



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0006791
(43) 공개일자 2020년01월21일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0725 (2012.01) H01L 31/0216 (2014.01)
H01L 31/0256 (2006.01) H01L 31/047 (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0725 (2013.01)
H01L 31/02167 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0080585
(22) 출원일자 2018년07월11일
심사청구일자 2018년07월11일</p> | <p>(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
최경진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
최인영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한</p> |
|---|---|

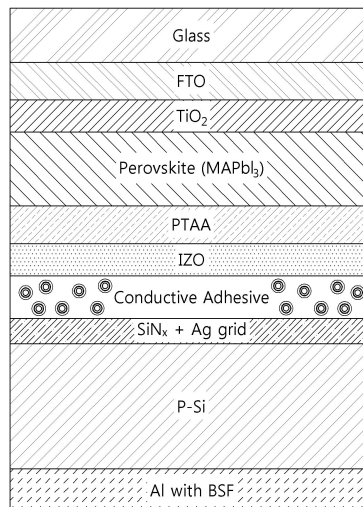
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 이중 접합 탠덤 태양 전지 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 이중 접합 탠덤 태양 전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는, 실리콘 태양 전지 하부 셀, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층 및 상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/047 (2015.01)

H01L 31/1868 (2013.01)

H01L 2031/0344 (2013.01)

(72) 발명자

김찬울

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이형민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415153936

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 신재생에너지핵심기술개발

연구과제명 고효율($\geq 25\%$) 결정질 Si/Perovskite 모노리식 탠덤 태양전지 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2017.10.01 ~ 2018.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘 태양 전지 하부 셀;

상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층; 및

상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀;

을 포함하는,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 투명 접합층은,

광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액; 및

상기 비전도성 고분자 용액 내에 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(metal particle via hall);

을 포함하는 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 투명 접합층의 두께는,

40 μm 내지 50 μm 인 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 비전도성 고분자 용액은,

시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고,

상기 메탈 파티클 비아 홀(via hall)은,

구형 은(Ag) 입자, 구형 은 코팅(Ag-coated) 입자, 구형 금(Au) 입자 또는 구형 금 코팅(Au-coated) 입자를 포함하는 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 비전도성 고분자의 굴절률은,

1.0 내지 2.0 인 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 6

제2항에 있어서,
상기 메탈 파티클의 농도는,
상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt%이고,
상기 메탈 파티클의 입경은,
40 μm 내지 50 μm 인 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 페로브스카이트 흡수층의 두께는,
100 nm 내지 300 nm 인 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 페로브스카이트 흡수층 상에 보호층을 더 포함하는 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 보호층은,
몰리브데넘 트리옥사이드(MoO_3)를 포함하고,
상기 보호층의 두께는, 5 nm 내지 15 nm 인 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 실리콘 태양 전지 하부 셀은,
호모 정션 알루미늄 후면 전계(AI-BSF)구조, PERC 구조, PERL 구조 또는 헤테로 정션 HIT 구조를 포함하는 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀, 투명 접합층 및 실리콘 태양 전지 하부 셀은 직렬 병합하는 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지.

청구항 12

페로브스카이트 태양 전지 상부 셀 및 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계;

광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액에 전도성을 가지는 메탈 파티클을 혼합하여 투명 접합층 용액을 형성하는 단계;

상기 혼합된 투명 접합층 용액을 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀의 상부 전극에 스핀 코팅하는 단계;

상기 스핀 코팅된 투명 접합층 용액 표면에 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 접착시켜 이중 접합 탠덤 태양전지를 접합하는 단계; 및

상기 이중 접합 탠덤 태양전지에 UV 처리 또는 열처리를 하여 경화시키는 단계;

를 포함하는,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 투명 접합층 용액을 형성하는 단계의 비전도성 고분자 용액은,

시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고,

상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은,

상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt% 이고,

상기 비전도성 고분자 용액 내에서 전류가 흐르는 통로로서 비아 홀(via hall)을 형성하는 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은,

PMMA 마이크로 구체 상에 은(Ag) 또는 금(Au)을 코팅한 입자, 은(Ag) 입자 또는 금(Au) 입자인 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 준비하는 단계는,

기관 상에 전자수송층을 코팅하는 단계;

상기 전자수송층 상부에 페로브스카이트 흡수층을 적층하는 단계;

상기 페로브스카이트 흡수층 상부에 정공수송층을 스핀 코팅하는 단계; 및

상기 정공수송층 상에 스퍼터 증착으로 투명 전극을 형성하는 단계;

를 포함하는 것인,

이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계는,

실리콘 웨이퍼의 하부에 알루미늄 전극을 증착시키는 단계;

상기 실리콘 웨이퍼의 상부에 에미터층을 형성시키는 단계; 및
상기 에미터층 상부에 패시베이션층을 성장시키는 단계;
를 포함하는 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

청구항 17

제16항에 있어서,
상기 패시베이션층은,
SiNx 박막 상의 일부에 패터화된 은 박막, TCO, IZO, ITO 박막으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나인 것인,
이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 이중 접합 탠덤 태양 전지 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양 전지는 태양광 에너지를 전기로 변환하는 집합체로서, 차세대 에너지로 주목받으며 오랜 기간 연구되어 오고 있으며, 실리콘, CIGS 그리고 페로브스카이트 등의 여러가지 물질을 기반으로 높은 광전 효율들이 보고되고 있다. 현재 상업화되어 가장 많이 쓰이고 있는 태양 전지는 실리콘 기반의 태양 전지로 태양 전지 시장의 90% 이상을 차지하고 있다.

[0003] 실리콘 태양 전지에는 결정질 실리콘 태양 전지와 비결정질 실리콘 태양 전지가 포함되어 있으면 결정질의 경우는 제조 단가가 높은 단점이 있으나, 에너지 효율이 높아 널리 상용화 되고 있다. 이에 반면 비결정질의 경우 공정기술이 어렵고 장비의존도가 높으며, 무엇보다 효율이 낮아 현재는 개발이 거의 진행되고 있지 않은 상황이다. 실리콘 태양 전지를 1세대로 분류한다면, 최근 친환경적인 미래 유망 아이템으로 세계적으로 활발히 연구 중에 있는 3세대 태양 전지의 대표 주자로서 페로브스카이트 기반 태양 전지가 있다.

[0004] 페로브스카이트 기반 태양 전지는 연구가 시작된지 10년만에 빠른속도로 효율이 증가하고 있으며 현재는 22.7%로 높은 광전 효율이 보고되었다. 하지만 위와 같은 싱글 정선(single-junction) 태양 전지의 경우 한정된 파장 영역의 태양 에너지만 흡수할 수 있고, 밴드갭 이하의 태양에너지에서는 열화 손실이 발생하여 S-Q 한계 효율 이상의 높은 효율을 얻을 수 없다.

[0005] 이와 같은 싱글 정선의 페로브스카이트 기반 태양 전지의 단점을 보완하기 위하여, 다중 접합 탠덤 태양 전지에 대한 연구가 계속되고 있다. 다중 접합 탠덤 태양 전지는, 큰 밴드갭을 가지는 상부 셀(Cell)이 낮은 파장대의 태양에너지를 흡수하고, 낮은 밴드갭을 가지는 하부 셀이 높은 파장대의 태양에너지를 흡수하여, 손실을 줄이고 넓은 파장대의 태양에너지를 운용할 수 있어 단일 정선으로 얻을 수 없는 30% 이상의 고효율을 얻을 수 있다. 특히, 실리콘/페로브스카이트 탠덤 태양 전지는 각각 작은 밴드갭과 큰 밴드갭을 가져 광운용에 유리하여 연구가 활발하다.

[0006] 보고된 탠덤 태양 전지의 구조 가운데, 모노리식(monolithic, 적층형) 탠덤 태양 전지는 두 서브 셀들이 중간 터널 정선층(recombination layer)을 통해 접합이 되어 2-단자로 작동하는 구조이며, 메케니컬 탠덤 태양 전지는 두 서브 셀의 상, 하부전극이 각각 존재하여 4-단자로 작동하며, 상부 셀을 통과한 빛으로 하부 셀이 운용되는 구조이다. 기존의 메케니컬 탠덤 구조의 경우 4-단자로 작동하기 때문에 상용화 시에 별도의 장치가 추가되어, 2-단자의 모노리식 탠덤 구조의 태양 전지가 더욱 활발하게 연구되고 있다.

[0007] 관련 선행기술로는 대한민국 등록특허 10-1431817호(이중 소자 융합형 탠덤 태양 전지 및 그 제조 방법) 등이 있으나, 상기 발명에 의하여 제조된 모노리식 탠덤 태양 전지는 높은 효율을 가지는 장점이 있지만, 하부 셀 위에 터널 정선을 형성시킨 후 상부 셀의 유전체 층을 하나씩 적층하여야 하기 때문에 기존 싱글 정선 셀의 제작 기술을 그대로 사용하지 못하고, 하부 셀의 특성에 따라 새로운 제작 기술이 필요한 실정이다. 뿐만 아니라, 하

부 기관에 따라 적층 기술의 조건이 바뀌기 때문에 예상하는 광전 특성이 그대로 탠덤 태양 전지에 반영되지 않아 탠덤 특성을 정확하게 보기 어려운 단점이 있다.

- [0008] 상기와 같이, 하부 기관의 적층 기술 조건에 따라 달라지는 탠덤 특성을 보완하기 위해서, 4-단자 메케니컬 탠덤 태양 전지에 대한 기술 보완 연구가 이루어지고 있다. 4-단자 메케니컬 탠덤 태양 전지는, 두 서브 셀이 각각 작동하기 때문에 공정 과정에서 바뀌는 기술이 없어 각 서브 셀의 광전 특성이 탠덤 태양 전지에 그대로 반영될 수 있으나, 상부 셀과 하부 셀의 중간 접합층의 비아 홀 형성에 관한 기계적인 문제로 어려움을 겪고 있으며, 이에 따라서 중간 접합층의 비아 홀을 화학적으로 도입하기 위한 연구가 절실하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 실리콘 태양 전지 하부 셀, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층 및 상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 포함하는, 이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지를 제공하는 것이다.
- [0010] 보다 구체적으로, 2-단자 모노리식 탠덤 태양 전지 기술의 복잡성 및 4-단자 메케니컬 탠덤 태양 전지 기술의 단자 복잡성을 해결하여, 2-단자로 구동하는 메케니컬 탠덤 태양 전지 및 이의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0011] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 접합 탠덤(tandem) 태양 전지는, 실리콘 태양 전지 하부 셀, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층 및 상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 포함한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층은, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액 및 상기 비전도성 고분자 용액 내에 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(metal particle via hall)을 포함하는 것일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층의 두께는, 40 μm 내지 50 μm 인 것일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 비전도성 고분자 용액은, 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고, 상기 메탈 파티클 비아 홀(via hall)은, 구형 은(Ag) 입자, 구형 은 코팅(Ag-coated) 입자, 구형 금(Au) 입자 또는 구형 금 코팅(Au-coated) 입자를 포함하는 것일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 비전도성 고분자의 굴절률은, 1.0 내지 2.0 인 것일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 메탈 파티클의 농도는, 상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt%이고, 상기 메탈 파티클의 입경은, 40 μm 내지 50 μm 인 것일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 흡수층의 두께는, 100 nm 내지 300 nm 인 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 흡수층 상에 보호층을 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 보호층은, 몰리브데넘 트리옥사이드(MoO_3)를 포함하고, 상기 보호층의 두께는, 5 nm 내지 15 nm 인 것일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀은, 호모 정션 알루미늄 후면 전계(AI-BSF)구조, PERC 구조, PERL 구조 또는 헤테로 정션 HIT 구조를 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀, 투명 접합층 및 실리콘 태양 전지 하부 셀은 직렬 병합하는 것일 수 있다.

- [0023] 본 발명의 또 다른 측면의 일 실시예에 따른, 이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법은, 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀 및 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액에 전도성을 가지는 메탈 파티클을 혼합하여 투명 접합층 용액을 형성하는 단계, 상기 혼합된 투명 접합층 용액을 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀의 상부 전극에 스핀 코팅하는 단계, 상기 스핀 코팅된 투명 접합층 용액 표면에 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 접착시켜 이중 접합 탠덤 태양 전지를 접합하는 단계 및 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지에 UV 처리 또는 열처리를 하여 경화시키는 단계를 포함한다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층 용액을 형성하는 단계의 비전도성 고분자 용액은, 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고, 상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은, 상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt% 이고, 상기 비전도성 고분자 용액 내에서 전류가 흐르는 통로로서 비아 홀(via hall)을 형성하는 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은, PMMA 마이크로 구체 상에 은(Ag) 또는 금(Au)을 코팅한 입자, 은(Ag) 입자 또는 금(Au) 입자인 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 준비하는 단계는, 기판 상에 전자수송층을 코팅하는 단계, 상기 전자수송층 상부에 페로브스카이트 흡수층을 적층하는 단계, 상기 페로브스카이트 흡수층 상부에 정공수송층을 스핀 코팅하는 단계 및 상기 정공수송층 상에 스퍼터 증착으로 투명 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계는, 실리콘 웨이퍼의 하부에 알루미늄 전극을 증착시키는 단계, 상기 실리콘 웨이퍼의 상부에 에미터층을 형성시키는 단계 및 상기 에미터층 상부에 패시베이션층을 성장시키는 단계를 포함하는 것일 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 패시베이션층은, SiNx 박막 상의 일부에 패턴화된 은 박막, TCO, IZO, ITO 박막으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나인 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명은, 실리콘 태양 전지 하부 셀, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층 및 상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 포함하는, 이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지를 제공할 수 있다.
- [0030] 보다 구체적으로는, 좌우 방향으로 낮은 전도성을 가지며, 상하 방향으로 높은 전도성을 가지며 상, 하부 셀을 접착시킬 수 있는 투명 접합층을 제작하여, 하부 셀의 상부 전극층과 상부 셀의 하부 전극층이 광학적으로 손실이 없으며 전기적으로 결합된 탠덤 구조의 태양 전지를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 태양 전지의 구조이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 태양 전지의 제조 과정 공정도이다.
- 도 3은 기존의 비아 홀을 포함하는 중간 접합층과 이를 포함하는 4-단자 메케니컬 탠덤 태양 전지의 제조 과정 공정도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 태양 전지 투명 접합층의 투과도 및 흡수도에 관한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 탠덤 태양 전지 및 상기 탠덤 구조를 이루는 서브 셀 각각의 광전 성능을 나타내는 전류-전압 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 태양 전지 투명 접합층의 광학 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에

대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

- [0033] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0035] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0036] 구성 요소(element) 또는 층이 다른 요소 또는 층 "상에(on)", "에 연결된(connected to)", 또는 "에 결합된(coupled to)" 것으로서 나타낼 때, 이것이 직접적으로 다른 구성 요소 또는 층에 있을 수 있거나, 연결될 수 있거나 결합될 수 있거나 또는 간접 구성 요소 또는 층(intervening elements and layer)이 존재할 수 있는 것으로 이해될 수 있다.
- [0037] 이하, 본 발명의 이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지 및 이의 제조방법에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 접합 탠덤(tandem) 태양 전지는, 본 발명의 일 실시예에 따른 이중 접합 탠덤(tandem) 태양 전지는, 실리콘 태양 전지 하부 셀, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀 상에 형성된 것으로, 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(via hall)을 포함하는 투명 접합층 및 상기 투명 접합층 상에 형성된 페로브스카이트 흡수층을 포함하는 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 포함한다.
- [0040] 일 측에 따를 때, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는, 실리콘 태양 전지의 특성을 보완한 페로브스카이트/실리콘 이중 접합 탠덤 태양 전지일 수 있으며, 상기 페로브스카이트는 청색 및 녹색광을 보다 효율적으로 변환하는 한편, 상기 실리콘은 적색 및 적외선을 변환 효율이 좋을 수 있다.
- [0041] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 태양 전지 및 실리콘 태양 전지의 두가지 재료를 결합함으로써 태양 스펙트럼의 사용을 극대화하고 생성되는 전력량을 증가시킬 수 있다.
- [0042] 일 측에 따를 때, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는, 서로 보완적인 2개 이상의 광흡수 반도체를 수직으로 쌓은 탠덤 구조로서, 손실되는 에너지를 최소화할 수 있으며, 상기 실리콘 태양 전지는 모듈 발전 단가가 저렴하고, 페로브스카이트 태양 전지는 고효율인 것일 수 있다.
- [0043] 일 측에 따를 때, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는, 서로 다른 밴드 갭을 가지는 반도체 물질을 연속적으로 적층시켜서 광흡수 특성을 최대화할 수 있으며, 이론적으로는 최대 85% 이상의 효율을 가질 수 있다.
- [0044] 일 측에 따를 때, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는, 고순도의 실리콘을 사용하지 않고도 광전환 효율을 올리면서, 제조 비용을 낮출 수 있어서, 저제조비용 고효율을 달성할 수 있으며, 광전변환 효율을 개선시키는 것일 수 있다.
- [0045] 일 측에 따를 때, 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지는 서로 다른 밴드갭 에너지를 가지는 2개 이상의 태양 전지를 전기적으로 접합하여 연결된 구조로서, 주로 접합부가 전기적으로 결합되는 방식에 따라 4-단자와 2-단자로 구분될 수 있다. 4-단자의 경우, 탠덤 태양 전지를 이루고 있는 2개의 태양 전지가 각각의 캐소드와 애노드를 가지고 외부 회로를 통해 전기적으로 연결되는 반면, 2-단자 구조의 탠덤 태양 전지는 단일 기관에 상, 하부 셀을 순차적으로 적층하여 제작되고, 상부 셀과 하부 셀 사이에 증착된 내부층을 통해 직렬 연결되며 이를 통해 상, 하부 셀에서 생성된 전하수송자는 재결합할 수 있다. 2-단자 구조 탠덤 태양 전지의 제작은 단순히 외부 회로를 통해 연결되는 4-단자 탠덤 태양 전지보다 제작 공정에 제약이 따르며 이를 극복하기 위해 상부 셀 제작

공정에 열화 되지 않는 하부 셀의 내구성, 상, 하부 셀의 광 전류 및 전압 매칭, 재결합이 용이한 내부층 등 다양한 요소를 필요로 할 수 있다. 그러나 4-단자 구조에 비해 사용되는 기관의 수가 적고 두 단일 셀의 추가적 연결이 필요 없으므로 비용 절감이 가능하고, 기관에 의해 손실되는 태양 스펙트럼을 감소시켜 투과율 증가에 따른 향상된 광전 변환 효율을 기대할 수 있는 장점이 있다.

- [0046] 일 측에 따른 때, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 이중 접합 탠덤 태양 전지는 모노리식(monolithic, 적층형)구조로서, 2-단자 탠덤 태양 전지보다 제작 공정의 제약을 보완하여, 4-단자 메케니컬 방식의 제작공정을 따르되, 중간 접합층으로서 투명 접합층을 통해 상부 셀과 하부 셀을 연결하여 손실이 적은 2-단자 태양 전지의 장점을 취하는 것일 수 있다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층은, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액 및 상기 비전도성 고분자 용액 내에 전도성을 갖는 메탈 파티클 비아 홀(metal particle via hall)을 포함하는 것일 수 있다.
- [0049] 일 측에 따른 때, 상기 투명 접합층은, 상부의 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극층과 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층이 전기적으로 결합되게 하기 위해, 상하 방향으로 전도성이 높은 전도성 접착 고분자를 포함하는 접합층일 수 있다.
- [0050] 일 측에 따른 때, 상기 투명 접합층은, 비전도성 고분자층에 포토리소 공정을 통해 패턴을 형성하고, 상부 및 하부 태양 전지를 연결할 메탈 파티클을 채울 부분을 선택적으로 식각하여 비아 홀을 형성하던 종래의 기술에 비해서, 공정이 단순하고, 공정 단가 역시 경제적인 수 있다.
- [0051] 일 측에 따른 때, 종래의 접합층을 형성하기 위한 포토리소 공정의 경우, 매우 복잡하고, 공정 단가를 높이며, 식각 공정에서 하부 태양 전지에 데미지를 입힐 수 있으며, 메탈 파티클을 식각된 비아 홀에 부분적으로 채워 넣는 과정이 용이하지 않고, 비전도성 고분자층을 형성하는 과정에서 이미 경화가 이루어져서 추후에 상부 태양 전지를 접착시키는데 어려움이 있을 수 있다.
- [0052] 일 측에 따른 때, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 투명 접합층은, 비전도성 고분자 용액에 전도성을 갖는 메탈 파티클을 일정 농도로 혼합하여, 기계적 식각이 아닌 화학적으로 간이하게 전도성을 갖는 비아 홀을 형성할 수 있다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층의 두께는, 40 μm 내지 50 μm 인 것일 수 있다.
- [0055] 일 측에 따른 때, 상기 두께 범위의 투명 접합층은, 상부의 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극층과 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층이 가장 효율적으로 전기적 결합하면서, 전류의 손실을 방지할 수 있다.
- [0056] 일 측에 따른 때, 상기 투명 접합층은 2-단자 메케니컬 실리콘/ 페로브스카이트 탠덤 태양 전지 구조 이외에도 실리콘/III-V 탠덤 혹은 페로브스카이트/III-V 탠덤 태양 전지에도 응용 가능할 수 있다.
- [0057] 일 측에 따른 때, 상기 투명 접합층의 두께는, 메탈 파티클의 크기에 따라 두께 조절을 할 수 있으며, 메탈 파티클의 지름과 비슷한 수준의 두께가 될 수 있지만, 상기 수치 범위 내의 접합층이 가장 경제적으로 용이하게 제작이 가능할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 비전도성 고분자 용액은, 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고, 상기 메탈 파티클 비아 홀(via hall)은, 구형 은(Ag) 입자, 구형 은 코팅(Ag-coated) 입자, 구형 금(Au) 입자 또는 구형 금 코팅(Au-coated) 입자를 포함하는 것일 수 있다.
- [0060] 일 측에 따른 때, 상기 비전도성 고분자 용액의 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자는 투명 접합층의 베이스가 되는 고분자로 상부의 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극층과 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층을 접착하기 위해서, 열경화성 및/또는 광경화성 접착 고분자일 수 있다.
- [0061] 일 측에 따른 때, 상기 메탈 파티클 비아 홀은, 투명 접합층에서 상부의 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극

층과 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층의 전류가 통하게 하기 위한 통로로서, 상기 투명 접합층의 두께 또는 높이와 동일한 입경을 갖는 메탈 파티클을 사용할 수 있다.

[0062] 일 측에 따를 때, 투명 접합층 내의 상기 메탈 파티클을 통하여 전류가 흐르되, 상기 메탈 파티클은 상기 비전도성 고분자 용액 내에서 일정 농도로 분포되어, 메탈 파티클 입자 간 일정 간격을 가질 수 있다.

[0063] 일 측에 따를 때, 메탈 파티클이 일정 간격을 가지지 않고 뭉쳐서 분포할 경우, 전류가 뭉친 메탈 파티클을 타고 흘러서, 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층으로 연결되지 않고, 손실될 수 있다.

[0065] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 비전도성 고분자의 굴절률은, 1.0 내지 2.0 인 것일 수 있다.

[0066] 일 측에 따를 때, 비전도성 고분자의 굴절률은, 바람직하게는 1.5일 수 있으며, 이는, 하부로 전달되는 빛의 양을 증대시켜 본래 예상되는 탠덤 태양 전지의 단락전류보다 높은 값의 단락전류를 가지게 할 수 있다.

[0068] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 메탈 파티클의 농도는, 상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt%이고, 상기 메탈 파티클의 입경은, 40 μm 내지 50 μm 인 것일 수 있다.

[0069] 일 측에 따를 때, 비아 홀을 구성하는 상기 메탈 파티클의 농도는, 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt%, 바람직하게는 4wt%일 수 있으며, 3 wt% 미만일 경우, 전도성을 띄는 메탈 파티클이 너무 적어서, 상부의 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극층과 하부의 실리콘 태양 전지의 상부 전극층에 흐르는 전류 효율이 낮을 수 있으며, 5wt%를 초과하는 경우, 지나치게 메탈 파티클이 많아져서 입자간 뭉침 현상이 발생하고, 하부 실리콘 태양 전지의 상부 전극층이 아니라, 뭉친 입자를 따라 접합층으로 전류가 소실될 수 있다.

[0070] 일 측에 따를 때, 상기 입경의 메탈 파티클은, 투명 접합층의 높이 또는 두께와 거의 일치하거나 동일하여 상부 태양 전지와 하부 태양 전지의 전류 소실 없이 흐르게 할 수 있다.

[0072] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 흡수층의 두께는, 100 nm 내지 300 nm 인 것일 수 있다.

[0073] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 흡수층은, 전자 수송에 유리하게 하기 위해 메조포러스한 TiO_2 페이스트를 전면 코팅하여 활성면적을 넓히고, 그 위에 MAPbI_3 조성을 가지면서 1.50 eV 내지 2.0 eV의 밴드갭을 가지는 것일 수 있다.

[0074] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 흡수층의 박막이 기존의 400 nm의 두께를 가지게 되면, 500nm 내지 800nm 파장대의 빛을 많이 흡수하여 하부 실리콘 태양 전지에 도달하는 태양빛을 현저히 감소시키고 그에 따라, 하부 셀의 단락 전류가 낮아지면서, 직렬로 연결되는 탠덤 태양 전지의 단락 전류가 낮은 하부 셀의 단락 전류에 한정될 수 있는 반면, 100 nm 내지 300 nm, 바람직하게는 130 nm 내지 170 nm의 두께를 갖는 경우, 500nm 내지 800nm 파장대의 빛의 흡수도가 줄어들고, 하부 셀에 도달하는 태양빛을 증가시켜 단락 전류를 최대화시킬 수 있다.

[0075] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 흡수층은, 두께뿐만 아니라 페로브스카이트의 조성 변경을 통해서 1.50 eV 내지 2.0 eV의 이상적인 범위 내의 밴드갭 에너지를 가지게끔 조절할 수 있다.

[0077] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 흡수층 상에 보호층을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0078] 일 측에 따를 때, 상기 보호층은, 스퍼터 증착으로 IZO를 형성하는데, 페로브스카이트 층이 스퍼터 데미지를 받을 수 있으며, 이를 보호하기 위한 투명한 보호층을 더 포함하는 것일 수 있다.

[0080] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 보호층은, 몰리브데넘 트리옥사이드(MoO_3)를 포함하고, 상기 보호층의 두께는, 5 nm 내지 15 nm 인 것일 수 있다.

[0081] 일 측에 따를 때, 상기 몰리브데넘 트리옥사이드(MoO_3)은 페로브스카이트 흡수층의 홀 전도체와 투명 상부 전극

IZO 사이에서 보호층으로 역할을 하는 것일 수 있다.

- [0082] 일 측에 따를 때, 상기 보호층의 두께가 5 nm 미만일 경우, 보호층으로서의 역할이 미미할 수 있으며, 15 nm를 초과하는 경우, 탠덤 태양 전지의 광전 효율을 떨어뜨릴 수 있다.
- [0084] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀은, 호모 정션 알루미늄 후면 전계(AI-BSF)구조, PERC 구조, PERL 구조 또는 헤테로 정션 HIT 구조를 포함하는 것일 수 있다.
- [0085] 일 측에 따를 때, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀은, 실리콘 웨이퍼에 후면에는 전극으로 알루미늄을 증착시키고, 전면에는 SOD 방법을 통해서 에미터를 형성시킬 수 있다. 그리고, 에미터 위에 패시베이션층으로 SiNx 박막을 100nm 성장시킨 후, 상부 전극은 패터닝된 은(Ag) 박막을 증착시켜 형성할 수 있다. 이 때, 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀과의 접촉을 손실없이 이루기 위해 전면 전극으로 SiNx와 은 패터닝 전극 대신에 TCO로 IZO 혹은 ITO 박막을 사용할 수도 있다.
- [0086] 일 측에 따를 때, 상기 알루미늄 후면 전계(AI-BSF)구조는, 알루미늄을 포함하는 통상의 후면 전극 형성을 위한 페이스트를 실리콘 태양 전지 하부 셀 기판의 후면에 스크린 인쇄한 후 열처리를 시행하여 형성될 수 있으며, 열처리에 의해 태양 전지 기판은 후면 전극과 접하는 면으로부터 소정 깊이까지 전극 형성 물질(AI)이 도핑되어 BSF(back surface field)가 형성될 수 있다. 후면 전극은 알루미늄을 포함하고 있으므로 전기 전도성이 우수할 뿐만 아니라 실리콘과의 친화력이 좋아서 접합성이 우수할 수 있다.
- [0087] 일 측에 따를 때, 상기 PERC 구조는, Passivated Emitter and Rear Contact 기술을 이용한 태양 전지로, 셀(Cell)에 흡수된 장파장의 태양광을 전지안으로 반사시켜 광변환효율을 높이고, 장파장의 태양광이 뒷면으로 빠져나가면서 발생하는 열로 인하여 태양 전지의 온도 상승으로 인한 효율 저하를 낮출 수 있다.
- [0088] 일 측에 따를 때, 상기 PERL 구조는, Passivated Emitter, Rear Locally-diffused 기술을 이용한 태양 전지로, 후면에 표면 결함을 줄여주는 박막 기술 등을 적용해 일반 태양 전지에 비해 평균 효율을 높이는 것일 수 있다.
- [0089] 일 측에 따를 때, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀은, 알루미늄 후면 전계(AI-BSF)구조, PERC 구조 또는 PERL 구조의 호모 정션 실리콘 태양 전지뿐만 아니라, HIT 구조의 헤테로 정션 실리콘 태양 전지 구조에도 적용이 가능할 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀, 투명 접합층 및 실리콘 태양 전지 하부 셀은 직렬 병합하는 것일 수 있다.
- [0092] 일 측에 따를 때, 상기 직렬 병합으로 인해 이중 접합 탠덤 태양 전지의 개방 전압은 두 서브 셀의 개방전압이 합쳐진 값이 될 수 있으며, 단락 전류는 두 서브 셀 중 낮은 값을 가지는 단락 전류에 의해 정해질 수 있다.
- [0093] 일 측에 따를 때, 상기 단락 전류는, 중간 접합층의 주성분인 열경화성 및 광경화성을 갖는 고분자층의 굴절률로 인하여, 하부로 전달되는 빛의 양을 증대시켜 본래 예상되는 탠덤 태양 전지의 단락 전류보다 높은 값의 단락 전류를 가질 수 있다.
- [0095] 본 발명의 또 다른 측면의 일 실시예에 따른, 이중 접합 탠덤(Tandem) 태양 전지의 제조방법은, 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀 및 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 비전도성 고분자 용액에 전도성을 가지는 메탈 파티클을 혼합하여 투명 접합층 용액을 형성하는 단계, 상기 혼합된 투명 접합층 용액을 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀의 상부 전극에 스핀 코팅하는 단계, 상기 스핀 코팅된 투명 접합층 용액 표면에 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 접착시켜 이중 접합 탠덤 태양 전지를 접합하는 단계 및 상기 이중 접합 탠덤 태양 전지에 UV 처리 또는 열처리를 하여 경화시키는 단계를 포함한다.
- [0096] 일 측에 따를 때, 상기 투명 접합층 용액을 형성하는 단계에서, 상기 비전도성 고분자 용액은, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 고분자인 NOA81, PDMS, EVA 또는 Cyanoacrylate 등의 접착 고분자에 소량의 메탈이 코팅된 PMMA 마이크로 구체를 혼합하는 것일 수 있다.
- [0097] 일 측에 따를 때, 상기 완성된 투명 접합층의 메탈이 코팅된 PMMA 마이크로 구체는 상하 방향으로 전도성을 높게 하고 광경화성 또는 열경화성을 갖는 접착 고분자는 상부 및 하부 셀의 접착을 이루게 할 수 있다.

- [0098] 일 측에 따를 때, 상기 투명 접합층은, 소량의 메탈이 코팅된 PMMA 마이크로 구체만이 광경화성 또는 열경화성을 갖는 접착 고분자에 섞여 있기 때문에 접합층이 투명하여 탠덤 태양전지의 접착 소재로 사용되었을 때에 소자의 광학적 손상을 최소화하며 접합 계면의 전기적 특성을 우수하게 할 수 있다.
- [0099] 일 측에 따를 때, 상기 일 실시예에 따라 제조된 탠덤 태양 전지의 경우, 상부의 하부 전극층과 하부의 상부 전극층이 이미 좌우방향으로 전도성이 높기 때문에 메탈 마이크로 구체를 통한 상하부의 접합이 소면적에서만 이루어져도 전기적인 결함이 없이 이루어지게 할 수 있다.
- [0100] 일 측에 따를 때, 상기 스피ن 코팅은, 실리콘 표면의 텍스처(texture)가 페로브스카이트의 균일한 필름을 증착하기 어려운 점을 보완할 수 있다.
- [0101] 일 측에 따를 때, 상기 열처리는, 상부 페로브스카이트 태양 전지의 하부 전극층, 중간 접합층 및 하부 실리콘 태양 전지의 상부 전극층을 기계적으로 접착시키기 위하여 100 °C 온도 부근에서 수행될 수 있다.
- [0103] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층 용액을 형성하는 단계의 비전도성 고분자 용액은, 시아노아크릴레이트(Cyanoacrylate), PMMA, PDMS, EVA 또는 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나의 비전도성 고분자를 포함하고, 상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은, 상기 비전도성 고분자 용액 전체 대비 3 wt% 내지 5 wt% 이고, 상기 비전도성 고분자 용액 내에서 전류가 흐르는 통로로서 비아 홀(via hall)을 형성하는 것일 수 있다.
- [0104] 일 측에 따를 때, 상기 메탈 파티클은, 메탈이 코팅된 고분자 파티클 혹은 메탈 파티클 그 자체로서, 예를 들면, 은 마이크로 파티클(Ag microparticle), 금 마이크로 파티클(Au microparticle), 은 또는 금이 코팅된 마이크로 파티클일 수 있다.
- [0106] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 투명 접합층 용액의 메탈 파티클은, PMMA 마이크로 구체 상에 은(Ag) 또는 금(Au)을 코팅한 입자, 은(Ag) 입자 또는 금(Au) 입자인 것일 수 있다.
- [0108] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 준비하는 단계는, 기판 상에 전자수송층을 코팅하는 단계, 상기 전자수송층 상부에 페로브스카이트 흡수층을 적층하는 단계, 상기 페로브스카이트 흡수층 상부에 정공수송층을 스피ن 코팅하는 단계 및 상기 정공수송층 상에 스퍼터 증착으로 투명 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것일 수 있다.
- [0109] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀을 준비하는 단계의 기판 상에 전자수송층을 코팅하는 단계는, 보다 구체적으로는, 상부전극인 FTO가 코팅된 유리 기판에 스프레이 코팅 방식을 통해 전자 수송층인 TiO_2 산화막층을 형성하고, 전자수송에 유리하게 하기 위해 메조포러스한 TiO_2 페이스트를 전면 코팅하여 활성면적을 넓힐 수 있다.
- [0110] 일 측에 따를 때, 상기 전자수송층으로는, TiO_2 및 메조포러스 TiO_2 를 SnO_2 , ZnO 등의 다른 산화막으로 대체할 수 있다.
- [0111] 일 측에 따를 때, 상기 전자수송층 상부에 페로브스카이트 흡수층을 적층하는 단계는, 보다 구체적으로, $MAPbI_3$ 조성을 가지는 1.55eV의 밴드갭을 가지는 페로브스카이트 흡수층을 형성시키는 것일 수 있다.
- [0112] 일 측에 따를 때, 상기 페로브스카이트 흡수층 상부에 정공수송층을 스피ن 코팅하는 단계는, PTAA 박막, spiro-MeoTAD 또는 NiO_x 등의 박막을 스피ن 코팅하는 것일 수 있다.
- [0113] 일 측에 따를 때, 상기 정공수송층 상에 스퍼터 증착으로 투명 전극을 형성하는 단계는, 하부로 빛이 전달되어야 하기 때문에 기존의 반투명 금 박막 전극 대신에 투명 전극인 IZO 박막, TCO박막 또는 ITO 박막을 하부 전극으로 형성할 수 있다.
- [0115] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 실리콘 태양 전지 하부 셀을 준비하는 단계는, 실리콘 웨이퍼의 하부에 알루미늄 전극을 증착시키는 단계, 상기 실리콘 웨이퍼의 상부에 에미터층을 형성시키는 단계 및 상기 에미터층 상

부에 패시베이션층을 성장시키는 단계를 포함하는 것일 수 있다.

[0117] 본 발명의 일 실시예에 따라, 상기 패시베이션층은, SiN_x 박막 상의 일부에 패턴화된 은 박막, TCO, IZO, ITO 박막으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나인 것일 수 있다.

[0118] 일 측에 따를 때, 상기 TCO, IZO, ITO 박막의 경우, 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀의 하부 투명 전극과 동일한 소재로서, 상부 셀과의 컨택을 손실없이 이루기 위한 전면 컨택에 유리할 수 있다.

[0120] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0121] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0123] 실시예 1. 이중 접합 탠덤 태양 전지

[0125] 1. 페로브스카이트 태양 전지 상부 셀의 제조

[0126] 상부전극인 FTO가 코팅된 유리기관에 스프레이 코팅 방식을 통해 전자수송층인 TiO_2 산화막층을 70 nm 두께로 형성한다. 전자수송에 유리하게 하기 위해 메조포러스한 TiO_2 페이스트를 전면 코팅하여 활성면적을 넓힌다.

[0127] 그 위에 얇은 두께의 페로브스카이트 흡수층을 사용하여 하부 셀에 도달하는 태양빛을 증가시켜 단락전류를 최대화시킨다. 이 때, 페로브스카이트 흡수층의 두께는 150 nm이다.

[0128] 이후, 페로브스카이트 흡수층 위에 정공수송층인 PTAA를 스핀 코팅한다.

[0129] 하부로 빛이 전달되어야 하기 때문에 기존의 반투명 금 박막 전극 대신에 투명전극인 IZO 박막 150 nm를 하부 전극으로 올린다.

[0130] 이 때, 스퍼터 증착으로 IZO를 형성하는데, 페로브스카이트 층이 스퍼터 데미지를 받기 때문에 그 사이에 MoO_3 박막 10nm를 보호층으로 증착시킨다.

[0132] 2. 실리콘 태양 전지 하부 셀의 제조

[0133] 본 발명에서는, Al-BSF 구조의 실리콘 태양전지를 사용하였으며, P-type 실리콘 웨이퍼에 후면 전극으로 알루미늄을 증착시킨다.

[0134] 전면에는 SOD 방법을 통해서 에미터를 형성시킨다.

[0135] 에미터 위에 패시베이션 층으로 SiN_x 박막을 100nm 성장시킨다.

[0136] 상부 전극은 패턴된 은 박막을 증착시켜 형성한다.

[0138] 3. 투명 접합층의 제조

[0139] 광/열경화성 고분자인 NOA81에 소량의 메탈이 코팅된 PMMA 마이크로 구체(microsphere)로서, 은 코팅 입자를 섞어 용액에 고르게 분포하게 한 후 실리콘 태양전지의 상부 전극층 위에 스핀 코팅(spin-coating) 하였다.

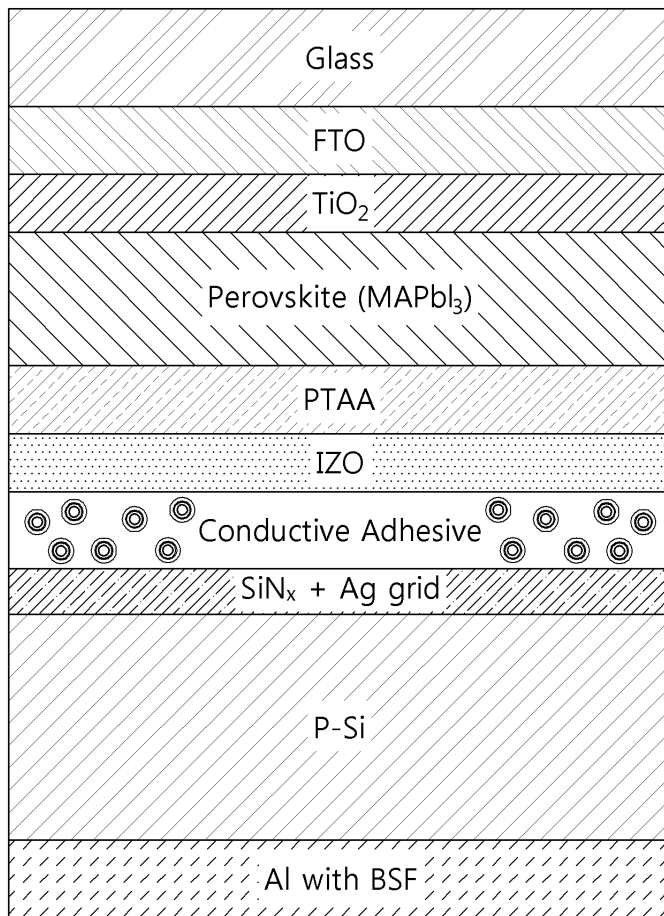
[0141] 4. 상부 셀 및 하부 셀의 접합

[0142] 투명 접합층이 스핀 코팅된 실리콘 태양전지의 상부 전극층에 상부 페로브스카이트 태양전지의 하부전극층을 기계적으로 접착시켜 UV 조사 혹은 100℃ 온도 부근의 열처리를 통해 경화시켰다.

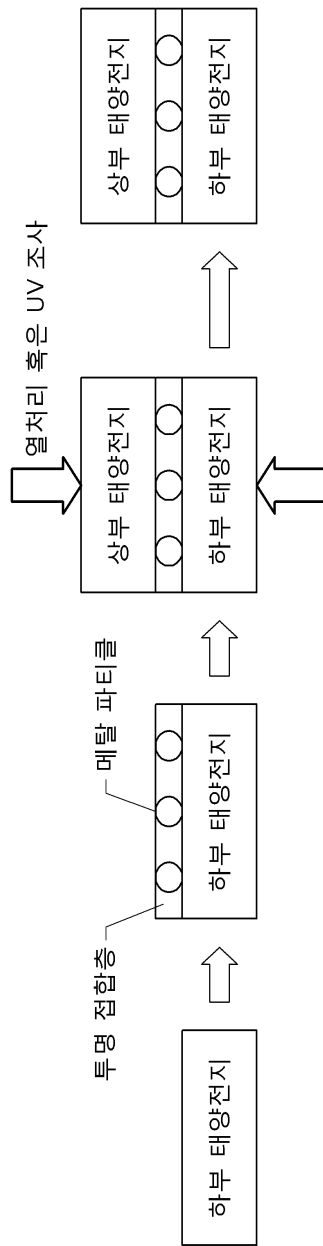
- [0144] 도2 및 도3는, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 태양 전지의 제조 과정과 기존의 비아 홀을 포함하는 중간 접합층과 이를 포함하는 4-단자 메케니컬 탠덤 태양 전지의 제조 과정으로서, 도 3의 경우, 식각 공정에서 하부 태양 전지에 데미지가 생길 우려가 있을 수 있으며, 식각 이후 메탈 파티클을 부분적으로 채워 넣는 공정 역시 쉽지 않음을 알 수 있다.
- [0146] 도 4는, 상기 실시예에 따라 제조된 태양 전지 투명 접합층의 투과도 및 흡수도를 측정한 값으로, 흡수가 없이 투과도가 우수하기 때문에 광학적 손실없이 전기적으로 우수한 탠덤 태양전지 제작이 가능함을 알 수 있다.
- [0148] 도 5는, 상기 실시예에 따라 제조된 탠덤 태양 전지 및 상기 탠덤 구조를 이루는 서브 셀 각각의 광전 성능을 측정한 것으로, 직렬 병합으로 인해 개방전압은 두 서브 셀의 개방전압이 합쳐져 1.5V가 되며, 단락전류는 두 서브 셀 중 낮은 값을 가지는 단락전류에 의해 정해짐을 알 수 있다. 이 때, 투명 접합층으로 인해서 하부로 전달되는 빛의 양을 증대시켜 본래 예상되는 탠덤 태양전지의 단락전류보다 높은 값의 단락전류를 가지게 되는 것을 확인할 수 있었다.
- [0150] 도 6은, 상기 실시예에 따라 제조된 탠덤 태양 전지 투명 접합층의 광학 사진을 나타낸 것으로, 광경화성 또는 열경화성을 갖는 고분자 내부에서, 전도성을 갖는 메탈 파티클이 간격을 가지고 퍼져 있음을 확인할 수 있었다.
- [0152] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0153] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

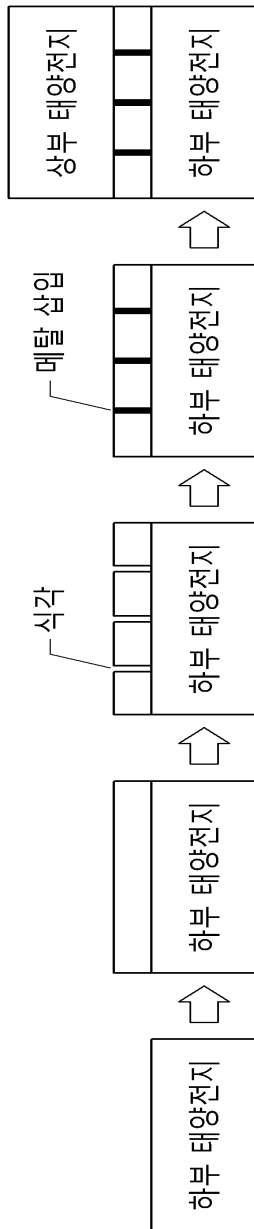
도면1



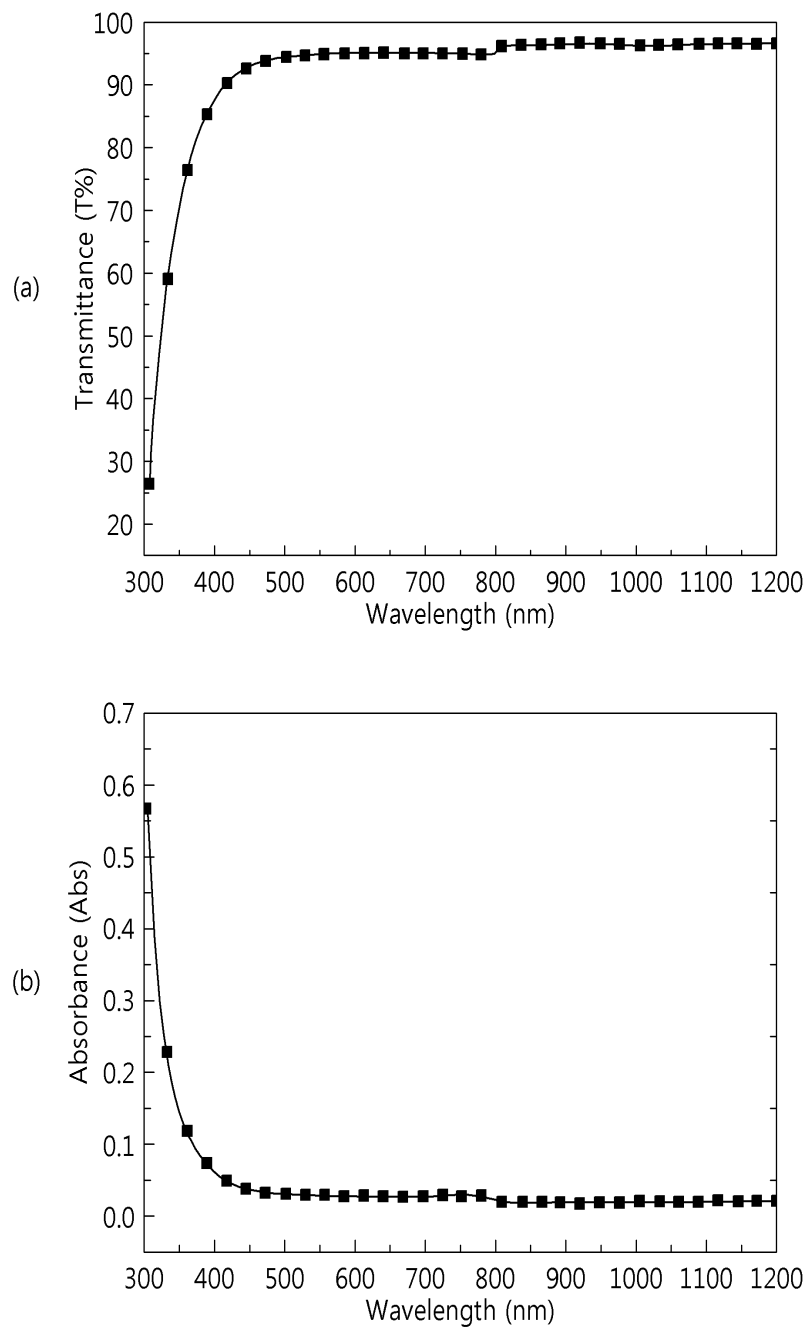
도면2



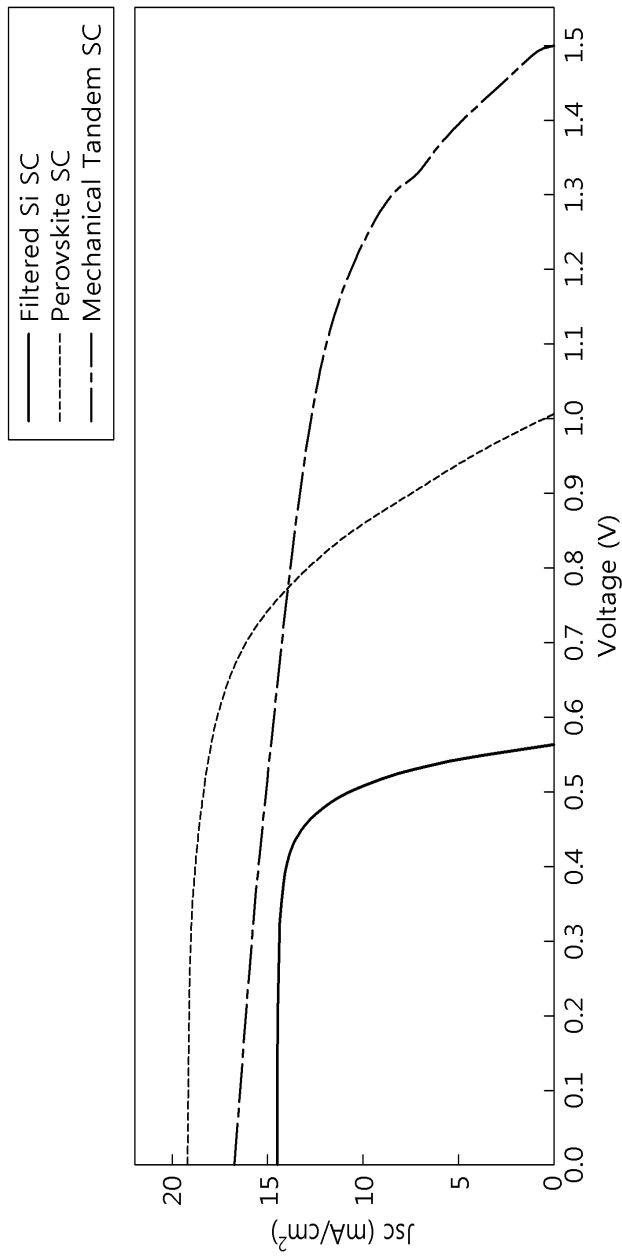
도면3



도면4



도면5



도면6

