(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0128230
(43) 공개일자 2023년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 39/00 (2023.01) *H10K 30/00* (2023.01)
H10K 30/80 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10K 30/57 (2023.02)
H10K 30/30 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2022-0083360
(22) 출원일자 2022년07월06일
심사청구일자 2022년07월06일
(30) 우선권주장
1020220024774 2022년02월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
김소연
경상남도 창원시 의창구 북면 감계로 297
임동찬
경남 창원시 의창구 북면
자한다 무하마드
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797
(74) 대리인
한상수

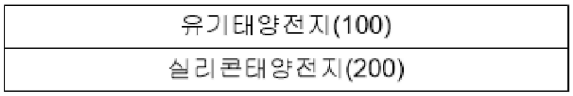
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **하이브리드 태양전지 및 그 제작방법**

(57) 요 약

본 발명은 태양전지에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 실리콘 태양전지 상에 유기태양전지를 적층 접합 시키는 것에 의해 서로 다른 파장 대의 가시광선을 흡수하여 태양광의 효율을 높임으로서 발전효율을 향상시킨 하이브리드 태양전지를 제공한다.

대 표 도 - 도1



1

(52) CPC특허분류
H10K 30/82 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415180079
과제번호 20182010010636A
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지수요관리핵심기술
연구과제명 스마트 센서의 독립전원을 위한 에너지 하베스팅 소재 및 모듈 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한양대학교 산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.10.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711141419
과제번호 2021K1A4A7A03093853
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 전략형국제공동연구사업(R&D)
연구과제명 넥밴드형 광전 모듈 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한국재료연구원
연구기간 2021.07.01 ~ 2022.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

빛이 입사되도록 상부에 적층되는 유기태양전지; 및

상기 유기태양전지의 하부에 적층된 후 상기 유기태양전지와 전기적으로 접촉되는 무기태양전지;를 포함하고,

상기 유기태양전지는,

제1 투명전극층, 광활성층 및 제2 전극층이 순차적으로 적층 형성되고, 상기 광활성층의 흡수 가시광선의 파장과 상기 무기태양전지의 흡수 가시광선의 파장이 서로 상이하게 구성되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 투명전극층은,

광투과성 무기물 기판 또는 유기물 기판 중 어느 하나의 기판 상에 투명전극막이 코팅 형성된 구조인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 광활성층은,

상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 두께가 50 ~ 150 nm 범위인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 광활성층은,

전자 주개 물질(electron donor)과 전자 받개 물질(electron acceptor)의 2층(bilayer) 구조 또는 전자 주개 물질과 전자 받개 물질을 혼합하여 형성한 벌크 이종접합(bulk heterojunction, BHJ) 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 전극층은,

제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성되고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층의 두께가 10 ~ 40 nm 범위인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제2 전극층은,

제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성되고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 제1 금속산화물층과 상기 제2 금속산화물층의 두께가 10 ~ 25 nm 범위인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

청구항 7

무기태양전지와 유기태양전지를 제작하는 이종 태양전지 제작 단계;

상기 무기태양전지와 유기태양전지를 적층한 후 각각의 전극을 외부로 인출하여 전기적으로 접속하는 전극 접속 단계; 및

상기 무기태양전지의 상부에 유기 태양전지를 라미네이션(lamination)하는 라미네이션 단계;를 포함하고,

상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은,

제1 투명전극층, 광활성층 및 제2 전극층이 순차적으로 적층되며, 상기 광활성층은 흡수 가시광선의 파장이 상기 무기태양전지의 흡수 가시광선의 파장과 다른 파장 대역을 가지도록 구성하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은,

상기 제1 투명전극층을 광투광성 무기물 기판 또는 유기물 기판 중 어느 하나의 기판 상에 투명 전극막이 코팅 형성된 구조로 제작하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은,

상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 광활성층의 두께를 50 ~ 150 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은,

상기 제2 전극층을 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성하고,

상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층의 두께를 10 ~ 40 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은,

상기 제2 전극층을 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성하고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 제1 금속산화물층과 상기 제2 금속산화물층의 두께가 10 ~ 25 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 태양전지에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 실리콘 태양전지와 유기태양전지를 접합하여 효율을 향상시킨 하이브리드 태양전지 및 그 제작방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 지구온난화의 주범인 이산화탄소 배출을 규제하기 위하여 1997년 12월 교토의정서를 채택하게 되었고, 2005년 2월 16일 교토의정서가 정식으로 발효되어 이산화탄소 감소 프로그램이 시행되고 있다. 우리나라는 2013년부터 이산화탄소 규제 대상국에 포함되어 이에 대한 대비가 시급한 실정이다.

[0003] 이에 따라 연소 시 이산화탄소나 아황산 가스 등의 대기 오염물질을 배출하는 화석연료를 대체할 수 있는 친환경 대체 에너지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0004] 상술한 친환경 에너지 중 태양에너지는 공해가 발생하지 않으며, 자원의 무한함 등의 장점이 있어 화석연료로 인한 환경오염과 에너지 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 에너지원이다.

[0005] 태양전지는 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 전환시키는 장치를 의미하며, 통상적으로 p형과 n형의 반도체를 접합시킨 pn접합형 반도체 구조인 태양 전지를 태양광에 노출시킴으로써 (+)전기를 가진 전자(electron)와 (-)전기를 가진 정공(hole)을 생성시킨 후, 전자와 정공을 각각의 전극으로 이동시켜 기전력을 발생시키는 광전변

환의 원리로 작동된다. 현재 태양전지는 실리콘 태양전지가 발전용으로 가장 많이 사용되고 있지만, 실리콘 태양전지는 제작 비용이 상당히 고가이기 때문에 실용화에 어려움을 겪고 있고, 전지 효율을 개선하는데도 많은 어려움이 있다. 이를 해결하기 위하여 제작비용이 현저히 저렴한 염료감응형 태양전지(Dye Sensitized Solar Cell), 유기 태양전지, CIGS(Cu(In,Ga)Se_2) 박막형 태양전지, Si 박막형 태양전지, CdTe 박막형 태양전지 등의 다양한 태양전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0006] 이러한 다양한 종류의 태양전지 중, 유기 태양전지는 프린팅 또는 코팅 방식에 의해 저가 공정이 가능하고, 모양에 구애 받지 않으며, 그 구조가 염료감응 태양전지에 비해 매우 단순한 구조로 이루어질 수 있어 현재 수요가 급증하고 있다.

[0007] 그러나 상술한 실리콘 태양전지나 유기태양전지는 광전변환을 일으키는 가시광선의 파장 영역이 한정되어 있어, 태양광의 이용 효율이 제한되는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1310058호(2013. 04.16. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예는, 실리콘 태양전지 상에 유기태양전지를 적층 접합 시키는 것에 의해 서로 다른 파장 대의 가시광선을 흡수하여 태양광의 효율을 높임으로서 발전효율을 향상시킨 하이브리드 태양전지 및 그 제작방법을 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 본 발명의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예는, 빛이 입사되도록 상부에 적층되는 유기태양전지; 및 상기 유기태양전지의 하부에 적층된 후 상기 유기태양전지와 전기적으로 접촉되는 무기태양전지; 를 포함하고, 상기 유기태양전지는, 제1 투명전극층, 광활성층 및 제2 전극층이 순차적으로 적층 형성되고, 상기 광활성층의 흡수 가시광선의 파장과 상기 무기태양전지의 흡수 가시광선의 파장이 서로 상이하게 구성되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지를 제공한다.

[0011] 상기 제1 투명전극층은 광투과성 무기물 기판 또는 유기물 기판 중 어느 하나의 기판 상에 투명전극막이 코팅 형성된 구조인 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 광활성층은 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 두께가 50 ~ 150 nm 범위인 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 광활성층은 전자 주개 물질(electron donor)과 전자 받개 물질(electron acceptor)의 2층(bilayer) 구조 또는 전자 주개 물질과 전자 받개 물질을 혼합하여 형성한 벌크 이종접합(bulk heterojunction, BHJ) 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 제2 전극층은 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성되고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층의 두께가 10 ~ 40 nm 범위인 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지.

[0015] 상기 제2 전극층은, 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성되고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 제1 금속산화물층과 상기 제2 금속산화물층의 두께가 10 ~ 25 nm 범위인 것을 특징으로 한다.

[0016] 상술한 본 발명의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예는, 무기태양전지와 유기태양전지를 제작하는 이종 태양전지 제작 단계; 상기 무기태양전지와 유기태양전지를 적층한 후 각각의 전극을 외부로 인출하여 전기적으로 접속하는 전극 접속 단계; 및 상기 무기태양전지의 상부에 유기 태양전지를 라미네이션(lamination)하는 라미네이션 단계;를 포함하고, 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은 제1 투명

전극층, 광활성층 및 제2 전극층이 순차적으로 적층하고, 상기 광활성층은 흡수 가시광선의 파장이 상기 무기태양전지의 흡수 가시광선의 파장과 다른 파장 대역을 가지도록 구성하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 태양전지 제작방법을 제작한다.

[0017] 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은, 상기 제1 투명전극층을 광투광성 무기물 기판 또는 유기물 기판 중 어느 하나의 기판 상에 투명 전극막이 코팅 형성된 구조로 제작하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 광활성층의 두께를 50 ~ 150 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은, 상기 제2 전극층을 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성하고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층의 두께를 10 ~ 40 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 이종 태양전지 제작 단계에서 상기 유기태양전지의 제작은, 상기 제2 전극층을 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성하고, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 제1 금속산화물층과 상기 제2 금속산화물층의 두께가 10 ~ 25 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상술한 구성의 본 발명의 하이브리드 태양전지는, 무기태양전지와 유기태양전지의 흡수 가시광선의 파장 대역을 상이하게 구성하는 것에 의해, 무기태양전지의 효율 저하 없이 전체 태양광 발전의 효율을 향상시키는 효과를 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명의 하이브리드 태양전지는, 하이브리드 구조에 의해 전 시간대에서 태양전지의 효율을 향상시키고, 물방울 또는 전체 표면에 부착된 물기에 의해 효율이 향상되는 것에 의해, 주간 내에서 늦은 오후까지 지속적인 발전을 가능하게 하며, 부조 일수를 최소화하여 태양광 발전 효율을 더욱 향상시키는 효과를 제공한다.

[0023] 또한, 본 발명의 하이브리드 태양전지는 45도 내지 90도 범위의 광 입사각 범위의 환경에서도 단일 구조의 태양전지에 비하여 높은 출력을 제공하는 효과를 제공하고, 이로 인해 설치각 90도 이하의 건축 외벽에 설치되어 태양 발전을 높은 효율로 수행할 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

[0024] 또한, 본 발명의 하이브리드 태양전지는 유기태양전지의 제1 투명전극층을 태양광 입사 측으로 향하도록 구성하여, 무기태양전지의 커버 글라스를 대체할 수 있도록 하고, 이에 의해 기 설치된 무기태양전지에 적용되어 효율을 증폭시킬 수 있도록 하는 효과를 제공한다.

[0025] 본 발명의 효과를 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 별명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예의 유기태양전지(100)와 실리콘 태양전지(200)로 적층 구성되는 하이브리드 태양전지(1)의 적층 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 도 1의 유기태양전지(100)의 개략적인 적층 구조를 나타내는 단면도이다.

도 3은 도 2의 제2 전극층(150)의 OMO(Oxide-Metal-Oxide) 전극 구조를 나타내는 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따르는 도 1의 실리콘 태양전지(200)의 개략적인 적층 구조를 나타내는 단면도이다.

도 5는 본 발명의 하이브리드 태양전지 제작방법의 일 실시예로서 도 1의 유기태양전지(100)와 실리콘 태양전지(200)로 적층 구성되는 하이브리드 태양전지 제작 방법을 나타내는 순서도이다.

도 6은 (a) 단결정 실리콘 태양전지(c-Si), (b) 반투과 유기태양전지(ST-OPV), (c) 반투과 유기태양전지와 단결정 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지 및 (d) (a) ~ (c) 태양전지들의 태양광 발전 특성을 나타내는 표이다.

도 7은 (a) 단결정 실리콘 태양전지(c-Si), (b) PCE10:PC70BM OMO(10nm/20nm/25nm) 구조의 유기태양전지, (c) 반투과 유기태양전지와 단결정 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(ST-OPV + c-SI), (d) (b)의 유기태양전지와 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(PCE10:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si) 및 (e) D4610:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) 구조의 유기태양전지와 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(D4610:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si)의 사진이다.

도 8은 (a) PCE10:PC70BM OMO(10nm/20nm/25nm) 구조의 유기태양전지, (b)PCE10:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si) 및 (e) D4610:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) 구조의 유기태양전지 및 (c) D4610:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) 구조의 각각의 유기태양전지(OPV only)들과 커버 글라스가 없는 실리콘 태양전지(c-Si only), 커버 글라스가 있는 실리콘 태양전지(c-Si only(Covered with ITO), 유기태양전지로 덮인 실리콘 태양전지(c-Si only(Covered with OPV)의 태양광 발전 특성을 나타내는 표이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 물에 의한 효율 변화 측정 실험을 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 물에 의한 효율 변화 측정 실험 결과를 나타내는 그래프이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 입사광의 각도0, 45 및 90도)에 따른 태양광 발전 효율을 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 옥외 조도에 따른 태양광 발전 효율을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0029] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예의 유기태양전지(100)와 실리콘 태양전지(200)로 적층 구성되는 하이브리드 태양전지(1)의 적층 구조를 나타내는 도면이다.

[0032] 도 1과 같이, 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지(1)는, 빛이 입사되도록 상부에 적층되는 유기태양전지(100) 및 상기 유기태양전지(100)의 하부에 적층된 후 상기 유기태양전지(100)와 전기적으로 접촉되는 무기태양전지로서의 실리콘 태양전지(200)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0033] 도 2는 도 1의 유기태양전지(100)의 개략적인 적층 구조를 나타내는 단면도이고,

[0034] 도 2와 같이, 상기 유기태양전지(100)는 제1 투명전극층(110), 광활성층(130) 및 제2 전극(150)층이 순차적으로 적층 형성되는 구조를 가질 수 있다. 이때, 상기 광활성층(130)은 흡수 가시광선의 파장이 상기 실리콘 태양전지(200) 의 흡수 가시광선의 파장과 다른 파장 대역을 가지도록 구성되는 것에 의해 유기태양전지(100)가 적층된 구조를 가지면서도 실리콘 태양전지(200)의 효율이 저하되지 않도록 한다.

[0035] 상기 제1 투명전극층(110)은 광투과성 무기물 기판 또는 유기물 기판 등으로 형성되는 기판 상에 투명전극막이

코팅 형성된 구조일 수 있다.

[0036] 상기 기판은, 유리, 석영, Al_2O_3, 및 SiC 등에서 선택된 무기물 기판, 또는 PC(polycarbonate), PMMA(polymethylmethacrylate), PET(polyethylene terephthalate), PES(polyethersulfone), PS(polystyrene), PI(polyimide), PEN(polyethylene naphthalate) 및 PAR(polyarylate) 등에서 선택된 플라스틱 기판중 어느 하나일 수 있다.

[0037] 상기 투명전극막은, ITO(Indium Tin Oxide), FTO(Fluorinated Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), AZO(Al-doped Zinc Oxide), ZnO(Zinc Oxide) 또는 IZTO(Indium Zinc Tin Oxide) 중 어느 하나로 스핀코팅법, 열기상증착법, 전자빔증착법, 스퍼터링법 또는 화학적 증착법 중 어느 하나에 의해 형성되는 막일 수 있다.

[0038] 상기 광활성층(130)은 전자 주개 물질(electron donor)과 전자 받개 물질(electron acceptor)질을 포함하여 구성되어, 상기 전자 주개 물질이 광을 흡수하여 전자와 정공이정전기적인 인력으로 결합된 엑시톤을 형성하고, 엑시톤이 표류하여 상기 전자 받개 물질과 만나 전자를 제공하는 것에 의해 정공과 전자가 분리되는 것에 의해 광기전력을 발생시켜 태양과 발전을 수행하도록 구성된다.

[0039] 상기 전자 주개 물질은, P3HT(poly(3-hexylthiophene)), PCPDTBT(poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta[2,1-b;3,4-b']dithiophene)-alt-4,7-(2,1,3-benzothiadiazole)]), CDTBT(poly[N-9 PFDTBT(poly(2,7-(9-(2'-ethylhexyl)-9-hexyl-fluorene)-alt-5,5-(4',7'-di-2-thienyl-2',1',3'-benzothiadiazole))), MEHPPV(poly-[2-methoxy-5-(2'-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylene vinylene]) 또는 MDMO-PPV(poly[2-methoxy-5-(3,7-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene]) 등을 포함하는 고분자 유기반도체 화합물, CuPc(copper phthalocyanine), ZnPc(zinc phthalocyanine), PtOEP((2,3,7,8,12,13,17,18-octaethyl-21H,23Hporphyrin)platinum 등을 포함하는 저분자 유기반도체 화합물 등일 수 있다.

[0040] 상기 전자 받개 물질은, 플러렌(fullerene, C60) 또는 플러렌이 유기 용매에 잘 녹도록 설계된 PCBM((6,6)-phenyl-C61-butyric acid methyl ester) 또는 PC70BM((6,6)-phenyl-C70-butyric acid methyl ester) 등이 사용될 수 있으며, 그 외 단분자로 페릴렌(perylene), PBI(polybenzimidazole) 및 PTCBI(3,4,9,10-perylene-tetracarboxylic bis-benzimidazole) 등일 수 있다.

[0041] 상기 광활성층은, 전자 주개 물질과 전자 받개 물질의 2층(bilayer) 구조 또는 전자 주개 물질과 전자 받개 물질을 혼합하여 형성한 벌크 이종접합(bulk heterojunction, BHJ) 구조 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0042] 상기 광활성층은 상기 유기태양전지(100)의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 두께가 50 ~ 150 nm 범위일 수 있다. 상기 유기태양전지(100)의 광투과율이 30% 이하로 떨어지면, 아래쪽에 위치한 실리콘 태양전지(200)로의 입사광이 너무 작아 실리콘 태양전지(200)의 출력이 저하, 최종적으로 하이브리드 태양전지의 출력이 줄어들게 된다. 또한, 상기 유기태양전지(100)의 광투과율이 50%이상으로 제작하는 것은 현 기술로는 어렵다. 또한, 제작된다 해도 효율이 거의 0에 가까워 텐덤의 기능을 수행하지 못한다.

[0043] 도 3은 도 2의 제2 전극층(150)의 OMO(Oxide-Metal-Oxide) 전극 구조를 나타내는 단면도이다.

[0044] 도 3과 같이, 상기 제2 전극층(OMO)(150)은 제1 금속산화물층-금속층-제2 금속산화물층으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성되고, 상기 유기 태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층의 두께가 10 ~ 40 nm 범위이고, 상기 제1 금속산화물층과 상기 제2 금속산화물층의 두께가 10 ~ 25 nm 범위일 수 있다.

[0045] 상기 제1금속산화물층 및 제2금속산화물층은 산화인듐주석(ITO), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐갈륨아연(IGZO), 산화인듐주석아연(ITZO), 갈륨도핑 산화아연(GZO), 알루미늄도핑 산화아연(AZO), 불소도핑 산화주석(FTO), 산화아연주석(ZTO), 산화인듐갈륨(IGO), 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO_2), 산화텅스텐(WO_3), 산화바나듐(V_2O_5), 산화몰리브덴(MoO_3), 산화니켈(NiO) 및 산화텔루륨(TeO_2)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0046] 상기 금속층은, 은(Ag), 백금(Pt), 금(Au) 및 구리(Cu)로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0047] 또한, 상기 유기태양전지(100)는 효율 향상을 위해 상기 광활성층(130)과 양극으로 작용하는 전극 사이에 적층되는 정공수송층(미도시)과, 상기 광활성층(130)과 음극으로 작용하는 전극 사이에 적층되는 전자수송층(미도시)을 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0048] 이 경우, 상기 유기태양전지(100)가 정구조(conventional structure) 유기태양전지인 경우, 양극층인 투명전극층, 정공수송층, 광활성층, 전자수송층 및 음극층(OMO 전극층)이 순차적으로 적층 형성된다. 이와 달리, 상기 유기태양전지(100)가 역구조(invert structure) 유기태양전지인 경우, 음극층인 투명전극층, 전자수송층, 광활성층, 정공수송층 및 양극층(OMO 전극층)이 순차적으로 적층 형성된다.

[0049] 상기 전자수송층은, 광활성층에서 생성된 전자가 음극으로 용이하게 전달되도록 하는 n-형 버퍼층으로서, ZnO를 포함하는 아연산화물, TiO_2를 포함하는 티타늄 산화물, Nb_2O_5를 포함하는 니오븀 산화물, SnO_2을 포함하는 주석산화물, Al_2O_3를 포함하는 알루미늄 산화물, ZrO_2을 포함하는 지르코늄 산화물, 3원계(ternary) 금속산화물 중 하나 이상의 금속 산화물, 수/알콜 용성의 공액계/비공액계 고분자, 단분자, 용액공정이 가능한 Cs_2CO_3, Li_2CO_3, Na_2CO_3를 포함하는 탄산알칼리(alkali carbonate), 전자 친화도가 우수한 풀러렌(fullerene) 기반의 유도체 중 어느 하나 이상일 수 있다.

[0050] 상기 정공수송층은, 광활성층에서 생성된 정공이 양극으로 용이하게 전달되도록 하는 p-형 버퍼층으로서, PEDOT:PSS(poly(3,4ethylenedioxythiophene):poly(4-styrenesulfonate))를 포함하는 저온 및 용액 공정이 가능한 전도성 고분자, MoO_3, WO_3, NiO, V_2O_5 CuO, RuO_2 를 포함하는 금속 산화물, 그래핀 산화물(graphene oxide), 공액계 전해질(conjugated polyelectrolyte) 사슬기 말단에 술폰화(sulfonation)기가 도입된 고분자와 클로로벤조산 등의 단분자 중 하나 이상일 수 있다.

[0051] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따르는 도 1의 실리콘 태양전지(200)의 개략적인 적층 구조를 나타내는 단면도이다.

[0052] 도 4와 같이, 상기 실리콘 태양전지(200)는 후면 접촉 전극층(BC 층, Back Contact)(210)과, Si 기판 후면에 형성되어 소수 캐리어(광생성 전자)의 재결합을 막기 위해 상기 후면 접촉 전극층(210)의 상부에 적층되는 BSF층(후면 전극층, back surface p+field(BSF))(220)과, B가 도핑되어 상기 BSF층(220)의 상부에 적층되는 p형 Si기판층(230)과, c-Si 태양전지의 p-n 접합 영역을 형성하기 위해 상기 p형 Si기판층(230)의 상부에 P가 과다하게 도핑되어 형성되는 n+층(240)과, 상기 n+층(240)의 상부에 적층되는 ARC층(Anti reflection coating, 반사방지코팅층)(250) 및 전면전극(front contact)(260)을 포함하여 구성될 수 있다.

[0053] 상술한 구성의 실리콘 태양전지(200)는 생성된 전가가 p형 Si 기판층(230)에서 생성된 전자는 전면과 후면에 Ag 등으로 형성되는 전면전극(260)과 후면 접촉 전극층(210)에 의해 수집된다.

[0054] 상술한 구성의 실리콘 태양전지(200)는 상기 ARC층(2500 및 전면전극(260)의 상부에 커버 글라스(cover glass)가 더 구성될 수 있다. 이때, 상기 커버 글라스는 상기 유기태양전지(100)로 대체 구성될 수 있다.

[0055] 도 5는 본 발명의 하이브리드 태양전지 제작방법의 일 실시예로서 도 1의 유기태양전지(100)와 실리콘 태양전지(200)로 적층 구성되는 하이브리드 태양전지(1)의 제작 방법(하이브리드 태양전지 제작방법)을 나타내는 순서도이다.

[0056] 도 5와 같이, 본 발명의 실시예의 하이브리드 태양전지 제작 방법은, 무기태양전지로서의 실리콘 태양전지(200)와 유기태양전지(100)를 제작(S110, S120)하는 이종 태양전지 제작 단계(S10), 상기 실리콘 태양전지(200)와 유기태양전지(100)를 적층한 후 각각의 전극을 외부로 인출하여 전기적으로 접속하는 전극 접속 단계(S20) 및 상기 실리콘 태양전지(200)의 상부에 유기태양전지(100)를 라미네이션(lamination)하는 라미네이션 단계(S30)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0057] 상기 이종 태양전지 제작 단계(S10)에서 상기 유기태양전지의 제작(S120)은, 도 2와 같이, 제1 투명전극층(110), 광활성층(130) 및 제2 전극층(150)이 순차적으로 적층되며, 상기 광활성층(130)은 흡수 가시광선의 파장이 상기 무기태양전지의 흡수 가시광선의 파장과 다른 파장 대역을 가지도록 구성하는 것을 특징으로 한다.

[0058] 상기 제1 투명전극층(110)은 광투광성 무기물 기판 또는 유기물 기판 중 어느 하나의 기판 상에 투명 전극막이 코팅 형성된 구조로 제작될 수 있다.

[0059] 또한, 상기 이종 태양전지 제작 단계(S10)에서 상기 유기태양전지의 제작(S120)은, 상기 유기태양전지의 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 광활성층(130)의 두께를 50 ~ 150 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 한다.

[0060] 또한, 상기 이종 태양전지 제작 단계(S10)에서 상기 유기태양전지의 제작(S120)은, 상기 제2 전극층(150)을 제1

금속산화물층(151)-금속층(153)-제2 금속산화물층(155)으로 적층되는 OMO(oxide-metal-oxide) 전극으로 형성하고, 광투과율이 30% 내지 50% 범위를 가지도록 상기 금속층(153)의 두께를 10 ~ 40 nm 범위로, 상기 제1 금속산화물층(151)과 상기 제2 금속산화물층(155)의 두께가 10 ~ 25 nm 범위로 제작하는 것을 특징으로 한다.

[0061] 상술한 하이브리드 태양전지 제작방법에서 상기 제1 투명전극층(110), 광활성층(130), 제2 전극층(150)으로 구성되는 OMO 전극의 각각의 제1 금속산화물층(151), 금속층(153) 및 제2 금속산화물층(155)의 소재 및 적층 방법은 도 1 내지 도 4의 하이브리드 태양전지(1)의 각 구성의 소재 및 적층 방법이 동일하게 적용될 수 있다.

[0062] <실험 예>

[0063] 도 7은 또 다른 실험을 위한 시험 샘플들의 사진을 나타내는 도면이다.

[0064] 도 7에서 (a)는 단결정 실리콘 태양전지(c-Si), (b)는 PCE10:PC70BM OMO(10nm/20nm/25nm) 구조의 유기태양전지, (c)는 반투과 유기태양전지와 단결정 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(ST-OPV + c-SI), (d)는 (b)의 유기태양전지와 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(PCE10:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si) 및 (e)는 D4610:PC70BM MoO_3/Ag(10nm/10nm) 구조의 유기태양전지와 실리콘 태양전지가 적층된 하이브리드 태양전지(D4610:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si)의 사진이다.

[0065] 도 8은 (a) 도 7 (b)의 PCE10:PC70BM OMO(10nm/20nm/25nm) 구조의 유기태양전지, (b) 도 7 (d)의 PCE10:PC70BM MoO_3/Ag (10nm/10nm) + c-Si) 및 (c) 도 7 (e)의 D4610:PC70BM MoO_3/Ag(10nm/10nm) + c-Si 구조의 태양전지에서의 각각의 유기태양전지(OPV only)들과 커버 글라스가 없는 실리콘 태양전지(c-Si only), 커버 글라스가 있는 실리콘 태양전지(c-Si only(Covered with ITO), 유기태양전지로 덮인 실리콘 태양전지(c-Si only(Covered with OPV)의 태양광 발전 특성을 나타내는 표이다.

[0066] 도 8의 (a)와 (b)는 유기태양전지의 투과율에 따른 효과를 나타낸다. 도 8의 (a)와 (b)의 경우 동일 광활성층 조건에서 유기태양전지의 상부 전극 두께에 따른 결과로서 유기태양전지의 투과도가 다른 조건을 비교한 결과이다. 유기태양전지의 투과도에 따라 하이브리드 태양전지의 출력이 달라질 수 있다. 이는 유기태양전지의 투과도가 최적화된 조건에서 si 태양전지의 출력 저하를 방지할 수 있기 때문이다.

[0067] 그리고 도 8의 (b)와 (c)는 스펙트럼 매칭에 따른 효과를 나타낸다. 도 8의 (b)와 (c)는 유기태양전지의 상부 전극 조건이 동일한 경우에서도 광 흡수 파장대가 다른 이종의 광활성 소재가 적용된 다른 광활성층 조건의 효과를 나타낸다. si 태양전지의 흡수 파장대를 방해하지 않는 파장대를 이용하는 유기태양전지의 광활성 소재를 적용할 경우 하이브리드 태양전지가 더 높은 출력 값을 가질 수 있다.

[0068] 도 9는 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 물에 의한 효율 변화 측정 실험을 나타내는 도면이다. 도 9에서 (a)는 물방울들을 상부에 위치 시킨 하이브리드 태양전지의 사진이고, (b)는 전체 표면에 물이 적셔진 상태의 하이브리드 태양전지의 사진이다.

[0069] 도 10은 본 발명의 일 실시예의 도 9의 하이브리드 태양전지들의 물에 의한 효율 변화 측정 실험 결과를 나타내는 그래프이다.

[0070] 두 샘플 모두 전체 표면에 물이 적셔진 상태의 하이브리드 태양전지(도 9의 (b))에서 전압 전류 값이 높게 나왔고, OMO의 경우 물방울들을 상부에 위치 시킨 하이브리드 태양전지(도 9의 (a))와 전체 표면에 물이 적셔진 상태의 하이브리드 태양전지(도 9의 (b)) 모두 어느 정도 증가하는 것을 확인하였다.

[0071] 총 전류도 물방울들을 상부에 위치 시킨 하이브리드 태양전지(도 9의 (a))는 감소하였으나, 전체 표면에 물이 적셔진 상태의 하이브리드 태양전지(도 9의 (b))에서는 증가하는 것을 확인하였다.

[0072] 도 11은 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 입사광의 각도0, 45 및 90도)에 따른 태양광 발전 효율을 나타내는 도면이다.

[0073] 도 11과 같이, 본 발명의 하이브리드 태양전지(sample 4)는 45도 내지 90도 범위의 광 입사각 범위의 환경에서도 단일 구조의 태양전지(sample 1 ~ 3)에 비하여 높은 출력을 제공하는 효과를 제공하고, 이로 인해 설치각 90도 이하의 건축 외벽에 설치되어 태양 발전을 높은 효율로 수행할 수 있도록 하는 효과를 제공한다

[0074] 도 12는 본 발명의 일 실시예의 하이브리드 태양전지의 옥외 조도에 따른 태양광 발전 효율을 나타내는 도면이다.

[0075] 도 12의 (a)는 하루의 오전 9시부터 18시까지(주간)의 시간 별, 광 입사각도 별(0도, 45도, 90도) 옥외조도를 나타내는 그래프이고, (b)는 단결정 실리콘 태양전지의 시간 별 광 입사각 별 발전 전력을 나타내며, (c)는 본 발명의 실시예의 단결정 실리콘 태양전지와 투명 유기태양전지(투명 OPV)가 결합된 하이브리드 태양전지의 시간 별 광 입사각 별 발전 전력을 나타내는 그래프이다.

[0076] 도 12와 같이, 본 발명의 실시예의 하이브리드 태양전지의 주간 시간 동안의 발전 효율이 현저히 높은 것을 확인하였다.

[0077] 도 11 및 도 12와 같이, c-si 및 투명 유기태양전지(OPV)다 하이브리드 태양전지의 출력이 높게 나타남을 볼 수 있다. 이는 유기태양전지가 si 태양전지 상부에 적층이 되었음에도 불구하고 c-si 태양전지의 효율 저하가 거의 없다는 것을 의미한다. 또한 광입사각이 다른 환경에 대해서도 동일하게 하이브리드 태양전지가 높은 출력을 보인다. 일반적으로 si 태양전지 제품은 신뢰성을 위해 커버글래스를 이용해 캡슐화(encapsulation)를 진행하는데, 이러한 커버글래스 대신 본 발명의 투광형 유기태양전지를 이용해 캡슐화(encapsulation)를 수행해 효율을 증폭시킬 수 있는 기술로 적용될 수 있다.

[0078] 상기에서 설명한 본 발명의 기술적 사상은 바람직한 실시예에서 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술적 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0079] 1: 하이브리드 태양전지

100: 유기태양전지모듈(OPV: Organic Photovoltaics)

110: 제1 투명전극층

130: 광활성층(active layer)(donor-acceptor bi 또는 bulk 구조)

150: 제2 전극층(OMO)

151: 제1 금속산화물층

153: 금속층

155: 제2 금속산화물층

200: 실리콘 태양전지

210: BC층(Back contact, 후면 접촉 전극 층)

220: BSF층(후면 전극 층 back surface p+field)

230: p형 Si기판층

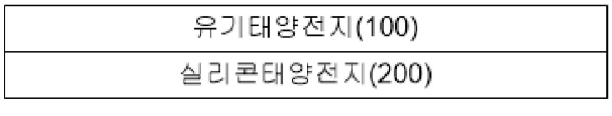
240: n+ 층

250: ARC층(Anti reflection coating, 반사방지코팅층)

260: 전면전극(front contact)

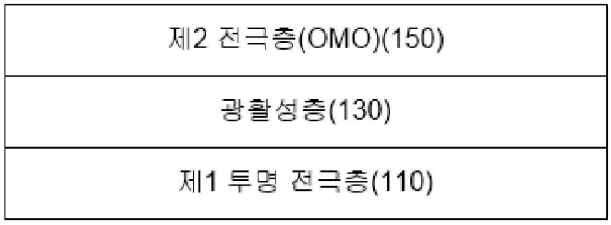
도면

도면1

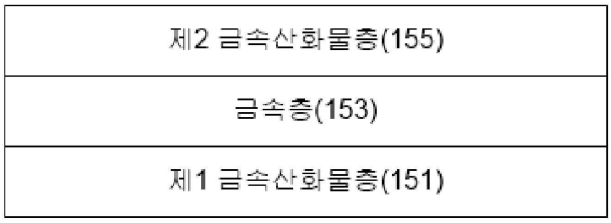


1

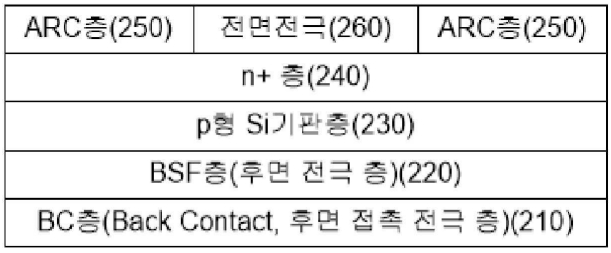
도면2



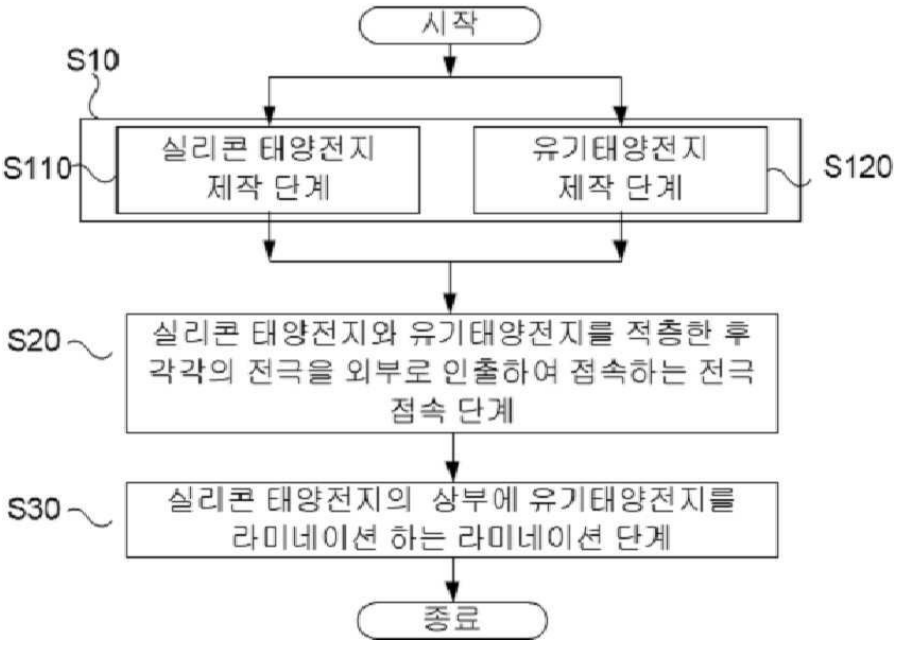
도면3



도면4



도면5



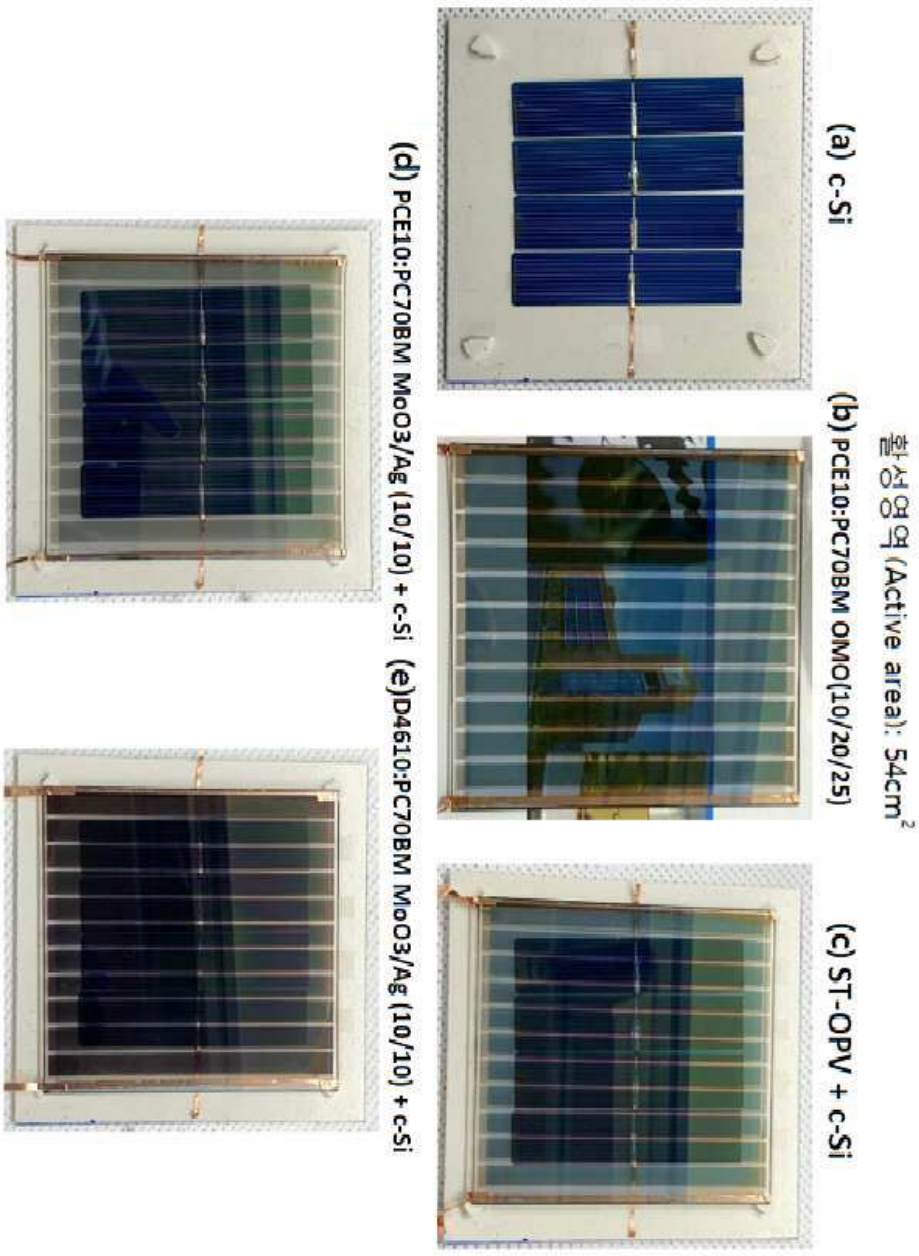
도면6

(a)~(c) 태양전지 및 태양광 발전특성을 나타내는 표

샘플	V_{oc} [V]	I_{sc} [mA]	J_{sc} [mA/cm^2]	P_{max} [mW]	V_{max} [V]	I_{max} [mA]	FF [%]	PCE [%]
c-Si + OPV [병렬연결]	2.35	280.16	5.18	442.01	1.73	254.76	67.21	8.19
c-Si + OPV [직렬연결]	10.94	80.37	1.48	488.09	7.73	63.10	55.47	9.04

활성영역 (Active area): 54cm^2

도면7


(a) c-Si
(b) PCE10:PC70BM OMO(10/20/25)
(c) ST-OPV + c-Si
(d) PCE10:PC70BM MoO3/Ag (10/10) + c-Si
(e)D4610:PC70BM MoO3/Ag (10/10) + c-Si
활성영역 (Active area): 54cm²

도면8

(a) OPV active layer: PCE10:PC70BM — Top electrode: OMO (10/20/25)

Device	V_{oc} [V]	I_{sc} [mA]	J_{sc} [mA/cm²]	P_{max} [mW]	V_{max} [V]	I_{max} [mA]	FF [%]	PCE [%]
c-Si Only	2.33	701.30	12.75	878.22	1.51	581.60	53.62	15.97
c-Si Only [Covered with ITO]	2.30	597.60	10.86	775.52	1.49	519.43	56.41	14.10
①c-Si Only [Covered with OPV]	2.22	195.58	3.59	294.34	1.64	179.80	66.9	5.35
②OPV Only	8.56	83.21	1.54	399.98	6.11	65.37	56.14	7.41
Total Power ①+②	10.78	278.79	5.13	694.32	7.75	245.17	-	12.76

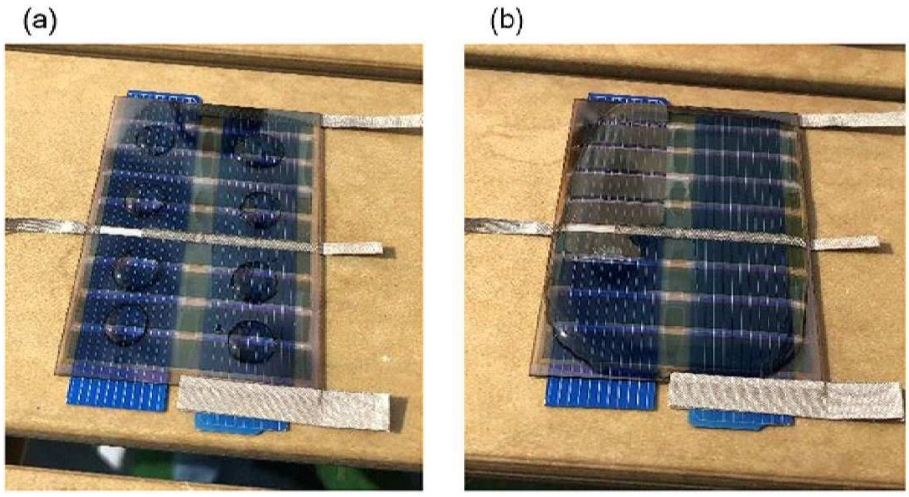
(b) OPV active layer: PCE10:PC70BM — Top electrode: MoO3/Ag (10/10)

Device	V_{oc} [V]	I_{sc} [mA]	J_{sc} [mA/cm²]	P_{max} [mW]	V_{max} [V]	I_{max} [mA]	FF [%]	PCE [%]
c-Si Only	2.33	701.30	12.75	878.22	1.51	581.60	53.62	15.97
c-Si Only [Covered with ITO]	2.30	597.60	10.86	775.52	1.49	519.43	56.41	14.10
①c-Si Only [Covered with OPV]	2.30	280.00	5.09	420.08	1.65	253.52	65.2	7.64
②OPV Only	8.43	70.63	1.30	332.49	5.86	56.70	55.78	6.16
Total Power ①+②	10.73	350.63	6.39	752.57	7.51	310.22	-	13.80

(c) OPV active layer: D4610:PC70BM — Top electrode: MoO3/Ag (10/10)

Device	V_{oc} [V]	I_{sc} [mA]	J_{sc} [mA/cm²]	P_{max} [mW]	V_{max} [V]	I_{max} [mA]	FF [%]	PCE [%]
c-Si Only	2.33	701.30	12.75	878.22	1.51	581.60	53.62	15.97
c-Si Only [Covered with ITO]	2.30	597.60	10.86	775.52	1.49	519.43	56.41	14.10
①c-Si Only [Covered with OPV]	2.26	227.3	4.13	354.41	1.70	208.84	68.92	6.44
②OPV Only	8.96	82.70	1.53	429.24	6.03	71.11	57.91	7.95
Total Power ①+②	11.22	310.0	5.66	783.65	7.73	279.95	-	14.39

도면9



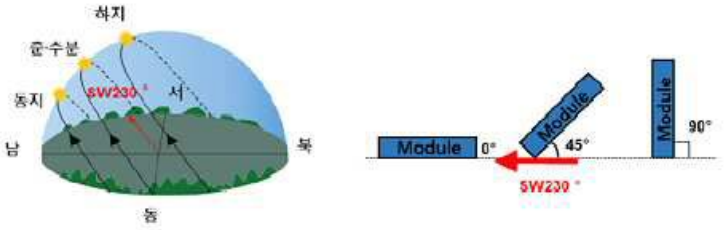
도면10

활성영역(Active area): c-Si: 16 cm^2. OMO: 18.63 cm^2

#	조건 (Condition)	c-Si			c-Si / OMO		
		전압 Voltage (V)	전류 Current (mA)	전력 Power (mW)	전압 Voltage (V)	전류 Current (mA)	전력 Power (mW)
1	건조 표면 (Normal)	0.566	44.62	25.25	0.501	54.27	27.19
					0.05	4.39	0.22
2	물방울 (Water droplet (80uLx8))	0.581	39	22.66	0.525	46.68	24.51
					0.05	4.88	0.24
3	전체 표면 물 (Water whole surface)	0.591	52.52	31.04	0.555	56.64	31.44
					0.05	4.83	0.24

도면11

(a)

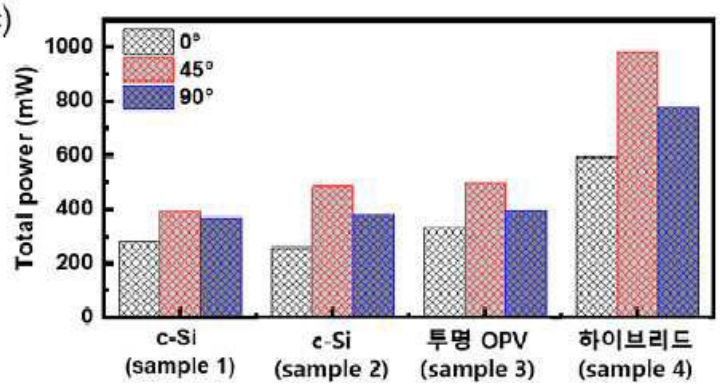


(b)

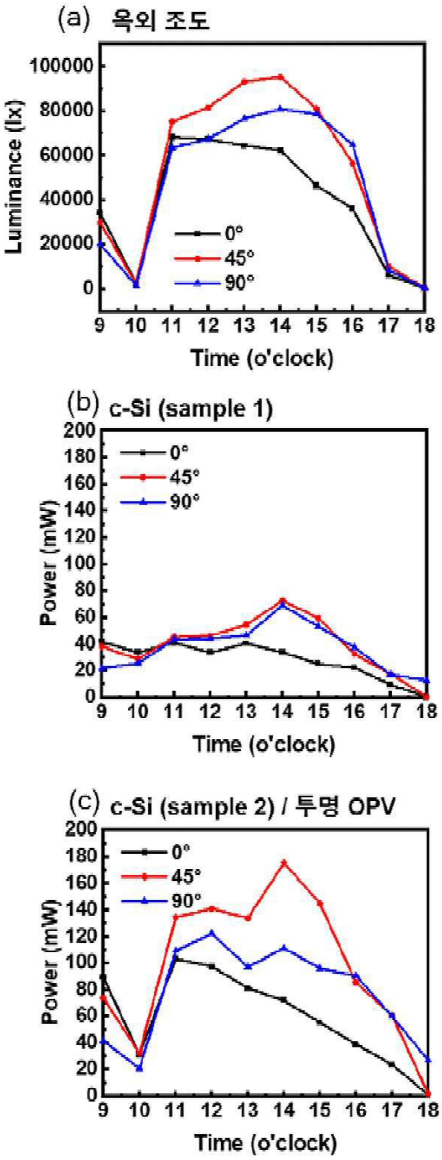
Active area : c-Si: 16 cm^2, OMO: 18.63 cm^2

#	Condition	Total power (mW)			Total power / area (mW / cm^2)		
		0°	45°	90°	0°	45°	90°
1	c-Si	279.01	393.35	368.5	17.44	24.58	23.03
2	c-Si	260.51	484.93	378.8	16.28	30.31	23.68
3	투명 OPV	331.33	496.89	395.32	17.78	26.67	21.22
4 (2+3)	c-Si (2번시편) / 투명 OPV	591.84	981.82	774.12	31.77	52.70	41.55

(c)



도면12


(a) 옥외 조도
Luminance (lx)
100000
80000
60000
40000
20000
0
0°
45°
90°
9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Time (o'clock)
(b) c-Si (sample 1)
Power (mW)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0°
45°
90°
9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Time (o'clock)
(c) c-Si (sample 2) / 투명 OPV
Power (mW)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0°
45°
90°
9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Time (o'clock)