

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(10) 국제공개번호

WO 2023/200070 A1

2023년 10월 19일 (19.10.2023) WIPO | PCT

(51) 국제특허분류:

H10K 30/00 (2023.01) H10K 30/80 (2023.01)  
H01L 31/0392 (2006.01) H01L 31/0224 (2006.01)  
H01L 31/0725 (2012.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2022/020941

(22) 국제출원일: 2022년 12월 21일 (21.12.2022)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:  
10-2022-0045284 2022년 4월 12일 (12.04.2022) KR

(71) 출원인: 서울대학교산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 08826 서울특별시 관악구 관악로 1, Seoul (KR). 숙명여자대학교산학협력단 (SOOKMYUNG WOMEN'S UNIVERSITY RESEARCH & BUSINESS DEVELOPMENT FOUNDATION) [KR/KR]; 04310 서울특별시 용산구 청파로47길 100, Seoul (KR).

(72) 발명자: 김진영 (KIM, Jin Young); 06288 서울특별시 강남구 삼성로 150, Seoul (KR). 박익재 (PARK, Ik Jae); 07028 서울특별시 동작구 사당로2가길 102, Seoul (KR). 황선경 (HWANG, Sun Kyung); 08832 서울특별시 관악구 죽고개로22길 39, Seoul (KR). 박재현 (PARK, Jae

Hyun); 08787 서울특별시 관악구 남부순환로220길 35, Seoul (KR). 박소정 (PARK, So Jeong); 08826 서울특별시 관악구 관악로 1, Seoul (KR). 서세원 (SEO, Se Won); 13319 경기도 성남시 수정구 수정로74번길 22, Gyeonggi-do (KR). 송정은 (SONG, Jeong Eun); 08815 서울특별시 관악구 신림로7가길 13-42, Seoul (KR).

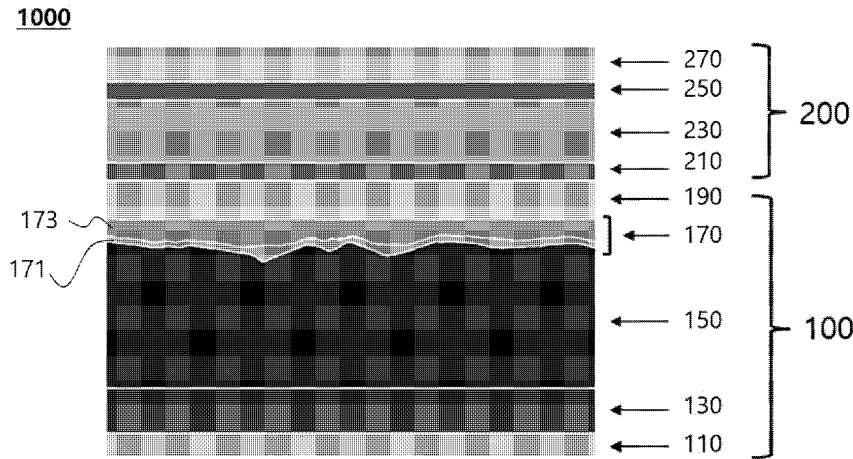
(74) 대리인: 특허법인 퍼씨알 (PCR INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06158 서울특별시 강남구 테헤란로 441, 10층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: TANDEM SOLAR CELL AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭: 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법



(57) Abstract: The present invention relates to a tandem solar cell and a method for manufacturing same and, specifically, to a tandem solar cell and a method for manufacturing same, which can prevent a short-circuit of an integrated tandem solar cell by selecting the materials of a first buffer layer and a second buffer layer and successively laminating the first buffer layer and the second buffer layer to form a double buffer layer, thereby reducing the surface roughness of a first solar cell.

(57) 요약서: 본 발명은 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 구체적으로 제1 완충층과 제2 완충층의 재질을 선택하고 상기 제1 완충층과 상기 제2 완충층을 순차적으로 적층하여 이중완충층을 구성하고 이를 통해 제1 태양전지의 표면 거칠기를 감소시켜 일체형 탠덤 태양전지의 쇼트를 방지할 수 있는 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

WO 2023/200070 A1

TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

규칙 4.17에 의한 선언서:

- 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법

#### 기술분야

- [1] 본 명세서는 2022년 04월 12일에 한국특허청에 제출된 한국 특허 출원 제10-2022-0045284호의 출원일의 이익을 주장하며, 그 내용 전부는 본 발명에 포함된다.
- [2] 본 발명은 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 구체적으로 제1 완충층과 제2 완충층의 재질을 선택하고 상기 제1 완충층과 상기 제2 완충층을 순차적으로 적층하여 이중완충층을 구성하고 이를 통해 제1 태양전지의 표면 거칠기를 감소시켜 일체형 탠덤 태양전지의 쇼트를 방지할 수 있는 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [3] 파리 기후협정을 통한 신기후체제의 출범에 따라, 한국 정부는 '30년 온실가스 배출전망치(BAU, Business as usual) 8.5억 톤 대비 37% 감축을 목표로 하고 있는 상태에서 태양전지 기술은 파리 기후협정과 녹색성장 국가 전략을 기반으로 경제적 가치 창출이 될 것으로 전망되고 있다. 태양광 발전 시장은 기후변화 문제의 심각성, 환경오염 관련 관심 증가, 에너지 수요 증가 등의 요인으로 인해 지난 몇 년 동안 두드러진 성장을 이어가고 있다. 현재 태양전지 시장의 큰 비중을 차지하고 있는 실리콘 태양전지는 광전환 효율이 높으나, 비교적 낮은 광흡수계수, 값비싼 웨이퍼 가격, 복잡한 제조 공정, 고온의 열처리 과정이 있어야 하는 단점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 광 흡수계수가 높아 적은 양으로도 충분히 빛을 흡수하여 사용할 수 있는 박막 태양전지가 주목을 받고 있고, 더불어 박막 태양전지를 조합으로 하는 탠덤 태양전지의 고효율화 달성을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.
- [4] 탠덤 태양전지는 단파장의 빛을 흡수하는 큰 밴드 갭의 상부셀과 장파장의 빛을 흡수하는 작은 밴드갭의 하부셀로 구성된다. 탠덤 태양전지는 하부셀의 밴드갭이 1.1 eV일 때 상부셀이 1.6 eV 또는 1.7 eV 근처 조합에서 고효율을 나타낸다. 칼코제나이드계 박막 태양전지가 1.1 eV의 밴드갭 근처에서 우수한 소자 특성을 나타내기 때문에 탠덤 태양전지의 하부셀로 사용되며, 페로브스카이트계 태양전지는 밴드갭 조절이 가능하고 높은 효율을 나타내 탠덤 태양전지의 상부셀로 사용된다. 칼코제나이드-페로브스카이트 탠덤 태양전지는 저비용의 물질로 구성 및 저가의 공정 이용을 통해 종래의 태양전지보다 가격 측면에서 유리하고 낮은 환경적 위험 요소를 가지며 유연 기판에도 제작이 가능하다.
- [5] 도 1의 (a)는 종래기술에 따른 제1 태양전지의 완충층의 표면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다.

- [6] 도 1의 (b)는 종래기술에 따른 제1 태양전지의 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다.
- [7] 도 1의 (a) 및 (b)를 참고하면, 칼코제나이드계 태양전지를 하부셀로 이용하는데 있어서 거칠기 문제가 심각하여 상부셀 박막 제작의 어려움과 쇼트 유발로 인해, 소자 구현의 한계가 있는 문제가 발생되어 왔다. 구체적으로, 칼코제나이드계 박막 자체의 거칠기와 더불어 버퍼층으로 이용되는 CdS의 비균질적인 (inhomogeneous) 핵생성으로 인한 조대 CdS 입자로 인해 상부셀이 원활히 증착되지 않는 문제가 존재하였다.
- [8] 따라서, 탠덤 태양전지에 있어서 하부셀의 거칠기를 제어할 수 있는 기술에 대한 개발이 시급한 실정이다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [9] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 칼코제나이드계 광흡수층 상에 완충층을 적층하는 경우 핵생성 장소가 적어 소수의 입자가 조대화되는 것으로 인하여 완충층의 거칠기가 큰 문제를 해결하기 위한 탠덤 태양전지 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [10] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 하기의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제 해결 수단

- [11] 본 발명의 일 실시상태는 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 포함하는 제1 태양전지(100); 및 상기 제1 태양전지(100) 상에 배치되며, 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 포함하는 제2 태양전지(200);를 포함하며, 상기 제1 태양전지(100)에 이중완충층(170)을 포함하는 것이고, 상기 이중완충층(170)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과 CdS, ZnSnO, ZnO, ZnSe, SnS<sub>2</sub>, Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S (단, x는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지(1000)를 제공한다.
- [12] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 태양전지는 기판층(110), 하부전극층(130), 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150), 상기 이중완충층(170) 및 제1 투명전극층(190)이 순차적으로 구비된 것일 수 있다.
- [13] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 태양전지는 정공전달층(210), 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230), 전자전달층(250) 및 제2 투명전극층(270)이 순차적으로 구비된 것일 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)은 CIGS(copper indium gallium selenide), CIS(copper indium selenide), CGS(copper gallium selenide), CZTS(copper zinc tin sulfide), CZTSe(copper zinc tin selenide), CZTSSe(copper zinc tin sulfur selenide) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터

선택된 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [15] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)의 평균 두께 범위가  $0.5 \mu\text{m}$  이상  $3 \mu\text{m}$  이하인 것일 수 있다.
- [16] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층은 하기 화학식 1의 유무기 복합 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물을 포함하는 것일 수 있다.
- [17] [화학식 1]
- [18]  $\text{ABX}_3$
- [19] 상기 A는  $\text{CH}_3\text{NH}_3$ ,  $\text{HC}(\text{NH}_2)_2$ , Cs, Rb 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이며, 상기 B는 Pb, Sn 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이고, 상기 X는 Cl, Br, I 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이다.
- [20] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 화학식 1에서 상기 A는 하기의 화학식 2로 표시되는 것이고, 상기 B는 하기의 화학식 3으로 표시되는 것이며, 상기  $\text{X}_3$ 은 하기의 화학식 4로 표시되는 것일 수 있다.
- [21] [화학식 2]
- [22]  $[\text{CH}_3\text{NH}_3]_{1-a-b-c}[\text{HC}(\text{NH}_2)_2]_a\text{Cs}_b\text{Rb}_c$
- [23] [화학식 3]
- [24]  $\text{Pb}_{1-p}\text{Sn}_p$
- [25] [화학식 4]
- [26]  $\text{Cl}_{3-l-m}\text{Br}_l\text{I}_m$
- [27] 상기 a는  $0 \leq a \leq 1$  이고, 상기 b는  $0 \leq b \leq 1$  이며, 상기 c는  $0 \leq c \leq 1$  이고, 상기 p는  $0 \leq p \leq 1$  이며, 상기 l은  $0 \leq l \leq 3$  이고, 상기 m은  $0 \leq m \leq 3$  이다.
- [28] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)의 평균 두께 범위가 150 nm 이상 1,000 nm 이하인 것일 수 있다.
- [29] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층(171)의 평균 두께 범위가 1 nm 이상 50 nm 이하인 것일 수 있다.
- [30] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층(171)의 평균 표면 거칠기가 2 nm 이상 30 nm 이하인 것일 수 있다.
- [31] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 완충층(173)의 평균 두께 범위가 1 nm 이상 150 nm 이하인 것일 수 있다.
- [32] 본 발명의 일 실시상태는 기판층(110)을 구비하는 기판층 구비 단계(S110); 상기 기판층(110) 상에 하부전극층(130)을 구비하는 하부전극층 구비 단계(S130); 상기 하부전극층(130) 상에 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계(S150); 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 이중완충층(170)을 구비하는 이중완충층 구비 단계(S170); 상기 이중완충층(170) 상에 제1 투명전극층(190)을 구비하는 것인 제1 투명전극층 구비 단계(S190); 및 상기 제1 투명전극층(190) 상에 제2

태양전지(200)를 구비하는 제2 태양전지 구비 단계(S200)를 포함하는 것이며, 상기 이중완충층(170)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지(1000)의 제조방법을 제공한다.

- [33] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층을 구비하는 단계(S170)는, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 인듐 전구체를 포함하는 제1 혼합물을 증착하여 상기 제1 완충층(171)을 구비하는 제1 완충층 구비 단계(S171); 및 상기 제1 완충층(171) 상에 카드뮴 전구체를 포함하는 제2 혼합물을 포함하는 제2 혼합물을 증착하여 상기 제2 완충층(173)을 구비하는 제2 완충층 구비 단계(S173);를 포함하는 것일 수 있다.
- [34] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층 구비 단계(S171) 및 상기 제2 완충층 구비 단계(S173) 각각은 화학용액증착법으로 증착시키는 것일 수 있다.
- [35] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 태양전지 구비 단계(S200)는 상기 제1 투명전극층(190) 상에 정공전달층(210)을 구비하는 정공전달층 구비 단계(S210); 상기 정공전달층(210) 상에 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 구비하는 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계(S230); 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230) 상에 전자전달층(250)을 구비하는 전자전달층 구비 단계(S250); 및 상기 전자전달층(250) 상에 제2 투명전극층(270)을 구비하는 제2 투명전극층 구비 단계(S270)를 포함하는 것일 수 있다.

### 발명의 효과

- [36] 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지는 이중완충층 및 제1 태양전지의 러프니스(표면 거칠기)를 감소시켜 상부셀이 원활히 증착되도록 해 쇼트를 방지할 수 있다.
- [37] 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법은 비진공 공정에 기반하여 저렴하고 용이하게 이중완충층을 제조할 수 있다.
- [38] 본 발명의 효과는 상술한 효과로 한정되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 효과들은 본원 명세서 및 첨부된 도면으로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [39] 도 1의 (a)는 종래기술에 따른 제1 태양전지의 완충층의 표면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다.
- [40] 도 1의 (b)는 종래기술에 따른 제1 태양전지의 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다.
- [41] 도 2는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 개략도이다.
- [42] 도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법의 순서도이다.

- [43] 도 3의 (b)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 이중완충층의 제조방법의 순서도이다.
- [44] 도 4는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다.
- [45] 도 5의 (a)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법에서 칼코제나이드계 광흡수층을 구비한 이후 표면 촬영 및 거칠기 측정을 한 원자간력 현미경 이미지이다.
- [46] 도 5의 (b)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법에서 칼코제나이드계 광흡수층 상에 제1 완충층을 구비한 이후 표면 촬영 및 거칠기 측정을 한 원자간력 현미경 이미지이다.
- [47] 도 6은 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지에서 제1 태양전지를 투과전자현미경으로 확대 촬영한 사진이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [48] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 도면에 나타난 각 구성요소의 크기, 형태, 형상은 다양하게 변형될 수 있고, 명세서 전체에 대하여 동일/유사한 부분에 대해서는 동일/유사한 도면 부호를 붙였다.
- [49] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 “단계” 및 “과정” 등은 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략하였다.
- [50] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 “연결, 접속, 접촉, 결합, 또는 적층”되어 있다고 할 때, 이는 “직접적으로 연결, 접속, 접촉, 결합, 또는 적층”되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 “간접적으로 연결, 접속, 접촉, 결합, 또는 적층”되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함(구비 또는 마련)”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 “포함(구비 또는 마련)”할 수 있다는 것을 의미한다.
- [51] 또한, 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는

다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성 요소로부터 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.

[52] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[53] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부제가 다른 부제 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부제가 다른 부제에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부제 사이에 또 다른 부제가 존재하는 경우도 포함한다.

[54] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"는 "A 및 B, 또는 A 또는 B"를 의미한다.

[55]

[56] 이하, 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

[57] 본 발명의 일 실시상태는 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 포함하는 제1 태양전지(100); 및 상기 제1 태양전지(100) 상에 배치되며, 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 포함하는 제2 태양전지(200);를 포함하며, 상기 제1 태양전지(100)에 이중완충층(170)을 포함하는 것이고, 상기 이중완충층(170)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지(1000)를 제공한다.

[58] 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지는 상기 이중완충층(170) 및 제1 태양전지(100)의 러프니스(표면 거칠기)를 감소시켜 상부셀이 원활히 증착되도록 해 쇼트를 방지할 수 있다. 나아가, 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지는 상기 이중완충층(170)의 재질을 선택하고 상기 제1 완충층(171)과 상기 제2 완충층(173)을 순차적으로 구비하여, 상기 이중완충층(170) 및 제1 태양전지(100)의 표면 거칠기를 감소시키고 상부셀과 하부셀 간의 접합력 즉, 제1 태양전지 및 제2 태양전지의 접합력을 향상시킬 수 있다.

[59] 도 2는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 개략도이다. 상기 도 2를 참고하여 본 발명의 일 실시상태인 탠덤 태양전지를 구체적으로 설명한다.

[60] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 포함하는 제1 태양전지(100)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 제1 태양전지(100)는 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 포함함으로써, 1.1 eV의 밴드갭 근처에서 장파장의 빛을 흡수하는 소자 특성을 나타내어 탠덤 태양전지의 하부셀로 사용될 수 있다.

[61] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 태양전지(100) 상에 배치되며, 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 포함하는 제2 태양전지(200);를 포함한다.

상술한 것과 같이 상기 제2 태양전지(200)는 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 포함함으로써, 1.6 eV 또는 1.7 eV의 밴드갭 근처에서 단파장의 빛을 흡수하는 소자 특성을 나타내어 탠덤 태양전지의 상부셀로 사용될 수 있다.

[62] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 태양전지(100)에 이중완충층(170)을 포함하는 것이다. 상술한 것과 같이 상기 제1 태양전지(100)가 이중완충층(170)을 포함함으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 표면 거칠기를 감소시키고, 상부셀과 하부셀 간 즉, 제1 태양전지와 제2 태양전지 간의 접합력을 향상시킬 수 있다.

[63] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층(170)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된다.

[64] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층(170)은 상기 제1 완충층(171)과 상기 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된다. 상술한 것과 같이 상기 이중완충층(170)은 상기 제1 완충층(171)과 상기 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비됨으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 표면 거칠기를 감소시킬 수 있다.

[65] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층(171)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 제1 완충층의 재질을 선택함으로써, 상기 제1 태양전지의 표면 거칠기를 감소시킬 수 있다.

[66] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 완충층(173)은  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 제2 완충층의 재질을 선택함으로써, 밴드갭 및 격자상수 차이를 보완할 수 있다.

[67] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 태양전지는 기판층(110), 하부전극층(130), 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150), 상기 이중완충층(170) 및 제1 투명전극층(190)이 순차적으로 구비된 것일 수 있다. 상술한 것과 같이, 상기 제1 태양전지(100)가 기판층(110), 하부전극층(130), 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150), 상기 이중완충층(170) 및 제1 투명전극층(190)으로 순차적으로 구비됨으로써, 상기 탠덤 태양전지의 하부 전지로 사용될 수 있으며, 1.1 eV의 밴드갭 근처에서 장파장의 빛을 흡수하는 소자 특성을 구현할 수 있다.

[68] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 기판층(110)은 소다석회유리를 포함할 수 있다. 구체적으로 상기 기판층(110)은 소다석회유리 재질인 것을 사용할 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 기판층(110)이 소다석회유리를 포함함으로써, 태양전지의 기본적인 물성을 구현하고, 내구성을 향상시킬 수 있다.

[69] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)은 p형 반도체 재질일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 p형 반도체 재질로 선택함으로써, 탠덤 태양전지의 기본적인 물성을 구현하고,

내구성을 향상시킬 수 있다.

- [70] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190)은 n형 반도체 재질일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 제1 투명전극층(190)을 n형 반도체 재질로 선택함으로써, 태양광에 의해 생성된 전하의 추출을 향상하고 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [71] 본 명세서 전체에서, 상기 제1 투명전극층(190)은 상기 제2 태양전지(200)와 접합되는 층으로 다중접합 태양전지의 결합층 또는 터널 접합층을 의미하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 제1 투명전극층(190)이 상기 제2 태양전지(200)와 접합되는 층으로 다중접합 태양전지의 결합층 또는 터널 접합층을 의미함으로써, 텐덤 태양전지의 상부셀과 하부셀의 접합력을 향상시킬 수 있다.
- [72] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190)은 상기 제2 태양전지(200)를 물리적으로 접촉함과 동시에 전기적으로 연결시키는 층인 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 제1 투명전극층(190)이 상기 제2 태양전지(200)를 물리적으로 접촉함과 동시에 전기적으로 연결시킴으로써, 텐덤 태양전지의 상부셀과 하부셀의 접합력을 향상시킬 수 있다.
- [73] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190)의 재질은 intrinsic-ZnO(진성 산화아연, *i*-ZnO)을 포함하고, 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide: ITO), 인듐아연산화물(Indium Zinc Oxide: IZO), 아연주석산화물(Zinc Tin Oxide: ZTO), 알루미늄 도핑 산화아연(Al-doped ZnO: AZO), 붕소 도핑 산화아연(B-doped ZnO: BZO), 불소 도핑 산화주석(F-doped SnO: FTO) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 전도성 금속 산화물을 포함할 수 있다. 구체적으로 상기 제1 투명전극층(190)의 재질은 *i*-ZnO(진성 산화아연) 및 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide: ITO)인 것이 바람직하다. 상술한 것으로부터 상기 제1 투명전극층(190)의 재질을 선택함으로써, 투명도를 향상시킬 수 있고 광학 특성을 구현할 수 있다.
- [74] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190)은 intrinsic-ZnO(진성 산화아연, *i*-ZnO) 및 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide: ITO)이 순차적으로 적층되어 구비된 것일 수 있다. 구체적으로 intrinsic-ZnO(진성 산화아연)를 증착하고 상기 증착된 intrinsic-ZnO(진성 산화아연) 상에 ITO를 증착한 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 이중 구조의 제1 투명전극층(190)을 이용함으로써, 투명도를 향상시킬 수 있고 광학 특성을 구현할 수 있다.
- [75] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 태양전지(200)는 정공전달층(210), 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230), 전자전달층(250) 및 제2 투명전극층(270)이 순차적으로 구비된 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 제2 태양전지(200)가 정공전달층(210), 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230), 전자전달층(250) 및 제2 투명전극층(270)이 순차적으로 구비됨으로써, 상기 텐덤 태양전지의 상부 전지로 사용될 수 있으며, 1.6 또는 1.7 eV의 밴드갭 근처에서

단파장의 빛을 흡수하는 소자 특성을 구현할 수 있다.

- [76] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 정공전달층(210)은 전도성 고분자 계열의 층으로 구비될 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 정공전달층(210)은 전도성 고분자 계열의 층으로 구비됨으로써, 열 안정성 및 광자 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [77] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 정공전달층(210)은 폴리-[비스(4-페닐)(2,4,6-트리메틸페닐)아민] (PTAA) 외에도 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리-3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜-폴리스타이렌설포네이트(PEDOT:PSS), 스피로-미오타디(Spiro-MeOTAD), 폴리아닐린-캄포설포산(PANI-CSA), MeO-2PACz ([2-(3,6-dimethoxy-9H-carbazol-9-yl)ethyl]phosphonic acid), 2PACz ([2-(9H-carbazol-9-yl)ethyl]phosphonic acid), Me-4PACz ([4-(3,6-dimethyl-9H-carbazol-9-yl)butyl]phosphonic acid), P3HT (poly(3-hexylthiophene)) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함할 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 정공전달층(210)의 재질을 선택함으로써, 에너지 준위를 조절하고, 광자 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [78] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 전자전달층(250)은 C<sub>60</sub>(fullerene), TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, ZnO, NiO, 그래핀, PCBM([6,6]-Phenyl-C<sub>61</sub>-butyric Acid Methyl Ester) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함할 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 전자전달층(250)의 재질을 선택함으로써, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)의 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [79] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 투명전극층(270)은 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide: ITO), 인듐아연산화물(Indium Zinc Oxide: IZO), 아연주석산화물(Zinc Tin Oxide: ZTO), 알루미늄 도핑 산화아연(Al-doped ZnO: AZO), 붕소 도핑 산화아연(B-doped ZnO: BZO), 불소 도핑 산화주석(F-doped SnO: FTO) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 전도성 금속 산화물을 포함할 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 제2 투명전극층(270)의 재질을 선택함으로써, 투명도를 향상시킬 수 있고 광학 특성을 구현할 수 있다.
- [80] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)은 CIGS(copper indium gallium selenide), CIS(copper indium selenide), CGS(copper gallium selenide), CZTS(Copper zinc tin sulfide), CZTSe(Copper zinc tin selenide), CZTSSe(Copper zinc tin sulfur selenide) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)의 재질을 선택함으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.
- [81] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)의 평균 두께 범위는 0.5  $\mu\text{m}$  이상 3  $\mu\text{m}$  이하인 것일 수 있다. 상술한 범위에서 상기

칼코제나이드계 광흡수층(150)의 평균 두께 범위를 조절함으로써, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)의 강도를 확보하지 못하여 파손되는 것을 방지하며, 상기 제1 태양전지(100)의 박막화를 구현할 수 있다.

[82] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)은 유기 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물, 무기 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물, 하기 화학식 1의 유무기 복합 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[83] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층은 하기 화학식 1의 유무기 복합 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물을 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 유/무기 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[84] [화학식 1]

[85]  $ABX_3$

[86] 상기 A는  $CH_3NH_3$ ,  $HC(NH_2)_2$ , Cs, Rb 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이며, 상기 B는 Pb, Sn 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이고, 상기 X는 Cl, Br, I 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이다.

[87] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 화학식 1에서 상기 A는 하기의 화학식 2로 표시되는 것이고, 상기 B는 하기의 화학식 3으로 표시되는 것이며, 상기  $X_3$ 은 하기의 화학식 4로 표시되는 것일 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 유/무기 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

[88] [화학식 2]

[89]  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_aCs_bRb_c$

[90] [화학식 3]

[91]  $Pb_{1-p}Sn_p$

[92] [화학식 4]

[93]  $Cl_{3-l-m}Br_lI_m$

[94] 상기 a는  $0 \leq a \leq 1$  이고, 상기 b는  $0 \leq b \leq 1$  이며, 상기 c는  $0 \leq c \leq 1$  이고, 상기 p는  $0 \leq p \leq 1$  이며, 상기 l은  $0 \leq l \leq 3$  이고, 상기 m은  $0 \leq m \leq 3$  이다.

[95] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 유기 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물은  $CH_3NH_3^+$ ,  $CH_3NH_3PbI_3$ ,  $CH_3NH_3PbI_yBr_{3-y}$ ,  $CH_3NH_3PbI_yCl_{3-y}$ ,  $CH_3NH_3PbCl_yBr_{3-y}$ ,  $HC(NH_2)_2^+$ ,  $HC(NH_2)_2PbI_3$ ,  $HC(NH_2)_2PbI_yBr_{3-y}$ ,  $HC(NH_2)_2PbI_yCl_{3-y}$ ,  $HC(NH_2)_2PbCl_yBr_{3-y}$ ,  $(CH_3NH_3)_z(HC(NH_2)_2)_{1-z}PbI_yCl_{3-y}$ ,  $(CH_3NH_3)_z(HC(NH_2)_2)_{1-z}PbI_yBr_{3-y}$ ,  $(CH_3NH_3)_z(HC(NH_2)_2)_{1-z}PbCl_yBr_{3-y}$  (단,  $0 \leq y \leq 3$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진

군으로부터 선택된 것을 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 유기 할로겐화물 페로브스카이트계 화합물의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.

- [96] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 무기 할로겐화물 페로브스카이트계 화합물은  $Cs^+$ ,  $CsPbI_3$ ,  $CsPbI_yBr_{3-y}$ ,  $CsPbI_yCl_{3-y}$ ,  $CsPbCl_yBr_{3-y}$ ,  $Rb^+$ ,  $RbPbI_3$ ,  $RbPbI_yBr_{3-y}$ ,  $RbPbI_yCl_{3-y}$ ,  $RbPbCl_yBr_{3-y}$ ,  $Cs_zRb_{1-z}PbI_yCl_{3-y}$ ,  $Cs_zRb_{1-z}PbI_yBr_{3-y}$ ,  $Cs_zRb_{1-z}PbCl_yBr_{3-y}$  (단,  $0 \leq y \leq 3$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 무기 할로겐화물 페로브스카이트계 화합물의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.
- [97] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 유무기 복합 할로겐화물 페로브스카이트계 화합물은  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_a[Cs]_b[Rb]_cPbI_3$ ,  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_a[Cs]_b[Rb]_cPbI_yBr_{3-y}$ ,  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_a[Cs]_b[Rb]_cPbI_yCl_{3-y}$ ,  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_a[Cs]_b[Rb]_cPbCl_yBr_{3-y}$ ,  $[CH_3NH_3]_{1-a-b-c}[HC(NH_2)_2]_a[Cs]_b[Rb]_cPbI_yBr_zCl_{3-y-z}$  (단,  $0 \leq a \leq 1$ ,  $0 \leq b \leq 1$ ,  $0 \leq c \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 3$ ,  $0 \leq z \leq 3$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 유무기 복합 할로겐화물 페로브스카이트계 화합물의 재질을 선택함으로써, 상기 제2 태양전지(200)의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.
- [98] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)의 평균 두께 범위는 150 nm 이상 1,000 nm 이하인 것일 수 있다. 상술한 범위에서 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230)의 평균 두께 범위를 조절함으로써, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(150)의 강도를 확보하지 못하여 파손되는 것을 방지하며, 제2 태양전지의 소형화를 구현할 수 있다.
- [99] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층(171)의 평균 두께 범위는 1 nm 이상 50 nm 이하인 것일 수 있다. 상술한 범위에서 상기 제1 완충층(171)의 평균 두께 범위를 조절함으로써, 밴드갭 및 격자상수 차이를 보완하며, 상기 제1 태양전지(100)의 박막화를 구현할 수 있다.
- [100] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층(171)의 평균 표면 거칠기 범위는 2 nm 이상 30 nm 이하인 것일 수 있다. 상술한 범위에서 상기 제1 완충층(171)의 평균 표면 거칠기 범위를 조절함으로써, 상기 제2 완충층(173)에서 불균일한 핵생성 밀도로 인해 형성될 수 있는 조대 입자의 형성을 방지할 수 있으며 상기 제2 태양전지(200)의 증착을 용이하게 할 수 있다.
- [101] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 완충층(173)의 평균 두께 범위는 1 nm 이상 150 nm 이하인 것일 수 있다. 상술한 범위에서 상기 제2 완충층(173)의 평균 두께 범위를 조절함으로써, 탠덤 태양전지의 광학 특성 및 효율을 향상시킬 수 있다.
- [102] 본 발명의 일 실시상태는 기관층(110)을 구비하는 기관층 구비 단계(S110); 상기 기관층(110) 상에 하부전극층(130)을 구비하는 하부전극층 구비

단계(S130); 상기 하부전극층(130) 상에 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계(S150); 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 이중완충층(170)을 구비하는 이중완충층 구비 단계(S170); 상기 이중완충층(170) 상에 제1 투명전극층(190)을 구비하는 것인 제1 투명전극층 구비 단계(S190); 및 상기 제1 투명전극층(190) 상에 제2 태양전지(200)를 구비하는 제2 태양전지 구비 단계(S200)를 포함하는 것이며, 상기 이중완충층(170)은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지(1000)의 제조방법을 제공한다.

- [103] 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법은 비진공 공정에 기반하여 저렴하고 용이하게 이중완충층을 제조할 수 있다.
- [104] 도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법의 순서도이다. 도 3의 (b)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 이중완충층의 제조방법의 순서도이다.
- [105] 상기 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)를 참고하여 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법을 구체적으로 설명한다.
- [106] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 탠덤 태양전지의 제조방법은 기관층(110)을 구비하는 기관층 구비 단계(S110)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 기관층(110)을 구비하는 기관층 구비 단계(S110)를 포함함으로써, 상기 하부전극을 제조하기 위한 용액 등을 용이하게 도포할 수 있다.
- [107] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 기관층(110)을 세척하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 기관층(110)을 세척하는 단계를 더 포함함으로써, 오일과 먼지와 같은 불순물을 제거할 수 있다.
- [108] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 기관층(110)을 세척하는 단계는 아세톤, 에탄올, 증류수 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 하나로 세척되는 것일 수 있다. 상술한 것으로부터 상기 기관층(110)을 세척하는 단계에서 사용되는 물질을 선택함으로써, 오일과 먼지와 같은 불순물의 제거 효율을 향상시킬 수 있다.
- [109] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 기관층(110)을 세척하는 단계는 아세톤, 에탄올 및 증류수로 순차적으로 세척하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 기관층(110)을 세척하는 단계를 아세톤, 에탄올 및 증류수로 순차적으로 세척함으로써, 오일과 먼지와 같은 불순물의 제거 효율을 향상시킬 수 있다.
- [110] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 기관층(110) 상에 상기 하부전극층(130)을 구비하는 하부전극층 구비 단계(S130)를 포함한다. 구체적으로 상기 기관층(110) 상에 하부전극층(130)을 구비하는 하부전극층 구비 단계(S130)는 DC(Direct Current) 스퍼터링 방법이 이용되는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 기관층(110) 상에 상기 하부전극층(130)을 구비하는

하부전극층 구비 단계(S130)를 포함함으로써, 태양전지의 기본적인 물성을 구현하고, 내구성을 향상시킬 수 있다.

- [111] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 하부전극층(130) 상에 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계(S150)를 포함한다. 구체적으로 상기 하부전극층(130) 상에 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계(S150)는 삼전극 전기화학증착법과, 황화수소( $H_2S$ )와 셀레늄(Se) 분위기의 열처리 2단계 공정이 이용되는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 하부전극층(130) 상에 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150)을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계(S150)를 포함함으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 기본적인 물성을 구현하고, 1.1 eV의 밴드갭을 가지고 텐덤 태양전지 구조 하에서 장파장의 빛을 흡수하는 소자 특성을 나타낼 수 있다.
- [112] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 상기 이중완충층(170)을 구비하는 이중완충층 구비 단계(S170)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 상기 이중완충층(170)을 구비하는 이중완충층 구비 단계(S170)를 포함함으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 표면 거칠기를 감소시킬 수 있다.
- [113] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층(170) 상에 상기 제1 투명전극층(190)을 구비하는 것인 제1 투명전극층 구비 단계(S190)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 이중완충층(170) 상에 상기 제1 투명전극층(190)을 구비하는 것인 제1 투명전극층 구비 단계(S190)를 포함함으로써, 텐덤 태양전지의 상부셀과 하부셀 간의 접합력을 향상시킬 수 있다.
- [114] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190) 상에 제2 태양전지(200)를 구비하는 제2 태양전지 구비 단계(S200)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 제1 투명전극층(190) 상에 제2 태양전지(200)를 구비하는 제2 태양전지 구비 단계(S200)를 포함함으로써, 텐덤 태양전지의 상부셀과 하부셀 간의 접합력을 향상시킬 수 있다.
- [115] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층(170)은  $In_2S_3$ 를 포함하는 제1 완충층(171)과 CdS, ZnSnO, ZnO, ZnSe, SnS<sub>2</sub>, Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S (단, x는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비된다. 상술한 것과 같이 상기 이중완충층(170)이 상기 제1 완충층(171)과 상기 제2 완충층(173)이 순차적으로 구비됨으로써, 상기 제1 태양전지(100)의 표면 거칠기를 감소시키고, 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [116] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 이중완충층을 구비하는 단계(S170)는, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 인듐 전구체를 포함하는 제1 혼합물을 증착하여 상기 제1 완충층(171)을 구비하는 제1 완충층 구비 단계(S171); 및 상기 제1 완충층(171) 상에 카드뮴 전구체를 포함하는 제2 혼합물을 포함하는 제2 혼합물을 증착하여 상기 제2 완충층(173)을 구비하는 제2 완충층 구비

단계(S173);를 포함하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 이중완충층을 구비하는 단계(S170)는, 상기 칼코제나이드계 광흡수층(150) 상에 인듐 전구체를 포함하는 제1 혼합물을 증착하여 상기 제1 완충층(171)을 구비하는 제1 완충층 구비 단계(S171); 및 상기 제1 완충층(171) 상에 카드뮴 전구체를 포함하는 제2 혼합물을 포함하는 제2 혼합물을 증착하여 상기 제2 완충층(173)을 구비하는 제2 완충층 구비 단계(S173);를 포함함으로써, 칼코제나이드계 광흡수층(150)과 제1 투명전극층(190) 간의 격자상수 차이를 보완하고, 상기 제1 투명전극층(190)을 증착하는데 이용되는 스퍼터 공정 중의 데미지를 방지할 수 있다.

[117] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 완충층 구비 단계(S171) 및 상기 제2 완충층 구비 단계(S173) 각각은 화학용액증착법(CBD)으로 구비시키는 것일 수 있다. 구체적으로 CBD는 비진공 공정으로 여러 종류의 화학종을 포함한 수용액에 증착하고자 하는 기판을 담가서 원하는 증착 속도로 박막을 성장하는 것일 수 있다. 상술한 것과 같이 상기 제1 완충층 구비 단계(S171) 및 상기 제2 완충층 구비 단계(S173) 각각은 화학용액증착법(CBD)으로 구비됨으로써, 저비용으로 대량 생산이 가능하며 대면적 기판에 적용할 수 있다.

[118] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제2 태양전지 구비 단계(S200)는 상기 제1 투명전극층(190) 상에 정공전달층(210)을 구비하는 정공전달층 구비 단계(S210); 상기 정공전달층(210) 상에 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 구비하는 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계(S230); 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230) 상에 전자전달층(250)을 구비하는 전자전달층 구비 단계(S250); 및 상기 전자전달층(250) 상에 제2 투명전극층(270)을 구비하는 제2 투명전극층 구비 단계(S270)를 포함하는 것일 수 있다.

[119] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 투명전극층(190) 상에 정공전달층(210)을 구비하는 정공전달층 구비 단계(S210)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 제1 투명전극층(190) 상에 정공전달층(210)을 구비하는 정공전달층 구비 단계(S210)를 포함함으로써, 태양전지의 기본적인 물성을 구현하고, 열 안정성 및 광자 효율성을 향상시킬 수 있다.

[120] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 정공전달층(210) 상에 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 구비하는 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계(S230)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 정공전달층(210) 상에 페로브스카이트계 광흡수층(230)을 구비하는 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계(S230)를 포함함으로써, 탠덤 태양전지 상부셀의 기본적인 물성을 구현하고, 광자 효율성을 향상시킬 수 있다.

[121] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230) 상에 전자전달층(250)을 구비하는 전자전달층 구비 단계(S250)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 페로브스카이트계 광흡수층(230) 상에 전자전달층(250)을 구비하는 전자전달층 구비 단계(S250)를 포함함으로써, 탠덤 태양전지 상부셀의 기본적인 물성을 구현하고, 내구성을 향상시킬 수 있다.

- [122] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 전자전달층(250) 상에 제2 투명전극층(270)을 구비하는 제2 투명전극층 구비 단계(S270)를 포함한다. 상술한 것과 같이 상기 전자전달층(250) 상에 제2 투명전극층(270)을 구비하는 제2 투명전극층 구비 단계(S270)를 포함함으로써, 광학 특성을 구현하고, 내구성을 향상시킬 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [123] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 기술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[124]

### [125] 실시예

- [126] 소다석회유리 재질인 기판층을 아세톤, 에탄올, 증류수의 순서로 세척한 이후, 상기 기판층 상에 Mo 재질인 하부전극층을 DC(direct current) 스퍼터링 방법을 이용해 증착하였다.

- [127] 그리고 상기 하부전극층 상에 삼전극 전기화학증착법과, 황화수소( $H_2S$ )와 셀레늄(Se) 분위기의 열처리 2단계 공정을 이용하여 평균 두께가 1.5 내지  $2\ \mu m$ 의 범위인 CZTSSe 재질인 칼코제나이드계 광흡수층을 증착하였다.

- [128] 이후 상기 기판층, 상기 하부전극층 및 상기 칼코제나이드계 광흡수층이 순차적으로 증착된 것을 티오아세트아미드( $C_2H_5NS$ ) 0.1 M, 염화 인듐( $InCl_3$ ) 0.025 M, 아세트산( $CH_3COOH$ ) 0.05 M이 포함된 용액인 제1 혼합물에 담지한 후  $58\ ^\circ C$  내지  $60\ ^\circ C$ 에서 3 분간 CBD(화학용액증착법) 공정을 진행하고 건조하여 평균 두께가 5 nm의  $In_2S_3$  재질인 제1 완충층을 증착해 구비하였다.

- [129] 그리고 상기 기판층, 상기 하부전극층, 상기 칼코제나이드계 광흡수층 및 상기 제1 완충층이 순차적으로 증착된 것을 황화카드뮴( $CdSO_4$ ) 2 mM, 싸이오요소( $SC(NH_2)_2$ ) 84 mM, 암모니아수 1.02 M이 포함된 용액인 제2 혼합물로 옮겨 담은 후  $58\ ^\circ C$  내지  $60\ ^\circ C$ 에서 15 분간 CBD 공정을 진행해 55 nm 두께의 CdS 재질인 제2 완충층을 제조하여 이중완충층을 구비하였다.

- [130] 상기 이중완충층을 구비한 이후, 상기 이중완충층 상에 *i*-ZnO와 ITO를 순차적으로 스퍼터링을 이용하여 제1 투명전극층을 적층하여 제조하였다.

- [131] 이후 상기 제1 투명전극층 상에 PTAA(폴리-[비스(4-페닐)(2,4,6-트리메틸페닐)아민])가 포함된 용액을 6000 rpm에서 25 초 동안 증착한 후에 연속해서 10분 동안  $100\ ^\circ C$ 에서 열처리하여 정공전달층을 제조하였다.

- [132] 그리고, FAI, MABr, CsI,  $PbI_2$ ,  $PbBr_2$ 를 무수 N,N-dimethylformamide (DMF)와 N-methyl-2-pyrrolidone (NMP) 혼합 용액(DMF:NMP=4:1 부피비)에 녹여 (FA)<sub>0.65</sub>

$MA_{0.20}CS_{0.15}Pb(I_{0.8}Br_{0.2})_3$ 의 화학양론을 가지는 페로브스카이트 용액을 제조하고, 상기 페로브스카이트 용액을 상기 정공전달층 상에 스핀코팅 공정을 통해 4000 rpm에서 25 초 동안 증착한 후에 65 °C에서 10 분 동안 1 차 열처리 후에 100 °C에서 13 분 동안 열처리하여 페로브스카이트계 광흡수층을 제조하였다.

[133] 이후, 상기 페로브스카이트계 광흡수층 상에  $C_{60}$  층을 열증착 공정을 이용해 15 nm 두께로 증착하여 전자전달층을 제조하였으며, 상기 전자전달층 상에 ITO를 스퍼터링을 이용하여 제2 투명전극층을 제조하였다.

[134] 도 4는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진이다. 상기 도 4를 참고하면, 상기 제1 완충층을 상기 칼코제나이드계 광흡수층 위에 증착하여 핀 홀과 보이드(void)를 채움과 동시에 표면에 나노 스케일의 거칠기를 제공해 제2 완충층 형성을 위한 핵생성 장소가 다수 생성된 것을 확인하였다.

[135]

[136] **실험예 1(거칠기 평가)**

[137] 상기 실시예의 제조과정에서 제조된 탠덤 태양전지의 특성 평가를 위해서 표면을 촬영한 원자간력 현미경 이미지로 거칠기를 평가하였다.

[138] 도 5의 (a)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법에서 상기 칼코제나이드계 광흡수층을 구비한 이후 표면 촬영 및 거칠기 측정을 한 원자간력 현미경 이미지이다. 도 5의 (b)는 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지의 제조방법에서 상기 칼코제나이드계 광흡수층 상에 제1 완충층을 구비한 이후 표면 촬영 및 거칠기 측정을 한 원자간력 현미경 이미지이다. 상기 도 5의 (a)를 참고하면 실시예에서 제1 완충층을 적층하기 이전의 칼코제나이드계 광흡수층 표면 거칠기는 2.013 nm로 확인되었다. 상기 도 5의 (b)를 참고하면 실시예에서 제1 완충층을 적층된 이후 제1 완충층의 표면 거칠기는 12.541 nm로 확인되었다. 즉, 상기 칼코제나이드계 광흡수층 상에 제1 완충층을 적층하는 경우 적층하기 이전의 표면 거칠기보다 증가하여 제2 완충층에 형성되는 핵생성 장소가 증가하는 것을 확인하였다.

[139] 도 6은 본 발명의 일 실시상태에 따른 탠덤 태양전지에서 상기 제1 태양전지를 투과전자현미경으로 확대 촬영한 사진이다. 상기 도 6은 상기 도 1에서 관찰되는 조대 CdS 입자가 확인되지 않아 상기 제1 태양전지의 거칠기가 조절된 것을 확인하였다.

[140] 따라서, 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 탠덤 태양전지에서 칼코제나이드계 광흡수층 상에 제1 완충층이 형성되어 나노 스케일의 표면 거칠기가 구현되고 이는 제2 완충층 형성 과정 중 다수의 핵생성 장소로 작용하여 평탄한 제2 완충층을 형성함으로써, 탠덤 태양전지의 쇼트 등을 방지할 수 있는 것을 확인하였다.

[141] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을

가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

- [142]
- [143] [부호의 설명]
- [144] 100: 제1 태양전지
- [145] 110: 기관층
- [146] 130: 하부전극층
- [147] 150: 칼코제나이드계 광흡수층
- [148] 170: 이중완충층
- [149] 171: 제1 완충층
- [150] 173: 제2 완충층
- [151] 190: 제1 투명전극층
- [152] 200: 제2 태양전지
- [153] 210: 정공전달층
- [154] 230: 페로브스카이트계 광흡수층
- [155] 250: 전자전달층
- [156] 270: 제2 투명전극층
- [157] 1000: 일체형 탠덤 태양전지
- [158] S100: 제1 태양전지 구비 단계
- [159] S110: 기관층 구비 단계
- [160] S130: 하부전극층 구비 단계
- [161] S150: 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계
- [162] S170: 이중완충층 구비 단계
- [163] S171: 제1 완충층 구비 단계
- [164] S173: 제2 완충층 구비 단계
- [165] S190: 제1 투명전극층 구비 단계
- [166] S200: 제2 태양전지 구비 단계
- [167] S210: 정공전달층 구비 단계
- [168] S230: 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계
- [169] S250: 전자전달층 구비 단계
- [170] S270: 제2 투명전극층 구비 단계

## 청구범위

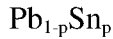
- [청구항 1] 칼코제나이드계 광흡수층을 포함하는 제1 태양전지; 및  
 상기 제1 태양전지 상에 배치되며, 페로브스카이트계 광흡수층을 포함하는 제2 태양전지;를 포함하며,  
 상기 제1 태양전지에 이중완충층을 포함하는 것이고,  
 상기 이중완충층은  $\text{In}_2\text{S}_3$ 를 포함하는 제1 완충층과  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnSnO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{SnS}_2$ ,  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$  (단,  $x$ 는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,  
 상기 제1 태양전지는 기관층, 하부전극층, 상기 칼코제나이드계 광흡수층, 상기 이중완충층 및 제1 투명전극층이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,  
 상기 제2 태양전지는 정공전달층, 상기 페로브스카이트계 광흡수층, 전자전달층 및 제2 투명전극층이 순차적으로 구비된 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,  
 상기 칼코제나이드계 광흡수층은 CIGS(copper indium gallium selenide), CIS(copper indium selenide), CGS(copper gallium selenide), CZTS(Copper zinc tin sulfide), CZTSe(Copper zinc tin selenide), CZTSSe(Copper zinc tin sulfur selenide) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나를 포함하는 탠덤 태양전지.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,  
 상기 칼코제나이드계 광흡수층의 평균 두께 범위가  $0.5 \mu\text{m}$  이상  $3 \mu\text{m}$  이하인 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,  
 상기 페로브스카이트계 광흡수층은 하기 화학식 1의 유무기 복합 할로젠화물 페로브스카이트계 화합물을 포함하는 것인 탠덤 태양전지:  
 [화학식 1]  
 $\text{ABX}_3$   
 상기 A는  $\text{CH}_3\text{NH}_3$ ,  $\text{HC}(\text{NH}_2)_2$ , Cs, Rb 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이며,  
 상기 B는 Pb, Sn 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이고,  
 상기 X는 Cl, Br, I 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나이다.
- [청구항 7] 청구항 6에 있어서,

상기 화학식 1에서,  
 상기 A는 하기의 화학식 2로 표시되는 것이고,  
 상기 B는 하기의 화학식 3으로 표시되는 것이며,  
 상기 X<sub>3</sub>는 하기의 화학식 4로 표시되는 것인 탠덤 태양전지.

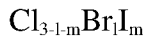
[화학식 2]



[화학식 3]



[화학식 4]



상기 a는  $0 \leq a \leq 1$  이고, 상기 b는  $0 \leq b \leq 1$  이며, 상기 c는  $0 \leq c \leq 1$  이고,  
 상기 p는  $0 \leq p \leq 1$  이며,  
 상기 l은  $0 \leq l \leq 3$  이고, 상기 m은  $0 \leq m \leq 3$  이다.

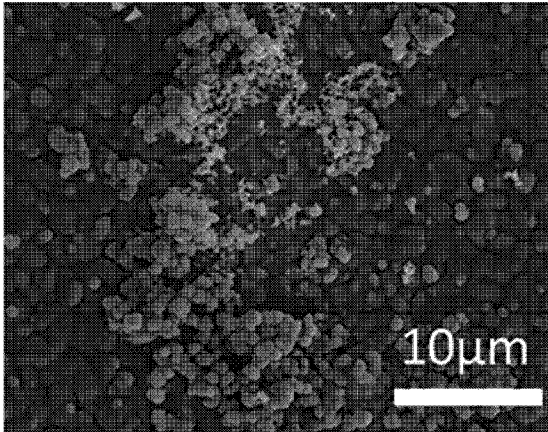
- [청구항 8] 청구항 1에 있어서,  
 상기 페로브스카이트계 광흡수층의 평균 두께 범위가 150 nm 이상 1,000 nm 이하인 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 9] 청구항 1에 있어서,  
 상기 제1 완충층의 평균 두께 범위가 1 nm 이상 50 nm 이하인 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 10] 청구항 1에 있어서,  
 상기 제1 완충층의 평균 표면 거칠기 범위가 2 nm 이상 30 nm 이하인 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 11] 청구항 1에 있어서,  
 상기 제2 완충층의 평균 두께 범위가 1 nm 이상 150 nm 이하인 것인 탠덤 태양전지.
- [청구항 12] 기관층을 구비하는 기관층 구비 단계;  
 상기 기관층 상에 하부전극층을 구비하는 하부전극층 구비 단계;  
 상기 하부전극층 상에 칼코제나이드계 광흡수층을 구비하는 칼코제나이드계 광흡수층 구비 단계;  
 상기 칼코제나이드계 광흡수층 상에 이중완충층을 구비하는 이중완충층 구비 단계;  
 상기 이중완충층 상에 제1 투명전극층을 구비하는 제1 투명전극층 구비 단계; 및  
 상기 제1 투명전극층 상에 제2 태양전지를 구비하는 제2 태양전지 구비 단계를 포함하는 것이며,  
 상기 이중완충층은 In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>를 포함하는 제1 완충층과 CdS, ZnSnO, ZnO, ZnSe, SnS<sub>2</sub>, Cd<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>S (단, x는  $0 \leq x \leq 1$ ) 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 것을 포함하는 제2 완충층이 순차적으로 구비된 것인

탠덤 태양전지의 제조방법.

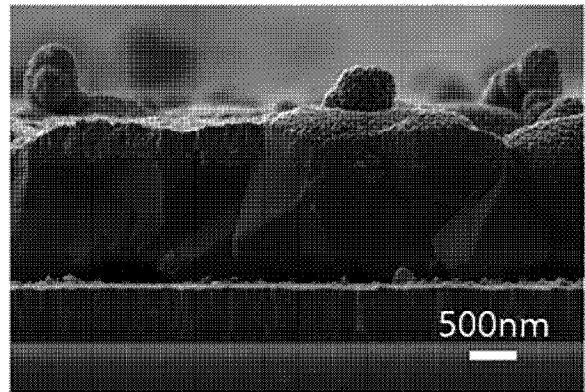
- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,  
 상기 이중완충층을 구비하는 단계는,  
 상기 칼코제나이드계 광흡수층 상에 인듐 전구체를 포함하는 제1 혼합물을 증착하여 상기 제1 완충층을 구비하는 제1 완충층 구비 단계; 및  
 상기 제1 완충층 상에 카드뮴 전구체를 포함하는 제2 혼합물을 포함하는 제2 혼합물을 증착하여 상기 제2 완충층을 구비하는 제2 완충층 구비 단계;를 포함하는 것인 탠덤 태양전지의 제조방법.
- [청구항 14] 청구항 13에 있어서,  
 상기 제1 완충층 구비 단계 및 상기 제2 완충층 구비 단계 각각은 화학용액증착법으로 증착시키는 것인 탠덤 태양전지의 제조방법.
- [청구항 15] 청구항 12에 있어서,  
 상기 제2 태양전지 구비 단계는  
 상기 제1 투명전극층 상에 정공전달층을 구비하는 정공전달층 구비 단계;  
 상기 정공전달층 상에 페로브스카이트계 광흡수층을 구비하는 페로브스카이트계 광흡수층 구비 단계;  
 상기 페로브스카이트계 광흡수층 상에 전자전달층을 구비하는 전자전달층 구비 단계; 및  
 상기 전자전달층 상에 제2 투명전극층을 구비하는 제2 투명전극층 구비 단계;를 포함하는 탠덤 태양전지의 제조방법.

[도1]

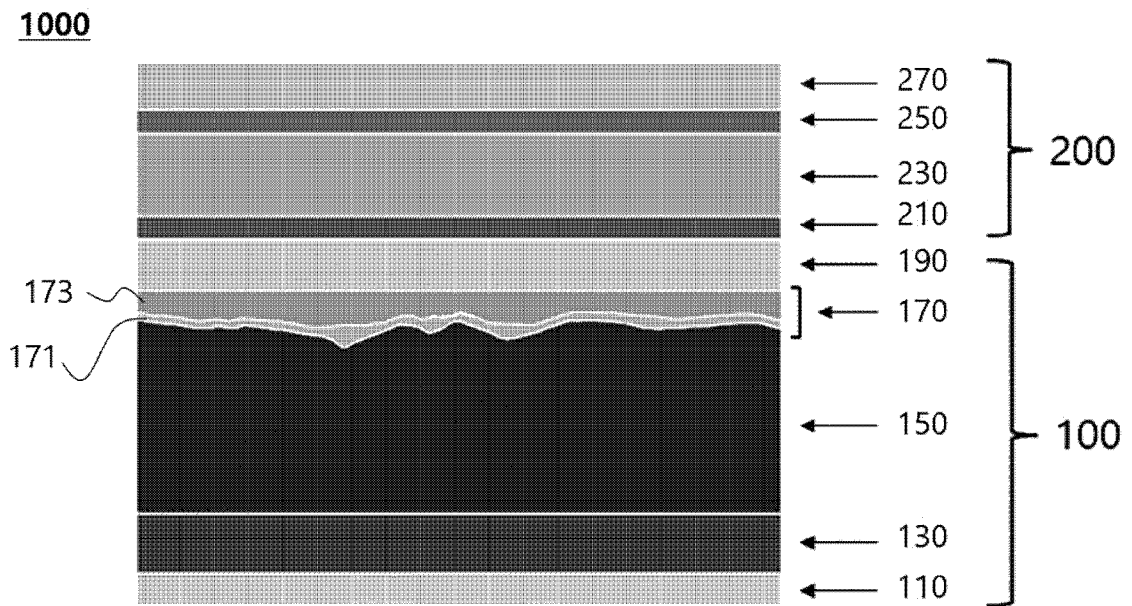
(a)



(b)

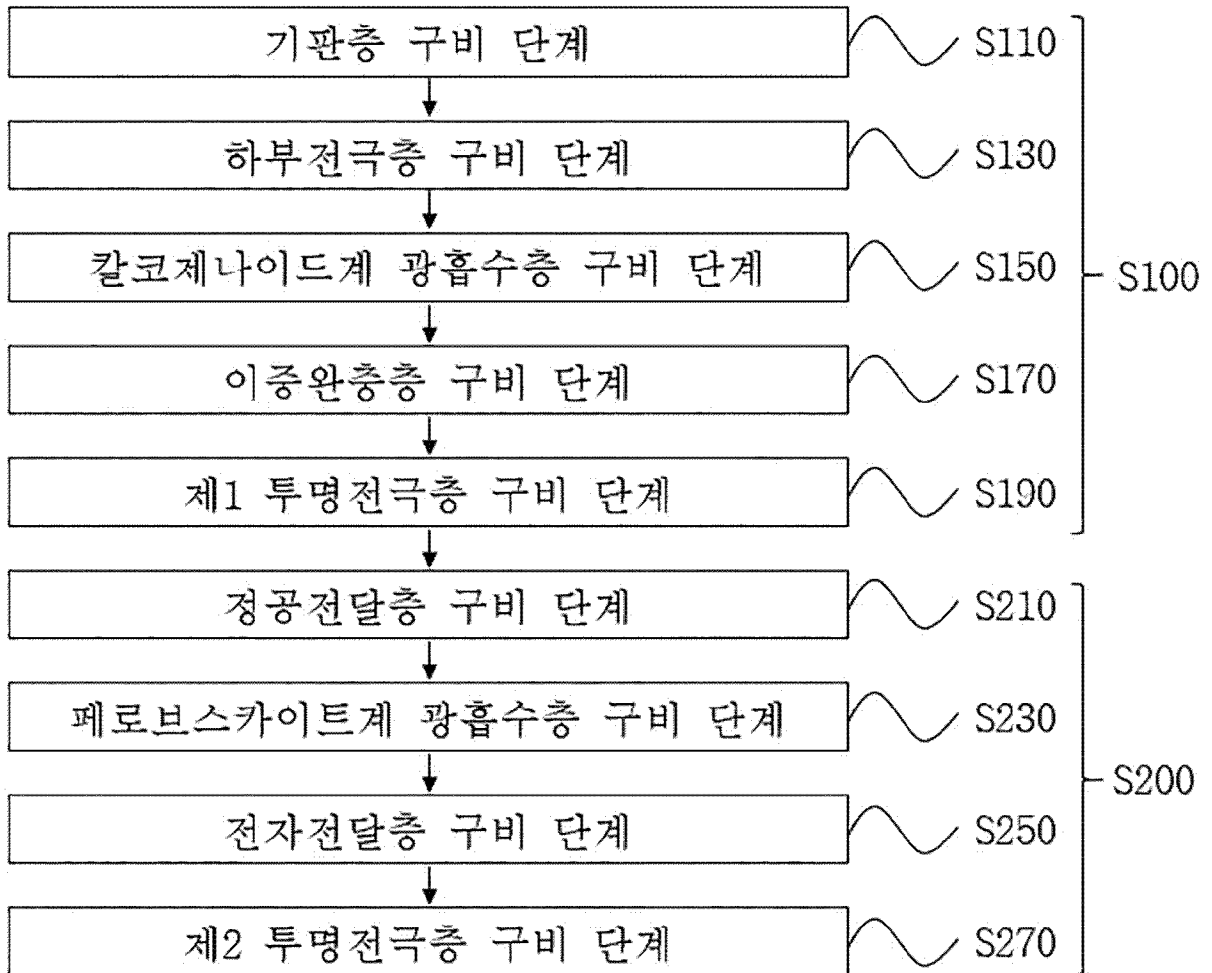


[도2]

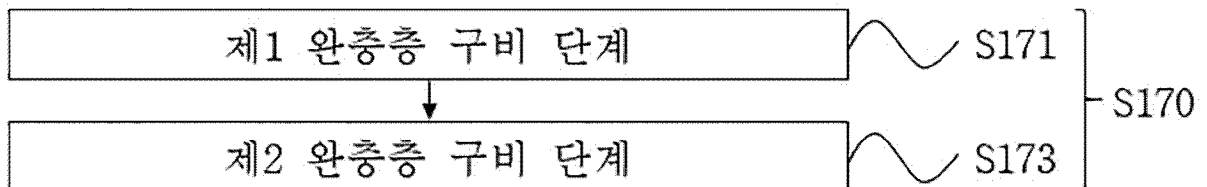


[도3]

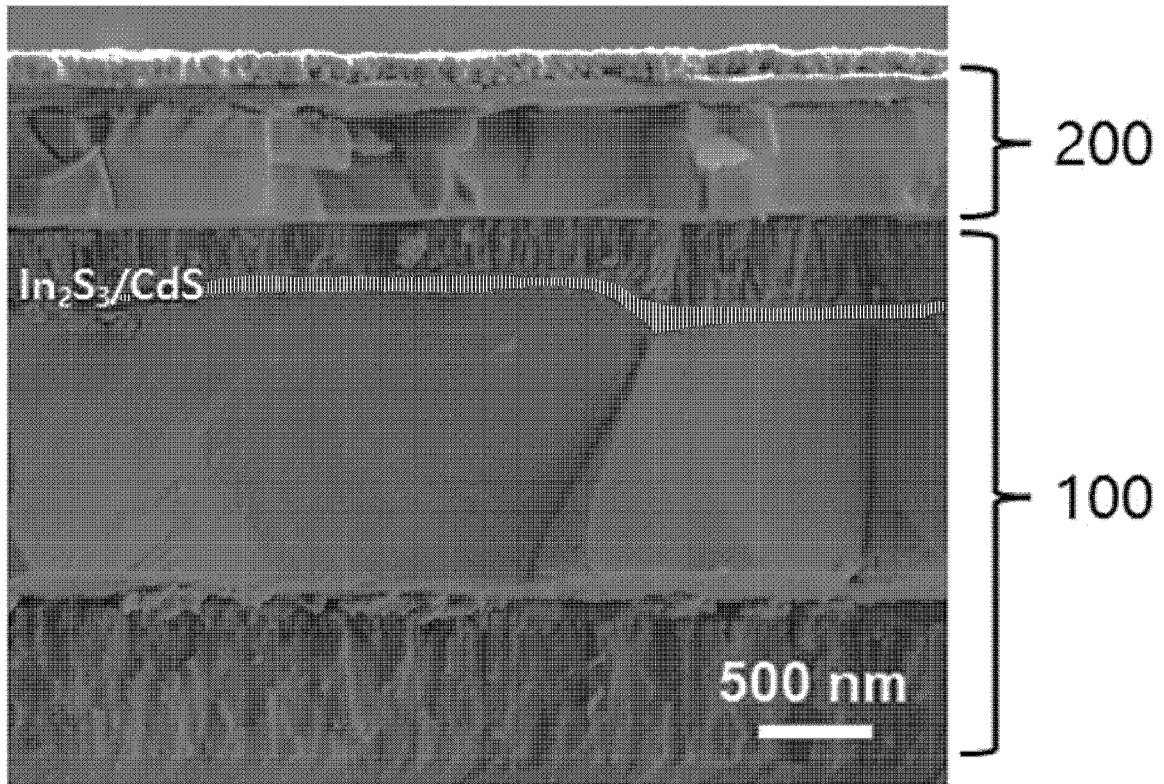
(a)



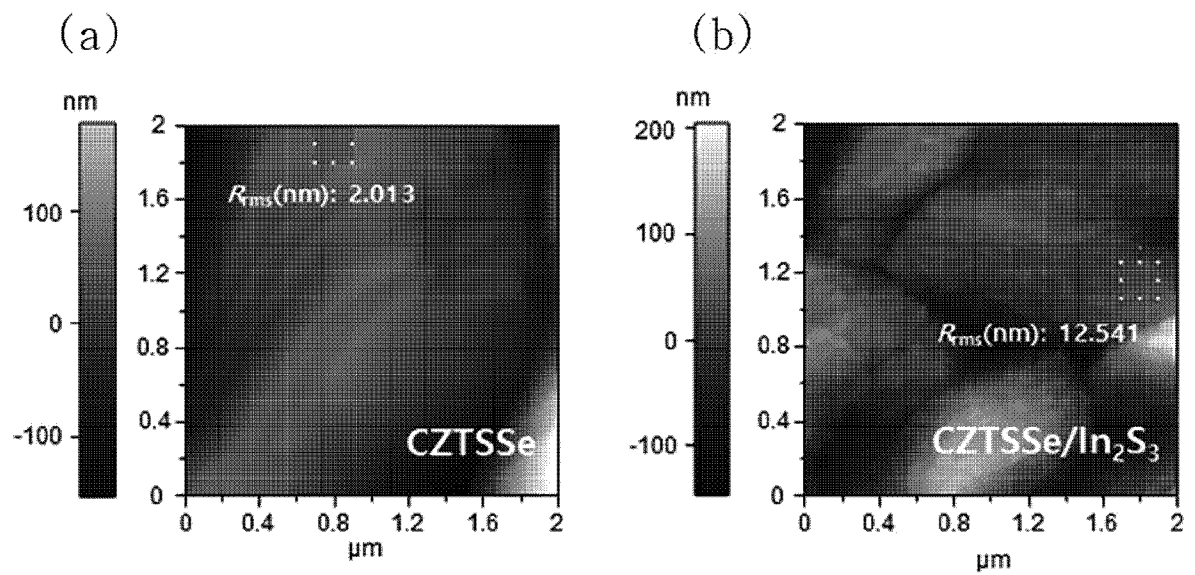
(b)



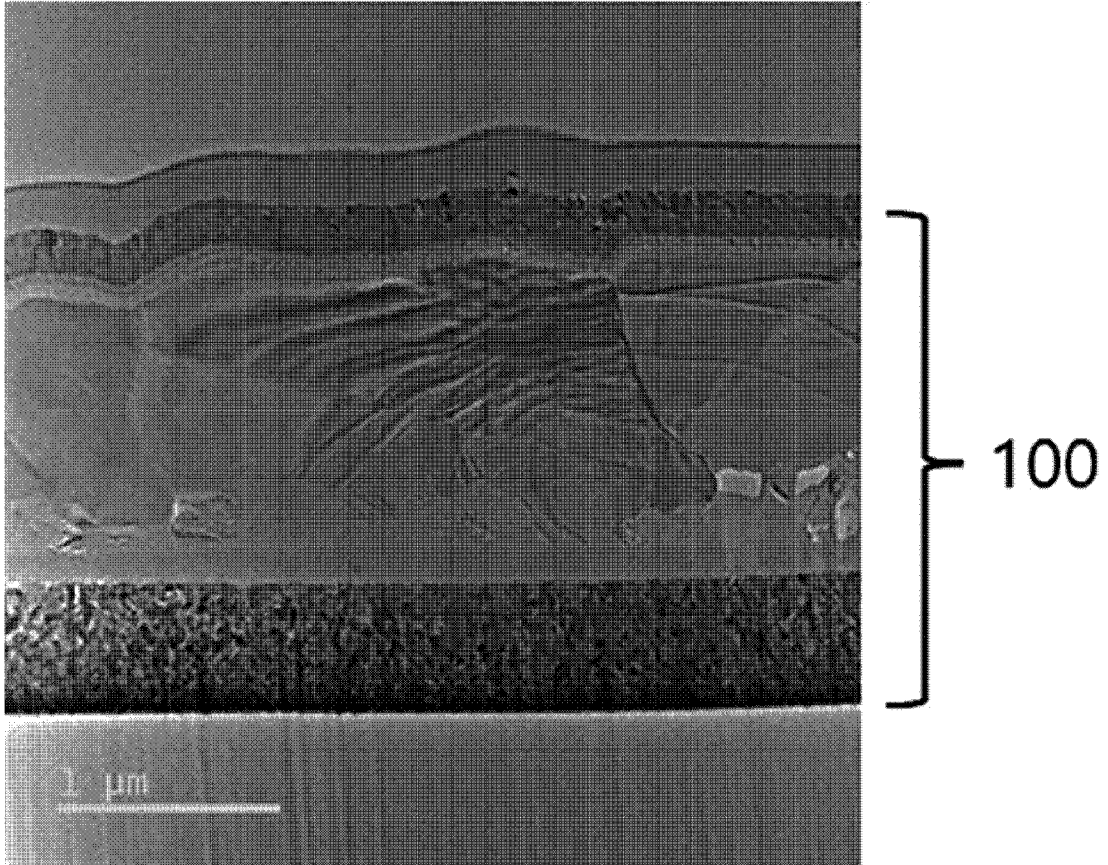
[도4]



[도5]



[도6]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2022/020941**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H10K 30/00(2023.01)i; H01L 31/0392(2006.01)i; H01L 31/0725(2012.01)i; H10K 30/80(2023.01)i; H01L 31/0224(2006.01)i</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H10K 30/00(2023.01); H01L 31/0216(2006.01); H01L 31/0445(2014.01); H01L 31/06(2006.01); H01L 31/0749(2012.01); H01L 31/18(2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 탠덤 태양전지(tandem solar cell), 칼코제나이드(chalcogenide), 페로브스카이트(perovskite), In <sub>2</sub> Sn <sub>3</sub> , CdS, 완충층(buffer layer)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2021-0065446 A (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 04 June 2021 (2021-06-04) See paragraphs [0004], [0011], [0040]-[0048], [0060], [0078] and [0079]; claims 1 and 2; and figure 1.	1-15
Y	KR 10-2020-0125097 A (INDUSTRY ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION OF YEUNGNAM UNIVERSITY) 04 November 2020 (2020-11-04) See paragraphs [0044], [0063], [0065], [0067] and [0079]; claim 1; and figure 1.	1-15
A	KR 10-2011-0020263 A (SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE) 02 March 2011 (2011-03-02) See entire document.	1-15
A	JP 2014-112633 A (SHOWA SHELL SEKIYU KK.) 19 June 2014 (2014-06-19) See entire document.	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>30 March 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>31 March 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/KR <b>Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208</b> Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2022/020941**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010-0233841 A1 (PLATZER BJORKMAN, Charlotte et al.) 16 September 2010 (2010-09-16) See entire document.	1-15
X	SONG, Jeong Eun et al. A thin In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> interfacial layer for reducing defects and roughness of Cu <sub>2</sub> ZnSn(S,Se) <sub>4</sub> thin-film solar cells. ChemSusChem. 22 December 2021, Article no. e202102350 (inner pp. 1-9). See pages 2-4 and 7. (※ This document is a document declaring 'exceptions to lack of novelty' by the applicant.)	1-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/KR2022/020941**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2021-0065446	A	04 June 2021	KR	10-2372238	B1	10 March 2022
				US	11557689	B2	17 January 2023
				US	2021-0159356	A1	27 May 2021
				WO	2021-107184	A1	03 June 2021
-----							
KR	10-2020-0125097	A	04 November 2020	KR	10-2227333	B1	12 March 2021
-----							
KR	10-2011-0020263	A	02 March 2011	CN	102099929	A	15 June 2011
				CN	102099929	B	30 April 2014
				DE	102008024230	A1	26 November 2009
				EP	2281310	A2	09 February 2011
				EP	2281310	B1	25 September 2019
				ES	2763159	T3	27 May 2020
				JP	2011-521463	A	21 July 2011
				JP	5635497	B2	03 December 2014
				KR	10-1335810	B1	03 December 2013
				US	2011-0168258	A1	14 July 2011
				US	8962995	B2	24 February 2015
				WO	2009-141132	A2	26 November 2009
				WO	2009-141132	A3	19 August 2010
-----							
JP	2014-112633	A	19 June 2014	None			
-----							
US	2010-0233841	A1	16 September 2010	CN	1820358	A	16 August 2006
				CN	1820358	B	13 October 2010
				EP	1620888	A1	01 February 2006
				JP	2006-525671	A	09 November 2006
				US	2006-0180200	A1	17 August 2006
				US	8865512	B2	21 October 2014
				WO	2004-100250	A1	18 November 2004
-----							

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>H10K 30/00(2023.01)i; H01L 31/0392(2006.01)i; H01L 31/0725(2012.01)i; H10K 30/80(2023.01)i; H01L 31/0224(2006.01)i</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H10K 30/00(2023.01); H01L 31/0216(2006.01); H01L 31/0445(2014.01); H01L 31/06(2006.01); H01L 31/0749(2012.01); H01L 31/18(2006.01)		
조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 탠덤 태양전지(tandem solar cell), 칼코제나이드(chalcogenide), 페로브스카이트(perovskite), In2Sn3, CdS, 완충층(buffer layer)		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2021-0065446 A (한국과학기술연구원) 2021.06.04 단락 [0004], [0011], [0040]-[0048], [0060], [0078], [0079]; 청구항 1, 2; 및 도면 1 참조.	1-15
Y	KR 10-2020-0125097 A (영남대학교 산학협력단) 2020.11.04 단락 [0044], [0063], [0065], [0067], [0079]; 청구항 1; 및 도면 1 참조.	1-15
A	KR 10-2011-0020263 A (쌍-고벨 글래스 프랑스) 2011.03.02 전체 문헌 참조.	1-15
A	JP 2014-112633 A (SHOWA SHELL SEKIYU KK.) 2014.06.19 전체 문헌 참조.	1-15
A	US 2010-0233841 A1 (PLATZER BJORKMAN, CHARLOTTE 등) 2010.09.16 전체 문헌 참조.	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌		
국제조사의 실제 완료일 <b>2023년03월30일(30.03.2023)</b>		국제조사보고서 발송일 <b>2023년03월31일(31.03.2023)</b>
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 허주형 전화번호 +82-42-481-5373

C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	SONG, JEONG EUN 등, `A thin In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> interfacial layer for reducing defects and roughness of Cu <sub>2</sub> ZnSn(S,Se) <sub>4</sub> thin-film solar cells`, ChemSusChem, 2021.12.22, Article no. e202102350 (내부페이지 1-9) 페이지 2-4, 7 참조. (※ 본 문헌은 출원인에 의해 '신규성 상실의 예외'가 선언된 문헌임.)	1-15

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2021-0065446 A	2021/06/04	KR 10-2372238 B1	2022/03/10
		US 11557689 B2	2023/01/17
		US 2021-0159356 A1	2021/05/27
		WO 2021-107184 A1	2021/06/03
KR 10-2020-0125097 A	2020/11/04	KR 10-2227333 B1	2021/03/12
KR 10-2011-0020263 A	2011/03/02	CN 102099929 A	2011/06/15
		CN 102099929 B	2014/04/30
		DE 102008024230 A1	2009/11/26
		EP 2281310 A2	2011/02/09
		EP 2281310 B1	2019/09/25
		ES 2763159 T3	2020/05/27
		JP 2011-521463 A	2011/07/21
		JP 5635497 B2	2014/12/03
		KR 10-1335810 B1	2013/12/03
		US 2011-0168258 A1	2011/07/14
		US 8962995 B2	2015/02/24
		WO 2009-141132 A2	2009/11/26
		WO 2009-141132 A3	2010/08/19
JP 2014-112633 A	2014/06/19	없음	
US 2010-0233841 A1	2010/09/16	CN 1820358 A	2006/08/16
		CN 1820358 B	2010/10/13
		EP 1620888 A1	2006/02/01
		JP 2006-525671 A	2006/11/09
		US 2006-0180200 A1	2006/08/17
		US 8865512 B2	2014/10/21
		WO 2004-100250 A1	2004/11/18