]bis[propanedinitrile](BTP-eC9), 페닐-C61-부틸산메틸에스터(PC61BM), 페닐-C71-부틸산메틸에스터(PC71BM), 3,9-비스(2-메틸렌-(3-(1,1-디시아노메틸렌)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(4-헥실페닐)-디티에노[2,3-d:2’,3’-d’]-s-인다세노[1,2-b:5,6-b’]디티오펜(ITIC), 3,9-비스(2-메틸렌-(3-(1,1-디시아노메틸렌)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(5-헥실티에닐)-디티에노[2,3-d:2’,3’-d’]-s-인다세노[1,2-b:5,6-b’]디티오펜(ITIC-Th), 2,7-비스(3-디시아

노메틸렌-2Z-메틸렌-인단-1-온)-4,4,9,9-테트라헥실-4,9-디히으로-s-인다세노[1,2-b:5,6-b′]디티오펜(IDIC) 및 3,9-비스(2-메틸렌-((3-(1,1-디시아노메틸렌)-6,7-디플루오로)-인다논))-5,5,11,11-테트라키스(4-헥실페닐)-디티에노[2,3-d:2’,3’-d’]-s-인다세노[1,2-b:5,6-b’]디티오펜(ITIC-4F)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

【청구항 9】

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 유기 전자 소자를 제조하는 제조방법으로서,

유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 복합 투명전극 용액을 제조하는 제1단계; 및

복합 투명전극 용액을 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 1 이상의 상단에 도포하여 복합 투명전극을 형성하는 제2단계; 및

무기반도체, 전도성 금속을 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 1 이상의 상단에 진공 증착하여 복합 투명전극을 형성하는 제3단계를 포함하는, 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 제2단계 및 제3단계가 상기 복합 투명전극의 조성 변화를 통해 상기 복

합 투명 전극의 전도도와 투과도를 향상시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 11】

제9항에 있어서,

상기 제2단계가 스핀 코팅, 슬롯 다이 코팅, 바 코팅, 스크린 프린팅, 진공 증착, 열 증착 및 스퍼터링으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상으로, 상기 광활성층 및 제2 전하수송층으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1 이상의 상단에 복합 투명전극을 다층으로 형성시키는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 12】

제10항에 있어서,

상기 복합 투명전극의 전도도와 투과도를 향상시키는 단계가 복합 투명전극의 두께 변화를 포함하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 13】

제10항에 있어서,

상기 유기 반도체 화합물, 무기 반도체 화합물 및 전도성 금속으로 이루어진 군으로부터 1 이상을 포함하는 복합 투명전극 용액의 농도가 1 내지 10^4 g/㎤인 것

을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 14】

제10항에 있어서,

상기 복합 투명전극의 두께가 1 nm 내지 1 μm인 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 15】

제11항에 있어서,

상기 제2단계 및 제3단계가, 상기 복합 투명전극 용액을 100 rpm 내지 10,000 rpm의 속도로 스핀코팅하여 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 16】

제11항에 있어서,

상기 제2단계 및 제3단계가, 복합 투명전극 용액을 0.1 내지 1.0 mL/min의 토출량과 0.1 내지 1.0 m/min의 속도로 슬롯다이 코팅하여 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 17】

제11항에 있어서,

상기 제2단계 및 제3단계가, 0.03 내지 3.0 Å/s의 속도로 복합 투명전극을 진공 증착하여 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자의 제조 방법.

【청구항 18】

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 전자 소자의 광활성 면적이 0.001 내지 300 cm^2인 것을 특징으로 하는 유기 전자 소자.

【요약서】

【요약】

본 발명은 고투과성 전하수송층을 포함하는 반투명 태양전지의 제작 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 고투과성 및 고이동도의 전하수송층과 전극으로 구성된 복합 투명전극을 도입하고, 그 조성을 변화시킴으로써 가시광 영역에서의 투과도를 높이며 우수한 성능을 보이는 태양전지에 관한 것이다.

본 발명에 따른 복합 투명전극이 도입된 반투명 태양전지는 수광전극을 통해 태양전지로 입사되고, 광활성층에서 발전에 활용된 후 통과된 광의 투과율을 증가시켜, 가시광 영역에서 반투명하게 보이며 투과도가 우수하다. 또한, 본 발명에 따른 반투명 태양전지는 복합 투명전극의 고이동도 특성을 통해 광전 변환 효율(PCE)을 향상시킬 수 있다.

【대표도】

도 1

【도면】

【도 1】

도 1a

도 1b

도 1c

도 1d

도 1e

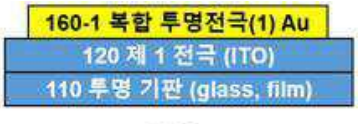
【도 2】

도 2a

도 2b

도 2c 도 2d

【도 3】



도 3a

1 nm 2 nm 5 nm 10 nm 20 nm

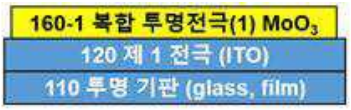
도 3b (Au thickness)

【도 4】

도 4a

도 4b (Ag thickness)

【도 5】

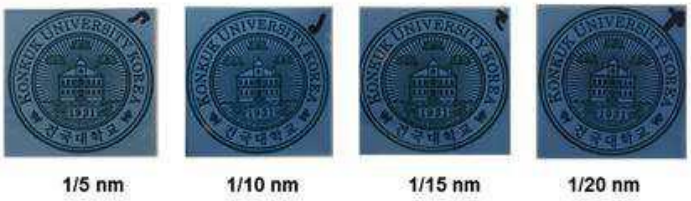


도 5a

도 5b (MoO_3 thickness)

【도 6】

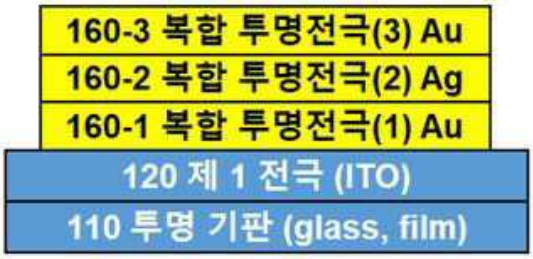
도 6a



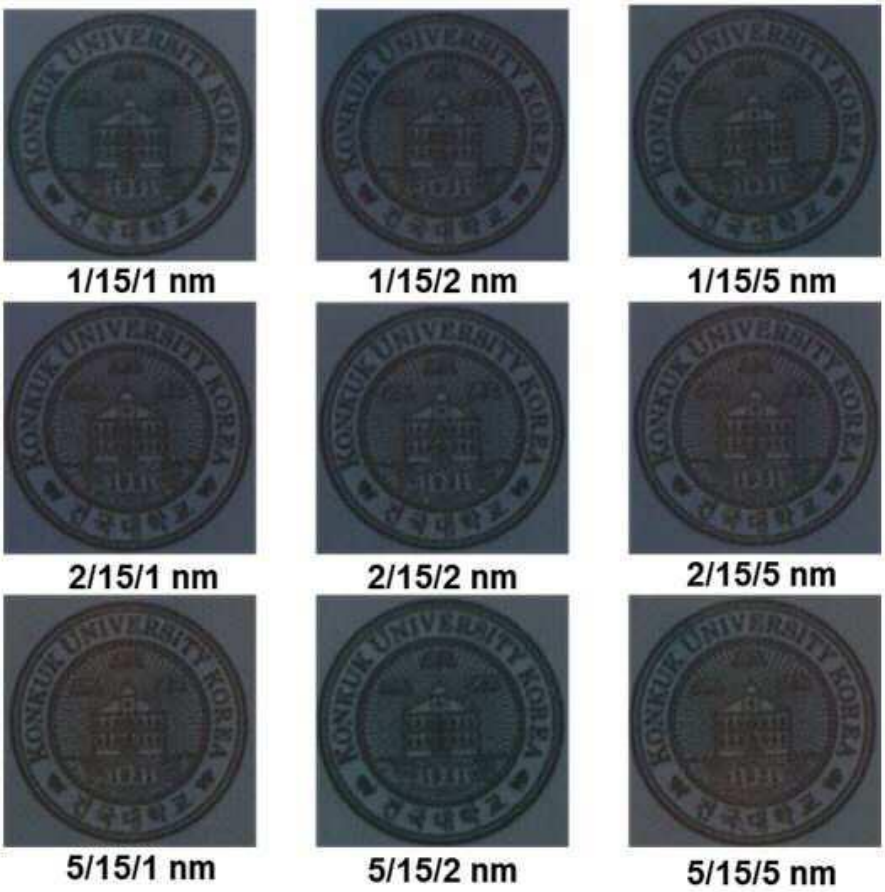
도 6b (Au/Ag thickness)

도 6c (Au/Ag thickness)

【도 7】

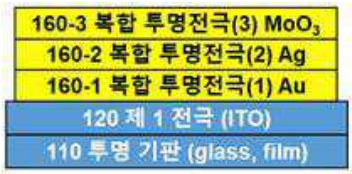


도 7a



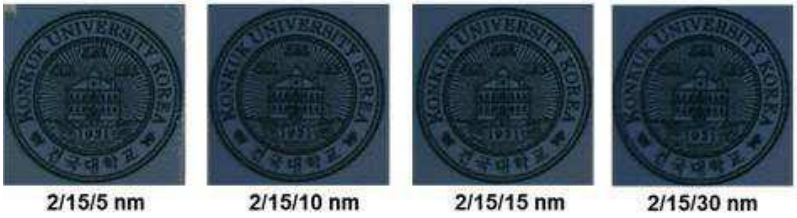
도 7b (Au/Ag/Au thickness)

【도 8】



도 8a

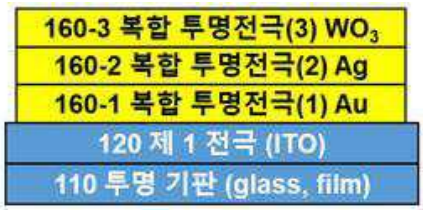
도 8b (Au/Ag/MoO_3 thickness)



도 8c (Au/Ag/MoO_3 thickness)

도 8d (Au/Ag/MoO_3 thickness)

【도 9】

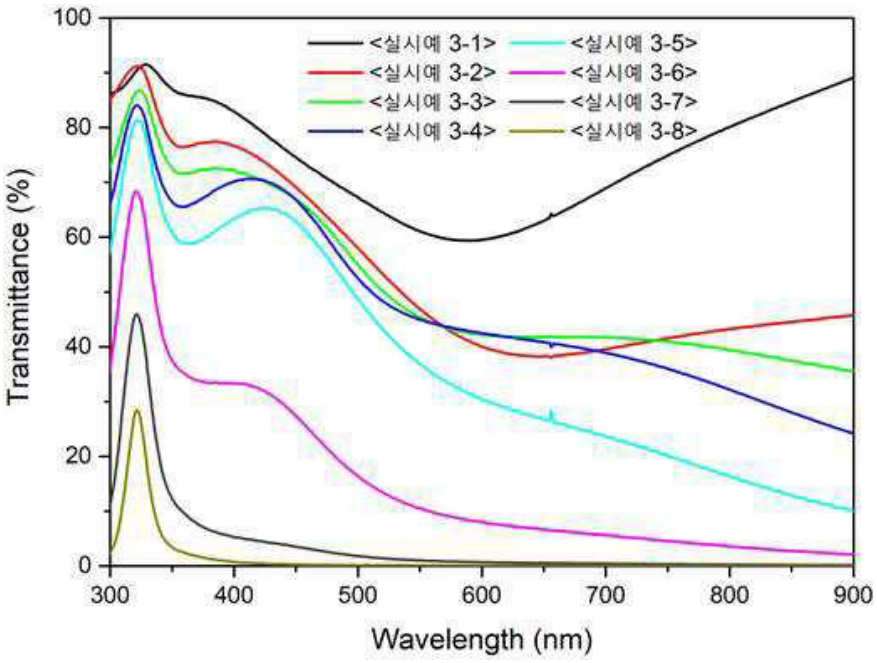


도 9a

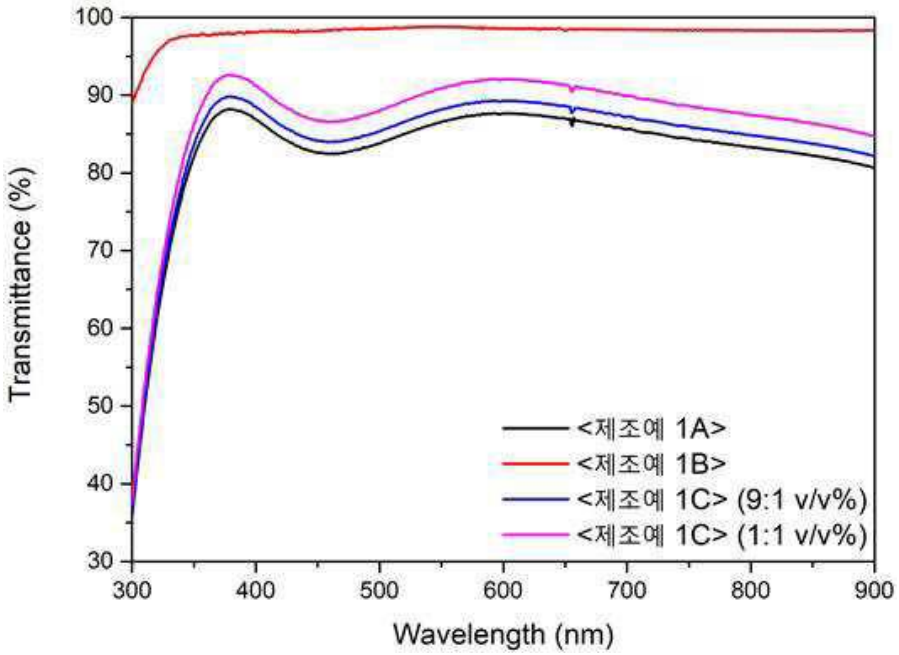
1/15/30 nm　　5/15/30 nm

도 9b (Au/Ag/WO_3 thickness)

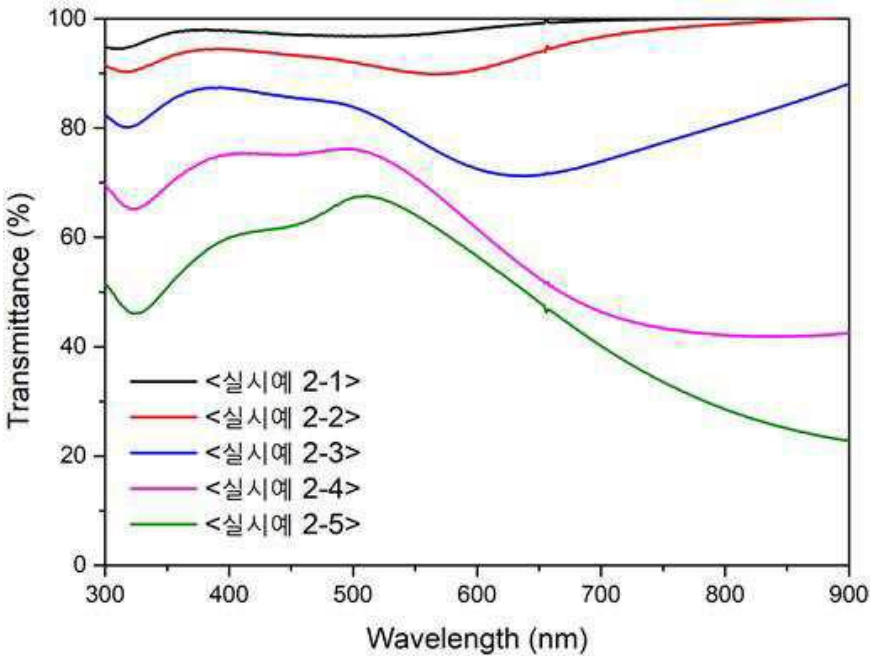
【도 10】



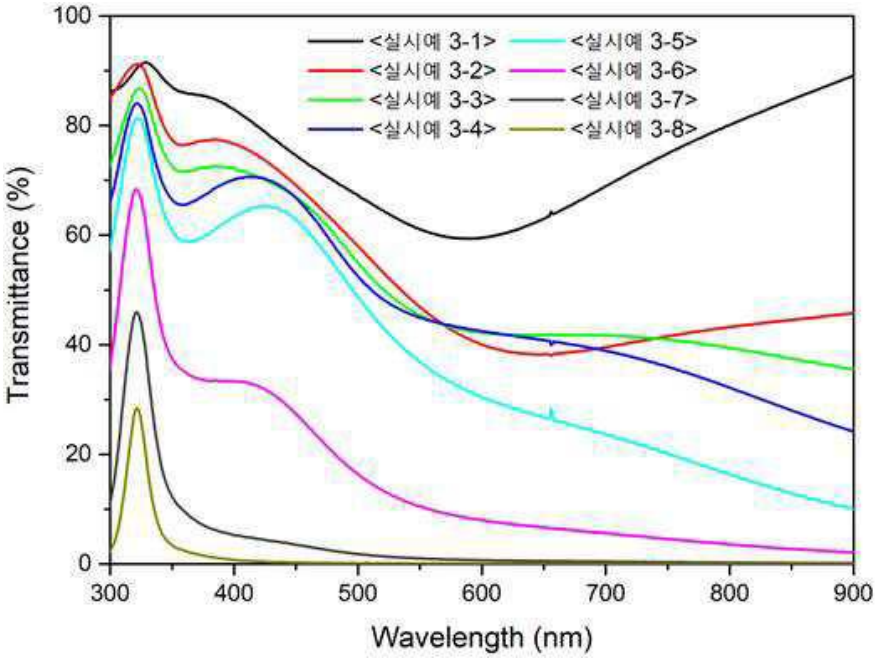
【도 11】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<제조예 1A>
<제조예 1B>
<제조예 1C> (9:1 v/v%)
<제조예 1C> (1:1 v/v%)

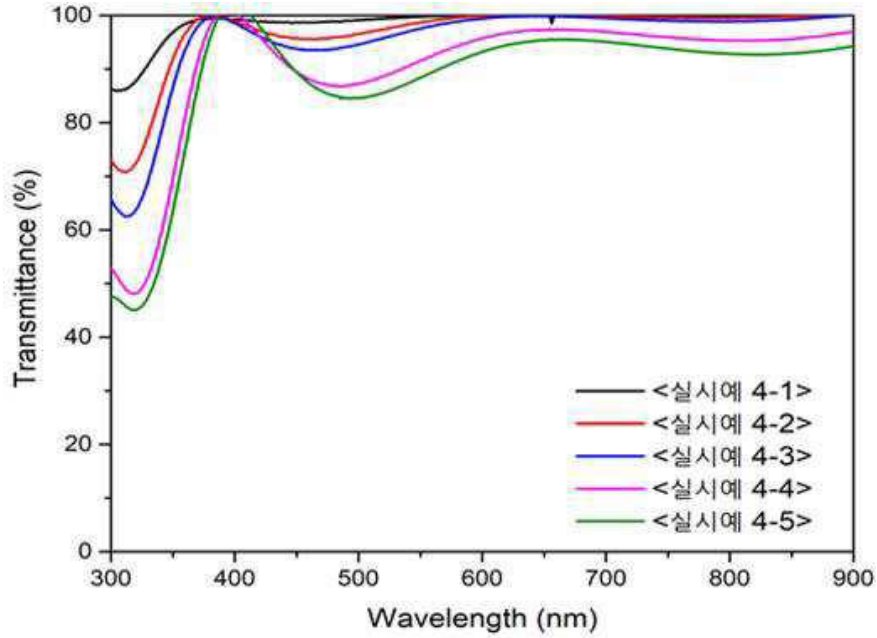
【도 12】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 2-1>
<실시예 2-2>
<실시예 2-3>
<실시예 2-4>
<실시예 2-5>

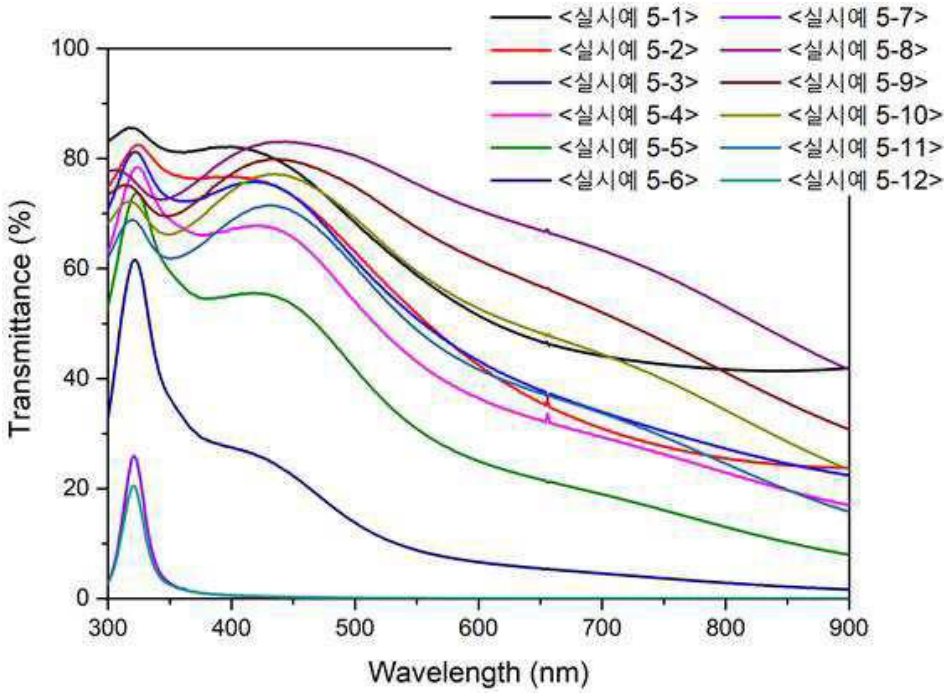
【도 13】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 3-1>
<실시예 3-2>
<실시예 3-3>
<실시예 3-4>
<실시예 3-5>
<실시예 3-6>
<실시예 3-7>
<실시예 3-8>

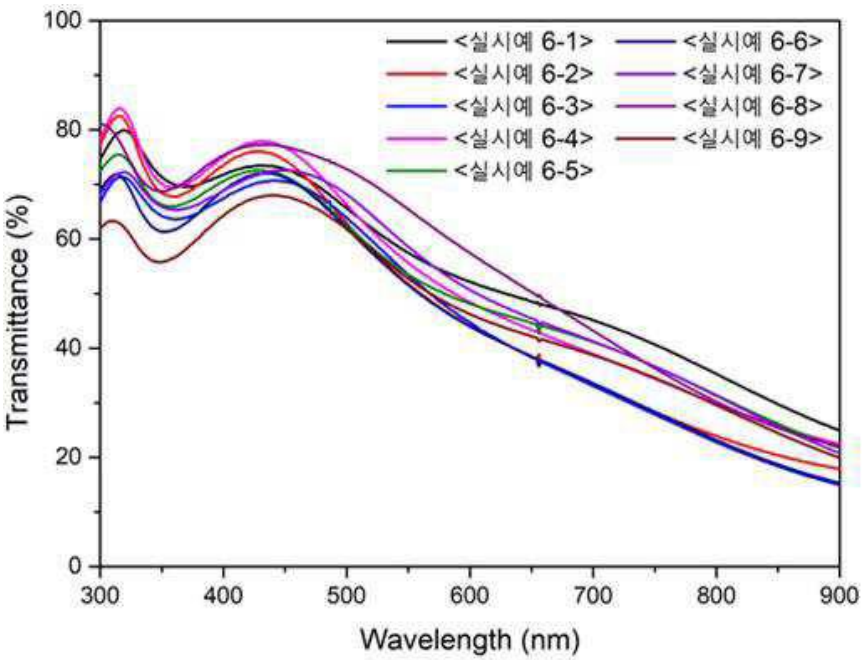
【도 14】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 4-1>
<실시예 4-2>
<실시예 4-3>
<실시예 4-4>
<실시예 4-5>

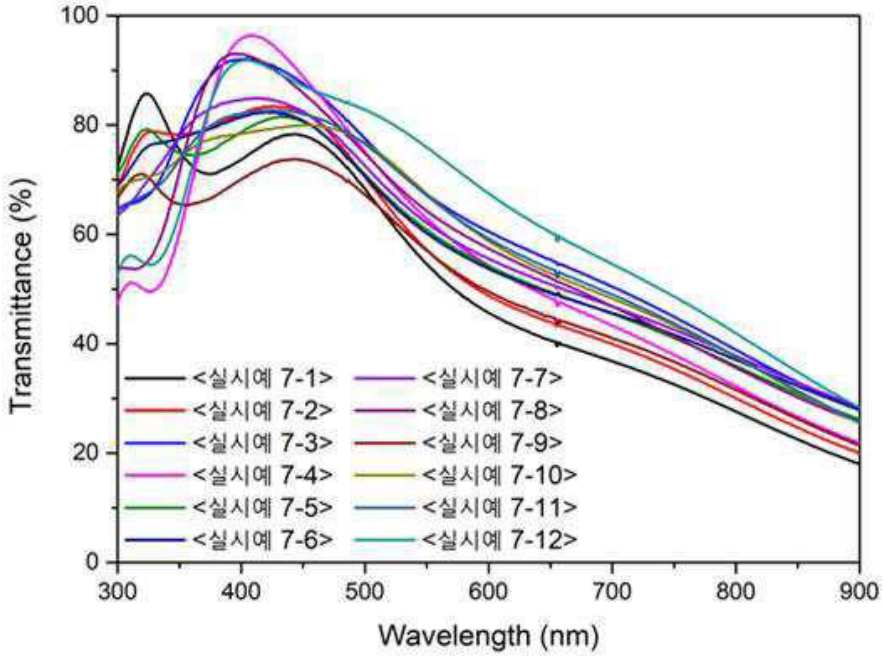
【도 15】


<실시예 5-1>
<실시예 5-2>
<실시예 5-3>
<실시예 5-4>
<실시예 5-5>
<실시예 5-6>
<실시예 5-7>
<실시예 5-8>
<실시예 5-9>
<실시예 5-10>
<실시예 5-11>
<실시예 5-12>
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
0
20
40
60
80
100
300
400
500
600
700
800
900

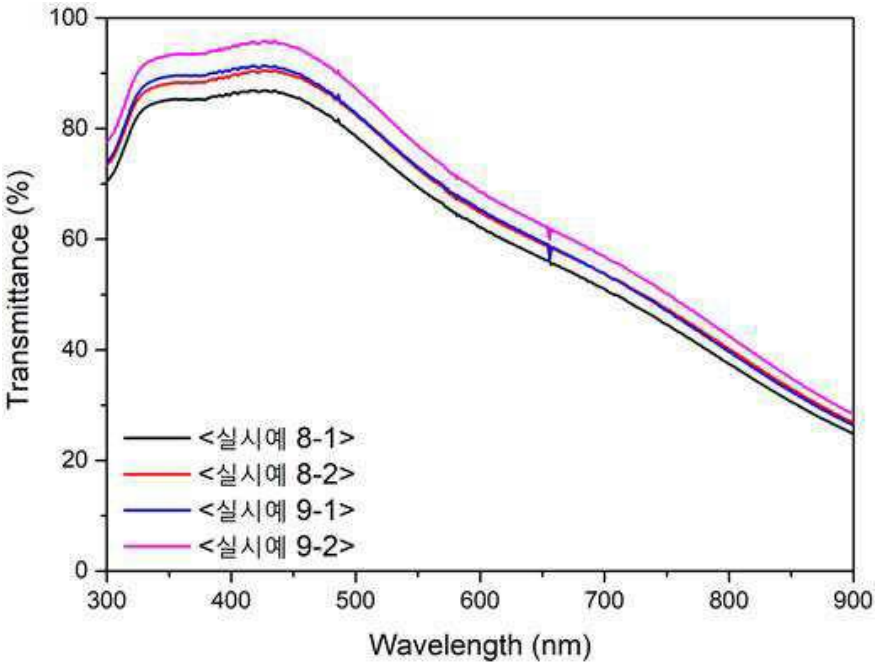
【도 16】


<실시예 6-1>
<실시예 6-2>
<실시예 6-3>
<실시예 6-4>
<실시예 6-5>
<실시예 6-6>
<실시예 6-7>
<실시예 6-8>
<실시예 6-9>
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
0
20
40
60
80
100
300
400
500
600
700
800
900

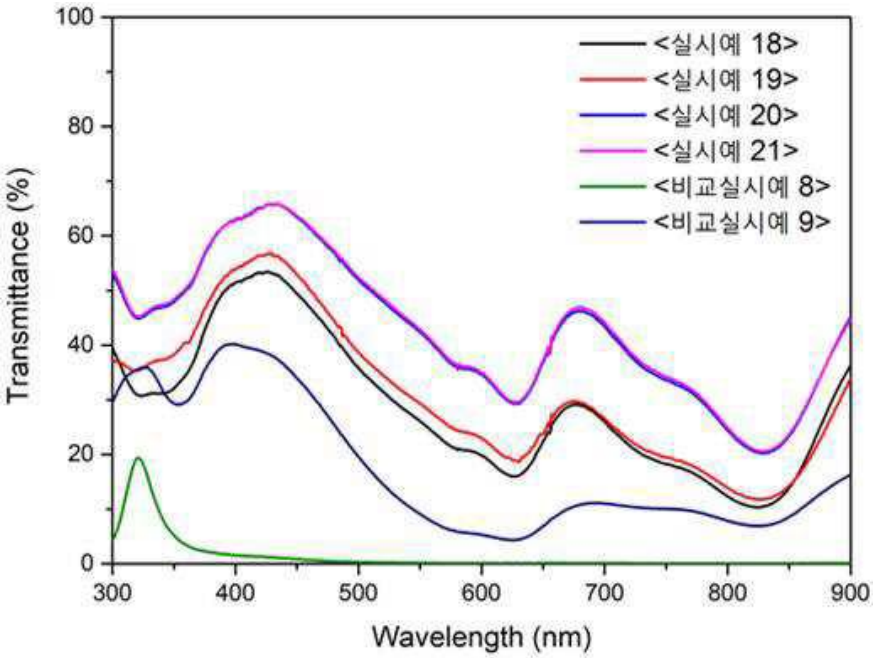
【도 17】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 7-1>
<실시예 7-2>
<실시예 7-3>
<실시예 7-4>
<실시예 7-5>
<실시예 7-6>
<실시예 7-7>
<실시예 7-8>
<실시예 7-9>
<실시예 7-10>
<실시예 7-11>
<실시예 7-12>

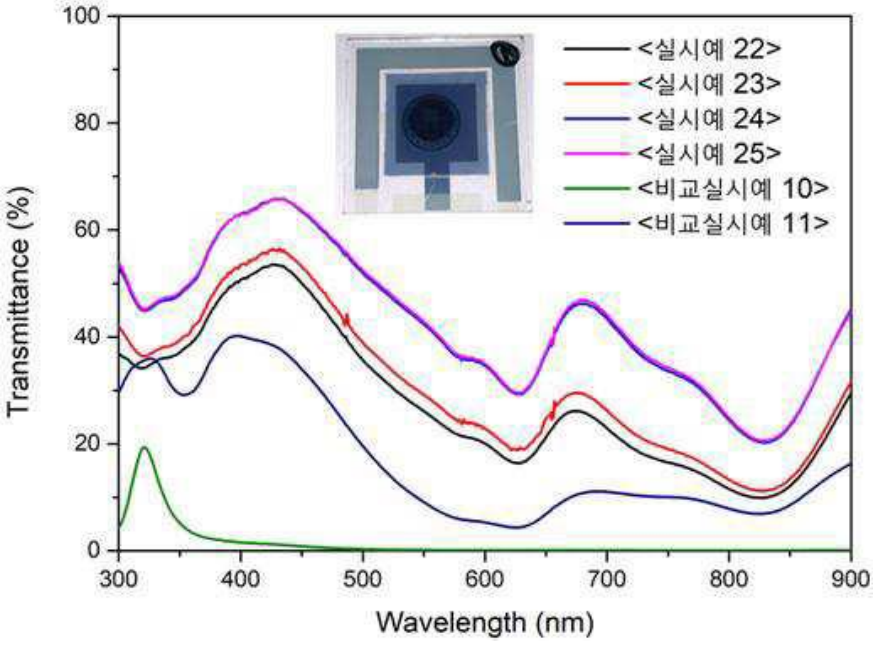
【도 18】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 8-1>
<실시예 8-2>
<실시예 9-1>
<실시예 9-2>

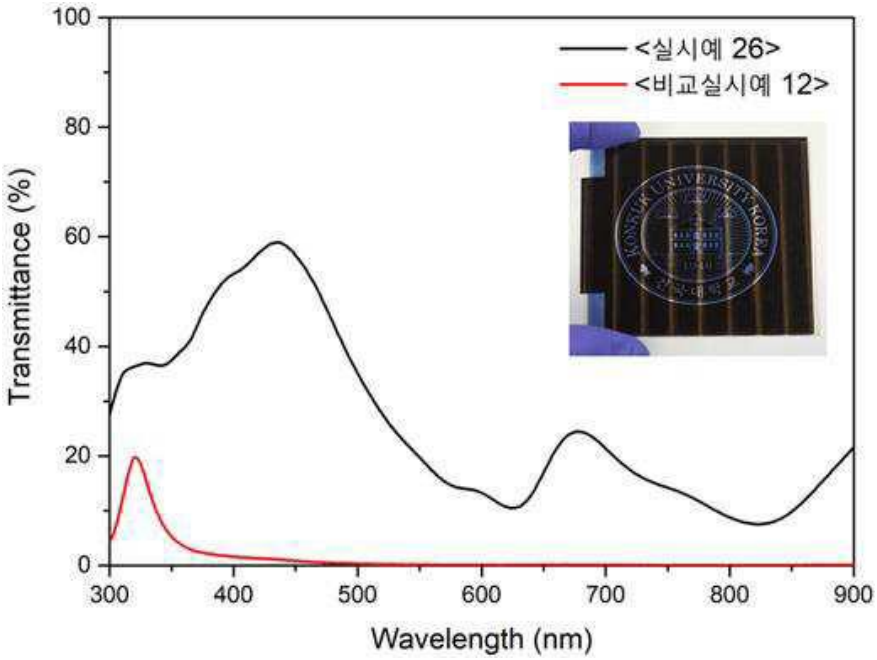
【도 19】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 18>
<실시예 19>
<실시예 20>
<실시예 21>
<비교실시예 8>
<비교실시예 9>

【도 20】


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
<실시예 22>
<실시예 23>
<실시예 24>
<실시예 25>
<비교실시예 10>
<비교실시예 11>

【도 21】


<실시예 26>
<비교실시예 12>
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
100
80
60
40
20
0
300
400
500
600
700
800
900