(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월08일
(11) 등록번호 10-2300346
(24) 등록일자 2021년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/42 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/048 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)
H01L 51/00 (2006.01) *H01L 51/44* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/4213 (2013.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0049553
(22) 출원일자 2021년04월16일
심사청구일자 2021년04월16일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180060441 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
전용석
서울특별시 은평구 진관4로 78-38, 1508동 403호 (진관동, 은평지웰테라스)
강윤묵
서울특별시 성북구 보문사길 111, 103동 505호(보문동6가, 보문파크뷰자이)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 권성현, 유광철, 강일신

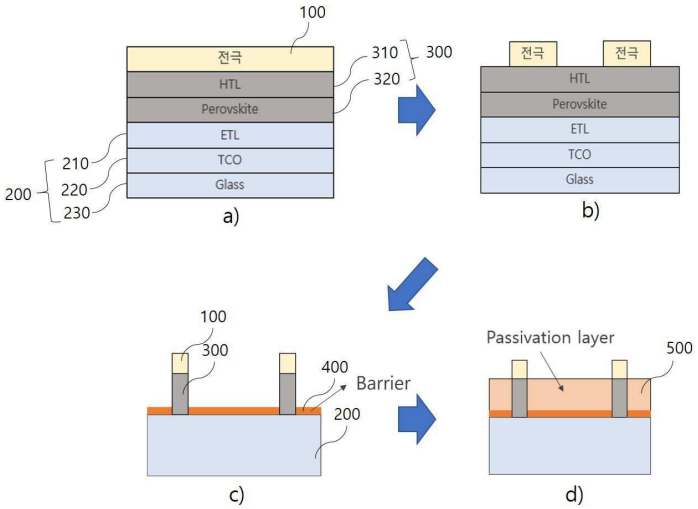
전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 정미나

(54) 발명의 명칭 **투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 유리기판 상부에 복수개가 상기 유리기판 상에서 서로 이격되어 기 설정된 패턴을 가지도록 배치되는 제 1 전극층; 상기 제 1 전극층 하부에 배치되는 하단층; 상기 제 1 전극층과 상기 하단층 사이에 배치되되, 상기 제 1 전극층을 마스크로 활용하여 건식식각 공정을 통해 상기 하단층의 상면에 형성되는 상단층; 상기 하단층의 상면 중 상기 상단층이 형성된 영역을 제외한 영역에 배치되는 베리어층을 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/048 (2013.01)
H01L 31/18 (2021.01)
H01L 51/0032 (2013.01)
H01L 51/441 (2013.01)
H01L 51/448 (2013.01)

(72) 발명자
이찬용
서울특별시 중랑구 동일로 476, 101동 105호
김승규
서울특별시 강남구 학동로77길 27, 101동 803호 (대림아파트)
고종원
서울특별시 양천구 목동로 212, 711동 802호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415169068
과제번호	20193091010240
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발(R&D)
연구과제명	확장이 용이한 투명태양전지 플랫폼 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120716
과제번호	2020R1A2C1101085
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	Si/페로브스카이트 이종접합 태양전지를 위한 중간 계면층 제조 및 분석
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상부에 복수개가 상기 기판 상에서 서로 이격되어 배치되는 제 1 전극층;

상기 제 1 전극층 하부에 배치되는 하단층;

상기 제 1 전극층과 상기 하단층 사이에 배치되되, 상기 제 1 전극층을 마스크로 활용하여 건식식각 공정을 통해 상기 하단층의 상면에 형성되는 상단층; 및

상기 하단층의 상면 중 상기 상단층이 형성된 영역을 제외한 영역에 배치되는 베리어층을 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 상단층과 상기 베리어층을 외부환경으로부터 보호하고, 누설전류를 차단하는 패시베이션층을 더 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 상단층은 정공수송층 및 광흡수층을 포함하고,

상기 하단층은 상기 기판, 제 2 전극층 및 전자수송층을 포함하되,

상기 광흡수층은, ABX_3(식 중, A는 메틸암모늄($CH_3NH_3^+$), 포름아미디늄($NH_2CHNH_2^+$) 또는 세슘(Cs)을 나타내고, B는 Pb, Sn 또는 이들의 조합인 금속원소이고, X는 I, Br, Cl 또는 이들의 조합인 할로겐원소임)의 화학식을 갖는 페로브스카이트 물질을 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은,

FTO(Fluorine-doped Tin Oxide), ITO(Indium TiN Oxide), AZO(Aluminum-doped Zinc Oxide), IZO(Indium-doped Zinc Oxide), MoO_3, WO_X, CNT(Carbon Nano Tube), Au, Ag, Cu, Si, GaN, ZnO, SiO_2 및 TiO_2 로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 전극물질을 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 전극물질은,

폭보다 길이가 더 긴 마이크로 로드, 나노 로드, 마이크로 와이어 및 나노 와이어로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 구조를 가지는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은,

상기 기판 상에서 서로 이격되어 기 설정된 패턴을 가지도록 배치되되,

상기 기 설정된 패턴은,

복수개의 폭보다 길이가 더 긴 제 1 전극층이 상호 일정한 거리를 가지도록 배열되는 구조인 제 1 패턴; 상기 베리어층 상부에 메쉬 네트워크 형태를 가지도록 제 1 전극층이 배열되는 구조인 제 2 패턴; 및 상기 제 1 전극층과 상기 베리어층이 상호 교차하여 격자무늬를 이루면서 배열되는 구조인 제 3 패턴;으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 패턴을 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 상단층은,

상기 건식식각 공정 시 상기 하단층과 지면이 이루는 각을 조절하여 기울어진 경사면을 가지도록 형성되되,

상기 기울어진 경사면의 각도는 -90° 보다 크고 90° 보다 작은 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 베리어층은,

상기 건식식각 공정 시 형성되되, 상기 광흡수층의 분해 생성물인 PbI_2, PbO_X, $PbBr_2$, SnI_2 및 $SnBr_2$ 중 어느 하나 이상의 무기물을 포함하고,

상기 정공수송층과 상기 전자수송층 간의 접촉으로 인한 션트 경로(shunt path) 형성을 방지하여 누설전류를 억제하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 베리어층은,

상기 광흡수층의 조성 중 I와 Br의 혼합비(I/Br)에 따라 발현되는 색이 제어되되, 상기 혼합비가 증가할수록 노란색을 띄고, 상기 혼합비가 감소할수록 무색을 띄는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 패시베이션층은 복수개의 광산란입자를 더 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 기판의 하측 외측면에는 LED 발광체가 배치되는 투명도를 고려한 박막 태양전지.

청구항 12

제 1 전극층, 정공수송층 및 광흡수층으로 이루어진 상단층 및 전자수송층, 제 2 전극층 및 기판으로 이루어진 하단층을 포함하는 박막 태양전지를 기반으로 한 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법에 있어서,

상기 제 1 전극층이 복수개로 서로 이격되도록 식각하는 제 1 식각단계; 및

식각된 제 1 전극층을 마스크로 활용하여 상기 상단층의 소정 영역을 제거하고, 제거된 소정 영역과 대응되는 하단층의 상면에 베리어층이 형성되도록 건식식각하는 제 2 식각단계를 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

식각된 상단층과 상기 베리어층을 외부환경으로부터 보호하고, 누설전류를 차단하는 패시베이션층을 형성하는 모듈화 단계를 더 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 식각단계는,

상기 건식식각 공정 시 상기 하단층과 지면이 이루는 각을 조절하여 식각된 상단층이 기울어진 경사면을 가지도록 하는 단계를 더 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 모듈화 단계는,

상기 패시베이션층에 복수개의 광산란입자를 첨가하는 단계; 및

상기 기판의 하측 외측면에 LED 발광체를 형성하는 단계를 더 포함하는 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 태양으로부터 생성되는 광자의 에너지를 광전효과를 통해 전기 에너지로 변환하는 소자를 태양전지라 하며, 태양전지의 핵심 소재는 광전효과를 나타내는 광 흡수층이라 할 수 있으며, 그 소재로는 실리콘, CIGS(copper indium gallium selenide), CdTe(cadmium telluride), III-V족 원소 복합소재, 광활성 유기물, 페로브스카이트 등이 있다.

[0003] 종래의 태양광 발전소 또는 건물부착형 및 건물일체형 태양전지와 같은 통상의 소자의 경우 고투과도 특성을 부여하기 어려운 한계점이 있고, 용도상 반투명한 특성이 필요하지 않으나, 최근 건물의 창호나 자동차의 유리 등을 반투명 특성을 가지는 태양전지로 대체함으로써, 시인성 확보와 전기 에너지 생산과 같은 효과를 동시에 가질 수 있는 기술이 관심받고 있다.

[0004] 한편, 광흡수층 소재로 페로브스카이트를 사용하는 페로브스카이트 태양전지는 박막 태양전지의 한 종류로 반투명 및 경량의 특성을 갖는데, 본 발명은 상기한 페로브스카이트를 활용하여 반투명 특성을 요구하는 건물의 창호, 자동차 유리 등을 대체할 수 있으며, 플렉서블한 물성을 포함하고 있어 웨어러블 디바이스의 동력원으로도 사용이 가능하다.

[0005] 또한, 본 발명은 투명성 확보를 위해 식각 공정을 메인 공정으로 사용하며, 식각은 표면의 원하는 부분을 제거하는 공정으로 물리적 식각, 화학적 식각으로 크게 분류될 수 있다. 구체적으로, 화학적 식각은 등방성으로 표면을 식각하는 습식 식각과 비등방성으로 식각하는 건식 식각으로 구분되며, 본 발명의 경우 플라즈마, RIE 등을 사용하는 건식 식각을 기반으로 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 제안된 것으로서, 광흡수층 면적의 선택이 자유롭고, 발전효율과 투과성을 동시에 확보할 수 있는 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 기판 상부에 복수개가 상기 기판 상에서 서로 이격되어 기 설정된 패턴을 가지도록 배치되는 제 1 전극층; 상기 제 1 전극층 하부에 배치되는 하단층; 상기 제 1 전극층과 상기 하단층 사이에 배치되되, 상기 제 1 전극층을 마스크로 활용하여 건식식각 공정을 통해 상기 하단층의 상면에 형성되는 상단층; 및 상기 하단층의 상면 중 상기 상단층이 형성된 영역을 제외한 영역에 배치되는 베리어층을 포함한다.

[0008] 또한, 본 발명에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 상기 상단층과 상기 베리어층을 외부환경으로부터 보호하고, 누설전류를 차단하는 패시베이션층을 더 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 상단층은 정공수송층 및 광흡수층을 포함하고, 상기 하단층은 상기 기판, 제 2 전극층 및 전자수송층을 포함하되, 상기 광흡수층은, ABX_3(식 중, A는 메틸암모늄($CH_3NH_3^+$), 포름아미디늄($NH_2CHNH_2^+$) 또는 세슘(Cs)을 나타내고, B는 Pb 또는 Sn을 나타내고, X는 I, Br 또는 Cl을 나타냄)의 화학식을 갖는 페로브스카이트 물질을 포함한다.

[0010] 또한, 상기 제 1 전극층은, FTO(Fluorine-doped Tin Oxide), ITO(Indium TiN Oxide), AZO(Aluminum-doped Zinc Oxide), IZO(Indium-doped Zinc Oxide), MoO_3, WO_X, CNT(Carbon Nano Tube), Au, Ag, Cu, Si, GaN, ZnO, SiO_2 및 TiO_2 로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 전극물질을 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 전극물질은, 폭보다 길이가 더 긴 마이크로 로드, 나노 로드, 마이크로 와이어 및 나노 와이어로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 구조를 가진다.

[0012] 또한, 상기 기 설정된 패턴은, 복수개의 폭보다 길이가 더 긴 제 1 전극층이 상호 일정한 거리를 가지도록 배열되는 구조인 제 1 패턴; 상기 베리어층 상부에 메쉬 네트워크 형태를 가지도록 제 1 전극층이 배열되는 구조인 제 2 패턴; 및 상기 제 1 전극층과 상기 베리어층이 상호 교차하여 격자무늬를 이루면서 배열되는 구조인 제 3 패턴을 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 상단층은, 상기 건식식각 공정 시 상기 하단층과 지면이 이루는 각을 조절하여 기울어진 경사면을 가지도록 형성되되, 상기 기울어진 경사면의 각도는 -90° 보다 크고 90° 보다 작다.

[0014] 또한, 상기 베리어층은, 상기 건식식각 공정 시 형성되되, 상기 광흡수층의 분해 생성물인 PbI_2, PbO_X, $PbBr_2$, SnI_2 및 $SnBr_2$ 중 어느 하나 이상의 무기물을 포함하고, 상기 정공수송층과 상기 전자수송층 간의 접촉으로 인한

션트 경로(shunt path) 형성을 방지하여 누설전류를 억제할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 베리어층은, 상기 광흡수층의 조성 중 I와 Br의 혼합비(I/Br)에 따라 발현되는 색이 제어되되, 상기 혼합비가 증가할수록 노란색을 띄고, 상기 혼합비가 감소할수록 무색을 띈다.

[0016] 또한, 상기 패시베이션층은 복수개의 광산란입자를 더 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 기판의 하측 외측면에는 LED 발광체가 배치된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법은 광흡수층 면적의 선택이 자유롭고, 발전효율과 투과성을 동시에 확보할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조 및 제조 공정을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조를 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조를 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본 발명의 투명도를 고려한 박막 태양전지에서 다양한 패턴으로 형성된 전극을 보인 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법을 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 박막 태양전지를 나타낸 사진이다.

도 7은 본 발명의 실시예 1과 비교예 1의 표면 및 단면을 나타낸 SEM 이미지이다.

도 8은 본 발명의 실시예 1과 비교예 1의 투과도 차이를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0021] 아울러 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0022] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0023] 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0024] 또한, 이하의 도면에서 각 구성은 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장된 것이며, 도면 상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는" 는 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0025] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다.

[0026] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및 /또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

[0027] 본 발명은 박막 태양전지에 관한 것으로서, 구체적으로, 상기 박막 태양전지는 CIGS(copper indium gallium selenide)층, CdTe(cadmium telluride)층, GaAs(gallium arsenide)와 같은 III-V족 원소 복합소재층, 광활성 유기층 및 페로브스카이트층 중 선택되는 어느 하나의 층 및 이들의 조합을 포함하는 박막 태양전지이며, 더 구체적으로, ABX_3 형태의 페로브스카이트 박막 태양전지 재료로 주목받고 있는 물질 중, A site에 메틸암모늄(MA), 포름아미디늄(FA) 또는 세슘(Cs)을 포함하는 유기양이온 및 금속양이온을, B site에 납-주석(Pb-Sn) 혼합

의 금속양이온을, C site에 요오드-브롬-염소(I-Br-Cl) 혼합의 할로겐원소를 조합한 페로브스카이트 계열의 박막 태양전지를 제안한다.

[0028] 또한, 본 발명은 간소화된 식각 공정을 적용하여 광흡수층의 구조를 변경함으로써, 광흡수층 면적의 선택이 자유롭고 발전효율과 투과성을 동시에 확보할 수 있는 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법에 관한 것이다.

[0029] 본 발명에서는 종래의 반투명 특성을 가진 CIGS, CdTe, 페로브스카이트 등의 소재를 사용하는 박막 태양전지가 광흡수층의 두께 또는 화학적 조성을 조절하여 투명도를 향상시킴에 따라 발생하는 문제점인 광투과도와 광전환 효율의 상보적 관계로 인하여 실질적 사용 가치가 떨어지는 점을 극복할 수 있다.

[0030] 즉, 본 발명은 박막 태양전지의 전극, 정공수송층, 광흡수층의 수직 구조화를 통해 광투성을 향상시키면서도 효율적으로 광흡수와 광전하 전달을 제어하여 우수한 투명성과 광전환 특성을 부여할 수 있음을 확인하였다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조 및 제조 공정을 설명하기 위한 개념도이고, 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조를 설명하기 위한 개념도이고, 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조를 설명하기 위한 개념도이고, 도 4는 본 발명의 투명도를 고려한 박막 태양전지에서 다양한 패턴으로 형성된 전극을 보인 도면이다.

[0032] 도 1을 참조하면, 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조 공정이 모식적으로 도시되어 있다. 또한, 도 1a)는 미리 준비된 박막 태양전지를 나타낸 도면이고, 도 1b)는 전극을 식각처리한 박막 태양전지를 나타낸 도면이고, 도 1c) 및 도 1d)는 본 발명의 투명도를 고려한 박막 태양전지를 나타낸 도면이다.

[0033] 먼저, 도 1a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조 공정을 진행하기 위하여 유리기판(230), 제 2 전극층(220), 전자수송층(210)으로 이루어진 하단층(200), 광흡수층(320), 정공수송층(310)으로 이루어진 상단층(300), 및 제 1 전극층(100)이 순차적으로 적층된 박막 태양전지가 준비될 수 있으며, 상기 박막 태양전지는 용액 공정 및 진공장비를 활용한 증착공정 등으로 준비된다.

[0034] 구체적으로, 상기 박막 태양전지는 유리기판(230) 상부에 제 2 전극층(220)이 형성되며, 상기 제 2 전극층(220) 상부에 제 1 전극층(100)이 형성되고, 상기 제 1 전극층(100)과 상기 제 2 전극층(220) 사이에 광흡수층(320)이 형성되는 구조를 가진다.

[0035] 제 1 전극층(100) 및 제 2 전극층(220)은 광흡수층(320)에서 흡수된 태양광에 의해 생성된 전자 및 정공이 수집됨에 따라 전기를 생성할 수 있다.

[0036] 구체적으로, 제 1 전극층(100)에는 정공이 수집되고 제 2 전극층(220)에는 전자가 수집되어 각 전극이 서로 반대의 극성을 가질 수 있다.

[0037] 상기 제 1 전극층(100)과 상기 제 2 전극층(220)은 금속전극, 산화물 계열의 투명전극 등을 포함할 수 있으며, 구체적으로, 상기 제 1 전극층(100)은 FTO(Fluorine-doped Tin Oxide), ITO(Indium TiN Oxide), AZO(Aluminum-doped Zinc Oxide), IZO(Indium-doped Zinc Oxide), MoO_3, WO_X, CNT(Carbon Nano Tube), Au, Ag, Cu, Si, GaN, ZnO, SiO_2 및 TiO_2 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 전극물질을 포함하는 금속전극이며, 상기 제 2 전극층(220)은 ITO(indium-tinoxide) 또는 FTO(fluorine-doped tin oxide) 등으로 구현되는 투명전극일 수 있다.

[0038] 광흡수층(320)은 단일층 또는 다층 구조의 박막형 광활성 소재층이며, 구체적으로, CIGS(copper indium gallium selenide)층, CdTe(cadmium telluride)층, GaAs(gallium arsenide)와 같은 III-V족 원소 복합소재층, 광활성 유기층 및 페로브스카이트층 중 선택되는 어느 하나의 층 및 이들의 조합을 포함한다.

[0039] 더하여, 본 발명에 있어서 상기 박막 태양전지의 광흡수층(320)은 페로브스카이트층인 것이 바람직하며, 상기 광흡수층(320)의 상면과 하면에 각각 정공수송층(310)과 전자수송층(210)이 배치될 수 있다. 이 때, 광흡수층(320)과 정공수송층(310) 및 전자수송층(210)의 두께는 마이크로미터 또는 나노미터 스케일로 형성될 수 있다.

[0040] 기판(230)은 금속, 고분자 등 박막 태양전지 구조를 지지할 수 있는 물성을 갖는 소재이면 제한되지 않고 사용할 수 있으며, 태양광이 투과할 수 있도록 투명한 재질로 형성되는 것이 바람직하다.

[0041] 구체적으로, 기판(230)은 용도에 따라 유리, 실리콘, 플라스틱, 종이, 세라믹 등의 다양한 소재를 사용할 수 있으며 본 발명에서는 유리 기판으로 구현하였다.

[0042] 또한, 상기 박막 태양전지에서 기판(230)을 제외한 태양전지의 두께는 10 ㎛ 이하일 수 있다.

[0043] 도 1b) 및 1c)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 제 1 전극층(100), 하단층(200), 상단층(300) 및 베리어층(400)으로 구성된다.

[0044] 앞서 설명한 바와 같이, 하단층(200)은 전자수송층(210), 제 2 전극층(220) 및 기판(230)으로 이루어져 있으며, 상단층(300)은 정공수송층(310) 및 광흡수층(320)으로 이루어져 있다.

[0045] 먼저, 제 1 전극층(100)은 기판 상부에 복수개가 기판 상에서 서로 이격되어 기 설정된 패턴을 가지도록 배치된다.

[0046] 이 때, 상기 제 1 전극층(100)은 mask 형성, 식각, mask 제거와 같은 일반적인 습식식각 및 건식식각 공정을 통해 패턴화될 수 있다.

[0047] 또한, 상기 제 1 전극층(100)은 FTO(Fluorine-doped Tin Oxide), ITO(Indium TiN Oxide), AZO(Aluminum-doped Zinc Oxide), IZO(Indium-doped Zinc Oxide), MoO_3, WO_X, CNT(Carbon Nano Tube), Au, Ag, Cu, Si, GaN, ZnO, SiO_2 및 TiO_2 로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 전극물질을 포함할 수 있다.

[0048] 더하여, 다른 실시예에 있어서, 상기 전극물질은, 폭보다 길이가 더 긴 나노 사이즈의 마이크로 로드, 나노 로드, 마이크로 와이어 및 나노 와이어로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 구조를 가질 수 있다.

[0049] 더하여, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 기 설정된 패턴은 제 1 내지 제 5 패턴으로 구분될 수 있으며, 도 4a) 내지 도 4e)에 제 1 패턴, 제 2 패턴, 제 3 패턴, 제 4 패턴 및 제 5 패턴을 각각 도시하였다.

[0050] 구체적으로, 상기 기 설정된 패턴은 복수개의 폭보다 길이가 더 긴 제 1 전극층(100)이 상호 일정한 거리를 가지도록 배열되는 구조인 제 1 패턴과 상기 베리어층(400) 상부에 메쉬 네트워크 형태를 가지도록 제 1 전극층(100)이 배열되는 구조인 제 2 패턴과 상기 제 1 전극층(100)과 상기 베리어층(400)이 상호 교차하여 격자무늬를 이루면서 배열되는 구조인 제 3 패턴으로 구분될 수 있다.

[0051] 더하여, 상기 기 설정된 패턴은 복수개의 폭보다 길이가 더 길고 곡선형인 제 1 전극층(100)이 무질서하게 배열되는 구조인 제 4 패턴과 복수개의 폭보다 길이가 더 길고 직선형인 제 1 전극층(100)이 무질서하게 배열되는 구조를 더 포함할 수 있다.

[0052] 다음으로, 하단층(200)은 상기 제 1 전극층(100) 하부에 배치된다.

[0053] 또한, 상기 하단층(200)은 전자수송층(210), 제 2 전극층(220) 및 기판(230)으로 구성되되, 상기 전자수송층(210)은 광흡수층(320)에서 생성된 전자를 수집하여 제 2 전극층(220)으로 이동시키기 위한 층으로서, PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester), TiO_2, SnO_2 및 ZnO 중 선택되는 어느 하나의 물질로 구현될 수 있으며, 상기 기판(230)은 유리 기판으로 구현된다.

[0054] 본 발명에 있어서 상기 하단층(200)은 TiO_2로 구현되는 것이 바람직하다.

[0055] 다음으로, 상단층(300)은 상기 제 1 전극층(100)과 상기 하단층(200) 사이에 배치되되, 상기 제 1 전극층(100)을 마스크로 활용하여 건식식각 공정을 통해 상기 하단층(200)의 상면에 형성된다.

[0056] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 상단층(300)의 건식식각 공정은 물리적 또는 화학적 식각 방식으로 진행될 수 있으며, 대표적으로 플라즈마, 이온 및 RIE(reactive ion etching)를 사용할 수 있다.

[0057] 본 발명의 일 실시예에서는 O_2 플라즈마를 사용한 건식식각 공정 시, 상기 하단층(200)과 지면이 평행하도록 유지하여 상기 상단층(300)이 상기 하단층(200)과 수직하게 형성되도록 한다.

[0058] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에서는 O_2 플라즈마를 사용한 건식식각 공정 시, 상기 하단층(200)과 지면이 이루는 각을 조절하여 상기 상단층(300)이 기울어진 경사면을 가지도록 형성될 수 있으며, 상기 기울어진 경사면의 각도는 -90° 보다 크고 90° 보다 작다.

[0059] 더하여, 본 발명에서 상기한 O_2 플라즈마를 사용한 건식식각 공정은 일반적인 mask 형성, 식각, 마스크 제거와 같은 과정을 통해 진행되는 것이 아니며, 상기 제 1 전극층(100)이 mask의 역할과 전극의 역할을 동시에 수행할 수 있으므로 mask 형성 및 제거 공정이 필요치 않아 전체적인 식각공정을 간소화할 수 있다.

[0060] 또한, 상기 상단층(300)은 정공수송층(310) 및 광흡수층(320)으로 구성되되, 상기 정공수송층(310)은 광흡수층(320)에서 생성된 정공을 수집하여 제 1 전극층(100)으로 이동시키기 위한 층으로서, spiro-OMeTAD, P3HT 및 PTAA 중 선택되는 어느 하나의 물질로 구현하였다.

[0061] 본 발명에서는 상기 정공수송층(310)은 spiro-OMeTAD로 구현하는 것이 바람직하다.

[0062] 더하여, 광흡수층(320)으로 사용하는 페로브스카이트 물질은 분자구조가 ABX_3 형태이며, 본 발명에서 A는 메틸암모늄($CH_3NH_3^+$), 포름아미디늄($NH_2CHNH_2^+$) 또는 세슘(Cs)을 사용할 수 있고, B는 납(Pb) 또는 주석(Sn)을 사용할 수 있으며, X로는 할로겐 물질 - 브롬(Br), 요오드(I) 또는 염소(Cl) 등을 사용할 수 있다.

[0063] 구체적으로, 본 발명의 광흡수층(320)은 납(Pb)과 주석(Sn) 및 요오드(I)와 브롬(Br)과 염소(Cl)가 조합된 화학식 1에 기초하여 표시될 수 있다.

[0064] [화학식 1]

[0065] ABX_3

[0066] 여기서, 상기 A는 유기양이온 및 금속양이온이고, 상기 B는 납(Pb), 주석(Sn) 또는 이들의 조합인 금속원소이고, 상기 X는 요오드(I), 브롬(Br), 염소(Cl) 또는 이들의 조합인 할로겐원소이다.

[0067] 더하여, 상기 광흡수층(320)은 제 1 전극층(100) 및 제 2 전극층(220)의 사이에 형성되어 투과된 태양광을 흡수하여 전기에너지로 변환하는 층으로서, 페로브스카이트로 구성된 박막층으로 구현될 수 있다. 또한, 상기 광흡수층(320)은 투과된 태양광을 흡수하여 생성된 전하를 정공 및 전자로 분리시켜 전류를 만들어내는 광전변환층으로 기능할 수 있다.

[0068] 다음으로, 베리어층(400)은 상기 하단층(200)의 상면 중 상기 상단층(300)이 형성된 영역을 제외한 영역에 배치될 수 있다.

[0069] 구체적으로, 상기 베리어층(400)은 상기 상단층(200)의 건식식각 공정 시 형성되는 것이며, 상기 광흡수층(320)의 분해 생성물인 PbI_2, PbO_X, $PbBr_2$, SnI_2 및 $SnBr_2$ 중 어느 하나 이상의 무기물을 포함할 수 있다. 더하여, 상기 베리어층(400)은 상기 광흡수층(320)의 조성에 따라 포함되는 무기물의 종류, 무기물의 양이 달라질 수 있다.

[0070] 더 구체적으로, 상기 베리어층(400)은 상기 광흡수층(300)의 조성 중 I와 Br의 혼합비(I/Br)에 따라 발현되는 색이 제어될 수 있으며, 상기 혼합비가 증가할수록 노란색을 띄고, 상기 혼합비가 감소할수록 무색을 띌 수 있다.

[0071] 또한, 상기 베리어층(400)은 상기 정공수송층(310)과 상기 전자수송층(210) 간의 접촉으로 인한 션트 경로(shunt path) 형성을 방지하여 누설전류를 억제한다.

[0072] 이로써, 본 발명의 상기 베리어층(400)은 별도의 베리어 형성을 위한 공정을 통해 진행되는 것이 아니며, 상기 상단층(300)의 건식식각 공정 시 상단층(300)의 식각과 동시에 형성되는 것이므로 전체적인 태양전지 제조 공정을 간소화할 수 있는 효과가 있다.

[0073] 또한, 본 발명의 상기 베리어층(400)은 그 발현되는 색의 제어가 가능하므로, 다양한 산업분야에서 요구하는 색으로 구현이 가능한 효과를 가질 수 있다.

[0074] 다음으로, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 구조를 도 1d)와 도 3을 참조하여 설명한다.

[0075] 먼저, 도 1d)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 상기 상단층(300)과 상기 베리어층(400)을 외부환경으로부터 보호하고, 누설전류를 차단하는 패시베이션층(500)을 더 포함할 수 있다.

[0076] 상기 패시베이션층(500)은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지를 복수개로 구성하여 하나의 태양전지 모듈로 모듈화하여 산업현장에 적용하기 위해 형성된다.

[0077] 또한, 상기 패시베이션층(500)은 polydimethysiloxane(PDMS), polyimide(PI) 등의 광투과성이 높은 고분자 계열 물질을 포함할 수 있다.

[0078] 더하여, 도 3을 참조하면, 상기 패시베이션층(500)은 복수개의 광산란입자(700)를 더 포함한다.

[0079] 구체적으로, 상기 패시베이션층(500)은 고분자 수지를 기반으로 수지몰딩 공정을 통해 형성될 수 있으며, 상기 수지몰딩 공정 시 복수개의 광산란입자(700)가 첨가될 수 있다.

[0080] 이러한, 복수개의 광산란입자(700)는 광흡수층(320)으로 태양광의 전달을 원활하게 할 수 있으며, 구체적으로 통상의 태양광을 직접 흡수한 후 재방출하거나, 태양광을 상기 광흡수층(320)이 배치된 방향으로 반사시킬 수 있다.

[0081] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지에서 상기 기판(200)의 하측 외측면에는 LED 발광체(600)가 배치될 수 있다.

[0082] 상기 LED 발광체(600)는 단위 소자 또는 패널의 형태를 가진 디스플레이 소자일 수 있으며, 제 1 전극층(100)의 패턴에 따라 그 위치와 형태를 조절할 수 있다.

[0083] 이에 따라, LED 발광체(600)는 박막 태양전지 하측에 결합하여도 디스플레이의 시인성을 방해하거나 왜곡하지 않는다.

[0084] 이로써, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지는 복수개로 상호 연결되어 모듈 또는 어레이 형태로 전체적인 크기를 확장할 수 있으며, 유리와 같은 투명 지지체를 쉽게 접목할 수 있는 장점이 있다.

[0085] 이하, 첨부된 도면 5를 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지 제조방법을 설명하고자 한다.

[0086] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법을 나타낸 흐름도이다.

[0087] 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법은 제 1 전극층, 정공수송층 및 광흡수층으로 이루어진 상단층 및 전자수송층, 제 2 전극층 및 기판으로 이루어진 하단층을 포함하는 박막 태양전지를 준비하는 준비단계(S100), 상기 제 1 전극층이 복수개로 서로 이격되어 기 설정된 패턴을 가지도록 식각하는 제 1 식각단계(S200) 및 식각된 제 1 전극층을 마스크로 활용하여 상기 상단층의 소정 영역을 제거하고, 제거된 소정 영역과 대응되는 하단층의 상면에 베리어층이 형성되도록 건식식각하는 제 2 식각단계(S300)를 포함한다.

[0088] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법은 식각된 상단층과 상기 베리어층을 외부환경으로부터 보호하고, 누설전류를 차단하는 패시베이션층을 형성하는 모듈화 단계(S400)를 더 포함할 수 있다.

[0089] 더하여, 상기 제 2 식각단계(S200)는 상기 건식식각 공정 시 상기 하단층과 지면이 이루는 각을 조절하여 식각된 상단층이 기울어진 경사면을 가지도록 하는 단계를 더 포함한다.

[0090] 더하여, 상기 모듈화 단계(S400)는 상기 패시베이션층에 복수개의 광산란입자를 첨가하는 단계와 상기 기판의 하측 외측면에 LED 발광체를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0092] **<실시예 1> 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조**

[0093] S100단계: 유리기판, ITO 전극층, TiO_2층, 페로브스카이트층, spiro-OMeTAD층 및 Au 전극층이 순차적으로 적층된 박막 태양전지를 준비한다.

[0094] S200단계: 복수개의 Au 전극층이 폭보다 길이가 더 긴 형태로 상호 일정한 거리를 가지면서 배열될 수 있도록 O_2 플라즈마를 사용하여 식각한다.

[0095] S300단계: 식각된 Au 전극층을 마스크로 활용하여 상기 spiro-OMeTAD층과 상기 페로브스카이트층의 소정 영역을 제거하고, 제거된 소정 영역과 대응되는 TiO_2층의 상면에 베리어층이 형성되도록 O_2 플라즈마를 사용하여 식각한다.

[0097] **<비교예 1> 박막 태양전지의 제조**

[0098] 상기 실시예 1에서 S200단계 및 S300단계를 제외하고는 모든 공정을 동일하게 수행하였다.

[0100] **<실험예 1> 박막 태양전지의 거시적 물성 평가**

[0101] 본 발명의 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법에 따라 제조된 박막 태양전지의 거시적 물성을 확인하기 위하여, 상기 실시예 1 및 비교예 1을 통해 제조된 박막 태양전지를 촬영하고, 이를 도 6에 나타내었다.

[0102] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 박막 태양전지를 나타낸 사진이다.

[0103] 도 6을 참조하면, 도 6a)는 비교예 1의 사진이며, 도 6b)는 실시예 1의 사진이다. 실시예 1은 박막형 태양전지의 일례인 페로브스카이트 박막 태양전지에 발명한 공정을 진행한 것이며, 비교예 1과 같이 Au 전극까지 증착이 완료된 박막 태양전지에 산소 플라즈마 처리를 사용하여 건식식각을 진행하여 제조되었다.

[0104] 도 6b)과 같이, Au 전극이 덮이지 않은 부분이 분해되면서 형성된 PbI_2를 포함하는 베리어층과 이를 통해 개선된 반투명 특성을 확인할 수 있다. 또한, 도 6b)의 베리어층은 광흡수층의 조성 중 I와 Br의 혼합비에서 I의 함량이 상대적으로 높아 노란색으로 관찰된다.

[0106] **<실험예 2> 박막 태양전지의 미세조직 평가**

[0107] 본 발명의 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법에 따라 제조된 박막 태양전지의 미세조직 평가를 비교하기 위하여, 실시예 1과 비교예 1을 통해 박막 태양전지의 표면 및 단면 미세조직을 확인하였고, 이를 도 7에 나타내었다.

[0108] 도 7은 본 발명의 실시예 1과 비교예 1의 표면 및 단면을 나타낸 SEM 이미지이고, 도 7a)는 비교예 1에 따라 제조된 박막 태양전지의 표면 및 단면이고, 도 7b)는 실시예 1에 따라 제조된 박막 태양전지의 표면 및 단면이고, 도 7c)는 실시예 1에 따라 제조된 박막 태양전지의 비식각처리 영역 단면이다.

[0109] 도 7a)에 도시된 바와 같이, 비교예 1은 유리기판 상에 ITO 전극층, TiO_2층, 페로브스카이트층, spiro-OMeTAD층 및 Au 전극층이 순차적으로 적층된 구조를 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0110] 또한, 비교예 1의 표면은 SEM 이미지 특성 상 전도성을 가진 물질이 밝게 표현되는 것을 고려하였을 때, 적층된 Au 전극층으로 인해 밝게 표시된 것을 확인할 수 있다.

[0111] 도 7b) 및 도 7c)를 참조하면, 실시예 1의 SEM 이미지는 A-A' 선을 기준으로 O_2 플라즈마를 사용하여 식각된 영역인 식각처리 영역과 Au 전극층으로 인해 식각되지 않은 영역은 비식각처리 영역으로 구분되는 것을 확인하였다. 구체적으로, 상기 비식각처리 영역은 표면이 전도성을 가지는 Au 전극층으로 이루어져 있으므로 밝게 나타나고, 상기 식각처리 영역은 전도성을 가지는 spiro-OMeTAD층 및 페로브스카이트층이 제거되는 동시에 전도성을 가지지 않는 베리어층이 형성되면서 어둡게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0113] **<실험예 3> 박막 태양전지의 투과도 평가**

[0114] 본 발명의 실시예에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지의 제조방법에 따라 제조된 박막 태양전지의 투과도 평가를 비교하기 위하여, 실시예 1과 비교예 1을 통해 박막 태양전지의 투과도를 테스트하고 그 결과를 도 8에 도시하였다.

[0115] 도 8은 본 발명의 실시예 1과 비교예 1의 투과도 차이를 나타낸 그래프이다.

[0116] 도 8을 참조하면, 가시광선 파장대인 400~700 nm 에서 실시예 1과 비교예 1의 의미있는 투과도 차이를 확인할 수 있다. 구체적으로, 가시광선 파장대에서는 실시예 1의 투과도가 비교예 1의 보다 평균적으로 2~3배 높게 측정되었으며, 이러한 결과로부터 O_2 플라즈마를 사용한 식각처리를 통해 페로브스카이트층의 일부 영역을 제거함으로써, 광흡수층 면적의 선택이 자유롭고, 발전효율과 투과성을 동시에 확보할 수 있음을 알 수 있다.

[0117] 이상 본 발명의 실시예들에 따른 투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법을 구체적인 실시 형태로서 설명하였으나, 이는 예시에 불과한 것으로서, 본 발명은 이에 한정되지 않는 것이며, 본 명세서에 개시된 기초 사상에 따르는 최광의 범위를 갖는 것으로 해석되어야 한다. 당업자는 개시된 실시형태들을 조합, 치환하여 적시되지 않은 형상의 패턴을 실시할 수 있으나, 이 역시 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 것이다. 이외에도 당업자는 본 명세서에 기초하여 개시된 실시형태를 용이하게 변경 또는 변형할 수 있으며, 이러한 변경 또는 변형도 본 발명의 권리범위에 속함은 명백하다.

부호의 설명

[0118] 100: 제 1 전극층

200: 하단층

300: 상단층

400: 베리어층

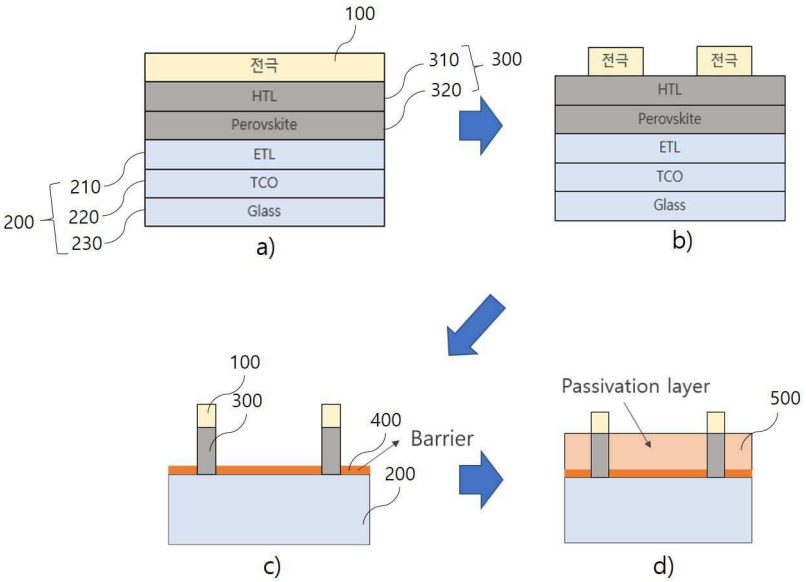
500: 패시베이션층

600: LED 발광체

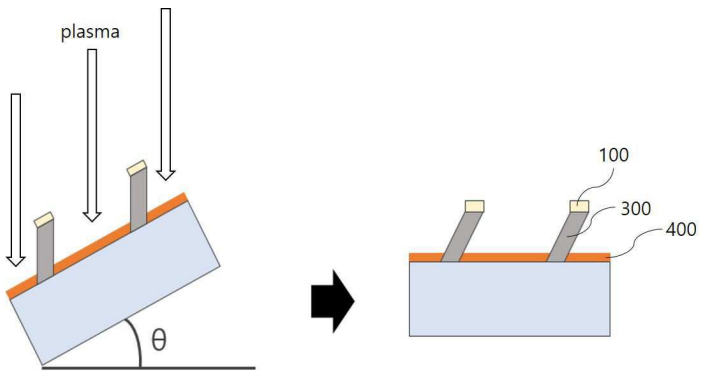
700: 광산란입자

도면

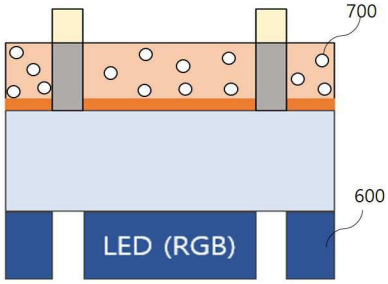
도면1



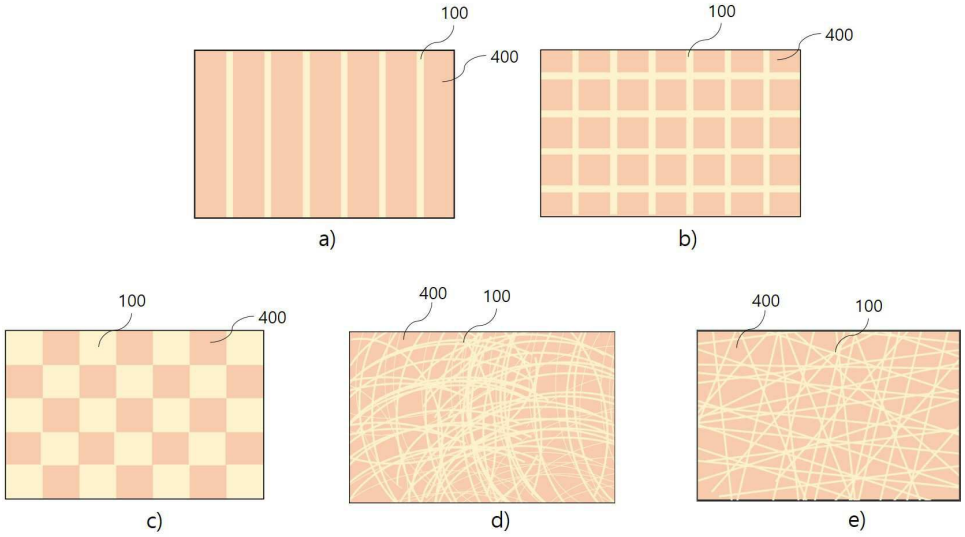
도면2



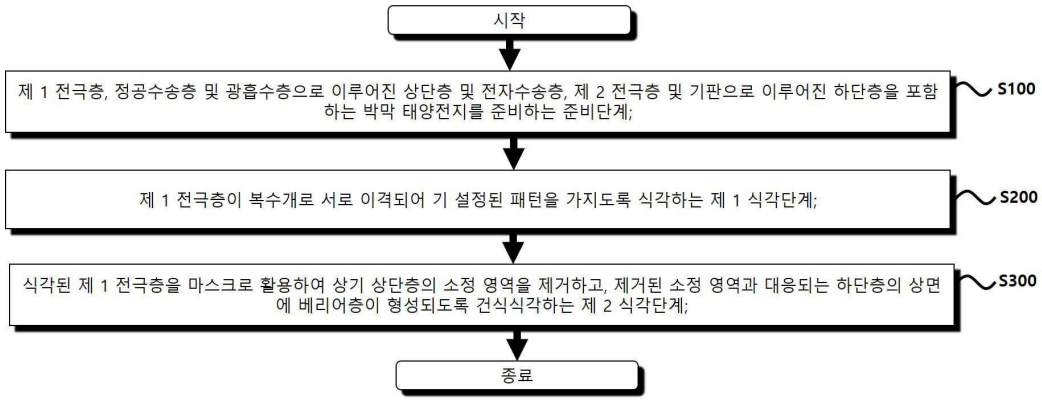
도면3



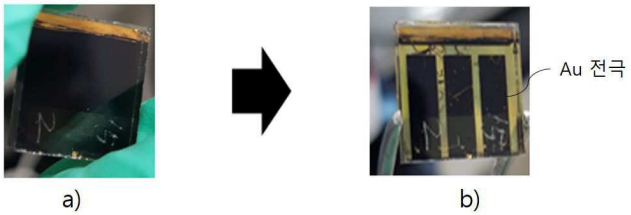
도면4



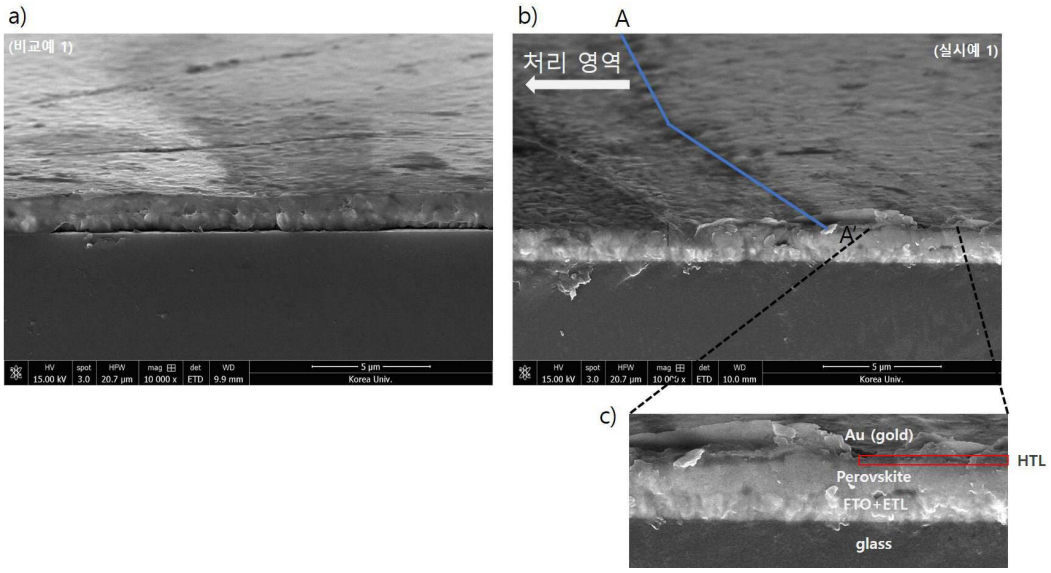
도면5



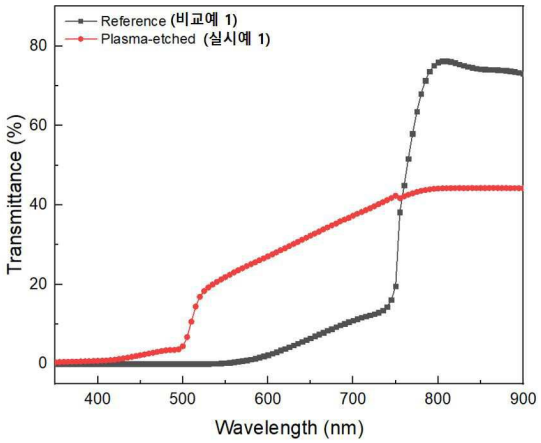
도면6



도면7


a)
(비교예 1)
b)
A
처리 영역
(실시예 1)
A'
c)
Au (gold)
HTL
Perovskite
FTO+ETL
glass

도면8


Reference (비교예 1)
Plasma-etched (실시예 1)
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
0
20
40
60
80
400
500
600
700
800
900