

출원번호통지서

출원일자 2022.12.15
특기사항 심사청구(무) 공개신청(무)
출원번호 10-2022-0175399 (접수번호 1-1-2022-1348862-77)
(DAS접근코드2878)
출원인명칭 건국대학교 산학협력단(2-2004-015764-8)
대리인성명 위병갑(9-2004-000155-3)
발명자성명 문두경 김지현
발명의명칭 유기고분자-양자점을 포함하는 광증폭층이 도입된 고효율 고안정성 유기태양전지 및 이의 제조방법

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 : <https://www.kipo.go.kr-지식재산제도>

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

유기고분자-양자점을 포함하는 광증폭층이 도입된 고효율 고안정성 유기태양 전지 및 이의 제조방법{High-efficiency and high-stability organic solar cell with light amplification layer containing organic polymer-quantum dots and manufacturing method thereof}

【기술분야】

<0001> 본 발명은 유기고분자-양자점을 포함하는 광증폭층이 도입된 고효율 고안정성 유기태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

<0002>

【발명의 배경이 되는 기술】

<0003> 유기태양전지는 광활성층을 통해 빛 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 광 전변환원리로 구동되는 반도체 소자로, 전극층/버퍼층/광활성층의 다층 박막구조를 가지고 있다. 특히, 광활성층으로 사용되는 유기소재의 유연성, 공정용이성, 투명성, 흡수파장 제어 등의 이점에 의해 다양한 어플리케이션에 적용이 가능하며 Internet of Things(IoT) 접목형 신재생에너지기술로써 많은 연구가 이루어지고 있다.

<0004>

<0005> 최근, 유기태양전지의 고효율·고안정성을 위한 소자기술로는 유/무기 하이브리드 유기태양전지, 탠덤 유기태양전지, 유기-페로브 접합 태양전지 등이 있으며



구조적 변화를 기반으로 획기적인 소자 성능을 도출해내고 있다. 특히, 다양한 복합체를 도입한 하이브리드 유기태양전지는 도입 물질에 따라 광학적제어, 접합계면 제어, 전기화학적 성능향상 등의 효과를 타겟팅 할 수 있다. 유기태양전지에 주로 도입되는 복합체 종류로는 나노입자(nano particle, NP), 퀀텀닷(quantum dot, QD), 나노와이어(nanowire, NW), 금속 도판트 등이 존재한다. 유기태양전지를 건물 일체형 태양전지(building integrated photovoltaics, BIPV), (vehicle integrated photovoltaics, VIPV), indoor PV, wearable PV 등의 첨단기술분야에 효과적으로 접목하기 위해서는 이와 같은 소자구조적 전략을 사용함으로써 본래의 한계점을 제어한 고효율·고안정성 유기태양전지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

<0006>

<0007>

더욱이 태양으로부터 최적의 입사각도에 설치된 종래의 태양전지와는 다르게 응용 어플리케이션으로써 적용될 경우 다양한 광각에서 구동 되어야하기 때문에 입사되는 광 에너지가 현저히 줄어들게 된다. 이로 인해, 태양으로부터 입사되는 광 에너지를 효율적으로 활용할 수 있는 방안으로 빛의 파장대를 전환시키는 발광입자인 양자점이 제안되었으며, 양자점을 감싼 리간드를 통해 다층 박막구조로 이루어져있는 유기태양전지의 접합계면을 제어함으로써 안정한 소자를 구현할 수 있게 된다.

<0008>

【선행기술문헌】

【특허문헌】



<0009> (특허문헌 1) 등록특허공보 10-1012089호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

<0010> 본 발명의 목적은 양자점을 통해 효과적인 에너지 하베스팅을 이뤄내는 유기 태양전지를 제공하는 것이다.

<0011> 본 발명의 다른 목적은 양자점을 둘러싼 리간드를 통해 활성층의 접합 계면을 제어하여 우수한 소자 성능과 견고한 박막을 이루는 유기태양전지를 제공하는 것이다.

<0012> 본 발명의 또 다른 목적은 광활성층 하단에 추가적인 유기고분자층을 도입함으로써 우수한 안정성 유지하는 유기태양전지를 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

<0014> 본 발명은 제1 전극; 제1 전하수송층; 광증폭층; 광활성층; 제2 전하수송층 및 제2 전극을 포함하며, 광활성층의 일면 혹은 양면에 유기고분자-양자점 복합체로 이루어진 광증폭층을 포함하는 유기태양전지를 제공한다.

<0016> 도 1의 경우와 같이 기판(1)위에 투과성이 있는 제1 전극(2)과 제1 전하수송층(3)이 순차적으로 적층되어있다. 이 후 유기고분자(4-2)-양자점(4-1)으로 구성된 광증폭층(4), 광활성층(5)이 차례대로 적층되어 포괄적인 광활성층(4~5)을 이룬다. 다음으로 제2 전하수송층(6) 및 제2 전극(7)을 적층함으로써 유기태양전지를 제



작한다.

<0017>

<0018>

도 1b의 경우 광증폭층(4)/광활성층(5)으로 구성된 포괄적인 광활성층(4~5)을 확대한 모식도이다. 해당 모식도의 광증폭층(4)에는 유기고분자(4-2)에 Core/Shell/Ligand로 이루어진 양자점(4-1)이 도핑되어진 상태이며 박막상 표면에 존재한다. 광증폭층(4)과 광활성층(5)의 접합 계면에 존재하는 양자점(4-1)은 Core(4-1-1)의 FRET작용을 통한 유효광증폭 및 자외선 억제기능을 하며, 리간드(4-1-2)의 분자상호작용을 통해 광활성층의 계면제어기능이 가능한 유기태양전지를 구성한다. 상기와 같은 양자점(4-1)에 따른 광증폭층(4)의 효과를 통해 유기태양전지의 효율 및 안정성이 향상될 수 있다.

<0019>

<0020>

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.

<0021>

<0022>

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(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 스핀코팅, 스크린 프린팅, 슬롯다이, 바코팅, 물리적 기상 증착 등의 다양한 공정방법을 통해 적층된 기판일 수 있다.

<0023>

<0024>

제1 전하수송층(3)은 제1 전극(2)과 포괄적인 광활성층(4~5)사이의 적절한 에너지 준위를 갖는 것이 바람직하며, 두 물질 사이의 에너지 준위차를 완화하여 효과적인 전하캐리어 전달이 이루어지게끔 하는 것이 중요하다. 정구조 유기태양전지 기준에서는 제1 전하수송층(3)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) 등이 선택될 수 있다.

<0025>

<0026>

도면 1 a, 1 b에 나타난 광증폭층(4)은 상기 기술되었듯이, 유기고분자-양자점 복합 박막으로 구성된다. 본 발명에 따르면 도면 1b의 유기고분자(4-2)층에 추가적인 광활성분자인 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))를 도입하였으며 이는 양자점이 분산되는 매트릭스를 형성할 수 있다. 광증폭층(4)에 포함되는 유기고분자(4-2)로는 폴리디메틸실록세인(polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리메틸메타크릴레이트(poly(methyl methacrylate), PMMA), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone, PVP), 폴리에테르이미드(polyetherimide, PEI), 폴리카바졸계, 폴리페닐렌계, 폴리아닐린계와 같은 유기고분자 또는 단분자 전자주개, 고분자 전자주개, 비풀러렌계 전자받개, 풀러렌계 전자받개와 같은 추가 광활성분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 단일층 혹은 복합층을 포함할 수 있다.

<0027>

<0028>

상기 광증폭층(4)에 포함되는 양자점(4-1)은 핵(core), 핵-껍질(core-shell) 또는 핵-껍질-리간드(core-shell-ligand)구조를 이룰 수 있으며, UV 광에너지를 흡수하여 광활성층이 이용가능한 유효광역대(가시광역대 범위)로의 발광특성을 갖는 양자점이 선택되는 것이 바람직하다. 본 발명에서 사용된 양자점은 Zn-Cu-In-S/ZnS의 I-III-VI족 계열 양자점으로, 300nm이하의 UV 광을 흡수하여 양자점 코어(4-1-1)의 전자를 여기시키고 해당 전자가 다시 안정화되면서 광활성층의 흡수영역에 매칭되는 빛을 발광함으로써 유효광을 증폭시킬 수 있다. 또한 기술한 바와 같이 UV 광에너지를 가시광역대로 전환하여 발산시키는 작용을 통해 광활성물질에 대한 고에너지 UV광의 노출을 억제할 수 있다. 상기 광증폭층(4)에는 Cu-In-S₂계, InP계, CdSe계, CdTe계, PbS계, Carbon계, Graphene계 등의 다양한 양자점이 사용될 수 있



으며, 이들이 동종 또는 이종으로 선택될 수 있다.

<0029>

<0030>

본 발명에 따른 광활성층(5)은 전자주개인PM6(Poly[[4,8-bis[5-(2-ethylhexyl)-4-fluoro-2-thienyl]benzo[1,2-b:4,5-b^c]-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]와 전자받개 엑셉터인BTP-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])으로 구성된 혼합 박막이 스펀 코팅법을 통해 적층되었다. 상기 광활성층(5)은 단분자 전자주개, 고분자 전자주개, 비풀러렌계 전자받개 및 풀러렌계 전자받개와 같은 추가 광활성분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으며 전자주개와 전자받개가 각각 단일층으로 적층된 이종접합(layer by layer, LBL)구조와 혼합상으로 적층된 벌크 헤테로접합(bulkhetero junction, BHJ)구조를 포함한다.

<0031>

<0032>

제2 전하수송층(6)은 광활성층(5)에서 생성된 캐리어를 제2 전극(7)으로 수송해주는 역할을 담당한다. 정구조 유기태양전지 기준에서는 제2 전하수송층(6)으로 n-타입의 유기화합물 또는 무기화합물을 포함하며, 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), 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), 나프탈렌 다이이미드(naphthalene diimide, NDI)계열, 징크옥사이드(zinc oxide, ZnO), 틴옥사이드(tin oxide, SnO₂) 및 타이타늄옥사이드(titanium oxide, TiO₂) 등이 선택될 수 있다.

<0033>

<0034>

최상단에 위치하는 제2 전극(7)은 광활성층의 광자에너지 흡수를 통해 생성된 전하를 외부 회로로 전달하는 금속물질로 이루어질 수 있으며, 정구조 태양전지 기준에서는 음극의 역할을 수행할 수 있다. 제2 전극(7)층을 구성하는 물질로는 제2 전하수송층(6)과의 계면저항이 작고 낮은 일함수를 갖으면서 전도도가 높은 금속 물질이 이상적이며, 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 칼슘(Ca), 그래핀 및 금속나노 튜브(NT) 등이 포함된다. 제2 전극(7)은 이들이 동종 또는 이종으로 선택될 수 있다.

<0035>

<0036>

상기 기술한 유기태양전지를 구성하는 다층박막들은 모두 스펀코팅, 잉크젯 프린팅, 스프레이 프린팅, 스크린 프린팅, 슬롯다이, 바코팅, 물리적 기상 증착, 화학증착, 원자층증착 등의 다양한 공정방법을 통해 적층될 수 있으며, 이를 바탕으로 실시예와 도면을 참조하여 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명한다. 하기 실시예는 본 발명에 대한 예시를 나타내기 위한 것으로, 그 권리범위를 제한하지 않는다.



<0037>

【발명의 효과】

<0038>

본 발명에 따른 소자 공정법에 의하면, 유기고분자-양자점 복합체인 광증폭층은 입사된 자외선 영역의 광에너지를 광활성층의 흡수과장 광에너지로써 전환시킨다. 광증폭층은 제1 전하수송층과 광활성층 사이에 도입되는데, 이때 양자점은 유기고분자층과 광활성층의 접합 계면에 존재한다. 광증폭층은 광 산란 및 광 흡수에 의해 광에너지를 증폭시키며, 양자점의 FRET효과를 통해 광활성층으로부터 효과적인 에너지 하베스팅이 이루어 지도록 한다. 또한 양자점의 리간드를 통해 서브도너와 광활성층의 계면접합을 견고하게 하고 광활성층 박막의 몰폴로지를 제어함으로써 소자의 구조적 안정성을 증대시킨다.

<0039>

이와 같이 이중접합과 벌크헤테로접합을 접목시킨 구조를 적용시켜 종래의 터너리 벌크헤테로접합층의 복잡성에 의한 소자 몰폴로지 저하 및 안정성 저하를 해소시킬 수 있으며, 해당 접합계면 사이에 양자점을 도입하여 자외선광을 광활성층의 흡수가능 영역대로 전환시켜 자외선 노출로 인한 소자의 성능저하를 제어할 수 있다.

<0040>

상기와 같은 광증폭층의 효과에 기인하여 자외선 감소, 유효광 증폭 및 계면 제어를 이루어냄으로써 소자의 고효율화 및 고안정성을 구현할 수 있는 공정기술을 제공한다. 이를 통해 저조도 혹은 비효율적인 입사광 환경에서도 효과적인 광전변환작용을 이루어낼 수 있으며, 유기태양전지의 활용범위를 확대시켜 차세대 태양전지로써 효과적으로 응용할 수 있다.



【도면의 간단한 설명】

도 1a는 본 발명에 따른 광증폭층(4, 유기고분자(4-2)-양자점(4-1))이 도입된 정구조의 유기태양전지 구조 모식도이다.

도 1b는 도 1a에서 나타난 소자구조의 두 층(광증폭층(4), 광활성층(5))을 확대한 모식도와 상기 두 층의 접합면에 존재하는 양자점의 구성에 대한 모식도이다. 본 발명에 따른 광증폭층으로는 추가 광활성물질과 양자점의 혼합 박막을 사용하였으므로, 광증폭층(4)과 광활성층(5)은 함께 포괄적인 의미의 광활성층을 이룬다. 또한 우측 모식도에서는 본 발명에 따른 양자점으로 Zn-Cu-In-S/ZnS QD(이하 ZQ)를 나타내었다.

도 2a는 본 발명에서 사용된 양자점의 흡수영역과 발광영역을 나타낸다. 도 2b 및 2c는 ZQ첨가에 따른 광학적 효과에 의한 광활성시스템에서의 흡수스펙트럼과 발광스펙트럼을 나타낸다.

도 3은 ZQ의 도핑유무에 따른 유기고분자(4-2)박막과 두 가지 박막 위에 벌크헤테로접합 광활성층(5)이 적층된 박막의 주사전자현미경 이미지이다.

도 4는 ZQ의 리간드와 광활성층을 이루는 전자주개 및 전자받개 고분자와의 상호작용에 따른 결합에너지 변화를 나타내는 X선 광전자 분광스펙트럼이다.

도 5a는 본 발명에 따른 광증폭층(4)을 포함한 유기태양전지 소자의 전류밀도-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 5b는 본 발명에 따른 광증폭층(4)을 포함한 유기태양전지 소자의 파장에



따른 외부양자효율을 나타낸 그래프이다.

도 5c는 본 발명에 따른 광증폭층(4)을 포함한 유기태양전지 소자의 시간에 따른 안정성에 대한 그래프이다.

도 6은 본 발명에 따른 광증폭층(4)을 포함한 유기태양전지 모듈의 저조도 광원(LED lamp)하 구동 이미지이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

<0043> 이하, 본 발명을 하기의 실시예에 의하여 더욱 상세하게 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

<0044>

<0045> **<실시예1>**

<0046> 유리 기판(1)에 제1 전극(2)으로써 ITO투명전극이 증착 된 단위 셀을 알코놀스, 이소프로필 알코올(IPA), 아세톤과 소니케이터를 사용한 초음파 습식세정을 진행한다. 이후, 열처리와 UVO cleaning의 건식세정 과정을 순차적으로 진행하여 단위 셀의 표면 처리 및 계면 개질을 완료한다. 전처리된 단위 셀에 제1 전하수송층으로 PEDOT:PSS용액을 스핀 코팅한다. 다음으로 준비된 유기고분자(4-2) 용액을 30nm이하로 얇게 스핀코팅한다. 이 때 박막을 형성하는 유기고분자(4-2) 물질은 전자주개 광활성물질인 D18-C1을 사용하였다. 코팅된 유기고분자(4-2)층은 약 2~3분 가량 실온에서 말린 뒤, PM6:BTP-eC9 혼합용액을 100~150nm 범위 두께로 스핀코팅한 후 10분간 어닐링 을 진행하여 BHJ 광활성층(5)을 적층한다. 적층된 광활성



층(5) 박막 위에 제2 전하수송층(6)으로 PDINN용액을 스핀 코팅한다. 마지막으로 다층의 무기/유기박막들이 적층된 단위 셀 위에 열기상증착법을 통하여 제2 전극(7)인 Ag박막을 형성한다. 상기 방법을 통해 제작된 소자는 UV레진과 플라스틱 캡을 사용하여 인캡슐레이션 하였다.

<0047>

<0048>

<실시예2>

<0049>

유리 기판(1)에 제1 전극(2)으로써 ITO투명전극이 증착 된 단위 셀을 알코놀스, 이소프로필 알코올(IPA), 아세톤과 소니케이터를 사용한 초음파 습식세정을 진행한다. 이후, 열처리와 UVO cleaning의 건식세정 과정을 순차적으로 진행하여 단위 셀의 표면 처리 및 계면 개질을 완료한다. 전처리된 단위 셀에 제1 전하수송층으로 PEDOT:PSS용액을 스핀 코팅한다. 다음으로 유기고분자(4-2)-양자점(4-1)을 포함하는 광증폭층(4) 혼합용액을 30nm이하로 얇게 스핀 코팅한다. 이 때 박막을 형성하는 유기고분자(4-2) 물질은 D18-C1을 사용하였으며, 유기고분자(4-2) 박막 표면에 ZQ 양자점(4-1)이 분산된 형태의 광증폭층(4)이 형성된다. 코팅된 광증폭층(4)은 약 2~3분가량 실온에서 말린 뒤, PM6:BTP-eC9 혼합용액을 100~150nm 범위 두께로 스핀코팅한 후 10분간 어닐링 을 진행하여 BHJ 광활성층(5)을 적층한다. 적층된 광활성층(5) 박막 위에 제2 전하수송층(6)으로 PDINN용액을 스핀 코팅한다. 마지막으로 다층의 무기/유기박막들이 적층된 단위 셀 위에 열기상증착법을 통하여 제2 전극(7)인 Ag박막을 형성한다. 상기 방법을 통해 제작된 소자는 UV레진과 플라스틱 캡을 사용하여 인캡슐레이션 하였다.



<0050>

<0051> <비교예1>

<0052> 상기 실시예 1, 2와 동일한 조건 및 방법으로 유기태양전지를 제조하되, 유기고분자(4-2) 단일층 혹은 유기고분자(4-2)-양자점(4-1) 혼합박막인 광증폭층(4)을 갖지 않는 정구조의 유기태양전지를 제조한다.

<0053>

<0054> <실험예>

<0055> 도면 2a와 같이 양자점 ZQ는 UV영역의 빛에너지를 흡수하여 코어 전자를 여기시키고, 가시광영역의 빛을 발광하는 것을 알 수 있다.

<0056>

<0057> 도면 2b는 유기고분자(4-2) 단일층이 포함된 광활성층 박막(D18-C1/PM6:BTP-eC9)과 광증폭층(4)이 포함된 광활성층 박막(D18-C1+ZQ/PM6:BTP-eC9)에서의 흡수스펙트럼을 나타내었으며, ZQ가 도입됨에 따라 특히 D18-C1와 PM6 즉, 전자주개 물질의 흡수강도가 증가하는 경향이 나타난다.

<0058>

<0059> 도면 2c는 D18-C1+PM6+BTP-eC9 혼합용액에서 ZQ 첨가에 따른 발광스펙트럼을 나타내었다. ZQ의 첨가 분율이 증가됨에 따라 혼합시스템에서의 퀘칭효과가 뚜렷하게 증가하는 경향이 나타나며, 이는 양자점(4-1)의 FRET효과에 기인한다. 이와 같이 UV영역의 잉여에너지를 전환하여 가시광영역의 유효광 에너지를 증폭시킴으로써 유기태양전지 내 UV투과를 억제하고 효과적인 광전효과가 이루어질 수 있다.



<0060>

<0061>

도면 3은 유기고분자(4-2) 단일층과 ZQ가 첨가된 광증폭층(4)에서의 박막 변화를 주사전자현미경을 통해 나타낸 것이며, 광증폭층(4) 박막에서는 양자점 리간드(4-1-3)와 유기고분자(4-2)의 상호작용에 의해 가지무늬의 박막형태를 형성한다. 해당 두 박막 위에 광활성층(5)을 적층하였을 때도 광증폭층(4)이 포함된 박막에서 만 동일한 가지무늬를 형성한다. 이를 통해 양자점 리간드(4-1-3)는 유기고분자와 광활성분자 사이에서 상호작용함을 알 수 있으며, 광활성층(5)의 몰폴로지 제어 특성을 구현할 수 있다.

<0062>

<0063>

도면 4에 따르면 D18-C1+ZQ용액으로 코팅된 박막의 표면에는 ZQ의 주요성분 원자인 Zn이 분산되어 있다. 이를 통해 ZQ는 광증폭층의 상단인 표면에 존재함을 나타낸다. 반면, D18-C1+ZQ/PM6:BTP-eC9에서는 Zn성분이 검출되지 않는 것을 통해 ZQ는 광증폭층과 PM6:BTP-eC9 BHJ층 사이에 위치하는 것을 나타낸다. ZQ가 첨가되면서 광활성층을 이루는 주요 원소인 N 1s, S 2p, O 1s 의 강도가 감소되었다. 이를 통해, 양자점 리간드(4-1-3)와 유기고분자 및 광활성물질간의 상호작용에 의한 추가 결합이 존재함을 알 수 있다.

<0064>

<0065>

도면 5a, 5b는 유기고분자층이 포함된 실시예1(D18-C1/PM6:BTP-eC9), 광증폭층이 포함된 실시예2(D18-C1+ZQ/PM6:BTP-eC9, 이하 ZQ-OSCs로 표기), 및 비교예1의 제조과정을 갖는 태양전지에 대한 전류밀도-전압($J-V$)특성과 파장대별 외부양자효



율(EQE)을 나타낸 그래프다.

<0066>

<0067>

도면 5c에서는 상기 소자들에 대한 1000시간 이상의 안정성 변화를 나타낸다. 광증폭층이 포함된 상기 실시예2 소자구조에서는 93%이상의 훌륭한 안정성을 보였으며, 유기고분자층만 포함된 상기 실시예1 소자구조에서도 89%이상의 성능을 유지했다. 해당 결과와 같이, 추가적인 유기고분자층(4-2) 및 광증폭층(4)으로부터 발현된 광학적특성 및 분자상호작용을 통한 소자성능 및 안정성 향상을 확인할 수 있다.

<0068>

<0069>

도면 6에서는 단위 셀과 동일한 공정조건으로 제작한 유기태양전지 모듈을 저조도 광원(LED 1amp)하에서 구동한 이미지이다. 양자점이 도핑된 광증폭층(4)의 광학적 특징을 활용하여 광세기가 작고 가시광영역대의 광스펙트럼을 갖는 저조도 환경에서 좋은 활용성을 보일 수 있음을 나타낸다.

<0070>

<0071>

하기 표 1은 도면 5에서와 같이 비교된 유기태양전지 단위 셀의 단락전류밀도(J_{sc}), 개방회로전압(V_{oc}), 필팩터(FF) 및 광전변환효율(PCE)을 수치적으로 나타낸 표이다.

<0072>

【표 1】

Unit Cell [0.04cm ²]	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF(%)	PCE(%)
비교예 1	25.89	0.8287	77.67	16.66
실시예 1	25.99	0.8420	77.95	17.06
실시예 2	26.36	0.8437	79.16	17.60



<0073>

<0074>

하기 표 2는 단위 셀과 동일한 공정조건으로 제작한 유기태양전지 모듈의 단락전류밀도(J_{sc}), 개방회로전압(V_{oc}), 필팩터(FF) 및 광전변환효율(PCE)을 수치적으로 나타낸 표이다.

<0075>

【표 2】

Module [4.7cm ²]	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF(%)	PCE(%)
비교예 1	7.38336	2.57295	75.66	14.37
실시예 1	7.524619	2.58039	74.79	14.52
실시예 2	7.66034	2.58352	74.36	14.72

<0076>

<0077>

상기 도면 및 표를 참조하여 기술한 내용을 바탕으로 본 발명에 따른 유기태양전지의 우수한 소자성능과 장기 안정성을 설명할 수 있으며, 유기태양전지 내 양자점을 도입함으로써 광에너지 증폭효과 및 표면제어 특성을 발현할 수 있음을 나타낸다.

<0078>

<0079>

본 발명에 따른 유기태양전지는 기존 유기태양전지의 수명 한계를 해소할 수 있으며, UV잉여에너지를 전환하여 효과적으로 광에너지를 흡수하는 전략 및 유기박막의 표면제어 전략(소자 구조 및 공정방법)을 제공한다. 이를 통해 다양한 응용분야에서의 적용가능성을 넓히고, 고효율·고안정성 유기태양전지로서 구현 가능할 것으로 기대된다.

<0080>

<0081>

이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다.



본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허 청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

<0082>

【부호의 설명】

<0083>

- 1 : 기관
- 2 : 제1 전극
- 3 : 제1 전하수송층
- 4 : 광증폭층
 - 4-1 : 양자점
 - 4-1-1 : 양자점 코어
 - 4-1-2 : 양자점 셸
 - 4-1-3 : 양자점 리간드
 - 4-2 : 유기고분자
- 5 : 광활성층
- 6 : 제2 전하수송층
- 7 : 제2 전극



【요약서】

【요약】

본 발명은 양자점이 분산된 광증폭층을 포함하는 구조의 유기태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 광증폭층을 이루는 양자점은 광학적 특성에 의해 UV영역의 잉여에너지를 흡수하여 유효광에너지로 전환시키는 광증폭효과를 발현할 수 있다. 또한 양자점에 존재하는 리간드는 광활성물질들과 분자상호작용을 함으로써 소자성능을 향상시키고, 유기 박막의 몰폴로지를 견고하게 변화시킴으로써 다층박막으로 이루어진 소자구조의 전반적인 내구성을 강화시킬 수 있다. 이와 같은 유기 고분자-양자점으로 구성된 광증폭층을 포함한 고효율·고안정성의 유기태양전지를 제조함으로써 그 응용범위와 효과성을 확대할 수 있는 소자구조적 전략을 제공한다.

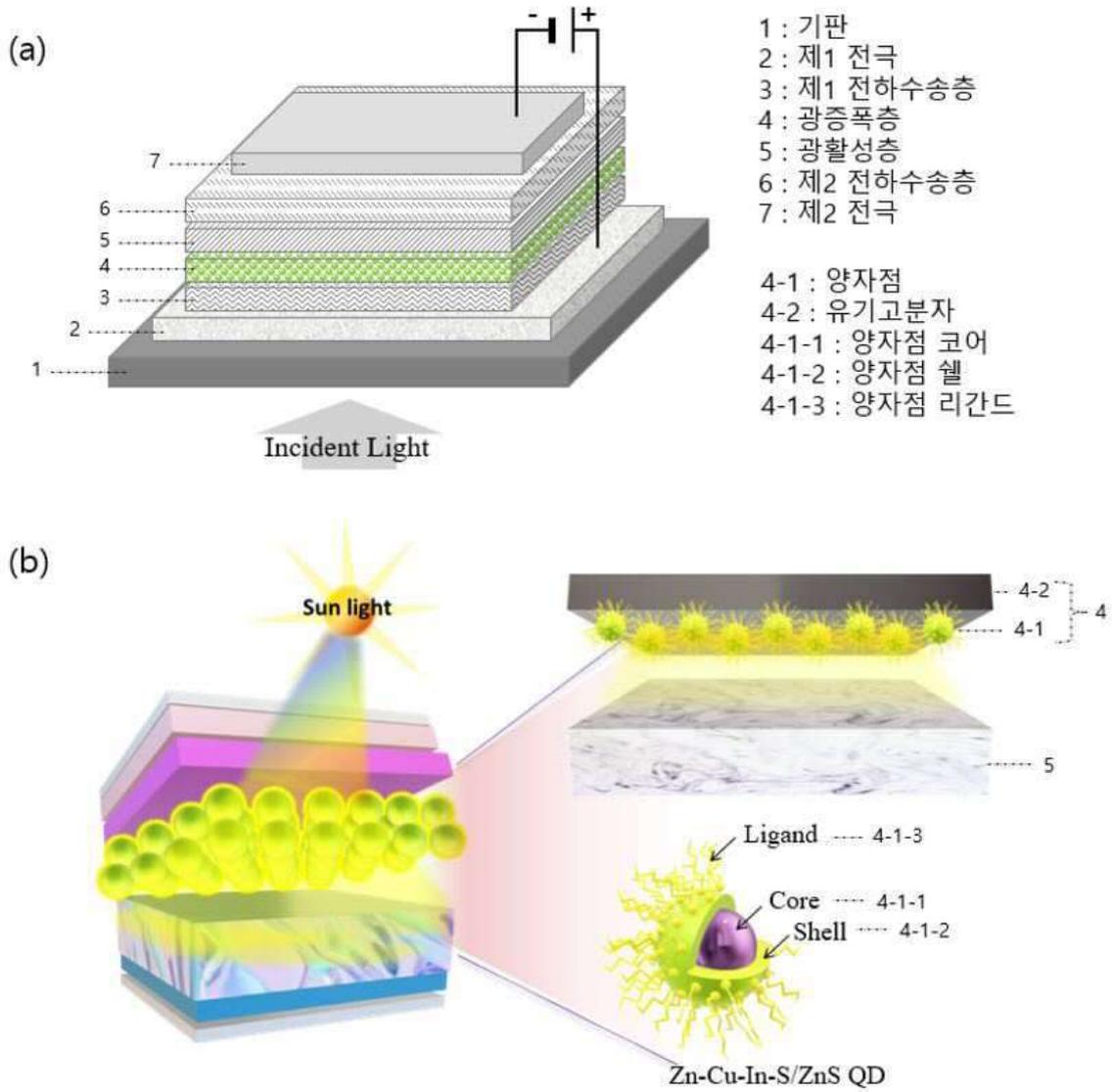
【대표도】

도 1

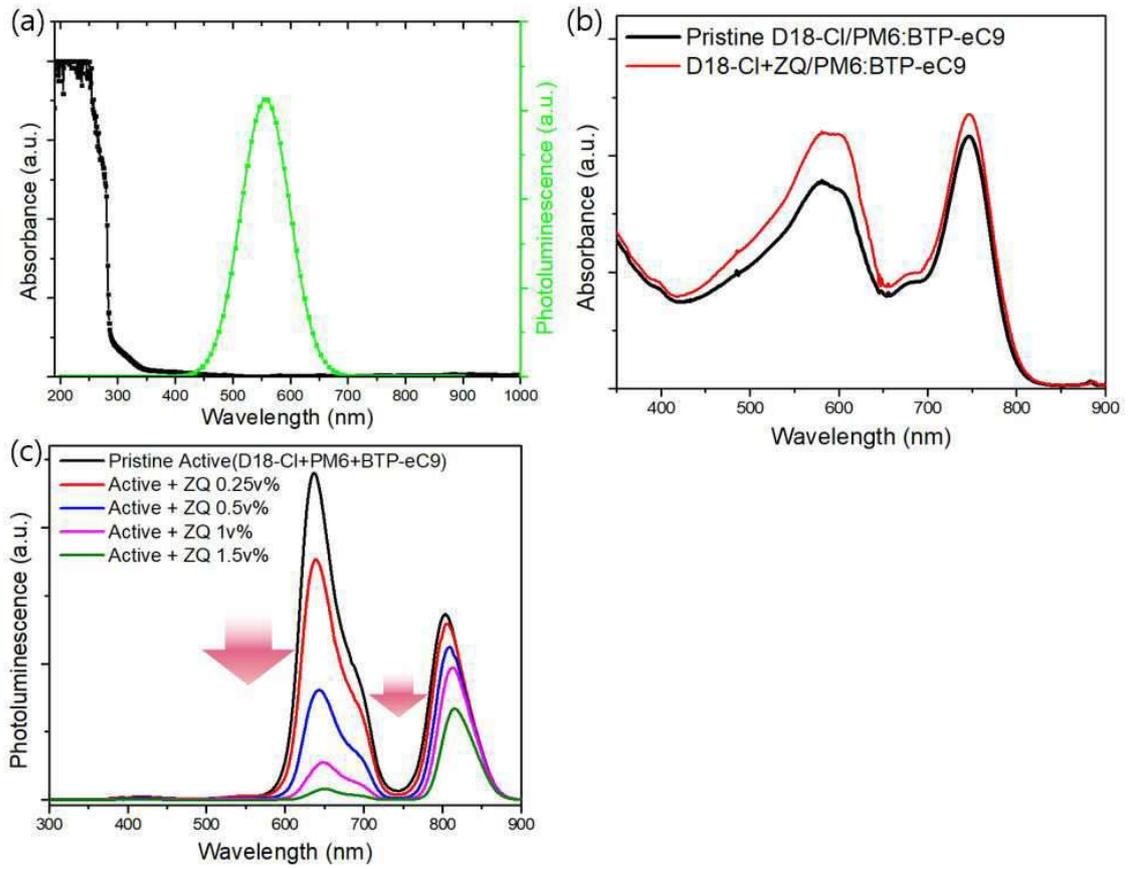


【도면】

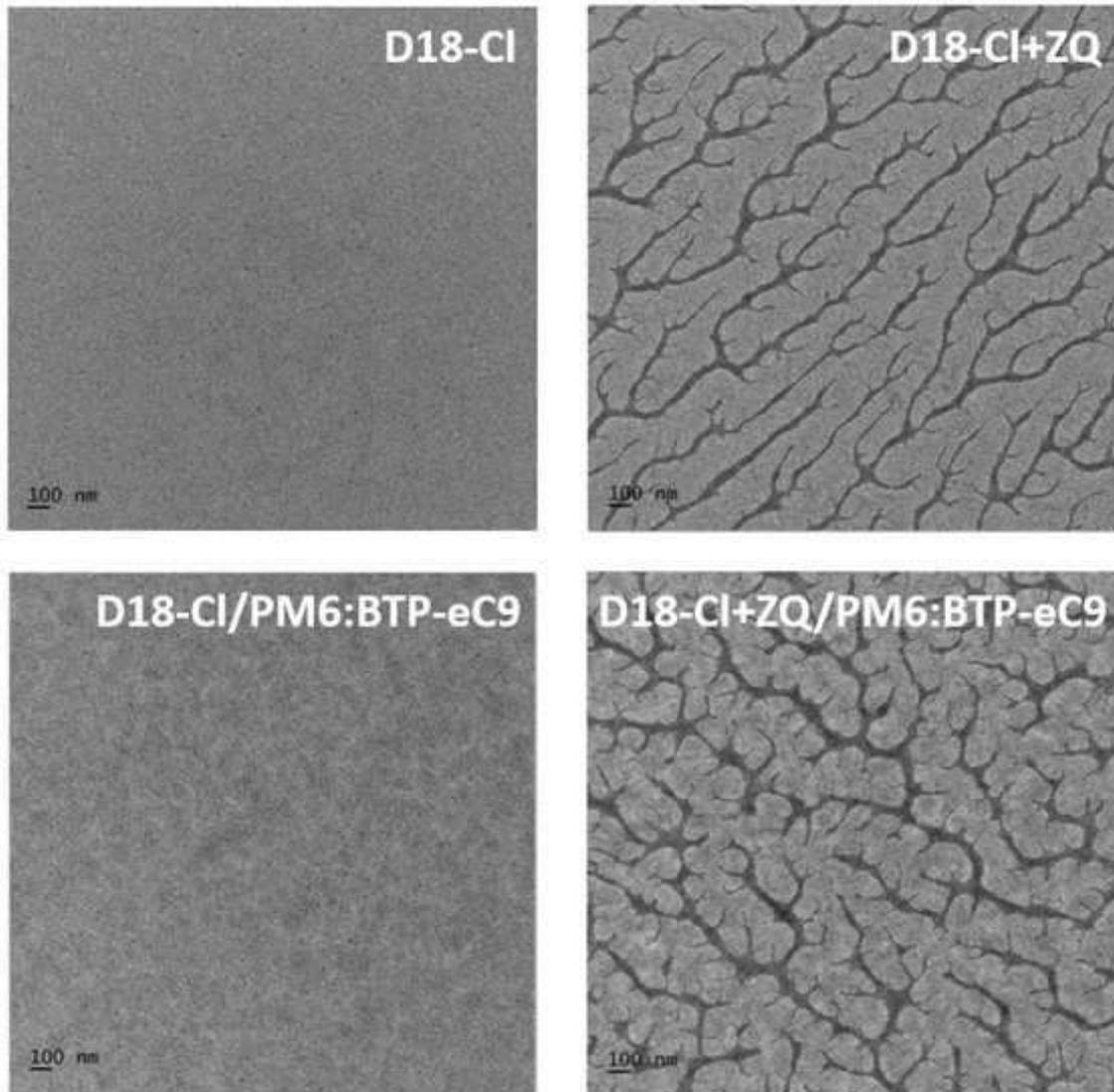
【도 1】



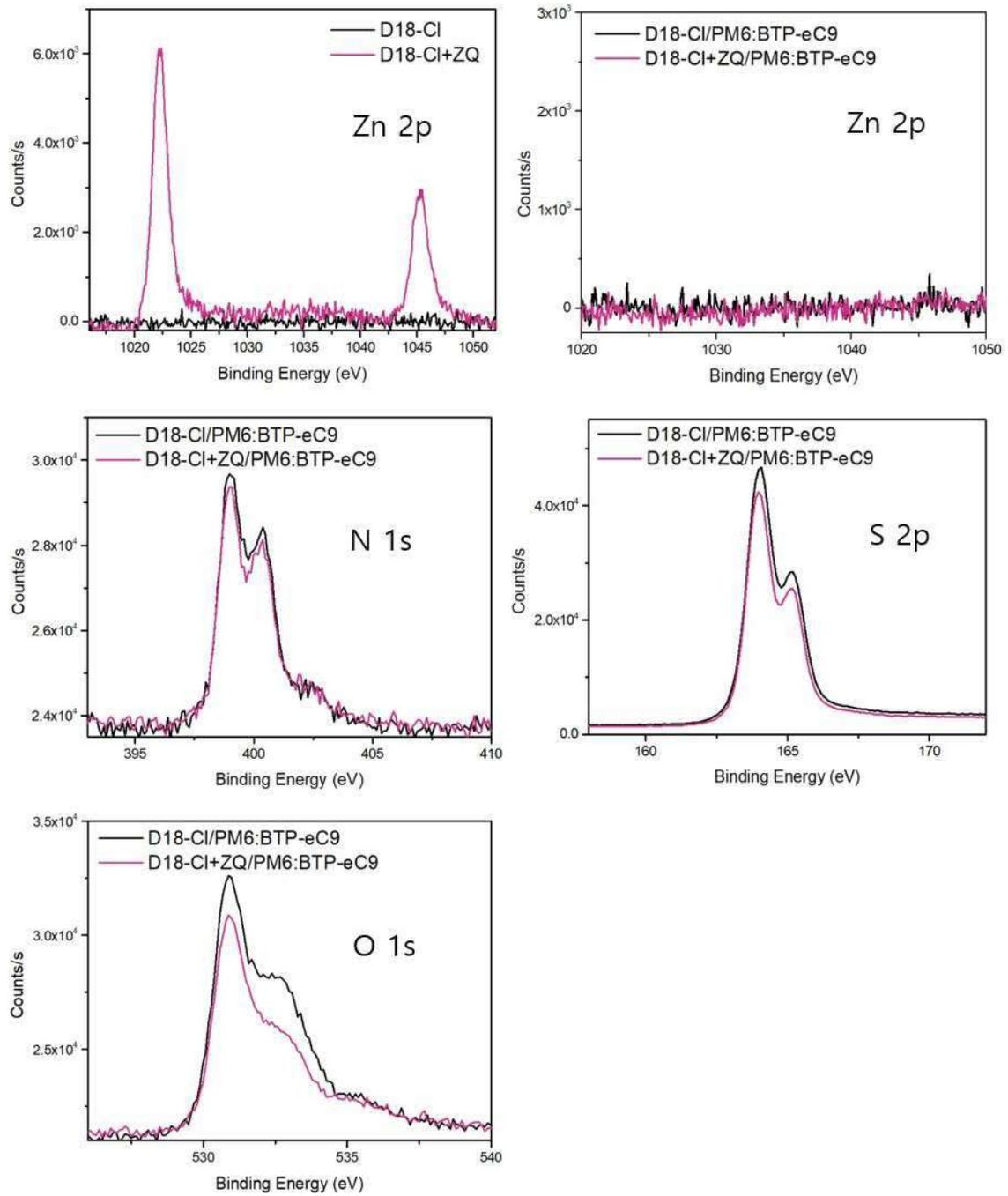
【도 2】



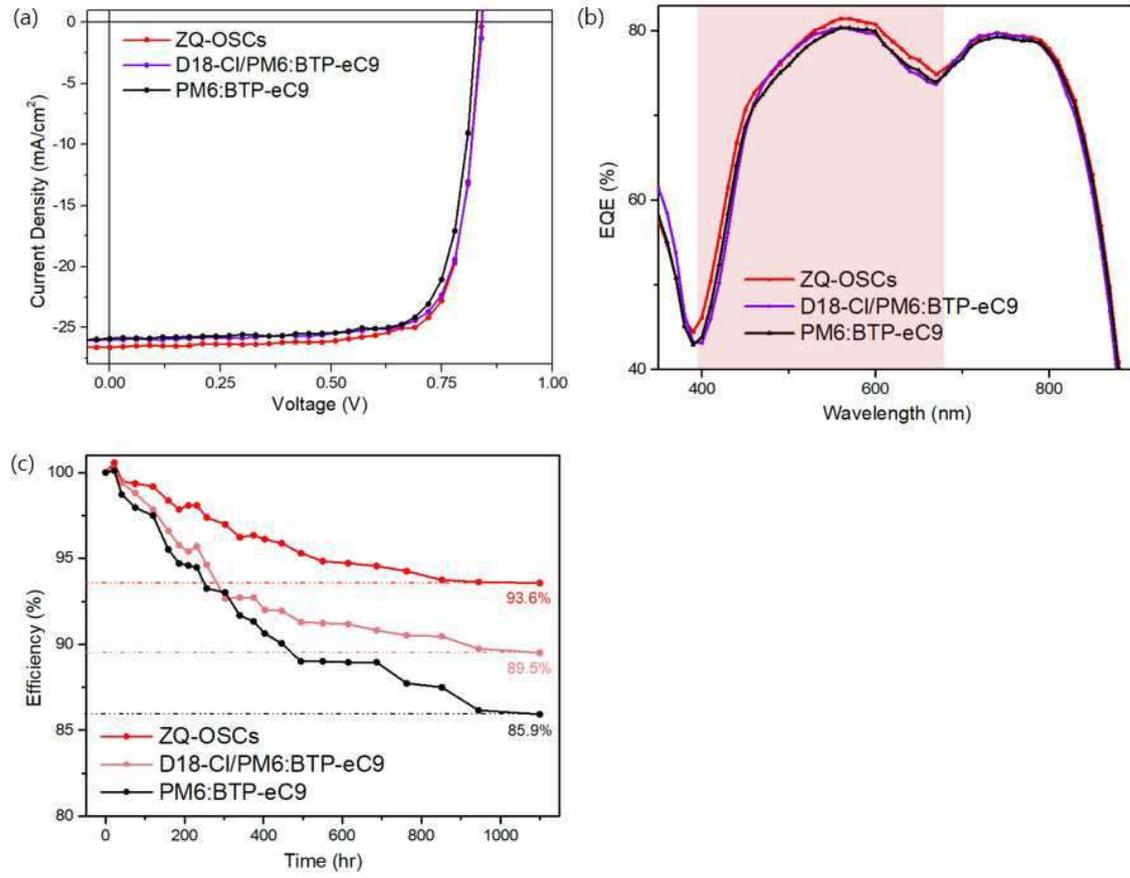
【도 3】



【도 4】



【도 5】



【도 6】

