

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(43) 국제공개일  
2010년 2월 25일 (25.02.2010)

PCT

(10) 국제공개번호  
WO 2010/021477 A2

- (51) 국제특허분류:  
H01L 31/042 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/004589
- (22) 국제출원일: 2009년 8월 17일 (17.08.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2008-0081048 2008년 8월 19일 (19.08.2008) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **주식회사 티지솔라 (TG SOLAR CORPORATION)** [KR/KR]; 경기도 화성시 동탄면 장지리 164-5, 445-812 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자; **김동제 (KIM, Dong Jee)** [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 정자동 한솔마을 LG 아파트 201-201, 463-909 Gyeonggi-do (KR). **장석필 (JANG, Seok Pil)** [KR/KR]; 경기도 수원시 권선구 고색동 태산 2차 아파트 205-301, 441-729 Gyeonggi-do (KR). **이영호 (LEE, Young Ho)** [KR/KR]; 경기도 용인시 수지구 상현동 성원상떼빌 3차 아파트 233-1303, 448-519 Gyeonggi-do (KR). **이병일 (LEE, Byung Il)** [KR/KR]; 경기도 성

남시 분당구 금곡동 65-1 시온빌라 A-402, 463-804 Gyeonggi-do (KR). **장택용 (JANG, Taek Yong)** [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통동 롯데아파트 946-605, 443-470 Gyeonggi-do (KR).

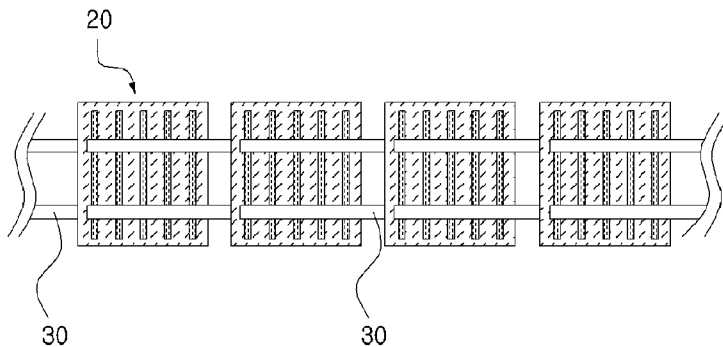
- (74) 대리인: **김한 (KIM, Han)**; 서울시 강남구 역삼동 641-3 노바빌딩 2층, 135-909 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: SOLAR BATTERY MODULE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

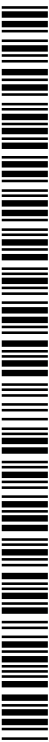
(54) 발명의 명칭: 태양전지모듈 및 그 제조방법

[Fig. 2]



(57) Abstract: Disclosed are a solar battery module and a method for manufacturing the same. In the present invention, the solar battery module where solar batteries are connected in series comprises: a plurality of solar batteries which are arranged in rows and columns, and a conductive ribbon which electrically connects the solar batteries in series. The solar battery has a structure where a first photovoltaic device and a second photovoltaic device are stacked, wherein the first photovoltaic device comprises a polycrystalline semiconductor layer and the second photovoltaic device comprises the first photovoltaic device and an amorphous semiconductor layer.

(57) 요약서: 태양전지모듈 및 그 제조방법이 개시된다. 본 발명은 태양전지가 직렬로 연결된 태양전지모듈에 있어서, 행과 열 방향으로 배열되는 다수개의 태양전지; 및 다수개의 상기 태양전지를 전기적으로 직렬로 연결하는 전도성 리본을 포함하며, 상기 태양전지는 다결정 반도체층으로 구성된 제 1 광전소자와 비정질 반도체층으로 구성된 제 2 광전소자의 적층구조인 것을 특징으로 하는 태양전지모듈이다.



WO 2010/021477 A2

**공개:**

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

## 명세서

### 태양전지모듈 및 그 제조방법

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 태양전지모듈 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 광전소자를 적층시킨 탠덤(tandem)구조의 태양전지가 직렬로 연결된 태양전지모듈 및 그 제조방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 종래의 일반적인 태양전지는 단일 접합형으로 되어 있어서 많은 양의 전력을 생산하기 위해서는 대면적의 태양전지가 필요하였다. 하지만, 이러한 면적의 증가는 설치 장소 등에 제한을 가져오고 비용의 상승도 초래한다.
- [3] 또한, 단일 접합형 태양전지 중 광전변환 효율이 가장 우수한 태양전지의 경우에도 20% 내외에 그치며 대부분의 빛은 그대로 투과되거나 반사되어 소실된다.
- [4] 이러한, 문제점을 극복하고자 광전소자를 적층한 이중 접합형 탠덤(tandem)구조의 태양전지가 제안되었다. 상기 탠덤 구조의 태양전지는 동일한 기판 면적에서 보다 많은 양의 전기를 생산할 수 있어 종래의 단일 접합형 태양전지보다 향상된 광전 변환 효율을 얻을 수 있다는 장점이 있다.
- [5] 예를 들어, Saitoh 등은 플라즈마 화학기상 증착법(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition; PECVD)을 사용하여 p-i-n형 비정질 실리콘(amorphous Si: a-Si)/미소 결정질 실리콘(microcrystalline Si:  $\mu\text{c-Si}$ ) 탠덤 구조의 태양전지를 제조하였고, 이때  $1\text{cm}^2$  면적에서 초기화 변환 효율은 9.4%, 안정화된 변환 효율은 8.5%이었다.

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

- [6] 그러나, Saitoh 등이 개발한 탠덤 구조의 실리콘 태양전지는 PECVD를 이용하여 미소 결정질 실리콘을 형성할 경우 압력과 온도의 공정조건에 따라 기판에 휀이 발생하거나 공정시간이 길어지는 문제점이 있었다.
- [7] 또한, 탠덤 구조는 복수층의 박막이 적층되어 있는 구조이기 때문에 복수개의 층간에서 발생하는 반사, 굴절 등으로 인해 하부 층으로 내려갈수록 빛의 세기가 크게 감소하여 광전 변환 효율이 떨어지는 한계가 있었다.
- [8] 또한, 종래에는 다수개의 태양전지를 연결하여 태양전지모듈을 제조할 때 각 태양전지간을 격리시켜야(isolate) 하는 등 추가 공정이 필요한바, 태양전지모듈의 제조 공정이 복잡하고 제조 단가가 상승하는 문제점이 있었다.
- [9] 또한, 태양전지의 기판으로 글래스를 사용하는 경우 고온 공정에 의하여 기판의 휀이 발생하게 되면 태양전지를 직렬 연결하여 태양전지모듈 제작시 연결 상태가 안정하지 못하거나 심지어는 태양전지간에 단선이 발생하는

문제점이 있었다.

### 기술적 해결방법

- [10] 따라서, 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 제반 문제점을 해결하기 위한 것으로, 적층된 광전소자마다 서로 다른 파장의 빛을 수광하여 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있는 탠덤구조의 태양전지를 구비하는 태양전지모듈 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.
- [11] 또한, 본 발명은 고품질의 다결정 실리콘을 채용하여 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있는 탠덤구조의 태양전지를 구비하는 태양전지모듈 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.
- [12] 또한, 본 발명은 태양전지간의 격리 공정이 필요하지 않아서 제조 공정이 단순하고 제조 단가가 저렴한 탠덤구조의 태양전지를 구비하는 태양전지모듈 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.
- [13] 또한, 전도성 재질이면서도 강성인 금속 또는 금속 합금으로 기판을 형성하여 태양전지간의 직렬연결 상태가 안정적인 탠덤구조의 태양전지를 구비하는 태양전지모듈 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.

### 유리한 효과

- [14] 본 발명에 따르면, 다결정 실리콘 광전소자와 비정질 실리콘 광전소자의 이중구조를 갖는 태양전지를 구비하여 다양한 파장대의 빛을 수광하여 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있다.
- [15] 또한, 본 발명에 따르면, 결정도(crystallinity)가 우수한(즉, 고품질을 갖는) 다결정 실리콘의 광전소자를 채용함으로써 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있다.
- [16] 또한, 본 발명에 따르면, 태양전지모듈 제조시 태양전지간의 격리 공정이 필요하지 않아서 제조 공정이 단순하고 제조 단가가 저렴해질 수 있다.
- [17] 또한, 본 발명에 따르면, 전도성 재질이면서도 강성인 금속 또는 금속 합금으로 기판을 형성하여 결정화시 공정시간을 단축하면서도 기판의 휨을 방지할 수 있어서 태양전지간에 안정적인 직렬연결 상태를 얻을 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [18] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지모듈의 분해도.
- [19] 도 2는 도 1의 태양전지(20)의 연결 상태를 보여주는 간략한 평면도.
- [20] 도 3은 도 2의 측면도.
- [21] 도 4 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 제조방법의 구성을 나타내는 도면.
- [22] 도 9는 도 8의 태양전지(20)에 전도성 리본(30)을 연결한 간략한 평면도.
- [23] <주요 도면 부호에 관한 간단한 설명>
- [24] 10: 메인기판
- [25] 20: 태양전지
- [26] 30: 전도성 리본

- [27] 40: 보호기판
- [28] 100: 기판
- [29] 200: 제1 광전소자
- [30] 210: 제1 다결정 반도체층
- [31] 211: 하부 제1 비정질 반도체층
- [32] 220: 제2 다결정 반도체층
- [33] 221: 하부 제2 비정질 반도체층
- [34] 230: 제3 다결정 반도체층
- [35] 231: 하부 제3 비정질 반도체층
- [36] 300: 제2 광전소자
- [37] 310: 상부 제1 비정질 반도체층
- [38] 320: 상부 제2 비정질 반도체층
- [39] 330: 상부 제3 비정질 반도체층
- [40] 400: 상부전극
- [41] 500: 그리드 전극

**발명의 실시를 위한 최선의 형태**

- [42] 본 발명의 상기 목적은 태양전지가 직렬로 연결된 태양전지모듈에 있어서, 행과 열 방향으로 배열되는 다수개의 태양전지; 및 다수개의 상기 태양전지를 전기적으로 직렬로 연결하는 전도성 리본을 포함하며, 상기 태양전지는 다결정 반도체층으로 구성된 제1 광전소자와 비정질 반도체층으로 구성된 제2 광전소자의 적층구조인 것을 특징으로 하는 태양전지모듈에 의해 달성된다.
- [43] 상기 태양전지는 전도성 재질의 기판; 상기 기판 상에 형성되는 제1 다결정 반도체층과, 상기 제1 다결정 반도체층 상에 형성되는 제2 다결정 반도체층과, 상기 제2 다결정 반도체층 상에 형성되는 제3 다결정 반도체층을 포함하는 제1 광전소자; 상기 제3 다결정 반도체층 상에 형성되는 제1 비정질 반도체층과, 상기 제1 비정질 반도체층 상에 형성되는 제2 비정질 반도체층과, 상기 제2 비정질 반도체층 상에 형성되는 제3 비정질 반도체층을 포함하는 제2 광전소자; 상기 제3 비정질 반도체층 상에 형성되는 상부전극; 및 상기 상부전극 상에 일 방향으로 형성되는 다수개의 그리드 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈이다.
- [44] 또한, 본 발명의 상기 목적은 태양전지를 직렬로 연결하는 태양전지모듈의 제조방법에 있어서, (a) 다결정 반도체층으로 구성된 제1 광전소자와 비정질 반도체층으로 구성된 제2 광전소자의 적층구조로 다수개의 태양전지를 형성하는 단계; (b) 다수개의 상기 태양전지를 전도성 리본으로 전기적으로 직렬 연결하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법에 의해서도 달성된다.
- [45] 상기 태양전지는 (a1) 전도성 재질의 기판 상에 하부 제1 비정질 반도체층을

형성하는 단계; (a2) 상기 하부 제1 비정질 반도체층 상에 하부 제2 비정질 반도체층을 형성하는 단계; (a3) 상기 하부 제2 비정질 반도체층 상에 하부 제3 비정질 반도체층을 형성하는 단계; (a4) 상기 하부 제1, 제2, 제3 비정질 반도체층을 제1, 제2, 제3 다결정 반도체층으로 결정화하는 단계; (a5) 상기 제3 다결정 반도체층 상에 상부 제1 비정질 반도체층을 형성하는 단계; (a6) 상기 상부 제1 비정질 반도체층 상에 상부 제2 비정질 반도체층을 형성하는 단계; (a7) 상기 상부 제2 비정질 반도체층 상에 상부 제3 비정질 반도체층을 형성하는 단계; (a8) 상기 상부 제3 비정질 반도체층 상에 상부전극을 형성하는 단계; 및 (a9) 상기 상부전극 상에 일 방향으로 다수개의 그리드 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법이다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [46] 본 발명의 상기 목적과 기술적 구성 및 그에 따른 작용효과에 관한 자세한 사항은 본 발명의 바람직한 실시 예를 도시하고 있는 도면을 참조한 이하 상세한 설명에 의해보다 명확하게 이해될 것이다.
- [47] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지모듈의 분해도이다.
- [48] 도 1을 참조하면, 본 발명에 의한 태양전지모듈은 메인기관(10) 상에 행과 열 방향으로 다수개의 태양전지(20)가 위치되어 매트릭스(matrix) 구조를 이룬다.
- [49] 이러한, 다수개의 태양전지(20)는 다수개의 전도성 리본(30)에 의해 전기적으로 직렬로 연결되어 필요한 전압을 얻는 태양전지모듈을 구현하게 되는데, 보다 상세한 설명은 도 2 및 도 3을 참조한 이하의 상세한 설명에 의해 이해될 것이다.
- [50] 또한, 다수개의 태양전지(20)를 포함하는 메인기관(10) 상에는 빛을 투과시키는 투명한 보호기관(40)이 형성되어 태양전지(20)를 보호할 수 있다.
- [51] 이때, 메인기관(10)과 태양전지(20) 사이 또는 태양전지(20)와 보호기관(40) 사이에는 보호층(미도시)을 각각 형성하여 외부에서 가해지는 물리적인 충격 및 습기와 같은 불량인자로부터 내부에 위치되는 태양전지(20)를 더욱 보호할 수 있다.
- [52] 상기 보호층은 투명한 재질의 완충재를 사용할 수 있는데 바람직하게는 접착성도 가지는 에틸렌 비닐 아세테이트(EVA: Ethylene Vinyl Acetate) 수지를 사용할 수 있다.
- [53] 상기에서는 태양전지(20) 상하로 보호층을 각각 형성하는 구조를 설명하였지만, 메인기관(10)과 상기 보호기관(40) 사이에 수지를 충전하는 방법으로 보호층을 형성할 수도 있다.
- [54] 도 2는 도 1의 태양전지(20)의 연결 상태를 보여주는 간략한 평면도이다.
- [55] 도 3은 도 2의 측면도이다.
- [56] 도 2 및 도 3을 참조하면, 전도성 리본(30)의 일측이 단위 태양전지(20)의 상부에 접속하고 상기 전도성 리본(30)의 타측이 일 방향으로 이웃하는 다른

태양전지(20)의 하부에 접속하는 방식으로 다수개의 태양전지(20)가 전기적으로 직렬연결을 이루게 된다.

- [58] 이때, 전도성 리본(30)은 하나의 배선으로 태양전지(20) 사이를 연결할 수도 있지만, 단선 불량 발생을 대비하여 도면과 같이 두개 이상으로 연결하는 것이 바람직하다.
- [59] 한편, 태양전지(20)는 다결정 반도체층으로 구성된 제1 광전소자와 비정질 반도체층으로 구성된 제2 광전소자의 적층구조인 탠덤 구조로 형성하여 직렬 연결되어 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있는데, 이러한 태양전지(20)는 이하와 같은 제조방법을 통해 얻을 수 있다.
- [60] 도 4 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 태양전지의 제조방법의 구성을 나타내는 도면이다.
- [61] 도 4를 참조하면, 먼저 기판(100)을 준비한다. 기판(100)의 재질은 공지된 전도성 재질을 제한 없이 사용할 수 있는데, 이후 고온의 결정화 공정에서 기판(100)의 휨 현상을 견딜 수 있는 강성을 가지면서 실리콘과 열팽창 계수가 비슷한 금속 또는 금속 합금을 사용하는 것이 바람직하며, 예를 들어 SUS(Stainless Steel), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 몰리브덴-텅스텐 합금(MoW), 인바(Invar: Fe-Ni 합금) 등일 수 있다.
- [62] 이때, 기판(100)의 표면은 텍스처링(texturing) 처리될 수 있다. 텍스처링이란 태양전지의 기판 표면에 입사되는 빛의 반사에 의한 광학적 손실에 의해 그 특성이 저하되는 현상을 방지하지 위한 것으로서, 기판의 표면을 거칠게 만드는 것, 즉 기판 표면에 요철 형상의 패턴을 형성하는 것을 말한다. 텍스처링으로 기판의 표면이 거칠어지면 표면에서 한번 반사된 빛이 재반사되어 입사된 빛의 반사율을 감소시킴으로써 광 포획량이 증가되어 태양전지의 광전 변환 효율을 향상시킬 수 있다.
- [63] 한편, 기판(100) 상에는 전도성 재질의 하부전극(미도시)을 더욱 형성할 수 있다. 상기 하부전극의 소재는 접촉 저항이 낮으면서 고온 공정을 진행하더라도 전기적 특성이 저하되지 않는 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 몰리텅스텐(MoW) 중 어느 하나이거나 이들의 합금인 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되지 않으며 통상적인 전도성 소재인 구리, 알루미늄, 티타늄 등 및 이들의 합금을 포함할 수 있다. 또한, 상기 하부전극의 소재는 투명전도체(Transparent Conducting Oxide: TCO)를 포함할 수 있다. 상기 하부전극의 형성 방법으로는 열 증착법(Thermal Evaporation), 전자빔 증착법(E-beam Evaporation), 스퍼터링(sputtering)과 같은 물리기상 증착법(Physical Vapor Deposition: PVD) 및 LPCVD, PECVD, 금속유기 화학기상 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)과 같은 화학기상 증착법(Chemical Vapor Deposition: CVD)을 포함할 수 있다.
- [64] 다음으로, 도 5를 참조하면, 기판(100) 상에는 3층의 비정질 실리콘층(211, 221, 231)이 형성된다. 보다 상세하게 설명하면, 기판(100) 상에는 하부 제1 비정질 실리콘층(211)을 형성하고, 이어서 하부 제1 비정질 실리콘층(211) 상에는 하부

제2 비정질 실리콘층(221)을 형성하고, 이어서 하부 제2 비정질 실리콘층(221) 상에는 하부 제3 비정질 실리콘층(231)을 형성하여 하나의 광전소자를 구성한다. 이때, 하부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(211, 221, 231)의 형성 방법으로는 PECVD 또는 LPCVD와 같은 화학기상 증착법을 이용하여 형성할 수 있다.

[65] 다음으로, 도 6을 참조하면, 하부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(211, 221, 231)을 결정화시킨다(250). 즉, 하부 제1 비정질 실리콘층(211)은 제1 다결정 실리콘층(210)으로, 하부 제2 비정질 실리콘층(221)은 제2 다결정 실리콘층(220)으로, 하부 제3 비정질 실리콘층(231)은 제3 다결정 실리콘층(230)으로 각각 결정화된다.

[66] 결국, 하부전극(110) 상에는 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)으로 구성되는 제1 광전소자(200)가 형성된다. 제1 광전소자(200)는 다결정 실리콘층이 적층된 구조로 광이 수광되어 발생하는 광기전력으로 전력을 생산할 수 있는 p형, i형, n형의 다결정 실리콘층이 순서대로 적층된 p-i-n 다이오드의 구조일 수 있다. 여기서 i형은 불순물이 도핑되지 않은 진성(intrinsic)을 의미한다. n형 또는 p형 도핑은 비정질 실리콘층 형성시에 불순물을 인시츄(in situ) 방식으로 도핑하는 것이 바람직하다. p형 도핑시 불순물로서는 보론(B)을 n형 도핑시 불순물로서는 인(P) 또는 비소(As)를 사용하는 것이 일반적이나, 이에 한정되는 것은 아니며 공지된 기술을 제한 없이 사용할 수 있다.

[67] 이때, 비정질 실리콘층(211, 221, 231)의 결정화(250) 방법은 SPC(Solid Phase Crystallization), ELA(Excimer Laser Annealing), SLS(Sequential Lateral Solidification), MIC(Metal Induced Crystallization), 및 MILC(Metal Induced Lateral Crystallization) 중 어느 하나의 방법을 사용할 수 있다. 상기의 비정질실리콘의 결정화 방법은 공지의 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 본 명세서에서는 생략하기로 한다.

[68] 한편, 상기에서는 하부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(211, 221, 231)을 모두 형성한 후에 이들 층을 동시에 결정화시키는 것으로 설명하고 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 하나의 하부 비정질 실리콘층마다 결정화 공정을 별도로 진행할 수 있으며, 또한 두개의 하부 비정질 실리콘층은 동시에 결정화 공정을 진행하고 나머지 하나의 하부 비정질 실리콘층은 별도로 결정화 공정을 진행할 수도 있다.

[69] 또한, 제1 다결정 실리콘층(210), 제2 다결정 실리콘층(220), 제3 다결정 실리콘층(230)은 다결정 실리콘의 성질을 보다 향상시키기 위하여 결합 제거 공정을 추가로 진행할 수 있다. 본 발명에서는 다결정 실리콘층을 고온 열처리하거나 수소 플라즈마 처리하여 다결정 실리콘층 내에 존재하는 결합(예를 들어, 불순물 및 덩글링 본드 등)을 제거할 수 있다.

[70] 다음으로, 도 7을 참조하면, 제1 광전소자(200) 상에는 3층의 비정질 실리콘층(310, 320, 330)이 추가로 형성된다. 보다 상세하게 설명하면, 제3 다결정

실리콘층(230) 상에는 상부 제1 비정질 실리콘층(310)을 형성하고, 이어서 상부 제1 비정질 실리콘층(310) 상에는 상부 제2 비정질 실리콘층(320)을 형성하고, 이어서 상부 제2 비정질 실리콘층(320) 상에는 상부 제3비정질 실리콘층(330)을 형성하여 제1 광전소자(200)와 같은 p-i-n 다이오드의 구조의 제2 광전소자(300)가 구성된다. 이때, 상부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(310, 320, 330)의 형성 방법으로는 PECVD 또는 LPCVD와 같은 화학기상 증착법을 이용하여 형성할 수 있다.

- [71] 이어서, 상부 제3 비정질 반도체층(330) 상에는 투명전도체인 상부전극(400)을 형성한다. 상부전극(400)의 소재는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO(Zinc Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), SnO에 F가 소량 도핑된 FSO(SnO:F) 등 중 어느 하나인 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 상부전극(400)의 형성 방법으로는 스퍼터링과 같은 물리기상 증착법 및 LPCVD, PECVD, MOCVD와 같은 화학기상 증착법 등을 포함할 수 있다.
- [72] 한편, 도시되어 있지 않지만, 제3 다결정 실리콘층(230) 상에는 투명전도체인 연결층(미도시)이 추가로 형성될 수 있다. 상기 연결층은 제3 다결정 실리콘층(230)과 상부 제1 비정질 반도체층(310)간에 터널 접합(Tunnel Junction)이 이루어지게 하여서 그 결과 태양전지의 보다 양호한 광전 변환 효율을 기대할 수 있게 된다. 이때, 상기 연결층은 ZnO에 Al이 소량 첨가된 AZO(ZnO:Al)인 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되지 않으며 통상적인 ITO, ZnO, IZO, FSO(SnO:F) 등과 같은 투명 전도성 소재를 사용할 수 있다.
- [73] 이로써, 다결정 실리콘층으로 이루어진 제1 광전소자(200)와 비정질 실리콘층(300)으로 이루어진 제2 광전소자(300)로 구성되는 탠덤 구조의 태양전지를 얻을 수 있다. 이때, 제1 광전소자(200)는 다결정 실리콘층으로 이루어지기 때문에 장파장대 광에 대하여 광전 변환 효율이 양호하고, 제2 광전소자(300)는 비정질 실리콘층으로 이루어지기 때문에 단파장대 광에 대하여 광전 변환 효율이 양호하므로, 본 발명에 따른 탠덤 구조의 태양전지는 다양한 파장대의 광을 흡수할 수 있어서 광전 변환 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [74] 또한, 본 발명의 탠덤 구조의 태양전지는 고품질의 다결정 실리콘을 채용함으로써 미소 결정질 실리콘을 채용하는 기존의 탠덤 구조의 태양전지보다 열화 특성이 우수하다는(열화가 잘 진행되지 않는다는) 장점이 있다. 즉, 실리콘의 특성상 비정질 실리콘은 열화 특성이 좋지 못하고, 미소 결정질 실리콘과는 달리 다결정 실리콘 내에는 비정질 실리콘이 거의 존재하지 않기 때문에, 본 발명의 탠덤구조의 태양전지는 사용함에 따라 특성이 잘 저하되지 않는다.
- [75] 본 발명에서 제1 및 제2 광전소자(200, 300)의 구조는 바람직하게는 다음과 같이 4가지 배열로 형성할 수 있다. 아래에서 +와 -의 의미는 도핑 농도의 상대적인 차이를 나타내며 +가 -보다 고농도의 도핑 농도를 가짐을 의미한다. 예를 들어, n+가 n-보다 하이 도핑되어 있음을 의미한다. 또한, + 또는 -의 표시가

없는 경우에는 도핑 농도의 특별한 제한이 없음을 의미한다.

- [76] 첫번째로, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 n, i, p이며, 상부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(310, 320, 330)은 도전형이 각각 n, i, p일 수 있다. 이때, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 n+, i, p+인 것이 더 바람직하다.
- [77] 두번째로, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 n, n, p이며, 상부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(310, 320, 330)은 도전형이 각각 n, i, p일 수 있다. 이때, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 n+, n-, p+인 것이 더 바람직하다.
- [78] 세번째로, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 p, i, n이며, 상부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(310, 320, 330)은 도전형이 각각 p, i, n일 수 있다. 이때, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 p+, i, n+인 것이 더 바람직하다.
- [79] 네번째로, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 p, p, n이며, 상부 제1, 제2, 제3 비정질 실리콘층(310, 320, 330)은 도전형이 각각 p, i, n일 수 있다. 이때, 제1, 제2, 제3 다결정 실리콘층(210, 220, 230)은 도전형이 각각 p+, p-, n+인 것이 더 바람직하다.
- [80] 이상의 상세한 설명에서는 제1 및 제2 광전소자(200, 300)로 적층된 탠덤(tandem) 구조를 일 예로 설명하였지만 필요에 따라 광전소자를 이중 이상으로 적층시킬 수도 있으며, p-i-n 형이 아닌 p-n 형을 사용할 수도 있다.
- [81] 다음으로, 도 8을 참조하면, 상기 상부전극(400) 상에 일 방향으로 형성되는 다수개의 그리드 전극(500)이 형성된다. 그리드 전극(500)은 태양전지의 상부전극(400) 표면에서의 전류를 용이하게 수집하기 위한 것으로 전도성 재질을 사용할 수 있는데, 일반적으로 Al 또는 Ni/Al 재질을 사용한다. 그리드 전극(500)이 형성된 면적은 태양광이 흡수되지 않기 때문에 일정간격을 두고 분할하여 형성함으로써 빛이 수광되는 영역을 증가시키는 것이 바람직하다. 이때, 그리드 전극(500)의 개수와 너비는 설계기준에 따라 다양하게 변화될 수 있다.
- [82] 도 9는 도 8의 태양전지(20)에 전도성 리본(30)을 연결한 간략한 평면도이다.
- [83] 도 9를 참조하면, 그리드 전극(500)은 상부전극(400) 상에 일 방향인 열 방향으로 형성되었으나, 행 방향으로 형성될 수도 있다. 이때, 그리드 전극(500)은 일 방향으로 이웃하는 다른 태양전지의 기관과 전도성 리본(30)에 의해 전기적으로 직렬로 연결된다.
- [84] 이와 같이, 본 발명에서는 단일 기관 상에 형성된 탠덤 구조의 태양전지가 그 자체로 태양전지모듈 제조시 필요한 단위 태양전지(즉, 태양전지 셀)가 되고 전도성 리본으로 이러한 단위 태양전지를 다수개 직렬 연결하여 탠덤 구조의 태양전지를 구비하는 태양전지모듈을 제조한다. 따라서, 본 발명에서는 기존의 태양전지모듈 제조 과정에서 필수적으로 추가되는 단위 태양전지를 형성하는

공정(즉, 레이저 스크라이빙 방식 등을 이용하여 태양전지를 구성하는 다층막을 식각함으로써 단위 태양전지 사이를 격리시키는 공정)을 생략할 수 있다. 그 결과, 본 발명에 따르면, 태양전지모듈의 제조 공정이 단순해져서 제조 단가가 저렴해질 수 있다.

[85] 또한, 본 발명에서, 기관(100)은 고온에서 휨 현상을 견딜 수 있는 전도성 재질이면서도 강성인 금속 또는 금속 합금으로 형성하여 태양전지간의 직렬연결 상태를 안정적으로 유지할 수 있다.

[86] 본 발명은 상술한 바와 같이 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기 실시 예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형과 변경이 가능하다. 그러한 변형예 및 변경예는 본 발명과 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 속하는 것으로 보아야 한다.

## 청구범위

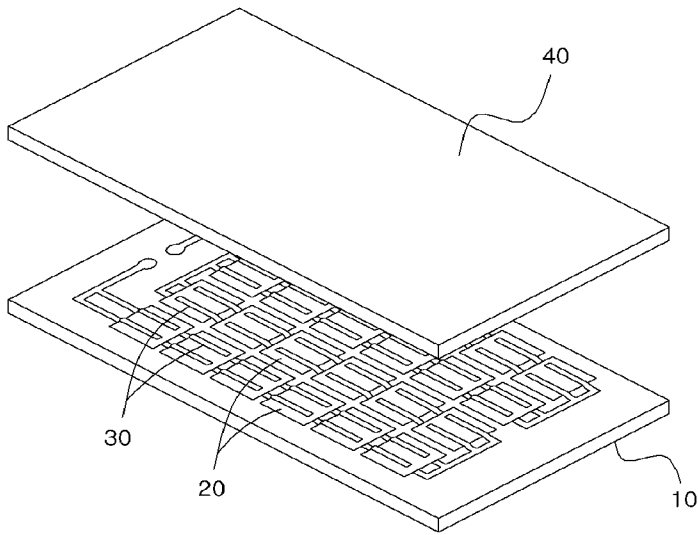
- [1] 행과 열 방향으로 배열되는 다수개의 태양전지; 및  
상기 다수개의 태양전지를 전기적으로 연결하는 전도성 리본을 포함하며,  
상기 태양전지는 다결정 반도체층으로 구성된 제1 광전소자와 비정질  
반도체층으로 구성된 제2 광전소자의 적층구조인 것을 특징으로 하는  
태양전지모듈.
- [2] 제1항에 있어서,  
상기 태양전지는,  
전도성 재질의 기판;  
상기 기판 상에 형성되는 제1 다결정 반도체층과, 상기 제1 다결정  
반도체층 상에 형성되는 제2 다결정 반도체층과, 상기 제2 다결정 반도체층  
상에 형성되는 제3 다결정 반도체층을 포함하는 제1 광전소자;  
상기 제3 다결정 반도체층 상에 형성되는 제1 비정질 반도체층과, 상기 제1  
비정질 반도체층 상에 형성되는 제2 비정질 반도체층과, 상기 제2 비정질  
반도체층 상에 형성되는 제3 비정질 반도체층을 포함하는 제2 광전소자;  
상기 제3 비정질 반도체층 상에 형성되는 상부전극; 및  
상기 상부전극 상에 일 방향으로 형성되는 다수개의 그리드 전극을  
포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [3] 제2항에 있어서,  
상기 그리드 전극은 일 방향으로 이웃하는 다른 태양전지의 기판과 상기  
전도성 리본에 의해 연결되는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [4] 제2항에 있어서,  
상기 기판 상에는 전도성 재질의 하부전극이 더 형성되는 것을 특징으로  
하는 태양전지모듈.
- [5] 제4항에 있어서,  
상기 하부전극은 TCO(Transparent Conducting Oxide), 몰리브덴(Mo),  
텅스텐(W), 몰리텅스텐(MoW) 중 어느 하나이거나 이들의 합금인 것을  
특징으로 하는 태양전지모듈.
- [6] 제2항에 있어서,  
상기 기판은 금속 또는 금속 합금인 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [7] 제2항에 있어서,  
상기 상부전극은 투명전도체인 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [8] 제2항에 있어서,  
상기 제3 다결정 반도체층과 상기 제1 비정질 반도체층 사이에는  
투명전도체인 연결층을 더 형성하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [9] 제7항 또는 제8항에 있어서,  
상기 투명전도체는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO(Zinc Oxide), IZO(Indium

- Zinc Oxide), FSO(SnO:F), AZO(ZnO:Al)를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [10] 제2항에 있어서,  
상기 제1, 제2, 제3 다결정 반도체층은 각각 SPC(Solid Phase Crystallization), ELA(Excimer Laser Annealing), SLS(Sequential Lateral Solidification), MIC(Metal Induced Crystallization), 및 MILC(Metal Induced Lateral Crystallization) 중 어느 하나의 방법으로 결정화된 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [11] 제2항에 있어서,  
상기 제1, 제2, 제3 다결정 반도체층은 다결정 실리콘이고, 상기 제1, 제2, 제3 비정질 반도체층은 비정질 실리콘인 것을 특징으로 하는 태양전지모듈.
- [12] (a) 다결정 반도체층으로 구성된 제1 광전소자와 비정질 반도체층으로 구성된 제2 광전소자의 적층구조로 다수개의 태양전지를 형성하는 단계;  
(b) 상기 다수개의 태양전지를 전도성 리본으로 전기적으로 연결하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.
- [13] 제12항에 있어서,  
상기 태양전지는,  
(a1) 전도성 재질의 기판 상에 하부 제1 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a2) 상기 하부 제1 비정질 반도체층 상에 하부 제2 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a3) 상기 하부 제2 비정질 반도체층 상에 하부 제3 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a4) 상기 하부 제1, 제2, 제3 비정질 반도체층을 제1, 제2, 제3 다결정 반도체층으로 결정화하는 단계;  
(a5) 상기 제3 다결정 반도체층 상에 상부 제1 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a6) 상기 상부 제1 비정질 반도체층 상에 상부 제2 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a7) 상기 상부 제2 비정질 반도체층 상에 상부 제3 비정질 반도체층을 형성하는 단계;  
(a8) 상기 상부 제3 비정질 반도체층 상에 상부전극을 형성하는 단계; 및  
(a9) 상기 상부전극 상에 일 방향으로 다수개의 그리드 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.
- [14] 제13항에 있어서,  
상기 기판 상에는 전도성 재질의 하부전극을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.
- [15] 제13항에 있어서,

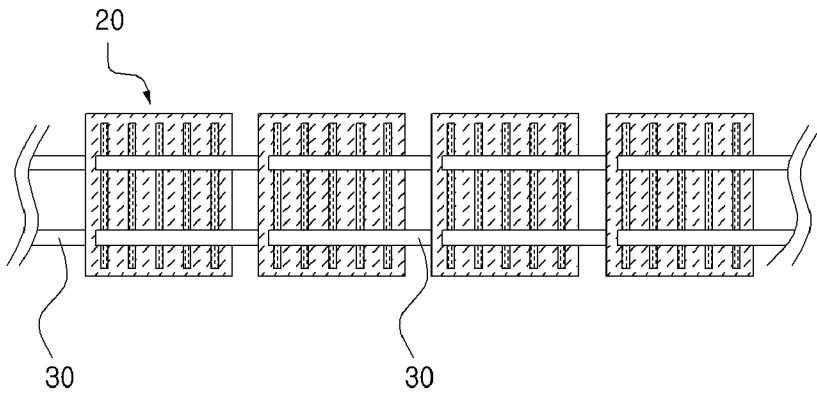
상기 제3 다결정 반도체층과 상기 제1 비정질 반도체층 사이에 투명전도체인 연결층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.

- [16] 제13항에 있어서,  
상기 결정화는 SPC(Solid Phase Crystallization), ELA(Excimer Laser Annealing), SLS(Sequential Lateral Solidification), MIC(Metal Induced Crystallization), 및 MILC(Metal Induced Lateral Crystallization) 중 어느 하나의 방법으로 진행하는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.
- [17] 제13항에 있어서,  
상기 제1, 제2, 제3 다결정 반도체층은 다결정 실리콘으로 형성되고, 상기 상부 제1, 제2, 제3 비정질 반도체층은 비정질 실리콘으로 형성되는 것을 특징으로 하는 태양전지모듈의 제조방법.

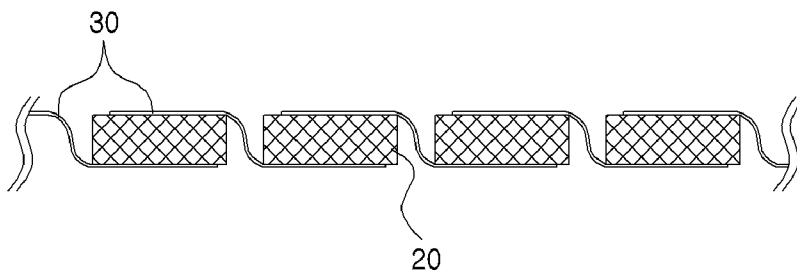
[Fig. 1]



[Fig. 2]



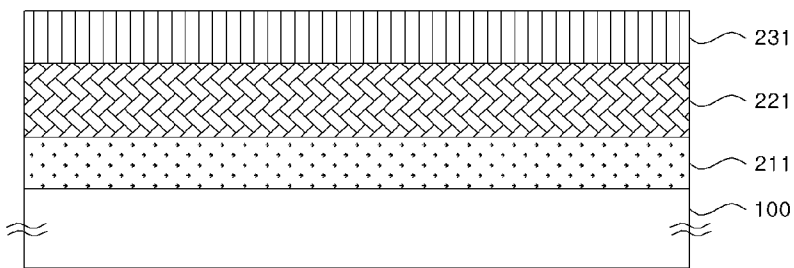
[Fig. 3]



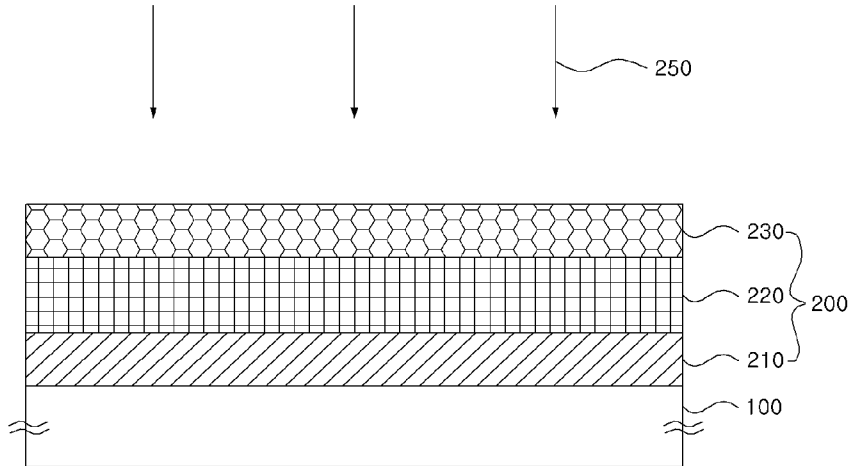
[Fig. 4]



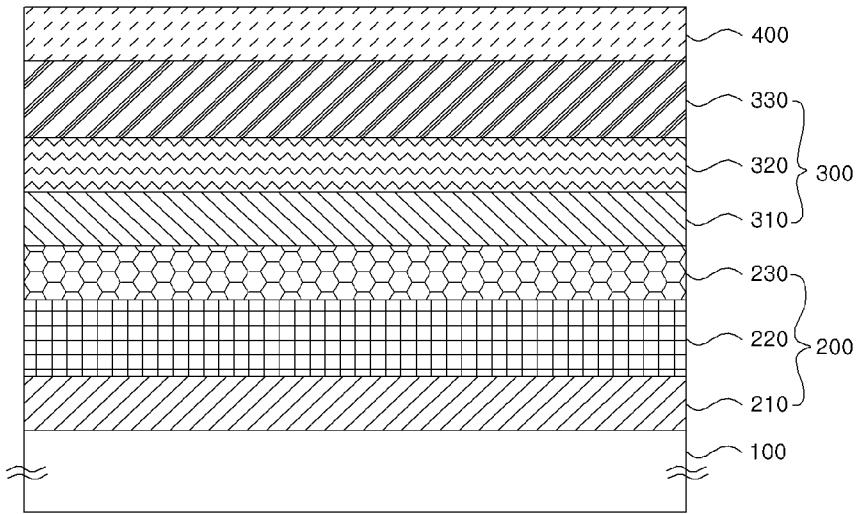
[Fig. 5]



[Fig. 6]

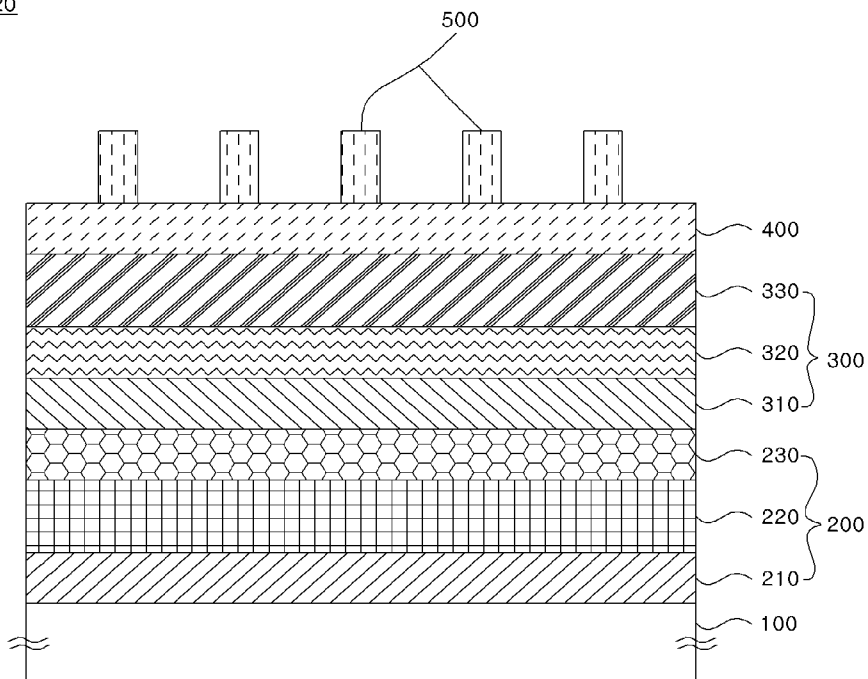


[Fig. 7]



[Fig. 8]

20



[Fig. 9]

