

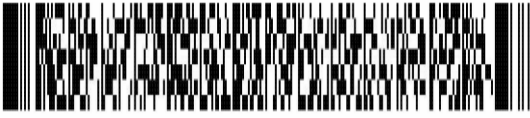
출원번호통지서

출원일자 2023.10.25
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(PN2309436)
출원번호 10-2023-0143497 (접수번호 1-1-2023-1171311-71)
(DAS접근코드ECBD)
출원인명칭 건국대학교 산학협력단(2-2004-015764-8)
대리인성명 위병갑(9-2004-000155-3)
발명자성명 문두경 정창호 이형석
발명의명칭 무기 양자점이 도입된 광변환층을 포함하는 유기태양전지

특 허 청 장

<< 안내 >>

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



9200400015531011101000038650000000

특허출원서

【참조번호】 PN2309436

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 건국대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-015764-8

【대리인】

【성명】 위병갑

【대리인번호】 9-2004-000155-3

【포괄위임등록번호】 2015-111674-9

【발명의 국문명칭】 무기 양자점이 도입된 광변환층을 포함하는 유기태양전지

【발명의 영문명칭】 ORGANIC SOLAR CELL COMPRISING LIGHT CONVERSION LAYER
COMPRISING INORGANIC QUANTUM DOTS

【발명자】

【성명의 국문표기】 문두경

【성명의 영문표기】 Moon, Doo Kyung

【주민등록번호】 600528-1024420

【우편번호】 06670

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

【발명자】

【성명의 국문표기】 정창호

【성명의 영문표기】 Changho Jung

【주민등록번호】 951123-1000000

【우편번호】 12747



【주소】 경기도 광주시 이배재로 125-11 (탄벌동)

【발명자】

【성명의 국문표기】 이형석

【성명의 영문표기】 Lee Hyoung Seok

【주민등록번호】 930505-1000000

【우편번호】 24502

【주소】 강원특별자치도 양구군 방산면 장거리길, 101호

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 00237035

【과제번호】 RS-2023-00230735

【부처명】 산업통상자원부

【과제관리(전문)기관명】 한국에너지기술평가원

【연구사업명】 에너지인력양성

【연구과제명】 에너지인력양성(R&D)

【기여율】 1/1

【과제수행기관명】 [RCMS 에기평] (1/3) 차세대 융·복합 비결정질 태양전지

융합대학원

【연구기간】 2023.04.01 ~ 2023.12.31

위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 위병갑

(서명 또는 인)

【수수료】

【기본출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 28 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 11 항 727,000 원

【합계】 773,000원



【감면사유】 전담조직(50%감면)[1]

【감면후 수수료】 386,500 원



【발명의 설명】

【발명의 명칭】

무기 양자점이 도입된 광변환층을 포함하는 유기태양전지{ORGANIC SOLAR CELL COMPRISING LIGHT CONVERSION LAYER COMPRISING INORGANIC QUANTUM DOTS}

【기술분야】

<0001> 본 발명은 광활성층과 버퍼층 사이에 무기 양자점으로 구성되는 광변환층을 포함하는 구조의 유기태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

<0002> 유기태양전지는 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 광전변환원리로 구동되는 반도체 소자로, 전극/전하수송층/광활성층/전하수송층/전극의 다층 박막 구조를 가지고 있다. 유기태양전지 발전의 핵심인 광활성층으로 사용되는 유기소재의 경량성, 유연성, 응용성, 공정용이성, 투명성, 다색상 구현성 등의 이점에 의해 다양한 어플리케이션에 적용이 가능하여 신재생에너지기술로써 많은 연구가 이루어지고 있다.

<0003> 최근, 유기태양전지의 연구 동향은 하이브리드 유기태양전지, 탠덤 유기태양전지 등이 있으며 소자 구조적 변화를 통해 유기태양전지 성능의 한계까지 도출해내고 있다. 특히, 다양한 광활성층 소재 조합을 기반으로 하여 버퍼층에 대한 하이브리드 유기태양전지에 대한 연구는 도입하는 소재에 따라 광학적, 전기전자적, 특성이 가능하다. 유기태양전지 버퍼층에 주된 도입 소재로는 금속류(Metal, M), 나노 입자(nano particles, NPs), 양자점(quantum dots, QDs) 등이 존재한다. 특히,



최근에는 기존의 태양전지와는 다르게 빛이 부족한 저조도 환경이나 건물일체형 태양전지 (Building-integrated photovoltaics, BIPVs)와 같은 어플리케이션을 위해서 현저히 적은 입사광 에너지를 해결해야한다. 따라서, 입사광 에너지를 최대한 활용하기 위해서 빛의 파장대를 변환시킬 수 있는 발광입자인 양자점의 도입이 고안되었다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

<0004> (특허문헌 1) 대한민국 등록특허 제10-1189686호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

<0005> 이에, 본 발명자들은 유기태양전지의 광활성층과 버퍼층 사이에 무기 양자점으로 구성되는 광변환층을 도입하여 광활성층의 흡광을 향상시킴으로써 본 발명을 완성하였다.

<0006> 따라서, 본 발명의 목적은 무기 양자점으로 구성되는 광변환층이 도입된 유기태양전지 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

<0007> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기판; 제1 전극; 제1 전하수송층; 광변환층; 광활성층; 제2 전하수송층; 및 제2 전극을 포함하며, 상기 광변환층은 상기 광활성층의 일면 혹은 양면에 적층되며 무기 양자점을 포함하는 것인 유기태양전지를 제공한다.



<0008>

또한, 본 발명은 기판 상에 반투명의 제1 전극을 적층한 후, 제1 전하수송층(3) 및 무기 양자점을 포함하는 광변환층을 적층하는 제 1 단계; 상기 광변환층 상에 광활성층을 적층하는 제 2 단계; 및 상기 광활성층 상에 제2 전하수송층 및 제2 전극을 적층하는 제 3 단계;를 포함하는 유기태양전지의 제조방법을 제공한다.

【발명의 효과】

<0009>

본 발명은 광변환층에 도입된 무기 양자점의 광학적 특성에 의해 UV 영역의 광에너지를 흡수하여 가시광 영역의 광에너지로 변환시키는 광변환효과를 발현할 수 있다. 또한 무기 양자점 특유의 계면 제어 효과와 안정한 특성으로 다층 구조를 이루고 있는 소자의 내구성을 강화 시킬 수 있어 고효율·고안정성의 유기태양전지를 제공할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

<0010>

도 1a은 본 발명에 따른 제1 전하수송층 및 무기 양자점(3-2)이 포함된 광변환층(3-1)이 도입된 역구조의 유기태양전지 구조 모식도이다.

도 1b는 도 1a에서 나타낸 광변환층(3-1)을 확대한 모식도와 무기 양자점(3-2)의 구성에 대한 모식도이다. 또한 우측 모식도에서는 본 발명에 따른 양자점으로 실리콘 양자점(이하 SiQDs)를 나타내었다.

도 2a 및 b는 합성된 무기 양자점(3-2)과 제1 전자수송층(3), 무기 양자점(3-2)이 도입된 광변환층(3-1)의 UV-vis 흡광 스펙트럼이며, 도 3c-e는 합성된 무기 양자점(3-2)과 제 1 전자수송층(3), 무기 양자점(3-2)이 도입된 광변환층(3-1)의 광발광 (photoluminescence) 스펙트럼이다.



도 3a, b는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함하는 유기태양전지 소자의 전류밀도-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 3c, d는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 파장에 따른 외부양자효율을 나타낸 그래프이다.

도 4a, b는 본 발명에 따른 제1 전자수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 박막의 원자현미경 이미지이다.

도 4c, d는 본 발명에 따른 제1 전자수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 박막의 주사전자현미경 이미지이다.

도 5a, c는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 빛의 세기에 따른 단락전류밀도의 의존도를 나타낸 그래프이다.

도 5b, d는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 빛의 세기에 따른 개방전압의 의존도를 나타낸 그래프이다.

도 6a, b는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 전자 이동도를 나타낸 그래프이다.

도 6c, d는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 빛이 없는 조건에서의 전류밀도-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 7a는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 임피던스 분광법을 통한 저항을 나타낸 그래프이다.

도 7b, c는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 포화전류 및 유효 전압을 나타낸 그래프이다.



도 8는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 시간에 따른 장기안정성에 대한 그래프이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

<0011>

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 이하의 설명에 있어, 당업자에게 주지 저명한 기술에 대해서는 그 상세한 설명을 생략할 수 있다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

<0012>

따라서 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

<0013>

<0014>

본 발명은 기판; 제1 전극; 제1 전하수송층; 광변환층; 광활성층; 제2 전하수송층; 및 제2 전극을 포함하며, 상기 광변환층은 상기 광활성층의 일면 혹은 양면에 적층되며 무기 양자점을 포함하는 것인 유기태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.



<0015> 상기 유기태양전지는 기판 상에 반투명의 제1 전극을 적층한 후, 제1 전하수송층 및 무기 양자점을 포함하는 광변환층을 적층하는 제 1 단계; 상기 광변환층 상에 광활성층을 적층하는 제 2 단계; 및 상기 광활성층 상에 제2 전하수송층 및 제2 전극을 적층하는 제 3 단계에 의해 제조될 수 있다.

<0016> 도 1a는 본 발명의 유기태양전지 구조를 나타낸 모식도로서, 기판(1)위에 반투명의 제1 전극(2)과 제1 전하수송층(3)과 무기 양자점(3-2)으로 구성된 광변환층(3-1)이 순차적으로 적층된 후, 광활성층(4)이 적층된다. 그런 다음 제2 전하수송층(5) 및 제2 전극(6)을 적층함으로써 유기태양전지를 제작할 수 있다.

<0017> 도 1b는 제1 전극(2)과 제1 전하수송층(3)과 무기 양자점(3-2)으로 구성된 광변환층(3-1)의 구조를 확대한 모식도이다.

<0018> 기판(1)은 광투과성 유기물 또는 무기물로 이루어지며, 해당 물질이 단일상 혹은 혼합상으로 이루어진 기판일 수 있다. 예를 들어, 유리, 석영, 초박형 금속, 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylene naphthalate, PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리스틸렌(polystyrene, PS), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC) 및 폴리메틸 메타아크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA) 등을 포함할 수 있다.

<0019> 제1 전극(2)은 태양광 입사경로에 따라 상기 기판과 같이 광투과성 특성이 있는 물질이 이상적이며, 정구조 태양전지 기준으로 광활성층의 광자에너지 흡수를 통해 생성된 양전하를 외부 회로로 전달하는 양극의 역할을 수행할 수 있다. 이와 같은 제1 전극(2)으로는 인듐틴옥사이드(Indium Tin Oxide, ITO), 징크옥사이드



드(Zinc Oxide, ZnO), 알루미늄도프드 징크옥사이드(Al-doped Zinc Oxide, AZO), 플루오르화 틴옥사이드(Fluorinated Tin Oxide, FTO), 금속산화물 및 그래핀 등이 포함되며, 이들이 동종 또는 이종으로 스펀코팅, 스크린 프린팅, 슬롯다이, 바코팅, 물리적 기상 증착 등의 다양한 공정방법을 통해 적층될 수 있다.

<0020> 제1 전하수송층(3)은 제1 전극(2)과 광활성층(4)사이의 적절한 에너지 준위를 갖는 것이 바람직하며, 두 물질 사이의 에너지 준위차를 완화하여 효과적인 전하 전달이 이루어지게끔 하는 것이 중요하다. 역구조 유기태양전지 기준에서는 제1 전하수송층(3)으로 n-type의 무기 금속산화물을 포함하며, 예를 들어, 징크옥사이드(Zinc Oxide, ZnO), 알루미늄도프드 징크옥사이드(Al-doped Zinc Oxide, AZO), 티타늄옥사이드(Titanium Oxide, TiO₂) 등이 사용될 수 있다.

<0021> 도면 1a 및 1b에 나타난 광변환층(3-1)은 무기 양자점(3-2) 박막으로 구성된다. 상기 광변환층(3-1)에 포함되는 양자점(3-2)은 콜로이드 구조를 이루고 있으며, UV영역의 광에너지를 흡수하여 가시광 영역의 광에너지로 발광하는 특성을 갖는 양자점이 선택되는 것이 바람직하다. 상기 무기 양자점은 Si 계열, In 계열, Cd 계열, Zn 계열 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 본 발명에서 사용된 양자점은 Si 계열 양자점으로, 300nm이하의 UV영역 광을 흡수하여 가시광 영역의 광을 발광함으로써 광활성층의 유효광 흡수를 유도한다. 또한 기술한 바와 같이 UV광을 가시광으로 변환하여 광활성층으로 입사되는 고에너지를 띤 UV광의 흡수를 방지할 수 있다. 상기 광변환층(3-1)에는 Si계 등의 다양한 양자점이 사용될 수 있으며, 이들이 동종 또는 이종으로 선택될 수 있다.



상기 광활성층(4)은 단분자 전자주개, 고분자 전자주개, 비풀러렌계 전자받개 및 풀러렌계 전자받개와 같은 추가 광활성분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으며 전자주개와 전자받개가 혼합상으로 적층된 벌크헤테로 접합(bulkhetero junction, BHJ) 구조를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광활성층(4)은 D18-Cl(poly[(2,6-(4,8-bis(5-(2-ethylhexyl-3-chloro)thiophen-2yl)-benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene))-alt-5,5'-(5,8-bis(4-(2-butyloctyl)thiophene-2yl)dithieno[3',2':3,4;2'',3'':5,6]-benzo[1,2-c][1,2,5]thiadiazole))), PM6(Poly[[4,8-bis[5-(2-ethylhexyl)-4-fluoro-2-thienyl]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-1,3-diyl]-2,5-thiophenediyl], PTB7-Th(Poly([2,6'-4,8-di(5-ethylhexylthienyl)benzo-[1,2-b:3,3-b]dithiophene]{3-fluoro-2[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl})) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 전자주개 ; 및 Y6(2,2'-[[12,13-Bis(2-ethylhexyl)-12,13-dihydro-3,9-diundecylbi-thieno[2'',3'':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-e:2',3'-g][2,1,3]benzothiadiazole-2,10-diyl]bis[methyldiyne(5,6-difluoro-3-oxo-1H-indene-2,1(3H)-diylidene)]]bis[propanedinitrile]), 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[methyldiyne(5,6-chloro-3-oxo-1H-indene-2,1(3H)-diylidene)]]bis[propanedinitrile]), L8-B0(2,2'-((2Z,2'Z)-((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-(2-butyloctyl)-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), ITIC(3,9-bis(2-methylene-(3-(1,1-dicyanomethylene)-indanone))-5,5,11,11-tetrakis(4-hexylphenyl)-dithieno[2,3-d:2',3'-d']-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiophene), PC71BM(3'H-Cyclopropano[8,25][5,6]fullerene-C70-D5h(6)-3'butanoic acid) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 전자받개가 혼합된 박막이 스핀코팅법을 통해 적층된 것일 수 있다.

<0023> 제2 전하수송층(5)은 광활성층(4)에서 생성된 전하를 제2 전극(6)으로 수송해주는 역할을 담당한다. 역구조 유기태양전지 기준에서는 제2 전하수송층(5)으로 p-타입의 유기고분자화합물 또는 무기금속산화물을 포함하며, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)-폴리(스타이렌설포네이트)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene:poly(styrenesulfonate), PEDOT:PSS), 몰리브덴 산화물(molybdenum oxide, MoO_x), 텅스텐 산화물(tungsten oxide, WO_x) 등을 포함할 수 있다.

<0024> 상단에 위치하는 제2 전극(6)은 광활성층으로부터 생성된 전하를 외부 회로로 전달하는 금속물질로 이루어질 수 있으며, 역구조 태양전지 기준에서는 양극의 역할을 수행할 수 있다. 제2 전극(6)층을 구성하는 물질로는 제2 전하수송층(5)과의 계면저항이 작고 낮은 일함수를 갖으면서 전도도가 높은 금속물질이 이상적이며, 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 칼슘(Ca), 그래핀 및 금속나노튜브(NT) 등이



포함된다. 제2 전극(6)은 이들이 동종 또는 이종으로 선택될 수 있다.

<0025> 상기 기술한 유기태양전지를 구성하는 다층박막들은 모두 스핀코팅, 잉크젯 프린팅, 스프레이 프린팅, 스크린 프린팅, 슬롯다이, 바코팅, 물리적 기상 증착, 화학증착, 원자층증착 등의 다양한 공정방법을 통해 적층될 수 있다.

<0026>

<0027> 이하 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예, 실험예 및 제제예를 제시한다. 그러나 하기 실시예, 실험예 및 제제예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 이에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

<0028>

<0029> **<실시예 1>**

<0030> 유리 기판(1)에 제1 전극(2)으로써 ITO투명전극이 증착 된 단위 셀을 알코놀스, 이소프로필 알코올(IPA), 아세톤과 소니케이터를 사용한 초음파 습식세정을 진행하였다. 이후, 열처리와 UVO cleaning의 건식세정 과정을 순차적으로 진행하여 단위 셀의 표면 처리 및 계면 개질을 완료하였다. 전처리된 단위 셀에 제1 전하수송층(3) 및 광변환층(3-1)으로 ZnO와 무기 양자점(3-2)인 SiQDs혼합용액을 스핀 코팅하였다. 유기고분자 혼합용액(PM6:BTP-eC9)을 100~150nm 범위 두께로 스핀코팅한 후 10분간 열처리를 진행하여 BHJ 광활성층(4)을 적층하였다. 마지막으로 셀 위에 열기상증착법을 통하여 제2 전하수송층(5)인 MoO₃, 제2 전극(6)인 Ag박막을 형성하였다. 상기 방법을 통해 제작된 소자의 안정성 측정을 위한 조건에서는 별도의 인캡슐레이션(봉지)을 하지 않았다.



<0031>

<0032> <실시예 2>

<0033> 유리 기판(1)에 제1 전극(2)으로써 ITO투명전극이 증착 된 단위 셀을 알코놀스, 이소프로필 알코올(IPA), 아세톤과 소니케이터를 사용한 초음파 습식세정을 진행하였다. 이후, 열처리와 UVO cleaning의 건식세정 과정을 순차적으로 진행하여 단위 셀의 표면 처리 및 계면 개질을 완료하였다. 전처리된 단위 셀에 제1 전하수송층으로 전처리된 단위 셀에 제1 전하수송층(3) 및 광변환층(3-1)으로 ZnO와 무기양자점(3-2)인 SiQDs 혼합용액을 스핀 코팅하였다. 유기고분자 혼합용액(PM6:L8-B0)을 100~150nm 범위 두께로 스핀코팅한 후 10분간 열처리를 진행하여 BHJ 광활성층(4)을 적층하였다. 마지막으로 단위 셀 위에 열기상증착법을 통하여 제2 전하수송층(5)인 MoO₃, 제2 전극(6)인 Ag박막을 형성하였다. 상기 방법을 통해 제작된 소자의 안정성 측정을 위한 조건에서는 별도의 인캡슐레이션(봉지)을 하지 않았다.

<0034>

<0035> <비교예 1>

<0036> 상기 실시예 1과 동일한 조건 및 방법으로 유기태양전지를 제조하되, 무기양자점(3-2)을 포함하지 않은 제1 전하수송층(3)을 갖는 역구조의 유기태양전지를 제조하였다.

<0037>

<0038> <비교예 2>

<0039> 상기 실시예 2와 동일한 조건 및 방법으로 유기태양전지를 제조하되, 무기



양자점(3-2)을 포함하지 않은 제1 전하수송층(3)을 갖는 역구조의 유기태양전지를 제조하였다.

<0040>

<0041>

<실시에 3>

<0042>

결과

<0043>

도 2a, b는 무기 양자점(3-2), 제 1 전하수송층(3)과 광변환층(3-1)의 UV-vis 흡광 스펙트럼 그래프이다. 합성된 무기 양자점(3-1)은 상기 기술한 대로 300 nm이하의 UV 영역의 광을 흡수하는 것을 확인할 수 있다.

<0044>

도 2c, d, e는 합성된 무기 양자점(3-2)과 제1 전자수송층(3), 무기 양자점(3-2)이 도입된 광변환층(3-1)의 광발광 (photoluminescence) 스펙트럼 그래프이다. 무기 양자점(3-2)이 도입된 광변환층(3-1)는 UV 광을 흡수하여 400-600 nm의 가시광 영역의 광을 증폭하여 발광하는 것을 확인할 수 있다.

<0045>

도 3a, b는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함하는 유기태양전지 소자의 전류밀도-전압 특성을 나타낸 그래프이다. 무기 양자점(3-2)가 도입된 광변환층(3-1)의 광변환을 통한 광활성층(4)의 흡광 증가를 통해 실시예 1, 2의 단락전류밀도 및 필팩터가 비교예 1, 2보다 높은 것을 확인할 수 있다.

<0046>

도 3c, d는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 파장에 따른 외부양자효율을 나타낸 그래프이다. 상기 결과와 마찬가지로 광변환층(3-1)에 의한 전하 이동 및 추출 특성 향상으로 실시예 1, 2의 외부양자효율이 비교예 1, 2보다 높은 것을 확인할 수 있다.



<0047> 도 4a, b는 본 발명에 따른 제1 전자수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 박막의 원자현미경 이미지이다. 무기 양자점(3-2)가 도입된 광변환층(3-1)의 경우에는 제1 전하수송층(3)과 비교하여 낮은 제곱평균제곱근 표면 거칠기 (RMS roughness)를 보이는데 이는 무기 양자점(3-2) 도입을 통한 계면 제어로, 전하의 이동을 향상시키는 효과이다.

<0048> 도 4c, d는 본 발명에 따른 제1 전자수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 박막의 주사전자현미경 이미지이다. 무기 양자점(3-2)가 도입된 광변환층(3-1)의 경우에는 제1 전하수송층(3)과 비교하여 표면에 합성된 무기 양자점(3-2) 입자를 확인할 수 있다.

<0049> 도 5a, c는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 빛의 세기에 따른 단락전류밀도의 의존도를 나타낸 그래프이다. 광변환층(3-1)이 도입된 실시예 1, 2의 경우에 비교예 1, 2와 비교하여 그래프(a)의 기울기가 더 1에 가까운데, 이는 전자와 정공의 낮은 재결합으로 단락전류밀도와 필팩터 향상에 영향을 준다.

<0050> 도 5b, d는 본 발명에 따른 광변환층(3-1)을 포함한 유기태양전지 소자의 빛의 세기에 따른 개방전압의 의존도를 나타낸 그래프이다. 상기 단락전류밀도의 결과와 마찬가지로 광변환층(3-1)이 도입된 실시예 1, 2의 경우에 비교예 1, 2와 비교하여 그래프(kT/q)의 기울기가 더 1에 근접하기때문에, 낮은 재결합을 통한 전류 특성 향상으로 확인할 수 있다.

<0051> 도 6a, b는 제1 전하수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 비교예 1, 2와 실



시예 1, 2의 전자 이동도를 나타낸 그래프이다. 상기 결과와 마찬가지로 광변환층(3-1)이 포함된 실시예 1, 2가 비교예 1, 2와 비교하여 더 높은 전자 이동도를 가진것을 확인할 수 있다.

<0052> 도 6c, d는 제1 전하수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 비교예 1, 2와 실시예 1, 2의 빛이 없는 조건에서의 전류밀도-전압 특성을 나타낸 그래프이다. 실시예 1, 2 모두 비교예 1, 2와 비교하여 역바이어스 및 정바이어스의 일부에서 낮은 누설 전류를 확인하였다. 이는 높은 교류 저항으로 인한 것으로, 전자와 정공의 재결합을 억제하여 높은 필팩터를 도출한다.

<0053> 도 7a는 제1 전하수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 비교예 1, 2와 실시예 1, 2의 임피던스 분광법을 통한 저항을 나타낸 그래프이다. 상기 결과와 마찬가지로 광변환층(3-1)에 의한 광활성층(4)의 흡광 증가 및 전하 이동도 증가를 통한 저항 감소를 그래프에서 확인할 수 있다.

<0054> 도 7b, c는 제1 전하수송층(3)과 광변환층(3-1)을 포함한 비교예 1, 2와 실시예 1, 2의 포화전류 및 유효 전압을 나타낸 그래프이다. 광변환층(3-1)이 도입된 실시예 1, 2의 경우 비교예 1, 2와 비교하여 낮은 전압에서 높은 포화전류를 나타내었는데 이는 더 높은 전하 이동 특성을 가진다고 할 수 있다.

<0055> 도 8에서는 상기 유기태양전지 소자들에 대한 600시간 이상의 안정성 변화를 나타낸다. 광변환층이 포함된 상기 실시예1 및2 소자구조에서는 각각 98%, 99%이상의 훌륭한 안정성을 보였으며, 유기고분자층만 포함된 상기 비교예 1 및 2소자구조에서는 각각 95%, 89%의 성능을 유지했다. 이와 같이, 광변환층(3-2)으로부터 발현



된 광학적특성 및 계면 제어 특성을 통한 소자 성능 및 안정성 향상을 확인할 수 있다.

<0056> 하기 표 1은 도 4에서와 같이 비교된 유기태양전지 단위 소자의 개방전압(V_{oc}), 단락전류밀도(J_{sc}), 필팩터(FF) 및 광전변환효율(PCE)을 수치적으로 나타낸 표이다.

<0057> 【표 1】

단위 소자 [0.04cm^2]	$J_{sc}[\text{mA}/\text{cm}^2]$	$V_{oc}[\text{V}]$	FF[%]
비교예 1	0.812	24.42	73.05
실시예 1	0.818	24.87	75.23
비교예 2	0.869	23.37	75.95
실시예 2	0.864	24.57	76.77

<0058> 하기 표 2는 도 7에서와 같이 비교된 유기태양전지 단위 소자의 전자 이동도(μ_e), 교류저항(R_{sh}), 저항1(R1), 저항2(R2), 위상요소(CPE)를 수치적으로 나타낸 표이다.



【표 2】

단위 소자 [0.04cm ²]	μ_e	R_{sh} (K Ω cm ²)	R1 (Ω)	R2 (Ω)
비교예 1	1.06 x 10 ⁻⁴	16.96	4.53	101.2
실시예 1	1.90 x 10 ⁻⁴	20.77	6.07	75.1
비교예 2	1.65 x 10 ⁻⁴	26.19	3.23	89.1
실시예 2	2.47 x 10 ⁻⁴	36.77	7.37	72.1

<0060>

본 발명에 따른 소자 공정법에 의하면, 무기 양자점(3-2)이 도입된 광변환층(3-1)은 입사된 자외선 영역의 광에너지를 광활성층(4)의 흡수과장대의 광에너지로써 변환시킬 수 있다.

<0061>

광변환층(3-1)은 제1 전하수송층(3)과 동일하며 무기 양자점(3-2)이 도입되는데, 이때 양자점(3-2)은 제1 전하수송층(3)과 광활성층(4)의 접합 계면에 존재한다. 광변환층(3-1)은 광 흡수를 통해 UV 영역 광에너지를 가시광 영역 광에너지로 변환시키며, 양자점(3-2)의 FRET효과를 통해 광활성층(4)으로부터 효과적인 에너지 하베스팅을 유도한다. 또한 무기 양자점의 안정성은 광활성층(4)의 계면물성을 제어함으로써 소자의 구조적 안정성을 증대시킨다. 이와 같이 광변환층(3-1)을 벌크 헤테로접합 구조를 적용시켜 소자 물폴로지 및 안정성 저하를 해소시킬 수 있으며, 해당 계면 사이에 양자점(3-2)을 도입하여 UV 영역 광을 가시광 영역대로 전환시켜 UV 광의 고에너지로 인한 소자의 성능저하를 제어할 수 있다.

<0062>

상기와 같은 광변환층(3-1)의 효과에 기인하여 자외선 감소, 유효광 증폭 및



계면 제어를 이루어냄으로써 소자의 고효율화 및 고안정성을 구현할 수 있는 공정 기술을 제공한다. 이를 통해, 유기태양전지의 활용범위를 확대시켜 차세대 태양전 지으로써 효과적으로 응용할 수 있다.

<0063> 본 발명에 따라 제작된 유기태양전지는 UV 영역의 광에너지를 가시광 영역으 로 변환하여 흡수하는 전략 및 소자 장기 안정성을 위한 유기 광활성층과의 계면제 어 전략을 제공한다. 이를 통해 다양한 응용분야에서의 적용가능성을 넓히고, 고효 율·고안정성 유기태양전지으로써 구현 가능할 것으로 기대된다.

<0064>

<0065> 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본 질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관 점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으 로 해석되어야 할 것이다.



【청구범위】

【청구항 1】

기관; 제1 전극; 제1 전하수송층; 광변환층; 광활성층; 제2 전하수송층; 및 제2 전극을 포함하며, 상기 광변환층은 상기 광활성층의 일면 혹은 양면에 적층되며 무기 양자점을 포함하는 것인 유기태양전지.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 무기 양자점은 코어 구조의 Si 계열, In 계열, Cd 계열, Zn 계열 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 양자점인 것인, 유기태양전지.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 광활성층은 D18-C1(poly[(2,6-(4,8-bis(5-(2-ethylhexyl)-3-chloro)thiophen-2yl)-benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene))-alt-5,5'-(5,8-bis(4-(2-butyl)octyl)thiophene-2yl)dithieno[3',2':3,4;2'',3'':5,6]-benzo[1,2-c][1,2,5]thiadiazole)), PM6(Poly[[4,8-bis[5-(2-ethylhexyl)-4-fluoro-2-thienyl]benzo[1,2-b:4,5-b']dithiophene-1,3-diyl]-2,5-thiophenediyl], PTB7-Th(Poly([2,6'-4,8-di(5-ethylhexylthienyl)benzo-[1,2-b;3,3-b]dithiophene){3-fluoro-2[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl}) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 전자주개 ; 및 Y6(2,2'-[[12,13-Bis(2-ethylhexyl)-12,13-dihydro-3,9-diundecylbi-



thieno[2'',3'':4',5']thieno[2',3':4,5]pyrrolo[3,2-e:2',3'-
g][2,1,3]benzothiadiazole-2,10-diyl]bis[methyldiylidene(5,6-difluoro-3-oxo-1H-
indene-2,1(3H)-diylidene))]bis[propanedinitrile]), 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[methyldiylidene(5,6-chloro-3-oxo-1H-
indene-2,1(3H)-diylidene))]bis[propanedinitrile]), L8-B0(2,2'-((2Z,2'Z)-
((12,13-bis(2-ethylhexyl)-3,9-(2-butyloctyl)-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), ITIC(3,9-bis(2-methylene-(3-(1,1-
dicyanomethylene)-indanone))-5,5,11,11-tetrakis(4-hexylphenyl)-dithieno[2,3-
d:2',3'-d']-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiophene), PC71BM(3'H-Cyclopropa[8,25]
[5,6]fullerene-C70-D5h(6)- 3'butanoic acid) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으
로부터 선택된 전자받개가 혼합된 것인, 유기태양전지.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 전하수송층 및 광변환층은 무기금속산화물 및 무기 양자점의 혼합
물을 제1 전극 상에 코팅하여 제조한 것인, 유기태양전지.



【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 무기금속산화물은 징크옥사이드(Zinc Oxide, ZnO), 알루미늄도프드 징크옥사이드(Al-doped Zinc Oxide, AZO), 티타늄옥사이드(Titanium Oxide, TiO₂) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것인, 유기태양전지.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 무기 양자점은 비정질 콜로이드 구조인 것인, 유기태양전지.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 광활성층은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)-폴리(스타이렌설포네이트)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene:poly(styrenesulfonate), PEDOT:PSS), 몰리브덴옥사이드(molybdenum oxide, MoO_x), 텅스텐옥사이드(tungsten oxide, WO_x) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 유기고분자화합물 또는 무기금속산화물을 포함하는 것인, 유기태양전지.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 무기 양자점은 300nm 이하의 UV영역 광을 흡수하여 가시광 영역의 광을 발광하는 것인, 유기태양전지.

【청구항 9】



기관 상에 반투명의 제1 전극을 적층한 후, 제1 전하수송층 및 무기 양자점을 포함하는 광변환층을 적층하는 제 1 단계;

상기 광변환층 상에 광활성층을 적층하는 제 2 단계; 및

상기 광활성층 상에 제2 전하수송층 및 제2 전극을 적층하는 제 3 단계;

를 포함하는 유기태양전지의 제조방법.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 단계에서 무기금속산화물 및 무기 양자점의 혼합물을 제1 전극 상에 코팅하여 제1 전하수송층 및 광변환층을 제조하는 것인, 유기태양전지의 제조방법.

【청구항 11】

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 단계, 제 2 단계 및 제 3 단계에서, 적층은 스핀코팅, 잉크젯 프린팅, 스프레이 프린팅, 스크린 프린팅, 슬롯다이, 바코팅, 물리적 기상 증착, 화학증착, 원자층증착 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 실시된 것인, 유기태양전지의 제조방법.



【요약서】

【요약】

본 발명은 광활성층과 버퍼층 사이에 무기 양자점으로 구성되는 광변환층을 포함하는 구조의 유기태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 광활성층의 흡광 향상을 통해 광전변환효율과 장기안정성을 향상시킬 수 있다.

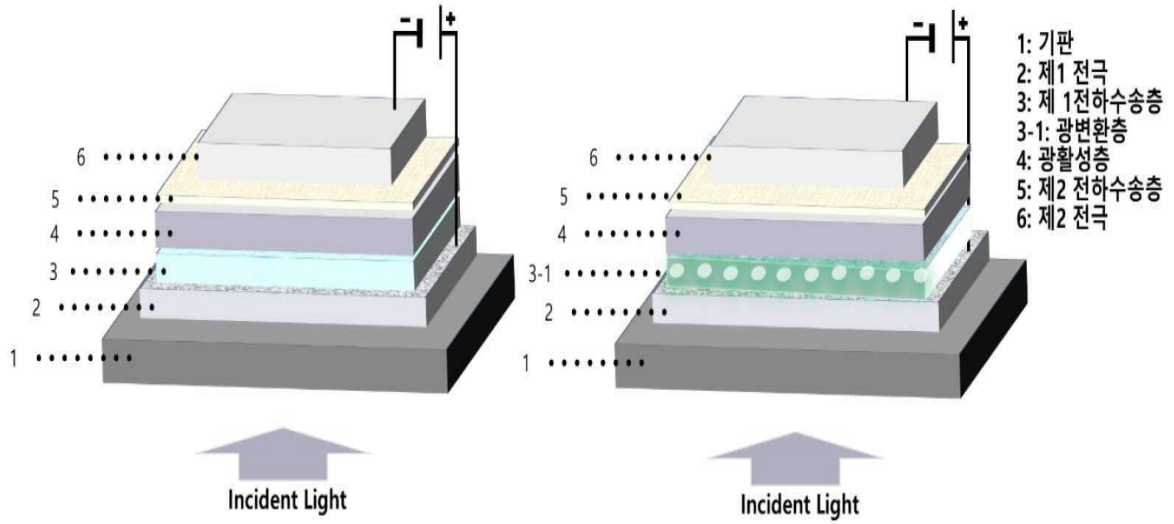
【대표도】

도 1b

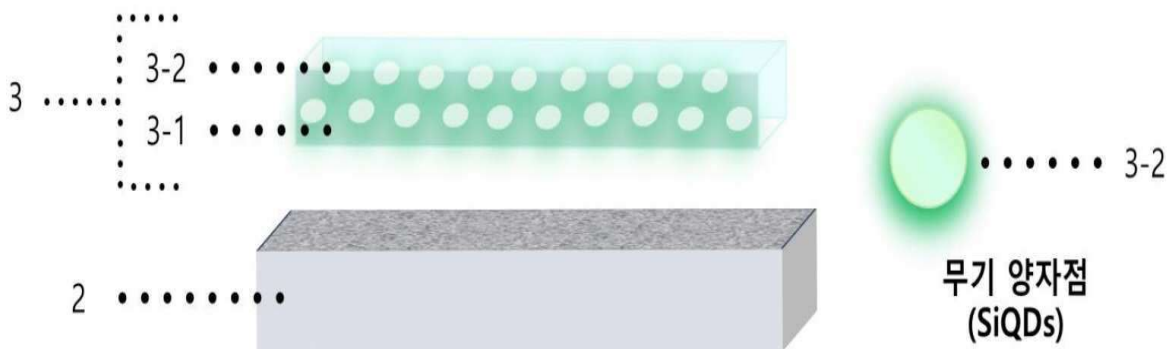


【도면】

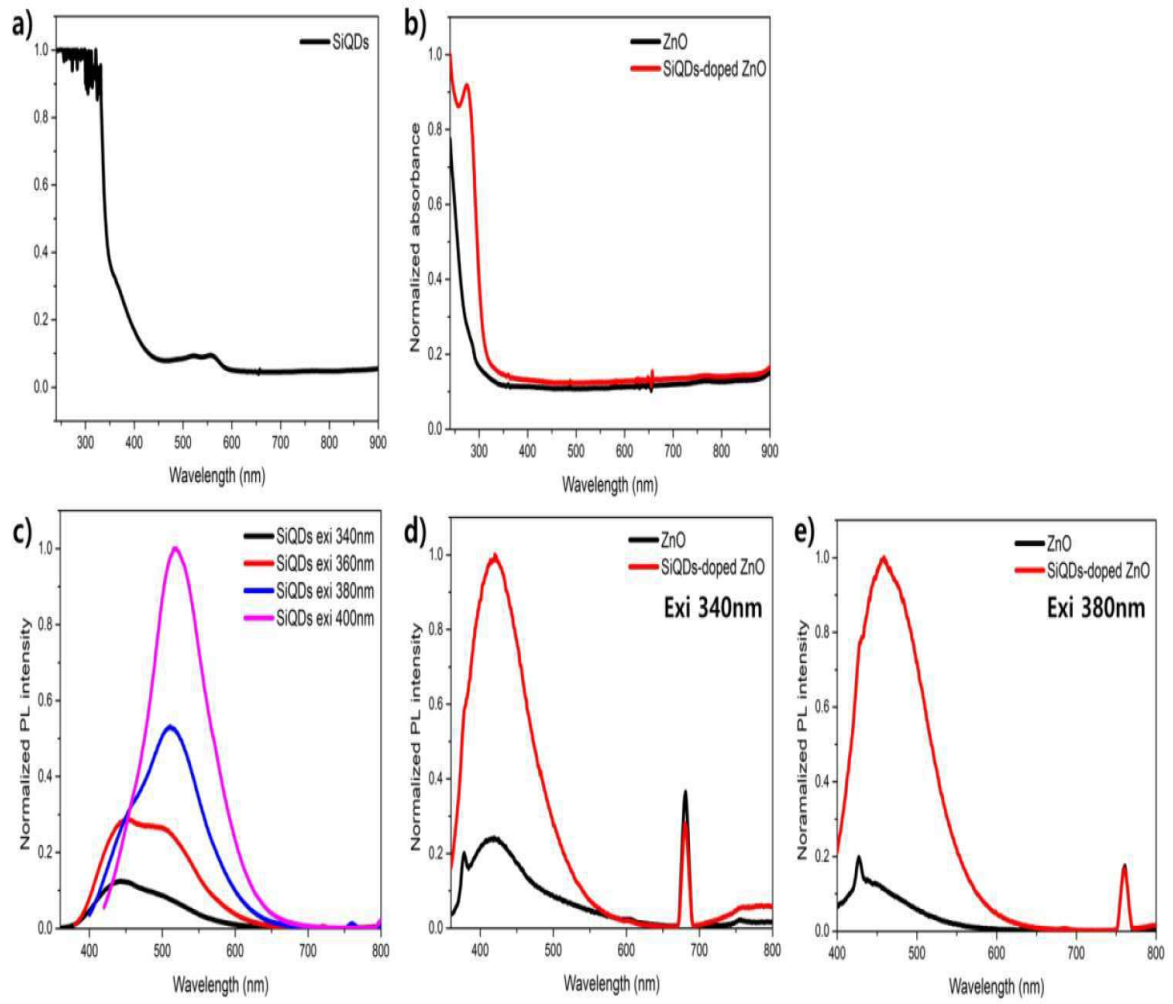
【도 1a】



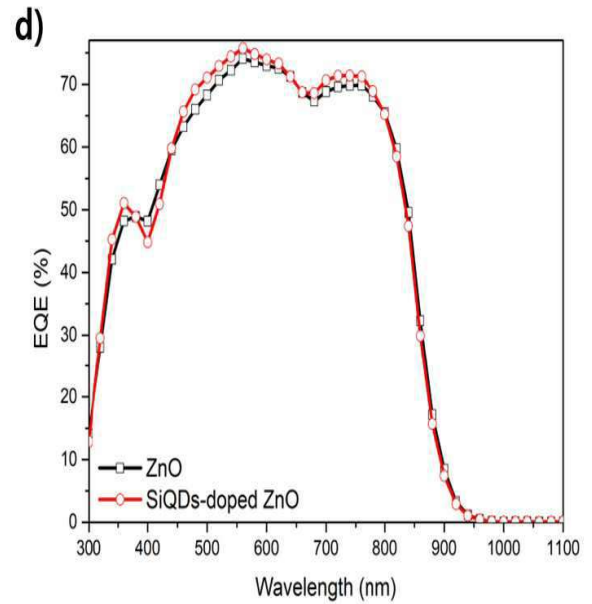
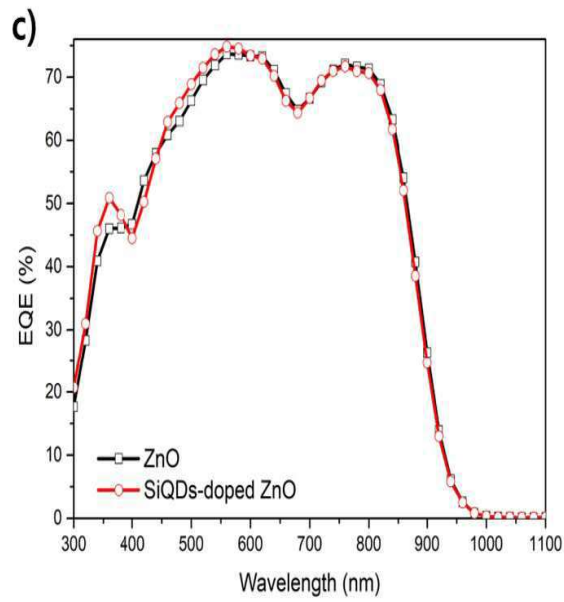
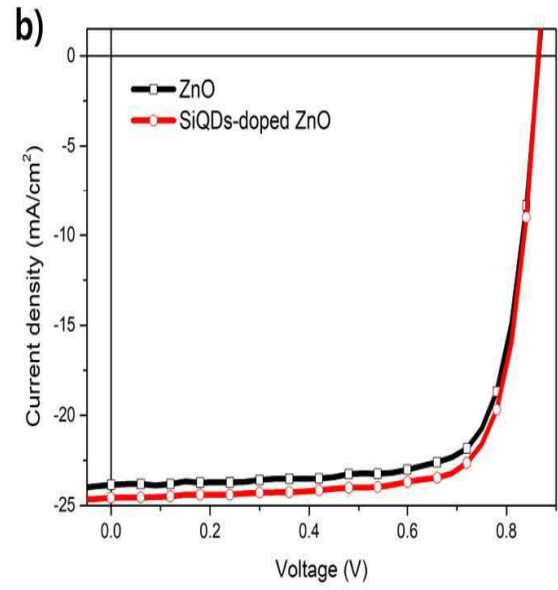
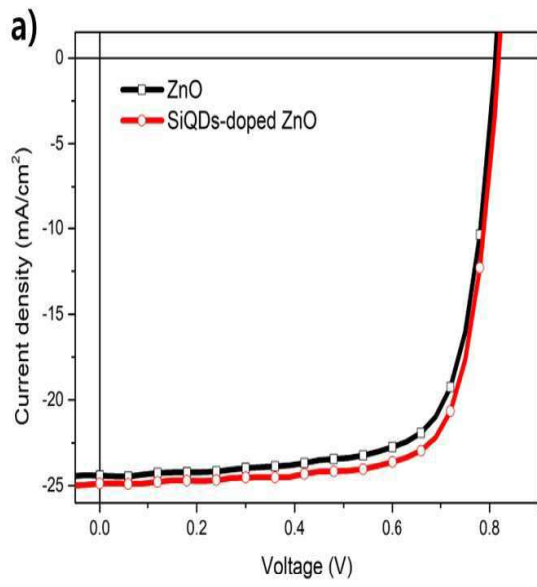
【도 1b】



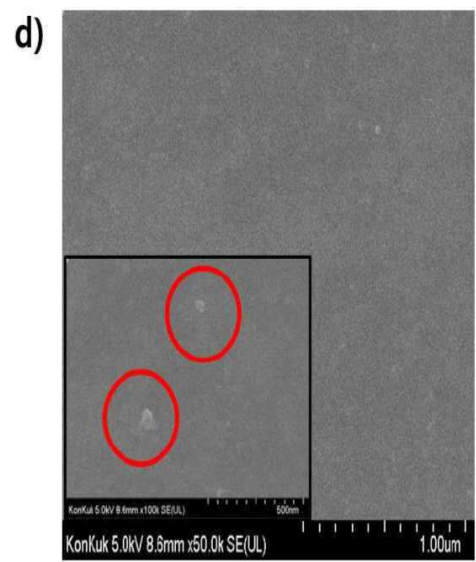
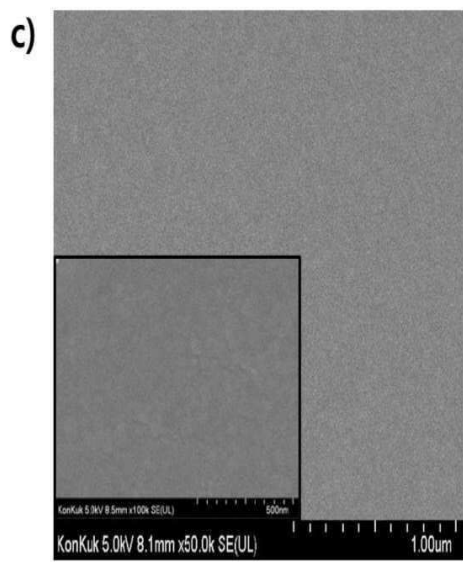
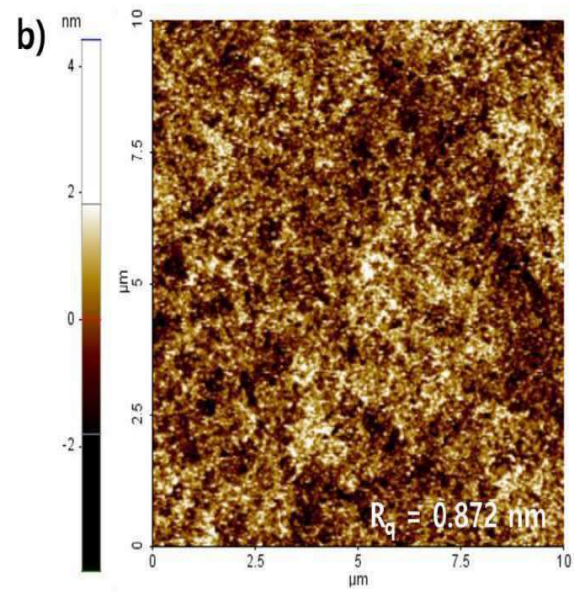
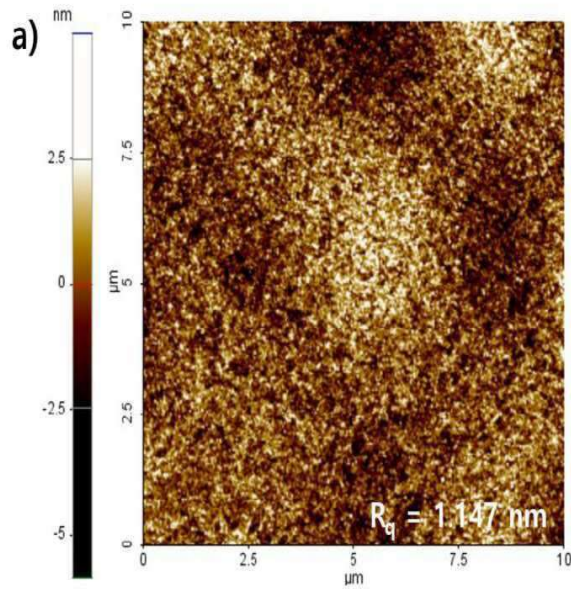
【도 2】



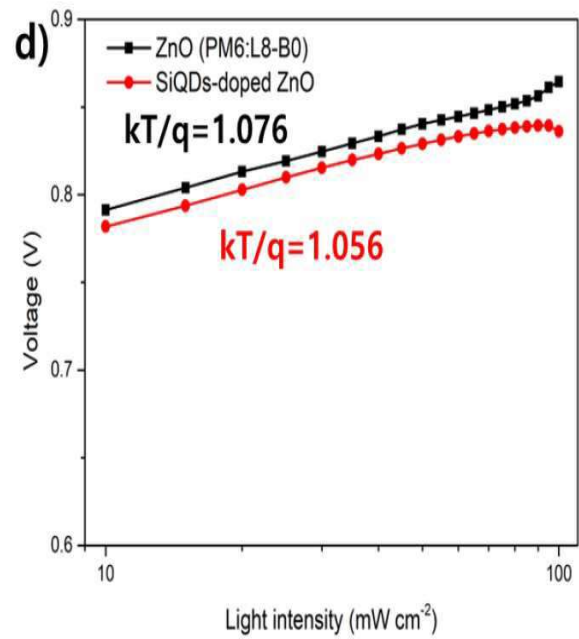
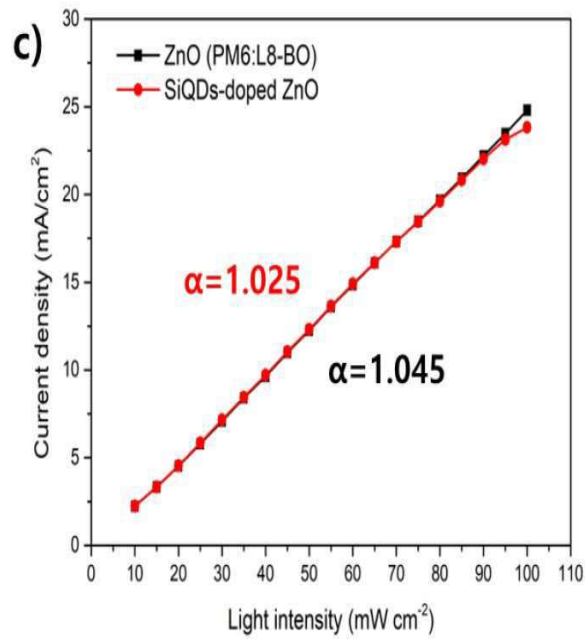
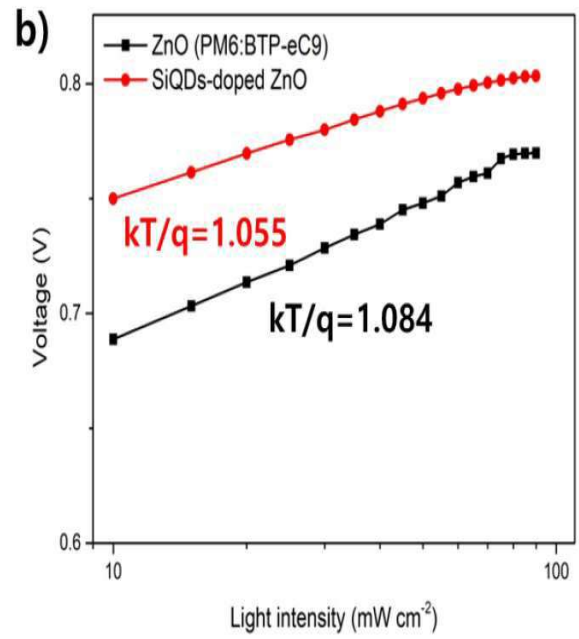
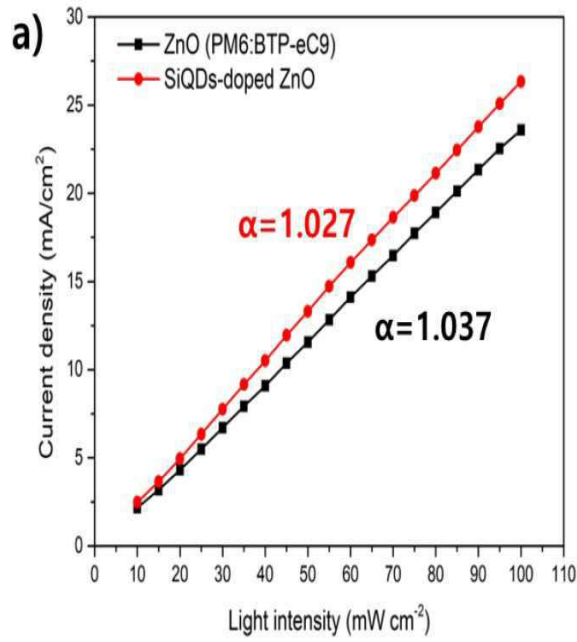
【도 3】



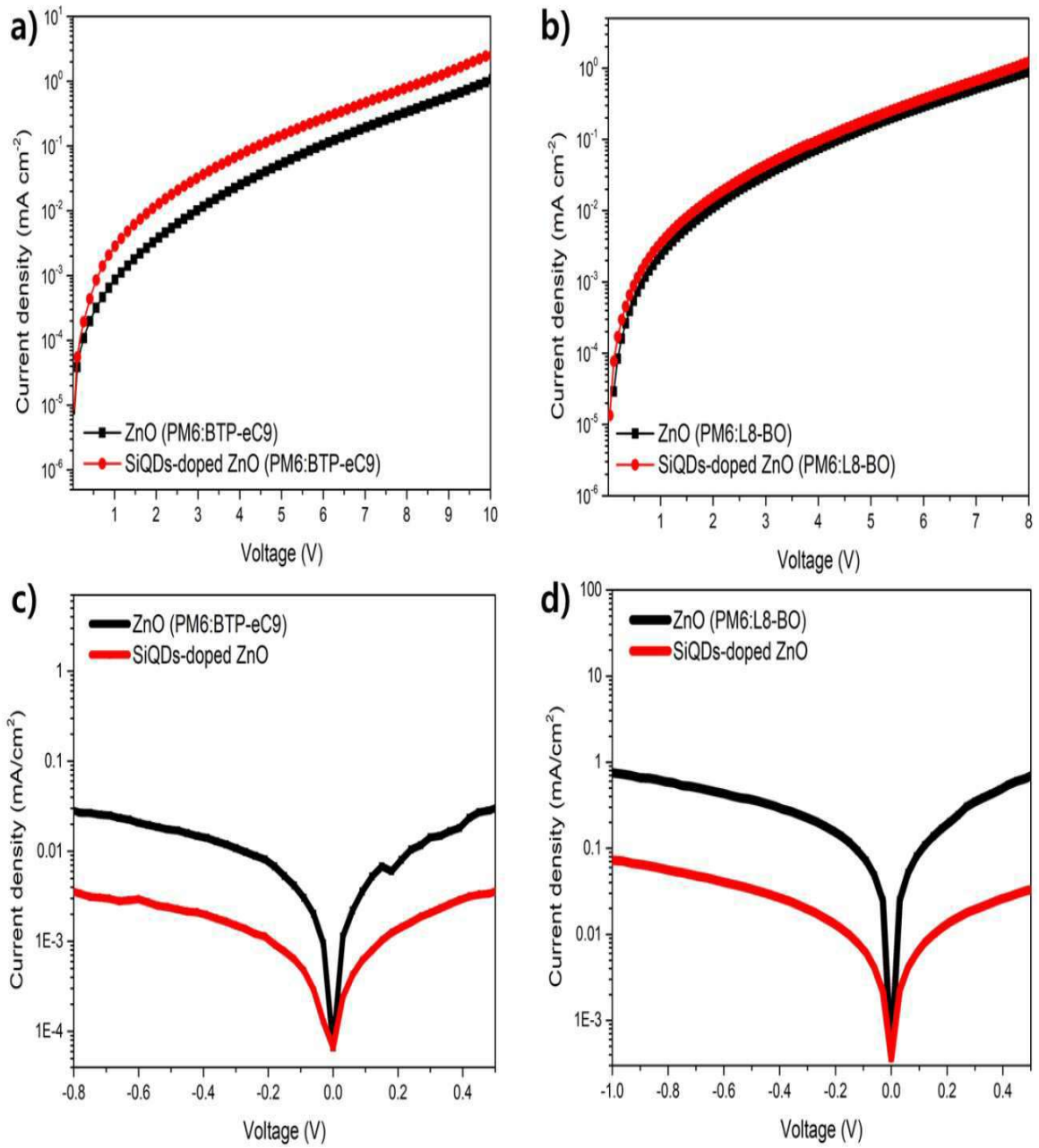
【도 4】



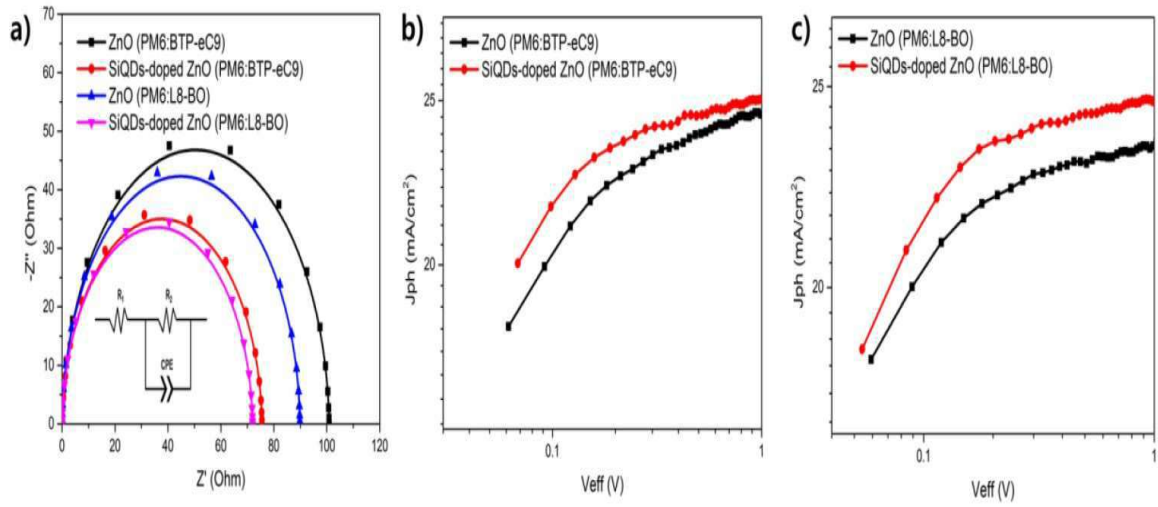
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

