



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0060272
(43) 공개일자 2023년05월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/022466 (2013.01)
H01L 31/1884 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0144802
(22) 출원일자 2021년10월27일
심사청구일자 2021년10월27일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김준동
인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 32 (송도동, 송도자이하버뷰2단지아파트) 207동 1402호
김상호
인천광역시 남동구 소래역남로 39, 501동 302호
(74) 대리인
강정빈, 심찬, 송두현

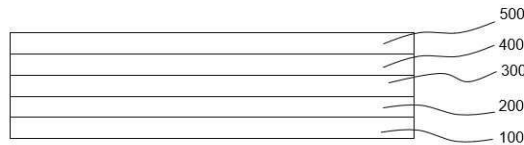
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 인듐주석산화물을 포함하는 전면전극에 금속층을 삽입함으로써 가시광선에서 양호한 투명성을 유지하면서도 발전효율을 개선시킬 수 있는 투명태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711107490
 과제번호 2020R1A2C100948011
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 중견연구자 지원사업
 연구과제명 고체형 반도체 투명 태양광 프레임 개발: 다기능 2D 활성층을 이용한 신개념 투명
 태양전지 및 응용 기술
 기여율 6/10
 과제수행기관명 인천대학교
 연구기간 2020.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345331248
 과제번호 2020R111A1A01062204
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 창의과제
 연구과제명 5%이상 초고효율 자외선 차단형 투명 광전소자 개발
 기여율 2/10
 과제수행기관명 인천대학교
 연구기간 2020.05.01 ~ 2021.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169123
 과제번호 KETEP-0203030010310
 부처명 산업통상자원부
 과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
 연구사업명 에너지기술개발사업
 연구과제명 고효율 터널 산화막을 이용한 패시베이션 전극형 셀과 모듈 개발
 기여율 2/10
 과제수행기관명 성균관대학교산학협력단
 연구기간 2020.05.01 ~ 2024.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지로서,
FTO를 포함하는 투명전극을 포함하는 유리기판;
상기 유리기판 위에 배치되는 광흡수층;
상기 광흡수층 위에 배치되는 하부ITO층;
상기 하부ITO층 위에 배치되는 금속박막층; 및
상기 금속박막층 위에 배치되는 상부ITO층을 포함하는, 투명태양전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층은 10 내지 500nm의 두께 범위를 갖고,
상기 금속박막층은 1 내지 100 nm의 두께 범위를 갖는, 투명태양전지.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층의 두께는 1:1 내지 1:100의 비율을 갖고,
상기 금속박막층과의 두께는 상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층의 두께의 합산값과 1:5 내지 1:1000의 비율을 갖는, 투명태양전지.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 광흡수층은 박막 반도체 및 2D물질을 포함하고,
상기 박막 반도체는 실리콘을 포함하고,
상기 2D물질은 SnS를 포함하는, 투명태양전지.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 금속박막층은 Ni, Ag, Co, Pd를 포함하는 금속물질을 포함하고,
상기 금속박막층의 두께는 1 내지 100 두께 범위를 갖는, 투명태양전지.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 투명태양전지는 400 내지 800nm의 파장의 범위를 갖는 광에 대하여 40% 이상의 투과율을 갖는, 투명태양전지.

청구항 7

다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지의 제조방법으로서,

FTO를 포함하는 투명전극을 포함하는 유리기판을 배치하는 단계;

상기 유리기판 위에 배치되는 광흡수층을 배치하는 단계;

상기 광흡수층 위에 배치되는 하부ITO층을 배치하는 단계;

상기 하부ITO층 위에 배치되는 금속박막층을 배치하는 단계; 및

상기 금속박막층 위에 배치되는 상부ITO층을 배치하는 단계;를 포함하는, 투명태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 인듐주석산화물을 포함하는 전면전극에 금속층을 삽입함으로써 가시광선에서 양호한 투명성을 유지하면서도 발전효율을 개선시킬 수 있는, 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 온실 효과로 인한 지구온난화 현상은 지구상에서 살아온 인류에게 심각한 위협으로 다가오고 있다. 과거의 에너지 생산은 주로 석탄, 석유 및 천연가스 등의 화석연료를 사용해왔고 이러한 화석연료의 사용은 온실 가스(greenhouse gas)의 생성을 필연적으로 동반해왔다. 이러한 온실 가스는 해수면 상승 및 자외선의 필터링을 담당하는 오존의 파괴를 불러일으켜왔다. 이러한 온실 가스의 증가로 인해서 인류는 살아갈 대지의 면적의 부족과 습열 산소의 부족을 겪고 있다. 나아가, 과도한 자외선 복사가 인간의 신체에 직접 닿게 되어 피부의 변색, 면역 기능 감소, 광 피부 노화 및 피부암 등의 심각한 위협을 불러일으킨다. 이러한 문제로 풍력, 수력, 원자력 및 해양에너지 등과 같이 친환경적이고 지속가능한 발전을 가능할 수 있게 하는 신재생 에너지 자원의 필요성이 대두되고 있다. 태양 전지(solar cell)에 의한 태양에너지는 가장 광범위하고 쉽게 구할 수 있는 청정 에너지 자원으로 온실 가스의 생산 없이 발전할 수 있는 가장 궁극적인 형태 중 하나이다. 태양 전지로 대표되는 태양광 모듈은 전기자동차, 건물, 차량, 전자기기 및 방산기기 등 다양한 분야에서 응용되어 활용되고 있다. 그러나 이런 수많은 응용분야에도 불구하고 기존의 태양광 모듈은 대부분 검은색 계통의 불투명재질이기 때문에 사용자의 시야를 차단하는 문제점이 있고 광투과성이 필요한 스마트윈도우와 같은 장치에 활용하기 난해한 문제점이 있었다. 따라서 이런 단점을 보완한 투명하면서도 고효율의 에너지를 생산할 수 있는 투명 태양광 패널 및 투명 태양광 전지에 대한 연구에 대한 필요성이 대두되고 있다. 투명태양전지는 가시 광선에서 높은 투명성을 갖는 태양전지로 사용자는 투명태양전지의 존재를 크게 인식하지 않으면서도 특정 모듈에서 전기 에너지를 생성할 수 있다.

[0004] 파장에 있어서, 가시광선은 무지개색을 가지며, 이는 태양 스펙트럼의 에너지 양의 약 50 %를 차지한다. 사람의 눈은 가시광선을 볼 수 있지만 자외선(UV) 또는 적외선(IR)과 같은 단파장 또는 장파장 조명을 보지는 못한다. 상대적으로 긴 파장을 갖는 적외선(IR) 광은 광자 에너지가 적고 태양전지에서의 전력생성은 비효율적이다. 그러나, 상대적으로 짧은 파장을 갖는 자외선(UV) 광은 높은 광자 에너지를 가지고, 또한 눈 질환과 피부암 등을 야기할 수도 있다.

[0005] 따라서, 강한 자외선(UV)광의 흡수는 태양전지의 발전에 있어서는 효과적이고, 사람의 건강 및 물질에 대한 자

외선으로 유도되는 손상을 제거하거나 감소시킬 수 있는 이점이 있다.

[0006] 한편, 태양복사에너지에서 높은 에너지를 갖는 광자의 비율은 약 7%정도로 전체 스펙트럼에서 차지하는 비율이 상대적으로 낮다. 따라서, 고효율의 전력 에너지를 생산하기 위해서는 전체 태양복사스펙트럼에서 높은 에너지를 갖는 광자만을 검출할 필요성이 있다. 이에 대해 종래에는 유기물 소재 또는 페로브스카이트 소재를 활용한 태양전지에 대한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 상기 소재를 기반으로 한 태양전지는 장치의 안정성을 보장할 수 없어 기상환경에 제약을 받을 수밖에 없었고 광범위한 면적에 대한 발전효율을 보장할 수 없었다. 이런 단점을 개선하고자 최근에는 반도체를 활용한 금속산화물 기반 투명태양전지에 연구가 진행되고 있고 광 흡수 물질의 개선을 통한 투명태양전지의 전력효율 향상에 대한 필요성 또한 대두되고 있다.

[0007] 또한 태양전지가 스마트윈도우, 건물 및 차량에 응용되어 활용되기 위해서는 투명하거나 사용자의 목적에 부합하는 색상이거나 주변 환경과 어우러지는 색상을 갖는 것이 필수적이다. 그러나 종래의 태양전지는 고효율의 전력생산을 위하여 검은색 계열의 불투명 재질을 사용함으로써 사용자 시야를 차단하는 문제점과 주변환경과 어울리지 못하는 문제점이 있었고 이로 인해 광투과성이 필요한 스마트윈도우나 빌딩 및 차량에 응용되기 난해한 문제점이 있었다.

[0008] 따라서, 전력변환 효율성 향상과 함께 투명하거나 목적에 부합하는 적절한 색상을 가질 수 투명태양전지에 대한 새로운 연구 및 개발에 대한 필요성이 대두되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1869337 B1 “황화주석 박막 및 그 형성 방법, 박막 태양전지 및 그 제조방법” (2016.4.27 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 인듐주석산화물을 포함하는 전면전극에 금속층을 삽입함으로써 가시광선에서 양호한 투명성을 유지하면서도 발전효율을 개선시킬 수 있는 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에서는, 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지로서, FTO를 포함하는 투명전극을 포함하는 유리기판; 상기 유리기판 위에 배치되는 광흡수층; 상기 광흡수층 위에 배치되는 하부ITO층; 상기 하부ITO층 위에 배치되는 금속박막층; 및 상기 금속박막층 위에 배치되는 상부ITO층을 포함하는, 투명태양전지를 제공한다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층은 10 내지 500nm의 두께 범위를 갖고, 상기 금속박막층은 1 내지 100 nm의 두께 범위를 가질 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층의 두께는 1:1 내지 1:100의 비율을 갖고, 상기 금속박막층과의 두께는 상기 상부ITO층과 상기 하부ITO층의 두께의 합산값과 1:5 내지 1:1000의 비율을 가질 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 광흡수층은 박막 반도체 및 2D물질을 포함하고, 상기 박막 반도체는 실리콘을 포함하고, 상기 2D물질은 SnS를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 금속박막층은 Ni, Ag, Co, Pd를 포함하는 금속물질을 포함하고, 상기 금속박막층의 두께는 1 내지 100 두께 범위를 가질 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 투명태양전지는 400 내지 800nm의 파장의 범위를 갖는 광에 대하여 40% 이상의 투과율을 가질 수 있다.

[0019] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예는, 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지의 제조방법으로서, FTO를 포함하는 투명전극을 포함하는 유리기판을 배치하는 단계; 상기 유리기판 위에 배치되는 광흡수층을 배치하는 단계; 상기 광흡수층 위에 배치되는 하부ITO층을 배치하는 단계; 상기 하부ITO층 위에 배치되는 금속박막층을 배치하는 단계; 및 상기 금속박막층 위에 배치되는 상부ITO층을 배치하는 단계;를 포함하는 투명태양전지의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기존의 금속 산화물 기반의 투명태양전지에 비하여 자외선 광뿐만 아니라 다른 파장대의 광을 더욱 흡수하고, 캐리어 수집을 보다 용이하게 함으로써, 발전효율을 현저하게 개선할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원(AM1.5G, 100mW/cm²)에 대하여 0.507 V의 개방전압, 3.00 mA/cm²의 단락전류밀도를 가져 0.45%의 전력변환효율을 갖는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원(AM1.5G, 100mW/cm²)에 대하여 150.3 cm²/Vs의 캐리어 이동성을 가져 기존 단일 ITO 전극보다 높은 전력변환효율을 갖는 다중층의 전면전극을 포함하는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원(AM1.5G, 100mW/cm²)에 대하여 173.4 Ω/□의 표면저항을 가져 기존 단일 ITO 전극보다 높은 전력변환효율을 갖는 다중층의 전면전극을 포함하는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 40% 이상의 가시광 투과성을 가져 사용자의 시계를 제한하지 않는 투명태양전지로서 빌딩 및 자동차 등에서 응용될 수 있는 창문 유형의 투명태양전지로 활용될 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 구조를 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 전기적 및 광학적 특성에 대한 사항들을 도시한다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 I-V 및 외부양자효율(EQE) 특성에 대한 사항들을 도시한다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 CIE색상에 대한 사항들을 도시한다

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 다양한 실시예들 및/또는 양상들이 이제 도면들을 참조하여 개시된다. 하기 설명에서는 설명을 목적으로, 하나 이상의 양상들의 전반적 이해를 돕기 위해 다수의 구체적인 세부사항들이 개시된다. 그러나, 이러한 양상(들)은 이러한 구체적인 세부사항들 없이도 실행될 수 있다는 점 또한 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 인식될 수 있을 것이다. 이후의 기재 및 첨부된 도면들은 하나 이상의 양상들의 특정한 예시적인 양상들을 상세하게 기술한다. 하지만, 이러한 양상들은 예시적인 것이고 다양한 양상들의 원리들에서의 다양한 방법들 중 일부가 이용될 수 있으며, 기술되는 설명들은 그러한 양상들 및 그들의 균등물들을 모두 포함하고자 하는 의도이다.

[0029] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "양상", "예시" 등은 기술되는 임의의 양상 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되지 않을 수도 있다.

[0030] 더불어, 용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우에, "X는 A 또는 B를 이용한다"는 자연적인 내포적 치환 중 하나를 의미하는

것으로 의도된다. 즉, X가 A를 이용하거나; X가 B를 이용하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 이용하는 경우, "X는A 또는 B를 이용한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 사용된 "및/또는"이라는 용어는 열거된 관련 아이템들 중 하나 이상의 아이템의 가능한 모든 조합을 지칭하고 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0031] 또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하지만, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 또한, 본 명세서에서 명백하게 다른 내용을 지시하지 않는 “한” 과, “상기” 와 같은 단수 표현들은 복수 표현들을 포함한다는 것이 이해될 수 있을 것이다.
- [0033] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0034] 또한, 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 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.
- [0035] 또한, 본 발명의 실시예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 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 발명의 실시예에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0036] 후술하는 투명태양전지는 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지, 상부ITO층 및 하부ITO층은 ITO전극, 상부ITO층, 하부ITO층 및 금속박막층을 포함하는 층을 투명전극 등 설명의 편의성을 위한 다른 표현법이 사용될 수 있다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 구조를 개략적으로 도시한다.
- [0040] 도 1에서 도시된 바와 같이, 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지로서, FTO를 포함하는 유리기판(100); 상기 유리기판(100) 위에 광흡수층(200); 상기 광흡수층(200) 위에 하부ITO층(300); 상기 하부ITO층(300) 위에 금속박막층(400); 상기 금속박막층(400) 위에 상부ITO층(500)을 포함하는, 투명태양전지를 형성한다.
- [0042] 본 발명에서는, 하부ITO층(300)과 상부ITO층(500) 사이에 금속박막층(400)을 배치하여 가시광에 대하여 0.45% 전력변환효율(PCE)과 51.7%의 광투과율을 보장할 수 있는 투명태양전지를 구현하였다.
- [0043] 광학적 특성의 측면에서, 박막 Si (바람직하게는 수소화된(hydrogenated) 비정질(amorphous) Si, a-Si:H)는 적절한 에너지 밴드 갭 값 (1.7-2.1 eV)을 갖는다. 또한 Si 박막의 에너지 밴드 갭은 다양한 방법으로 확실하게 조정할 수 있고, Si 박막의 두께도 조정될 수 있다.
- [0044] 종래의 투명태양전지는 UV 에너지를 흡수해 전력변환효율을 개선한 투명태양전지를 구현하는데 중점을 두었지만, 후술하는 실험결과에서 증명되는 바와 같이, 본원 발명의 투명태양전지는 상기 사항뿐만 아니라 우수한 광투과율을 가진다.
- [0045] 또한 본원 발명의 투명태양전지는 무기물을 사용하여 강한 안정성을 확보함으로써 투명태양전지를 생산하는 데 있어 신뢰성과 안정성을 보장할 수 있다.

- [0047] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중층의 전면전극을 갖는 투명태양전지의 제조방법에 대하여 설명하도록 한다.
- [0048] 불소 도핑된 산화 주석 (FTO)이 코팅된 유리 기판(100) (735159 Aldrich, 표면 저항 $7\Omega / \square$)을 아세톤, 메탄올 및 탈 이온수 (DI) 수를 사용하여 10 분 동안 초음파 세정 하였다. 각각 흐르는 N_2 가스를 사용하여 건조시켰다.
- [0049] FTO를 포함하는 유리 기판(100) 상에 Si 박막층을 형성하기 위해, 플라즈마 강화 화학 기상 증착 (PECVD) 시스템을 사용함이 바람직하다. 실란 (SiH_4) 및 수소 (H_2)의 가스 혼합물의 글로 방전 분해에는 RF 전력 ($13.56MHz$, $56mW/cm^2$)이 사용되었다. 이 공정 동안, 수소화된 비정질 Si (a-Si : H)는 15 nm 의 두께로 증착될 수 있다. 얇은 Si 막은 기능성 층으로서 적용되어 기존의 금속산화물 기반 투명태양전지의 캐리어 수집의 한계를 개선하였다. 또한, Si 막은 유리한 광학 에너지 밴드 갭을 가지며, 이는 짧은 파장의 UV 범위에서 보다 긴 파장의 광까지의 광 이용을 효과적으로 확장시켰다. 동시에 투명태양전지를 통한 광자 흡수가 크게 향상되어 실질적으로 투명태양전지 자체의 성능을 향상시킬 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따른 투명태양전지에서는 Si 박막이 광-생성된 캐리어를 촉진하기 위한 중간 에너지 레벨을 제공한다. 이와 같은 본 발명은 투명 발전기 혹은 인지하지 못하는 발전기의 실제적인 구현을 가능하게 할 수 있다.
- [0050] 이어서, 상기 광흡수층(200) 위에 투명전극을 부착하였다. 투명태양전지의 투명전극은 광흡수층으로서 더 많은 광자를 흡수하고 광발생 캐리어(photo-generated carriers)를 효율적으로 수집하기 위한 역할로 전기적 특성을 개선하는데 주요한 요인이 된다. 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 전기 전도성 및 광학적 특성이 우수한 투명 ITO전극을 사용하였다. 바람직하게는 상기 ITO전극사이에 금속박막층(400)을 배치함으로써 종래의 단독 ITO전극만을 사용한 투명태양전지보다 우수한 전기적 및 광학적 특성을 가진 투명태양전지를 구현할 수 있다.
- [0051] 결과적으로 투명태양전지의 투명전극의 한쪽은 FTO 층에 의해 구현되고, 다른 쪽은 ITO층에 의해 형성된다. FTO 및 ITO는 우수한 전기 전도성으로 인해 우수한 투명 전극을 만들어 우수한 전력변환효율(PCE)을 보장할 수 있다.
- [0052] 이와 같이 제조된 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 FTO를 포함하는 기판(100) / 광흡수층(200) / 하부ITO층(300) / 금속박막층(400) / 상부ITO층(500)의 구성을 갖는다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 전기적, 광학적 특성 및 성능을 도출하기 위하여 1 이상의 측정장치를 이용하여 사용했다.
- [0055] 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 전계방출주사전자현미경 및 전계방출형 투과전자현미경을 사용하여 하부 ITO층(300), 상부 ITO층(500) 및 금속박막층(400)을 포함한 투명태양전지의 단면을 관찰했다.
- [0056] 또한 투명태양전지의 전기적 특성을 도출하기 위하여 정전위기/정전류기를 사용하여 투명태양전지의 전류 및 전압 특성을 도출했다.
- [0057] 또한 투명태양전지의 성능을 측정하기 위한 시뮬레이터로 시뮬레이션 시스템이 사용되었다.
- [0058] 또한, $100mW/cm^2$ 의 광원에서 I-V특성을 도출하기 위하여 태양광전력계가 사용되었다.
- [0059] 또한, 가시광 및 자외선 영역에서의 광 투과율을 측정하기위해 분광광도계가 사용되었다.
- [0061] 구체적으로, 상기 하부ITO층(300)과 상기 상부ITO층(500)는 80 nm의 두께를 갖으며 두 층은 동일한 두께를 형성한다. 이와 같이 하부ITO층(300)과 상부ITO층(500)는 캐리어 수집을 용이하게 하여 광전효율을 증가시키면서, 투명성에 대한 저하를 최소화하기 위한 범위에서 선택될 수 있다.
- [0063] 구체적으로, 상기 금속박막층(400)은 상기 하부ITO층(300)과 상기 상부ITO층(500) 사이에 배치되며 두께는 3 내지 7nm이다. 이와 같은 금속박막층(400)의 두께는 투명성과 광전효율 조절 목적에 따라 가변할 수 있으나, 위의

범위에서 캐리어 수집을 용이하게 하여 광전효율을 증가시키면서, 투명성에 대한 저하를 최소화할 수 있다.

- [0065] 바람직하게는, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 FTO를 포함하는 기관(100) / 광흡수층(200) / 하부 ITO층(300) / 금속박막층(400) / 상부 ITO층(500)의 구성을 가진다. 상기 하부 ITO층(300) 및 상부 ITO층(500)은 80 nm의 동일한 두께를 가지며, 상기 금속박막층(400)은 상기 하부 ITO층(300) 및 상부 ITO층(500) 사이에 배치되며 5nm의 두께를 갖는다. 상술한 수치로 통해 구현된 본원 발명의 투명태양전지는 1개의 광원(AM1.5G, 100mW/cm²)에 대하여 0.45% 전력변환효율(PCE), 150.3 cm²/Vs의 캐리어 이동성, 173.4 Ω/□의 표면저항을 가져 기존 단일 ITO 전극보다 높은 전력변환효율(PCE)을 갖고 40% 이상의 가시광 투과성을 가져 사용자의 시계를 제한하지 않는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0067] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 전기적 및 광학적 특성에 대한 사항들을 도시한다.
- [0069] 도 2의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 구조를 개략적으로 도시하고 있다. 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이 투명태양전지는 FTO를 포함하는 기관(100) / 광흡수층(200) / 하부 ITO층(300) / 금속박막층(400) / 상부 ITO층(500)의 구성을 가지며 하부 ITO층(300)과 상부 ITO층(500)은 동일한 두께를 가진다. 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 투명전극은 다중층으로써 금속박막층(400)이 하부 ITO층(300)과 상부 ITO층(500) 사이에 배치된다.
- [0070] 구체적으로 ITO층은 투명전극의 하나로서 더 많은 광자를 흡수하고 광발생 캐리어(photo-generated carriers)를 효율적으로 수집하기 위한 광흡수층으로 작용하며 전기적 특성을 결정짓는 주요한 요인이 된다.
- [0071] 구체적으로 본 발명의 일 실시예에서는 160 nm의 두께를 갖는 ITO단독구조와 1,3 및 5 nm의 두께를 갖는 금속박막층(400)을 삽입하고 상부와 하부 각각 80 nm의 두께를 갖는 다중층 구조의 전면전극을 갖는 투명태양전지의 전기적 및 광학적 특성을 비교함으로써 높은 전력변환효율(PCE)과 40% 이상의 가시광 투과성을 갖는 투명태양전지를 구현할 수 있다.
- [0073] 도 2의 (b) 및 (b-1)은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 구조를 전계방출주사전자현미경 및 전계방출형 투과전자현미경을 사용하여 관찰한 이미지를 도시한 것이다. 도 2의 (b) 및 (b-1)에 도시된 바와 같이 하부 ITO층(300)과 상부 ITO층(500) 사이에 금속박막층(400)이 약 10:1의 두께로 형성되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0075] 도 2의 (c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 금속박막층(400) 두께에 대한 다중층 전면전극의 광학적 특성을 도시한 것이다. 도 2의 (c)에 도시된 바와 같이 단일 ITO전극을 갖는 투명태양전극이 가장 우수한 광투과율을 가지며 금속박막층(400)의 두께가 증가함에 따라 광투과율이 저하되는 것을 알 수 있다.
- [0076] 구체적으로 400 내지 800 nm의 파장을 갖는 가시광선영역에서 단일 ITO전극이 79.2%의 평균투과율(average transmittance value)을 가져 가장 우수하며 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극의 경우 금속박막층(400)의 두께에 반비례하여 평균투과율이 저하되는 것을 알 수 있다.
- [0077] 그러나 이러한 단일 ITO전극의 우수한 광학적 특성에도 불구하고 전기적 특성과 광학적 특성을 모두 고려했을 때 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극이 본원 발명의 해결과제인 고효율의 전력변환을 구현하기 위한 투명태양전지를 구현하는데 적합할 수 있다. 단일 ITO전극과 금속박막층(400)를 포함한 다중층전극의 전기적 특성은 후술하도록 한다.
- [0079] 도 2의 (d)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 금속박막층(400) 두께에 따른 다중층 전면전극의 전기적 특성을 도시한 것이다. 또한 단일 ITO전극과 금속박막층(400)을 포함하는 다중층 전극의 전기적 특성과 이를 결정짓는 복수의 요소들은 하기의 표 1과 같다.

[0080] 표 1

Electrode structures	AVT (%)	Sheet resistance (Ω/π)	Mobility (cm^2/Vs)				
Sole-ITO	79.2	4.84	4.55				
MTE Ni-1 nm (ITO)/Ni-1 nm/ITO	72.9	7.0	9.86				
MTE Ni-3 nm (ITO)/Ni-3 nm/ITO	61.8	131.7	122.6				
MTE Ni-5 nm (ITO)/Ni-5 nm/ITO	51.7	173.4	150.3				
TPV devices	V_{oc} [V]	J_{sc} (mA/cm^2)	FF (%)	η (%)	J_0 (nA)	R_s (Ω/cm^2)	R_{sh} (Ω/cm^2)
Sole-ITO/Si	0.373	2.82	30.6	0.32	12.0	61.42	174.77
ITO/Ni 1 nm/ITO/Si	0.323	2.11	25.2	0.17	43.0	63.70	110.95
ITO/Ni 3 nm/ITO/Si	0.401	2.68	28.0	0.30	36.0	59.49	167.45
ITO/Ni 5 nm/ITO/Si	0.507	3.00	29.3	0.45	31.4	51.76	170.51

[0081]

[0082]

투명태양전지의 전기적 특성은 캐리어 이동성, 캐리어 농도 및 저항 값 등에 의해 결정된다. 도 2의 (d) 및 표 1에 도시된 바와 같이 다중층 전극의 금속박막층(400)의 두께는 전기적 특성을 결정짓는 주요한 요소 중 하나이다. 구체적으로 금속박막층(400)의 두께가 증가함에 따라 표면저항, 캐리어 이동성, 개방전압, 전류밀도, 충전율(fill-factor) 등 투명전극의 전기적 특성을 결정짓는 요소가 개선되는 것을 알 수 있다.

[0084]

바람직하게는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 도 2의 (c), (d) 및 표 1에 도시된 바와 같이 전기적 및 광학적 특성을 모두 고려하여 ITO전극 사이에 배치되는 금속박막층(400)의 두께를 결정한다. 구체적으로 5 nm의 두께를 갖는 금속박막층(400)을 포함하는 다중층전극을 가진 투명태양전지가 높은 전력변환효율(PCE)을 가지면서 40% 이상의 가시광 투과성을 가져 전기적 및 광학적 특성이 모두 우수하다. 또한 24.2 Ω/cm^2 의 표면저항 및 74.5 cm^2/Vs 의 캐리어 이동성으로 0.45%의 전력변환효율(PCE)을 가져 전기적 특성이 우수하고 이 경우 51.7%의 광투과율을 가져 일반적인 창 형태의 투명태양전지에서 요구하는 수치를 상회한다.

[0086]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 I-V 및 외부양자효율(EQE) 특성에 대한 사항들을 도시한다.

[0088]

도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 1개의 광원(AM1.5G, 100mW/cm²)에 대한 전력변환효율(PCE)을 도시한 것이다. 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이 단일 ITO전극은 0.373 V의 개방전압(V_{oc}), 2.82 mA/cm²의 단락전류밀도(J_{sc})를 가져 0.32 %의 전력변환효율(PCE)을 갖는다. 반면에 1 nm의 두께를 갖는 금속박막층(400)을 포함하는 다중층전극은 0.323 V의 개방전압(V_{oc}), 2.11 mA/cm²의 단락전류밀도(J_{sc})를 가져 0.17 %의 전력변환효율(PCE)을 가져 단일 ITO전극에 비해 전기적 특성이 저하된 것을 알 수 있다.

[0089]

반면에 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 5 nm의 두께를 갖는 금속박막층(400)을 포함하는 다중층전극을 사용하여 0.507 V의 개방전압(V_{oc}), 3.00 mA/cm²의 단락전류밀도(J_{sc})를 가져 0.45 %의 전력변환효율(PCE)을 가져 단일 ITO전극에 비해 우수한 전기적 특성이 갖는다. 이는 본원 발명에서의 스퍼터링 다중층의 전면전극(sputtering Multi-stacked transparent-electrode)투명태양전지가 종래의 유기물 소재 또는 페로브스카이트 소재를 사용한 투명태양전지보다 유망하고 대규모 생산을 위한 안정성 확보에도 유리함을 의미한다.

[0091]

도 3의 (b)는 암전상태에서 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 I-V특성곡선을 도시한 것이다. 암전상태에서의 I-V특성 곡선에서 순방향 바이어스 및 역방향 바이어스상태에서 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 전기적 특성을 도출할 수 있다.

[0092]

일반적인 반도체는 역방향 바이어스에서 공핍층(depletion layer)의 두께가 증가하고 매우 적은 순방향 전류를 도통 시킴으로써 절연체로 작동하게 된다. 반면에 항복전압을 초과하는 역방향 바이어스 전압이 인가되었을 경우 역방향 항복(Reverse bias breakdown)이 발생하고 전기저항이 파괴될 우려가 있다. 따라서 일반적인 환경에서 역방향 바이어스 전류를 최소화함으로써 반도체의 전기적 특성을 개선할 수 있다.

[0093] 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 순방향 바이어스에서 금속박막층(400)의 두께가 증가함에 따라 ITO전극의 순방향 바이어스 전류가 증가한다. 반면에 역방향 바이어스에서도 금속박막층(400)의 두께가 증가함에 따라 역방향 바이어스 전류 또한 함께 증가한다. 이는 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 1nm의 두께를 갖는 금속박막층(400)을 포함하는 투명태양전지에 역방향 전압이 인가되었을 때 누설전류(J_0)의 값이 가장 큰 것을 통해 도출할 수 있다.

[0095] 도 3의 (c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 임피던스 특성을 도시한 것이다. 임피던스 분광기법(impedance spectroscopy)을 사용하여 단일 ITO전극 및 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극의 임피던스 특성 곡선을 도출할 수 있다. 구체적으로 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이 투명태양전지의 콜-콜 플롯(cole-cole plot)은 해당 임피던스 값의 실수부(Z')와 허수부(Z'')에 의해 결정되며 주파수가 증가함에 따라 임피던스 특성 곡선은 반원을 형성한다. 구체적으로 셉트 저항(R_{SH})과 직렬 저항(R_S)의 합이 특성곡선의 시작점이 되고 직렬 저항(R_S)이 특성곡선의 끝점이 된다.

[0096] 일반적으로 투명전지의 전기 성능을 극대화하기 위해서는 작은 직렬 저항 (R_S)와 큰 셉트 저항 (R_{SH}) 값이 요구되며, 이는 충전율(Fill-factor)을 향상하고, 전압과 전류의 최대 출력전력을 증대할 수 있기 때문이다.

[0097] 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이 단독 ITO전극을 사용하는 투명태양전지의 셉트 저항(R_{SH})값(콜-콜 플롯의 실수부)이 가장 큰 것을 알 수 있다. 반면에 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극의 경우 금속박막층(400)의 두께에 대한 셉트 저항(R_{SH})값의 의존성이 매우 크다. 이중 5nm의 금속박막층(400)을 포함하는 다중층 전면전극의 경우 셉트 저항(R_{SH})의 값이 $170.51 \Omega/cm^2$ 으로 가장 크고 직렬 저항(R_S)값은 $51.76 \Omega/cm^2$ 로 가장 작다. 이는 5nm의 금속박막층(400)을 포함하는 투명태양전지가 0.45%의 가장 좋은 전력변환효율(PCE)을 가질 수 있는 요인이 되며 양질의 투명태양전지를 생산하기 위한 가장 적절한 조건임을 의미한다.

[0099] 도 3의 (d)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 외부양자효율(External-quantum-efficiency, EQE)을 도시한 것이다.

[0100] 외부양자효율(EQE)은 태양전지에서 수집한 전하 캐리어 수와 외부에서 태양 전지에 주어진 광자 수의 비율로 투명태양전지의 발광효율을 결정짓는 주요한 요소 중 하나이다. 구체적으로 외부양자효율(EQE)은 하기의 식과 같이 표현될 수 있으며 높은 외부양자효율(EQE)값은 발광체가 같은 에너지로 더 높은 휘도의 광을 발산할 수 있다는 것을 의미한다.

[0101]
$$\eta_{EQE} = \eta_{ext} \times \eta_{inj} \times \eta_{rad}$$

[0102] 여기서 η_{EQE} 는 외부광자효율이고, η_{ext} 는 광추출효율이고, η_{inj} 는 주입효율이고, η_{rad} 는 발광효율이다.

[0104] 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이 광전류밀도는 해당 파장에서 광자 에너지에 비례하며 특정파장에서 투명태양전지의 성능을 보여주고 있다. 구체적으로 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지의 외부양자효율(EQE)의 피크 값은 450 nm파장에서 발생했다. 반면에 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 포함하는 투명태양전지의 외부양자효율(EQE)의 피크 값은 그보다 짧은 430 nm파장에서 발생했다.

[0105] 또한 금속박막층(400)의 두께에 대한 투명태양전지의 외부양자효율(EQE)의 차이를 확인할 수 있다. 구체적으로 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지와 3 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지의 경우 각각 0.32% 와 0.30%로 유사한 외부양자효율(EQE)을 갖음에도 불구하고 파장별 영역에서는 상이한 외부양자효율(EQE)을 갖는 것을 알 수 있다.

[0106] 구체적으로 장파장 영역($\lambda \geq 400$ nm)에서 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지가 3 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지보다 외부양자효율(EQE)이 우수하지만, 단파장 영역($\lambda \leq 400$ nm)에서 3 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지가 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지보다 외부양자효율(EQE)이 우수하다.

- [0107] 반면에 5 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지의 경우 장파장 영역과 단파장영역 모두에서 우수한 외부양자효율(EQE)을 갖는다. 따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지는 5 nm의 금속 박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지를 선택하여 장파장 영역과 단파장 영역 모두에서 우수한 외부양자효율(EQE)을 갖는 것이 바람직하다.
- [0109] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 CIE색상에 대한 사항들을 도시한다
- [0111] 종래의 태양전지는 우수한 전기적 특성을 위해 미적 가치를 저해할 수밖에 없는 형태로 발전해왔다. 구체적으로 종래의 태양전지는 대부분 검은색 계열의 불투명 재질을 사용하여 사용자의 시야를 차단하고 미관을 해치는 단점이 있었다. 따라서 본원 발명의 과제를 해결하기 위한 투명태양전지는 상술한 우수한 전기적 특성을 유지하면서도 미관을 해치지 않는 광학특성에 대한 증거가 필요하다. 또한 이에 대한 증거는 국제적으로 공인된 색상데이터를 이용하여 입증되어야 할 것이다.
- [0113] 도 4의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 색상을 색상 좌표계에 매핑한 이미지이다. 국제조명위원회(CIE)에서 제공하는 CIE xy 1931 색상 다이어그램(CIE xy 1931 chromaticity diagram)을 참조색 좌표로 사용하였다. 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 투명태양전지의 색상을 포함하는 색상지도를 색상 계산 프로그램(OSRAM Sylvania Inc.)을 이용하여 매핑(Mapping)시킬 수 있다.
- [0115] 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 AM1.5G 광원 및 D65 광원(표준 흰색)에서의 색상스펙트럼은 각각 (0.348, 0.347)과 (0.325, 0.315)으로 CIE좌표계에 매핑된다. 반면 1,3,5 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지의 색상스펙트럼은 각각 (0.428, 0.418), (0.427, 0.415), (0.429, 0.419)으로 CIE좌표계에 매핑된다. 이러한 색상데이터를 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지의 광학 특성을 증명할 수 있으며 추가적으로 더 우수한 광학 특성을 갖는 투명태양전지의 개발 가능성을 보여주고 있다.
- [0116] (줄삭제)
- [0117] 도 4의 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명태양전지를 창문형 태양광 모듈에 구현한 모습이다. 구체적으로 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지와 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지를 창문 유리에 적용한 일례로 표 1에 도시된 바와 같이 단독 ITO전극을 갖는 투명태양전지의 광투과율이 79.2%로 가장 좋고, 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지의 경우 금속박막층(400)의 두께에 반비례해 광투과율이 결정되는 것을 알 수 있다. 또한 본 발명에 일 실시예에 따른 5 nm의 금속박막층(400)이 포함된 다중층 전극을 갖는 투명태양전지의 경우에도 51.7%의 광투과율을 가져 사용자의 시계를 크게 방해하지 않는 것을 알 수 있다.
- [0119] 본원 발명의 다중층의 전면전극을 포함하는 투명태양전지는 0.507 V의 개방전압(V_{oc}), 3.00 mA/cm^2 의 단락전류밀도(J_{sc}), $150.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 캐리어 이동성, $173.4 \text{ } \Omega/\square$ 의 표면저항으로 0.45%의 전력변환효율(PCE)을 갖는 전기적 특성과 51.7%의 광투과율을 갖는 광학적 특성을 갖는 것을 특징으로 한다. 또한 본원 발명의 투명태양전지는 무기물 기반이기 때문에, 강한 안정성을 보였고, 별도의 보호 패키지가 없이 안정적인 팬 구동을 구현함을 확인하였다. 이와 같은 투명태양전지는 우수한 광투과율을 보장함으로써 스마트폰 디스플레이, 스크린, 차량, 빌딩의 유리 등에도 사용될 수 있는 가능성을 보이고 있다.
- [0121] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기존의 금속 산화물 기반의 투명태양전지에 비하여 자외선 광뿐만 아니라 다른 파장대의 광을 더욱 흡수하고, 캐리어 수집을 보다 용이하게 함으로써, 발전효율을 현저하게 개선할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0122] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원($\text{AM1.5G, } 100\text{mW/cm}^2$)에 대하여 0.507 V의

개방전압, 3.00 mA/cm^2 의 단락전류밀도를 가져 0.45%의 전력변환효율을 갖는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

[0123] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원(AM1.5G , 100mW/cm^2)에 대하여 $150.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 의 캐리어 이동성을 가져 기존 단일 ITO 전극보다 높은 전력변환효율을 갖는 다중층의 전면전극을 포함하는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

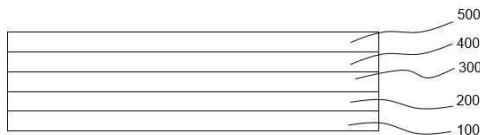
[0124] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 투명태양전지로서 1개의 광원(AM1.5G , 100mW/cm^2)에 대하여 $173.4 \text{ } \Omega/\square$ 의 표면저항을 가져 기존 단일 ITO 전극보다 높은 전력변환효율을 갖는 다중층의 전면전극을 포함하는 투명태양전지를 구현할 수 있다.

[0125] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 40% 이상의 가시광 투과성을 가져 사용자의 시계를 제한하지 않는 투명태양전지로서 빌딩 및 자동차 등에서 응용될 수 있는 창문 유형의 투명태양전지로 활용될 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.

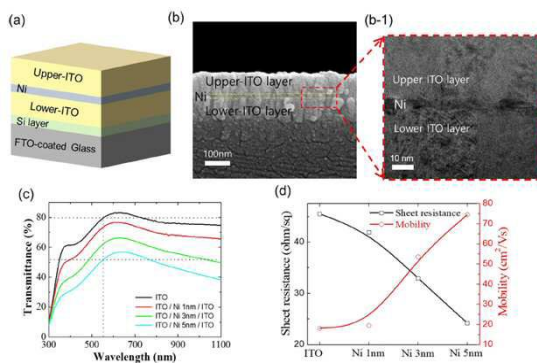
[0127] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

도면

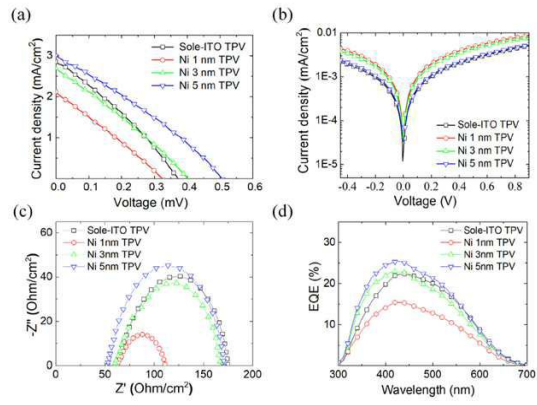
도면1



도면2



도면3



도면4

